Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest

Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa

Actes du 2ème Atelier International

Proceedings of the 2nd international workshop

Ouagadougou, 23-28 Nov 2003

Sous la coordination de / Editorial coordinators

Inge D. Brouwer, Alfred S. Traoré, Serge Trèche

Institut de recherche pour le développement

WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN UR

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest:
Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes

Food-based approaches for a healthy nutrition in West Africa:
The role of food technologists and nutritionists

Actes / *Proceedings*

Sous la coordination de / *Editorial coordinators*

Dr Inge D. Brouwer, Wageningen University (WU), Pays-Bas / the Netherlands
Prof. Alfred S. Traoré, Université de Ouagadougou (UO), Burkina Faso
Dr Serge Trèche, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France

Comité d'Edition / *Editorial Board*

Dr Tom Agbor Egbe, IMPM, Cameroun / *Cameroon*
Prof. Tiny van Boekel, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Inge D. Brouwer, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Philippe Chevalier, IRD, France
Prof. Hélène Delisle, Université de Montréal, Canada
Dr Marie-Claude Dop, FAO, Rome
Dr Jean Pierre Guyot, IRD, France
Dr Adel den Hartog, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Joseph Hounhouigan, Université d'Abomey-Calavi, Bénin / *Benin*
Dr Yves Martin-Prével, IRD, Burkina Faso
Dr Claire Mouquet, IRD, Burkina Faso
Dr Rob Nout, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Prof. Olusola Oyewole, University of Agriculture of Abeokuta, Nigeria
Dr Joop van Raaij, WU, Pays-Bas / the Netherlands
Dr Serge Trèche, IRD, France

Secrétariat et mise en page / *Secretariat and lay-out*

Mme/*Ms* Jacqueline Badolo, IRD, Burkina Faso
Dr Mamoudou Dicko, UO, Burkina Faso
Mme/*Ms* Jill Idzinga, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Claire Mouquet, IRD, Burkina Faso

ISBN: 2-915071-063

Cliché de couverture / *Cover picture* : El Hassane Tou

Impression / *Printing* : Presses Universitaires de Ouagadougou, Burkina Faso

© 2004 Brouwer, Traoré, Trèche.

Toute reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement d'au moins un des coordinateurs éditoriaux est interdite.
No part of this publication may be reproduced without permission of at least one of the editorial coordinators.

Actes du 2ème Atelier International :
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest:
Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes

Proceedings resulting from the 2nd International Workshop:
Food-based approaches for a healthy nutrition in West Africa:
The role of food technologists and nutritionists

23-28 Novembre / *November* 2003, Ouagadougou, Burkina Faso

financé et organisé par / *sponsored and organised by*
CRSBAN, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Wageningen University, the Netherlands
Institut de Recherche pour le Développement, France
United Nations Food and Agriculture Organisation, Italy

Comité scientifique / *Scientific Committee*
Prof. Alfred Traoré, Université de Ouagadougou (UO), Burkina Faso (Président)
Dr Rob Nout, Wageningen University (WU), Pays-Bas / *the Netherlands* (Co-president)
Dr Kraisid Tontisirin, United Nations Food and Agriculture Organisation (FAO), Roma (Co-president)
Dr Serge Trèche, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France (Co-président)
Dr Tom Agbor-Egbe, Inst. rech. Médicales et d'études des Plantes Médicinales, Cameroun/*Cameroon*
Prof. Tiny van Boekel, WU, Pays Bas / *the Netherlands*
Prof. Hélène Delisle, Université de Montréal, Canada
Prof. Saa Dittoh, University for Development Studies, Ghana
Dr Jean Pierre Guyot, IRD, France
Prof. Frans Kok, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Yves Martin-Prével, IRD, Burkina Faso
Prof. Anke Niehof, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Prof. Olusola Oyewole, University of Agriculture of Abeokuta, Nigeria
Dr Gérard Rocquelin, IRD, France
Prof. Thomas Silou, Université Marien Ngouabi, Congo

Comité d'organisation / Organizing committee
Prof. Alfred Traoré, UO, Burkina Faso
Dr Mamoudou Dicko, UO, Burkina Faso
Dr Inge D. Brouwer, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Rob Nout, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Adel den Hartog, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Dr Serge Trèche, IRD, France
Dr Jean-Pierre Guyot, IRD, France
Dr Claire Mouquet, IRD, Burkina Faso
Mme/Ms Ellen A. Muehlhoff, FAO, Roma
Dr Florence Egal, FAO, Roma
Dr Georges Codjia, FAO/SAFR, Zimbabwe

Secrétariat de l'atelier / *Workshop secretariat*
Dr Inge D. Brouwer, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Mme/*Ms* Jill Idzinga, WU, Pays-Bas / *the Netherlands*
Mme/*Ms* Jacqueline Badolo, IRD, Burkina Faso
Dr Claire Mouquet, IRD, Burkina Faso
Dr Mamoudou Dicko, UO, Burkina Faso

Développement et maintenance du site Web / *Web-site development and maintenance*
Mr Ferdinand Tonguim Guinko
Dr Serge Trèche, IRD, France

Sommaire / *Summary*

Page

Préface / *Foreword* 1

Note des éditeurs / *Note from the editors* 5

Conférences introductives / *Key-notes* 19

Partie 1 / *Part 1* 49

Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible.
Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels.

Partie 2 / *Part 2* 149

Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation.
Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society.

Partie 3 / *Part 3* 357

Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments.
Food processing at household and community levels towards increased (micro)nutrient (bio) availability.

Partie 4 / *Part 4* 561

Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments.
Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio) availability.

Partie 5: Première Table ronde / *Part 5: First Round Table* 745

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest : Quelles sont les stratégies qui marchent (et celles qui ne marchent pas) ?
Food-based strategies in West Africa: What does work (and what doesn't)?

Partie 6: Seconde Table ronde / *Part 6: Second Round Table* 787

Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux.
Future needs and implications for capacity building and training at different levels.

Recommandations / *Recommendations* 823

Index des participants / *Participants Index* 829

Table des matières / *Table of contents* 841

AVANT-PROPOS
FOREWORD

Pr Alfred S. Traoré
Président du comité d'organisation
Directeur du CRSBAN

The latest estimates of the FAO demonstrate the problems of the fight against hunger. These problems are manifested by the ever-increasing number of chronically undernourished people worldwide. Their numbers during the 1999-2001 period were estimated at about 840 million of which 798 million live in developing countries. Sub-Saharan Africa alone represented 198 million of those. In this part of Africa the prevalence of undernourishment ranges from 5-34%, causing growth retardation and insufficient weight gain among one third of the children under five years of age and resulting in a mortality of 5-15% among these children.

Malnutrition resulting from undernourishment is evident in qualitative as well as quantitative terms and it can affect the mental development of individuals. Therefore, when analysing the factors determining undernourishment, we should not only consider the factors related to a decrease in food availability like conflicts, drought, low productivity, etc. but we should equally take into account the causes of nutritional imbalances resulting from deficiencies of essential components of a good diet, such as low purchasing power of the family, lack of appropriate technology and economic problems facing hunger stricken countries. Here we should not overlook the pandemic of HIV/AIDS which has worsened the problem of food security, making it

Les dernières estimations de la FAO mettent en évidence les difficultés du combat contre la faim. Ces difficultés se traduisent par le nombre sans cesse croissant des personnes chroniquement sous-alimentées à l'échelle mondiale. Ce nombre était estimé à quelques 842 millions dans la période 1999-2001 dont 798 millions vivaient dans les pays en développement. L'Afrique subsaharienne, à elle seule, en comptait 198 millions durant la même période. Dans cette partie de l'Afrique, la prévalence de la sous-alimentation varie de 5 à 34%, provoquant chez un tiers des enfants de moins de 5 ans un retard de croissance ou une insuffisance pondérale et se traduisant par une émaciation chez 5 à 15% d'entre eux.

La malnutrition due à la sous-alimentation peut se manifester tant sur le plan qualitatif que quantitatif et se répercuter sur l'équilibre psychique des individus. C'est pourquoi, dans l'analyse des facteurs déterminant la sous-alimentation, il ne faut pas se limiter aux facteurs diminuant les disponibilités alimentaires comme les conflits, la sécheresse, la faible productivité, etc. mais il faut aussi prendre en compte les facteurs responsables de déséquilibres nutritionnels consécutifs à des carences en des éléments indispensables à une bonne alimentation, comme la faiblesse du pouvoir d'achat des familles, le manque de technologies appropriées et les problèmes économiques qu'affrontent les pays en proie à la faim. A ce ni-

even harder to achieve the goals formulated during the World Food Summit, namely to half the number of undernourished people by the year 2015.

We can observe that food security in certain developing countries, especially in West-Africa, is increasingly threatened. This puts a heavy burden on the development and the fight against poverty in this region: hungry people can not be educated, can not care for themselves and can not ensure a sustained economic growth.

Food security plays a determining role in the process of development. Its achievement is a complex task, necessitating the involvement of our governments and other political decision makers. These need to create appropriate conditions to achieve production. In turn, this requires politics geared towards peace and social stability, as well as the equity and equality of the sexes so that national wealth can evolve. Scientists and others involved in development must also play their role, joining politicians in the continuous struggle against poverty and to obtain sustained food and nutrition security.

In recognition of this, the University of Ouagadougou through its *"Research Centre of Biological, Food and Nutritional Sciences"* (CRSBAN) has developped since 1996 a training and research programme in the area of nutrition and food technology, in collaboration with its partners, namely the Wageningen University (WU) and the Institut de Recherche pour le développement (IRD). In the context of this training and research programme, financed by the Netherlands Government and managed by Nuffic, meetings of scientists and political

veau, il faut signaler que la pandémie du VIH/SIDA est venue exacerber le problème de la sécurité alimentaire dans le monde, rendant ainsi plus difficile encore l'atteinte de l'objectif du Sommet Mondial de l'Alimentation, à savoir, réduire de moitié le nombre de personnes sous-alimentées d'ici 2015.

Comme on peut le constater, la sécurité alimentaire est de plus en plus compromise dans certains pays en développement et particulièrement en Afrique de l'Ouest. Elle hypothèque le développement et la lutte contre la pauvreté dans ces régions : un peuple qui a faim ne peut être éduqué, ne peut se soigner et ne peut s'assurer une croissance économique durable.

La sécurité alimentaire constitue un déterminant important dans tout processus de développement. Sa réalisation relève d'une tâche complexe, incombant d'abord à chacun de nos gouvernements et autres décideurs politiques. Ceux-ci doivent créer un environnement propice à la production. Pour cela, ils doivent adopter des politiques assurant la paix et la stabilité sociale ainsi que l'équité et l'égalité entre les sexes pour l'émergence d'une richesse nationale. Les scientifiques et autres acteurs du développement doivent aussi jouer leur rôle en accompagnant les politiques dans cette lutte permanente contre la pauvreté et pour une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable.

L'Université de Ouagadougou à travers le *Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles* (CRSBAN) l'a si bien compris qu'elle a développé depuis 1996 avec ses partenaires, notamment l'Université de Wageningen (WU) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), un programme de formation et de recherche dans les domaines de la Nutrition et de la Technologie Alimentaire. Dans le cadre de ce projet de formation et de recherche, financé par le gouvernement des Pays-Bas et sous le contrôle de la

decisionmakers were held at regular intervals to facilitate exchanges of ideas and to contribute to consistent policies against poverty and undernourishment.

A first international workshop was organised in Ouagadougou, Burkina Faso, from 22-24 November 1999 in collaboration between the University of Ouagadougou, Wageningen University and the IRD. Its theme was *«Small scale food industry for a healthy nutrition in West Africa».* The present second international workshop, organised by the same institutions as well as the FAO, was dedicated to the theme *«Food-based approaches for a healthy nutrition in West Africa: the role of food technologists and nutritionists».* This workshop is one of the concrete results of a fruitful partnership and demonstrates, if this would be needed, the important contribution that the African scientific community can make in the fight for food and nutrition security and towards the alleviation of poverty within the African continent, in particular in West Africa.

The international workshop held from 23 to 28 November 2003 in Ouagadougou, attracted more then 180 participants specialized in nutrition, food technology and other related disciplines, from Africa and abroad. The workshop challenged participants to reflect on a variety of problems in nutrition and food technology within the following themes ;

- trends in food and nutrition security in West Africa
- dietary diversification
- processing of local cereals
- enrichment of foods with micronutrients

Discussions were held as well about the strengthening of institutional capa-

NUFFIC en tant que gestionnaire, il avait été programmé de réunir régulièrement les scientifiques et les décideurs politiques pour des échan-ges d'harmonisation en vue d'élaborer des programmes cohérents de lutte contre la pauvreté et la sous-alimentation.

Un premier atelier international a été organisé en collaboration entre l'Université de Ouagadougou, l'Université de Wageningen et l'IRD à Ouagadougou, Burkina Faso, du 22 au 24 novembre 1999 sur le thème *«Les petites industries agroalimentaires pour une nutrition saine en Afrique de l'Ouest»*. Ce second atelier international, co-organisé par les mêmes institutions auxquelles s'est jointe la FAO, s'était fixé pour thème *«Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest : le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes».* Un tel atelier fait partie des indicateurs palpables du partenariat fructueux et démontre, si besoin en était, l'importance que peut avoir la contribution de la communauté scientifique de l'Afrique dans la lutte pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi que dans l'éradication de la pauvreté sur le continent et particulièrement en Afrique de l'Ouest.

L'atelier international, tenu à Ouagadougou du 23 au 28 novembre 2003, a regroupé plus de 180 participants, spécialistes en nutrition, technologie alimentaire et autres disciplines apparentées, venus de l'Afrique et des pays du nord. Il a permis aux participants de réfléchir sur des problématiques variées de nutritionnistes et de technologues alimentaires à travers les thèmes suivants :

- les tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest ;
- la diversification alimentaire ;
- la valorisation des céréales locales ;
- l'enrichissement des aliments en micronutriments.

Les débats ont aussi porté sur le renforcement des capacités institution-

city and teaching curricula in nutrition and food sciences in Africa.

The Organizing Committee is pleased to bring the present document to the attention of the international scientific community and of the political decision makers. It comprises the most significant contributions in line with the workshop themes, taking into considerations the aims of the bilateral developmental assistance project of the Burkinabè and Netherlands partners and supported by the IRD.

This is the moment to acknowledge the invaluable contribution of national and international institutions and organizations that formed the basis for the success of this high level scientific meeting. In particular this concerns the Wageningen University, the IRD, the FAO and the University of Ouagadougou.

We dare believe that this collection of results may serve as a source of inspiration and be a solid basis for the establishment of policies of sustainnable development and the advocacy of food and nutrition security in West Africa.

nelles et de formation dans les domaines de la nutrition et des sciences alimentaires en Afrique.

Le présent document que le Comité d'organisation a le plaisir de publier à l'attention de la communauté scientifique internationale et à celle des décideurs politiques rassemble les contributions les plus pertinentes par rapport à la thématique de l'atelier rendant bien compte des objectifs poursuivis par le projet de développement engagé par les partenaires burkinabè et néerlandais avec l'appui de l'IRD.

C'est ici l'occasion de saluer la contribution inestimable des institutions et organismes nationaux et internationaux qui ont été à la base de la réussite de cette rencontre scientifique de haut niveau. Il s'agit notamment de l'Université de Wageningen, de l'IRD, de la FAO et de l'Université de Ouagadougou.

Nous osons croire que l'ensemble des résultats ici rassemblés pourra servir de sources d'inspiration pour les uns et pour les autres et constituer dès lors une base solide pour asseoir des politiques de développement durable et de promotion de la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique de l'Ouest.

NOTE DES ÉDITEURS:
NOTE FROM THE EDITORS:

Objectifs et déroulement de l'atelier
Objectives and course of the workshop

Nutrition is recognized as playing a crucial role in attaining development as reflected in the eight Millennium Development Goals[1]. In the developping world, numerous deficiency diseases continue to persist, especially in the rural areas, as a result of essential nutrient deficiencies in the daily diet. These now coexist with the increasing presence of diet-related chronic diseases in adults up till now seen only in industrialized and developed countries[2].

The trends in child malnutrition vary greatly from one region to the other. Especially the situation in sub-Saharan Africa is alarming. The pre-school underweight is increasing and will continue to do so unless strategic moves to improve the situation are implemented. Preschool stunting shows the same pattern. The prevalence and numbers of wasted preschoolers are projected to increase in various parts of Africa. The pre-school malnutrition trends in Africa reflect the deteriorating situation in many sub-Saharan African countries, where the poverty rate has increased, HIV/AIDs has devastating impacts, conflict persists, and gains in agricultural productivity as the key driver of overall economic growth remain elusive[1].

In addition of being worried whether people consume enough energy, there is an increased concern about the

La nutrition est reconnue, notamment au travers des huit objectifs internationaux de développement[1], comme un facteur clé du développement. Dans les pays en développement, de nombreuses maladies de carences, résultant de déficiences en nutriments dans les régimes alimentaires, continuent à sévir. Elles co-existent de plus en plus souvent chez les adultes avec des maladies chroniques d'origine alimentaire qui n'avaient été observées jusqu'à maintenant que dans les pays industrialisés et développés.

La malnutrition infantile évolue de manière très différente d'une région à l'autre. La situation en Afrique subsaharienne est particulièrement inquiétante. L'insuffisance pondérale et le retard de croissance chez les enfants d'âge préscolaire augmentent et continueront à le faire tant que des stratégies visant à améliorer les situations ne seront pas mises en oeuvre. On prévoit une augmentation de la prévalence de maigreur dans différentes régions de l'Afrique. L'évolution de la malnutrition chez les enfants d'âge préscolaire reflète la détérioration de la situation observée dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne dans lesquels le taux de pauvreté a augmenté, le sida a des effets dévastateurs, les conflits persistent et les gains de productivité agricole, facteur clé de la croissance économique restent hypothétiques[1].

En plus des disponibilités énergétiques alimentaires, on se préoccupe de plus en plus de l'adéquation des ingé-

adequacy of intake of micronutrients, the vitamins, minerals and essential fatty acids that help the body function. Although data are scarce, available estimates for micronutrient deficiencies are alarming. More than half of pregnant women and school-age children suffer from iron deficiency anemia, as do more than 40 percent of non-pregnant women and pre-school children. Some 100-250 millions pre-school children alone are affected by severe vitamin A deficiency and 740 million people are affected by goiter, a symptom of iodine deficiency[3]. Evidence is increasing that other micronutrient deficiencies like zinc, folic acid, calcium and essential fatty acids may be as serious. The rapid population growth and dramatic increase in urbanization put a further challenge on food supply and changing food demands.

rés en micronutriments, en particulier les vitamines, les minéraux et les acides gras essentiels nécessaires à l'organisme. Bien que les données soient rares, les estimations disponibles relatives aux déficiences en micronutriments sont alarmantes. Plus de la moitié des femmes enceintes et des enfants d'âge scolaire souffrent d'anémie par carence en fer, de même que plus de 40% des autres femmes et des enfants d'âge préscolaire. Entre 100 et 250 millions d'enfants d'âge préscolaire souffrent d'une déficience sévère en vitamine A et 740 millions de personnes sont affectées par un goitre, symptôme d'une déficience en iode. Par ailleurs, il devient de plus en plus évident que d'autres carences en micronutriments, comme le zinc, l'acide folique, le calcium et les acides gras essentiels doivent être prises en considération. La croissance rapide de la population et le développement spectaculaire de l'urbanisation constituent en outre de nouveaux défis au niveau de la production agricole et de l'adaptation aux évolutions de la demande en aliments.

An acceleration of malnutrition reduction is needed, especially in sub-Saharan Africa, where also the trends in household food security and poverty are moving in the wrong direction. Nonetheless, in some countries in the African region (e.g. Nigeria, Niger, Angola, Malawi, Madagascar, Ghana and Tanzania) progress is being made, although the rates of progress could be accelerated.

Il est nécessaire d'accélérer la réduction de la malnutrition, particulièrement en Afrique subsaharienne où les évolutions de la sécurité alimentaire et de la pauvreté vont dans la mauvaise direction. Néanmoins, dans quelques pays africains, en particulier au Nigeria, Niger, Angola, Malawi, Madagascar, Ghana et Tanzanie, des progrès sont enregistrés même s'il serait souhaitable qu'ils s'accélèrent.

The causes of malnutrition are multifaceted in nature; hence, no single solution (or "golden bullet") is likely to solve the problems. The consensus among nutritionists now is that there is the need of a combination of distribution of supplements, fortification of foods and modification of people's diet[4].

Les causes de la malnutrition sont multifactorielles par nature. Par conséquent, aucune solution unique (ou "miracle") n'est susceptible de résoudre les problèmes. Les nutritionnistes s'accordent maintenant sur la nécessité de combiner supplémentation, fortification des aliments et modifications des régimes alimentaires[4].

In the West African region, food-based approaches are increasingly recognized as effective and sustainable

En Afrique de l'Ouest, les voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles sont de plus en

solutions aimed at preventing problems of undernutrition and micronutrient deficiency diseases. Food-based strategies are defined as approaches that aim to increase the intake of nutrients (both macronutrients like energy and protein as well as micronutrients) through an increase of food intake and/or an improvement of nutrient content and bioavailability. Food-based approaches encompass a series of complementary strategies and approaches that involve the agriculture, food technology and education/communication sectors. Food-based strategies include: increasing and diversifying food production and dietary intake; enhancing food processing, preservation and marketing of a variety of nutrient-rich foods; reducing post-harvest losses of perishable crops; promoting small-scale food fortification; improving the bioavailable micronutrient content of crops or diets, and nutrition education.

Food-based approaches are believed to have many advantages over single-nutrient approaches. They are described as sustainable because they empower individuals and households to take control over the quality of their own diet through own production of nutrient-rich foods and informed consumption choices; they are appealing because they can address multiple nutrient deficiencies simultaneously, including energy, protein and various micronutrients; dietary improvement is safe and there is no risk of antagonistic interactions and overload. In addition, foods, especially fruits and vegetables, contain a series of substances known as “phytochemicals”. Over the last decade, scientists have begun to isolate hundreds of these compounds and discover their wide-

plus reconnues comme efficaces et pérennes pour prévenir la malnutrition et les maladies de carences en micronutriments. Ces voies alimentaires sont définies comme des approches visant à augmenter les ingérés en nutriments (à la fois les macronutriments incluant l’énergie et les protéines et les micronutriments) en augmentant les quantités d’aliments consommés et/ou en améliorant leurs teneurs et biodisponibilité en nutriments. Les voies alimentaires comprennent un ensemble de stratégies et d’approches complémentaires qui concernent les secteurs de l’agriculture, de la technologie alimentaire et de l’éducation/communication. Elles consistent à accroître et à diversifier la production d’aliments et les ingérés alimentaires, à optimiser les procédés de transformation, de préservation et de commercialisation d’une grande variété d’aliments riches en nutriments, à réduire les pertes post-récolte des aliments périssables, à promouvoir la fortification dans des petites unités de production, à améliorer les teneurs en micronutriments biodisponibles des produits agricoles ou des régimes et à développer l’éducation nutritionnelle.

On attribue aux voies alimentaires de nombreux avantages par rapport aux approches prenant en compte les nutriments un à un. Elles sont considérées comme durables dans la mesure où elles permettent aux individus et aux ménages de maîtriser la qualité de leur régime alimentaire en effectuant des choix éclairés aux niveaux de la production et de la consommation d’aliments riches en nutriments. Elles sont séduisantes dans la mesure où elles permettent de prendre en compte simultanément plusieurs types de carences, en particulier en énergie, protéines et micronutriments. Les améliorations des régimes alimentaires intègrent les aspects concernant la sécurité sanitaire en évitant les risques d’interactions néfastes et de surcharge. Par ailleurs, les ali-

ranging health benefits.

ments, en particulier les fruits et légumes, contiennent un ensemble de substances connues comme «phytochimiques». Au cours de la dernière décennie, les chercheurs ont commencé à isoler des centaines de ces composés et mis en évidence leurs nombreux avantages pour la santé.

Although food-based approaches have been effective on a small scale, their widespread application has been constrained partially owing to lack of awareness by donors and affected countries, and consequent lack of funds committed to such activities. To determine their full potential, available experiences and lessons learned, as well as the conditions for more widespread application need to be critically explored.

Bien que les voies alimentaires se soient avérées efficaces à petite échelle, leur application à plus large échelle a été en partie limitée par le manque de prise de conscience des donateurs et des pays concernés qui s'est traduit par l'insuffisance de moyens financiers consacrés à de telles activités. Pour connaître leurs véritables potentialités, les expériences disponibles et les leçons qui en sont tirées ainsi que les conditions nécessaires à leur application à plus large échelle doivent être examinées de manière critique.

In addition, the development and success of effective and sustainable solutions to food and nutrition problems are known to require knowledge from many disciplines, specific skills, practical experience, and effective implementation of knowledge. These depend on the quantity and quality of trained personnel in the country both for designing and implementation of programmes and for (applied) research. To ensure success of food-based approaches, reviewing training and capacity building for (applied) research in the country is essential to analyze the availability of adequately trained people and research capacity for sustained development.

En outre, le développement et le succès de solutions efficaces et durables aux problèmes alimentaires et nutritionnels nécessitent des connaissances dans de nombreuses disciplines, des compétences spécifiques, de l'expérience de terrain et un transfert efficace de ces connaissances. Dans chaque pays, cette mise en oeuvre repose sur le nombre et la qualité du personnel ayant reçu une formation appropriée pour concevoir et exécuter des programmes et pour réaliser les recherches (appliquées) nécessaires. Pour assurer le succès des voies alimentaires, il est essentiel de passer en revue les formations disponibles et les capacités institutionnelles pour réaliser les recherches (appliquées) nécessaires et d'examiner les disponibilités en personnel qualifié et les capacités de recherche en faveur du développement durable.

The international workshop of which we are pleased to introduce to you the proceedings covering 68 written contributions from the 42 oral presentations and 63 posters presented, was organised with the aim of helping the

L'atelier international, dont nous sommes heureux de vous présenter les actes réunissant 68 contributions écrites préparées à partir des 42 contributions orales et des 63 affiches présentées, a été organisé dans le but

scientific community, operational sector and stakeholders to become aware of the importance of the stakes of the development of food-based approaches in West and Central Africa.

It was organized by the *"Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles"* of the University of Ouagadougou *(CRSBAN,* Burkina Faso), the Wageningen University (*WU*, The Netherlands), the *Institut de Recherche pour le développement (IRD*, France), and the United Nations Food and Agriculture Organisation.

The main objectives of the workshop were:

- To analyze and discuss current knowledge, experiences and lessons learned from food-based approaches in West-Africa, with special reference to the role of food technologists and nutritionists;
- To identify future needs and formulate strategies for capacity building and training at different levels, and identify priorities for (applied) research to support food-based strategies;
- To ensure communication and dissemination of programme and applied research results among international and national scientists and professionals from different disciplines in West Africa;
- To promote the development and implementation of multi-sectorial food-based strategies and facilitate cooperation among all stakeholders, including those in government, international agencies, NGOs, the private sector and bilateral donors.

d'aider la communauté scientifique, le secteur opérationnel et les décideurs à prendre conscience de l'importance du développement des voies alimentaires d'amélioration nutritionnelle en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale.

Il a été organisé par le Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles de l'université de Ouagadougou (CRSBAN, Burkina Faso), l'université de Wageningen (WU, Pays-Bas), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France) et l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO).

Les principaux objectifs de l'atelier se sont situés à quatre niveaux :

- Analyser et discuter l'état actuel des connaissances, les expériences et les leçons qui peuvent être tirées relatives aux voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest, en s'intéressant au rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes ;
- Identifier les besoins pour le futur et élaborer des stratégies pour le renforcement des capacités institutionnelles et de la formation à différents niveaux et identifier les priorités de recherche (appliquée) pour le développement de stratégies s'appuyant sur des voies alimentaires ;
- Assurer la communication et la diffusion des résultats de programmes ou de recherches appliquées en direction des chercheurs nationaux et internationaux de différentes disciplines ainsi que des professionnels intervenant dans différents secteurs en Afrique de l'Ouest;
- Promouvoir le développement et la mise en œuvre de voies alimentaires impliquant différents secteurs et faciliter la coopération entre les preneurs de décision que ce soit aux niveaux des gouvernements, des agences internationales, des ONGs, du secteur privé ou des donateurs bilatéraux.

To reach these objectives, the workshop was organized around six main themes that were presented and discussed among participants during plenary sessions or round tables.

The workshop started with two keynote addresses, highlighting the importance of food-based approaches for improving nutrition using several successful programmes, and addressing the role of small-scale industries and food technologists trained at professional level in improving post-harvest losses. The first four thematic sessions covered theme 1 to 4 and were opened by two guest speakers followed by six oral presentations and discussions. Theme 5 and 6 were discussed in Round Table sessions with each 5 introducers.

- *Theme 1: Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels*
  The most common means for expanding and diversifying nutrient availability is through improving the year-round supply of sufficient amounts and variety of foods. This can be achieved through accelerating agricultural development including, the promotion of home gardening, horticultural sector development, livestock production, fish-rearing, improved post-harvest handling and food processing. These measures need to be accompanied by more effective marketing and distribution systems. Attention needs to be given to ensuring availability of nutritionally adequate and affordable food supplies for urban consumers. Where the diversity of food is constrained and diets are primarily plant-based and low in dietary fat, uptake of some micronutrients (i.e. β-carotene and iron) may be seriously hampered. New strategies (e.g. biofortification) are needed.

Pour atteindre ces objectifs, l'atelier a été organisé autour de six thèmes principaux qui ont fait l'objet de présentations et de discussions entre participants à l'occasion de séances plénières et de tables rondes.

L'atelier a commencé par deux conférences introductives qui ont souligné l'importance des voies alimentaires pour améliorer les situations nutritionnelles à l'occasion de la mise en œuvre de programmes efficaces, examiné le rôle des petites industries agroalimentaires et des technologues formés à un niveau professionnel pour réduire les pertes post-récolte. Les quatre premières sessions, qui ont couvert les thèmes 1 à 4, ont été ouvertes par deux conférences invitées qui ont été suivies par six présentations orales et des discussions. Les thèmes 5 et 6 ont été discutés à l'occasion de deux tables rondes introduites par 5 intervenants.

- *Thème 1: Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible.*
  La manière la plus répandue d'augmenter les quantités et de diversifier les nutriments disponibles consiste à améliorer l'accessibilité, tout au long de l'année, d'aliments de différents types. On peut y parvenir en favorisant le développement agricole, en particulier en développant les jardins de case, le secteur horticole, l'élevage et l'aquaculture et en améliorant la manutention post-récolte et la transformation des aliments. Ces dispositions doivent être accompagnées par la mise en œuvre de systèmes performants de commercialisation et de distribution des aliments. Des efforts doivent être faits pour rendre accessibles aux consommateurs urbains des aliments de bonne qualité nutritionnelle à des prix abordables. Partout où la diversité des aliments est limitée et où les régimes contiennent

Theme 1 was introduced by two introductory lectures by Ms. Florence Egal (FAO) focused on food security and nutrition trends in West Africa and by Prof. Saa Dittoh focused on the improving availability of nutritionally adequate and affordable food supplies at the community level in West Africa. The introductory lectures were followed by five presentations covering topics related to measurement of household food security and vulnerability to food shortages and related coping strategies, quality perceptions of sorghum varieties and derived foods, current trends in the utilization of roots and tubers and the role of food technology in the fight against malnutrition and poverty.

- *Theme 2: Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society*

  Households need to know what constitutes an appropriate diet for health and have the skills and motivation to make sound choices on family care and feeding practices. Food and nutrition education play a vital role in promoting the consumption of nutritionally adequate diets, as it is especially important for poor household to make optimal use of locally available nutrient-rich foods and practice healthy eating patterns. Infants and young children are at risk of malnutrition, thus complementary feeding demands attention. Urban life brings opportunities to improve nutrition but also brings risks that raise new challenges for nutritionists and food technologists.

The second theme of the workshop was introduced by Prof. Hélène Delisle, delivering an introductory on food diversi-

principalement des produits végétaux pauvres en matières grasses, les ingérés en certains micronutriments, en particulier bêta-carotène et fer, peuvent être nettement insuffisants. De nouvelles stratégies comme la biofortification sont nécessaires.

Le thème 1 a été introduit par deux conférences invitées. La première de Mme Florence Egal (FAO) a donné les tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest tandis que la seconde, présentée par le Pr. Saa Dittoh, a porté sur l'amélioration de la disponibilité en vivres nutritionnellement adaptés et économiquement accessibles au niveau des communautés dans la même région. Ces conférences ont été suivies par cinq présentations traitant de l'évaluation de la sécurité alimentaire et de la vulnérabilité pendant les périodes de soudure ainsi que des stratégies qui permettent d'y faire face, de la perception par les consom-mateurs de la qualité des variétés de sorgho et des produits dérivés, des tendances actuelles de l'utilisation des racines et tubercules et du rôle que peut jouer la technologie alimentaire dans la lutte contre la malnutrition et la pauvreté.

- *Thème 2: Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation.*

  Les ménages doivent savoir ce qui est nécessaire pour disposer d'un régime alimentaire approprié et avoir la compétence et la motivation pour faire des choix appropriés au niveau des pratiques alimentaires et de soins pour la famille. L'éducation en matière de nutrition et d'alimentation joue un rôle vital en encourageant la consommation de régimes nutritionnellement adaptés dans la mesure où il est fondamental que les ménages pauvres utilisent de manière optimale les aliments localement disponibles riches en nutriments et adoptent des habitudes de consommation bonnes pour la santé. Les nourrissons et les jeunes enfants sont des groupes nutritionnellement à risque et l'alimentation de complément doit donc faire l'objet d'une attention particulière. La vie urbaine

fication strategies and the reasons why these are neglected in spite of their potential effectiveness. Dr. Mary Arimond presented an introductory paper related to the relationships between dietary diversity, nutrient adequacy and children's growth, and the research gaps existing. Subsequently, six papers were presented addressing food consumption of micronutrients (Vitamin A, iron, zinc and essential fatty acids) in relation to nutrition status and infant development. Also the nutritive value of street foods, identification of vitamin A rich foods and the impact of a food diversification intervention were presented.

- *Theme 3: Food processing at household and community level for increased (micro)nutrient (bio)availability*

  Food processing can have significant effects on the effective supply of food. This theme mainly looked at food processing at household and community level like decortication, fermentation, and germination. Attention was given to transformation and preservation techniques and their effects on the supply of quality food. Food safety is also an important issue to be considered for the quality of processed foods.

The third theme was opened by Prof. Joseph Hounhouigan with an introductory paper on valorisation of local cereals for urban markets in West Africa and by Prof. Olusola Oyewole with an introductory paper on the improvement of traditional cassava processing for nutritional enhancement. Again, these were followed by six presentations mainly addressing food processing of staple foods, safety and technological aspects of the preparation of infant flour and gruel, and the effect of the regular consumption of improved comple-

offre des opportunités d'améliorer les situations nutritionnelles mais, dans le même temps, fait aussi apparaître des risques qui constituent de nouveaux défis pour les nutritionnistes et les technologues alimentaires.

Le second thème a été introduit par Pr. Hélène Delisle, qui a présenté les stratégies reposant sur la diversification alimentaire en s'interrogeant sur les raisons pour lesquelles elles sont encore négligées en dépit de leur efficacité. Puis Dr Mary Arimond a détaillé les connaissances actuelles et les besoins en terme de recherche sur les relations existantes entre diversité alimentaire, des apports appropriés en nutriments et croissance des enfants. Puis, six présentations ont porté principalement sur les liens entre la consommation en micronutriments (Vitamine A, fer, zinc et en acides gras essentiels) et le statut nutritionnel et le développement du nourrisson. Elles ont également porté sur la valeur nutritionnelle des aliments de rue, sur l'identification des aliments riches en vitamine A et sur l'impact d'une stratégie de diversification alimentaire.

- *Thème 3: Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro) nutriments*

  Les procédés de transformation des aliments peuvent avoir des effets importants sur les disponibilités alimentaires. Ce thème a été principalement consacré aux procédés mis en œuvre au niveau des ménages ou des communautés comme le décorticage, la fermentation ou la germination. Une attention particulière a été portée aux techniques de transformation et de préservation et à leurs effets sur la disponibilité en aliments de qualité. La sécurité sanitaire des aliments est également un aspect important à prendre en compte de la qualité des aliments transformés.

Le troisième thème fut ouvert par Pr. Joseph Hounhouigan avec une conférence relative à la valorisation des céréales locales sur les marchés urbains d'Afrique de l'Ouest et par Pr. Olusola Oyewole qui traita de l'amélioration de la

mentary foods on infant energy intakes and nutritional status.

- *Theme 4: Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio)availability*

  Another dietary approach comprises fortification of foods with nutrients. This can be effective if the target population consumes the fortified food in sufficient quantities, if foods are centrally processed, if technical problems can be over-come, and if legislation in support of such a policy is enacted and rein-forced. This theme mainly looked into food fortification and food-to-food fortify-cation implemented by micro- and small-scale food enterprises.

Theme 4 was introduced by Mr. John Onny presenting small scale industrial food production as a way forward to changing food habits and enhancing nutritional status in local communities, and by Dr. Jacques Berger addressing fortification of foods with micronutrients as a component of an integrated strategy to control micronutrient deficiencies in developing countries. The six subsequent presentations looked at the effects of different food processes like mechanical milling and cooking on the quality of fonio, extrusion cooking for the production of infant flours and nixtamalization, a process used in Mexico with maize. The presented papers also covered the development and production of chips from cereal and legume flours and millet fermentation control using a lactic acid starter.

transformation traditionnelle du manioc en vue d'améliorer les situations nutritionnelles. Leurs exposés ont été suivis par six présentations orales traitant principalement de la transformation des aliments de base, des aspects sanitaires et technologiques de la préparation de farines et de bouillies infantiles et des effets de la consommation régulière de ces aliments de complément améliorés sur les ingérés énergétiques et le statut nutritionnel des nourrissons.

- *Thème 4: Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro) nutriments*

  Une autre voie alimentaire utilisable est la fortification des aliments. Elle peut être efficace quand les aliments fortifiés sont consommés en quantité suffisante par les populations ciblées, s'ils sont produits dans un nombre limité d'unités, si les problèmes techniques peuvent être surmontés et s'il existe une législation effectivement appliquée pour accompagner cette politique. Ce thème a été principalement consacré à la fortification des aliments, au niveau de micro- ou de petites entreprises agroalimentaires, par ajout de micronutriments ou par incorporation d'autres aliments riches en micronutriments

Le thème 4 fut introduit par M. John Onny qui a présenté la production en petites industries agroalimentaires comme une voie pour le changement des habitudes alimentaires et l'amélioration des situations nutritionnelles dans les communautés locales et par Dr. Jacques Berger qui a présenté la fortification des aliments par les micronutriments comme une composante d'une stratégie intégrée pour contrôler les carences en micronutriments dans les pays en développement. Les six présentations qui ont suivi ont porté sur les effets de différents procédés technologiques comme le blanchiment mécanique du fonio, la cuisson-extrusion pour la production de farines infantiles et la nixtamalisation utilisée pour transformer le maïs au Mexique. Les contributions orales ont également porté sur la production de chips de céréales et de légumineuses et sur le contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique.

- *Theme 5: Food-based strategies in West-Africa: what does work (and what doesn't)?*
  A variety of food-based strategies have been implemented by governments, NGOs and local organizations showing successes as well as failures. This theme gave the opportunity to discuss what works and what does not work in the effort to improve nutrition through food-based strategies. Experiences from within West Africa as well as from outside the region were presented and discussed and key-issues related to interventions formulated.

During this first Round Table, the successes and failures of existing food-based strategies in West-Africa were discussed. Four introductory presentations were given related to food based strategies implemented in West Africa, but also to lessons learned from projects in Madagascar and Vietnam. One paper addressed the importance of choice of diet for recovering of severe malnutrition and another wondered about the necessity and ways to come from traditional to industrial products at the community levels.

- *Theme 6: Future needs and implications for capacity building and training at different levels*
  The expertise of food technologists and nutritionists as, for example, those educated at the University of Ouagadougou, is indispensable for implementing food-based strategies. Based upon discussions in the previous themes, it was considered necessary to identify the knowledge and skills needed by food technologists and nutritionists in order to plan and implement food-based strategies in rural and urban/peri-urban areas, and how training for building appropriate capacities can be integrated into (existing) curricula.

- *Thème 5: Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Quelles sont les stratégies qui marchent ? (et celles qui ne marchent pas)?*
  Les différentes stratégies alimentaires mises en oeuvre par des gouvernements, des ONGs ou par des organisations locales se sont soldées tantôt par des succès tantôt par des échecs. Ce thème a donné l'occasion de discuter de ce qui marche et de ce qui ne marche pas, parmi les voies alimentaires déjà explorées, pour d'améliorer les situations nutritionnelles. Des expériences menées dans, et en dehors de l'Afrique de l'Ouest ont été présentées et discutées en vue de dégager les facteurs clés de la réussite des interventions.

Au cours de cette première Table Ronde, les succès et les échecs en Afrique de l'Ouest de stratégies reposant sur des voies alimentaires ont été discutés. Les quatre exposés introductifs ont porté non seulement sur les stratégies mises en oeuvre en Afrique de l'Ouest, mais aussi sur les leçons à tirer de projets réalisés à Madagascar et au Vietnam. Un exposé a souligné l'importance du choix des régimes pour la récupération de la malnutrition sévère tandis qu'un autre traitait de la nécessité et de la manière d'évoluer vers la fabrication de produits de type industriel au niveau des communautés.

- *Thème 6: Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux*
  L'expertise de technologues alimentaires et de nutritionnistes, comme ceux formés à l'Université de Ouagadougou, est indispensable pour mettre en oeuvre des voies alimentaires. A partir des discussions menées à l'occasion des thèmes précédents, on s'est efforcé de définir les connaissances et les compétences nécessaires aux technologues alimentaires et aux nutritionnistes pour planifier et mener des stratégies alimentaires en milieux rural et urbain/péri-urbain et de

During the Round Table concerning theme 6 the role of food technologists and nutritionists in food-based approaches was discussed as well as the consequences for capacity building and training. Five presenters introduced the discussions with short presentations on the needs and different approaches of training in nutrition and food technology, the crucial role of information and communication technology in these and the contribution of private enterprises to the improvement of the diet of vulnerable populations.

préciser comment la formation visant à conférer ces capacités peut être intégrée à travers les programmes de formation existants ou à créer.

Au cours de la Table Ronde dédiée au thème 6, le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes dans la mise en oeuvre de voies alimentaires a été discuté ainsi que les implications en terme de formation et de développement des capacités au niveau de la formation. Cinq présentateurs ont introduit les discussions par de courts exposés relatifs aux besoins et aux réalisations en terme de formation en nutrition et en technologie alimentaire, au rôle important des techniques d'information et de communication et à la contribution des entreprises privées à l'amélioration de l'alimentation des groupes de population vulnérables.

A last session focused on the State-of-the-Art in food-based approaches was organized by the FAO. The title of this session was *"Food-based approaches: from research to practical action: the role of national governments and their development partners".* The session aimed at *(i)* identifying current and future issues, challenges and needs of food-based approaches, *(ii)* identifying the promising approaches, the constraints and opportunities for translating research into practical and sustainable actions and *(iii)* reviewing the roles of governments and their development partners in implementing and upscaling successful food-based actions.

Une dernière session consacrée à l'état-de-l'art sur les voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles et intitulée *«Les approches fondées sur l'alimentation: de la recherche à l'action*: *le rôle des gouvernements et de leurs partenaires pour le Développement*» a été organisée par la FAO. Les objectifs de cette session étaient *(i)* d'identifier les problèmes actuels ou potentiels, les défis et les besoins des approches fondées sur l'alimentation, *(ii)* d'identifier les approches prometteuses, les contraintes et opportunités pour traduire les résultats de la recherche en actions concrètes et durables et *(iii)*, examiner les rôles des gouvernements et de leurs partenaires pour le développement dans la mise en oeuvre d'actions fondées sur l'alimentation et leur passage à des échelles plus grandes d'intervention.

Posters covering all sessions were displayed during the workshop in the hall of the conference centre.

Des affiches couvrant l'ensemble des thèmes ont pu être consultées pendant toute la durée de l'atelier dans le hall du centre de conférence.

A young scientist poster presentation competition was part of the workshop. The term "young scientist" applied to researchers under 35 years of age, and who have completed a PhD not longer than 3 years before the workshop. An international jury panel

Un concours d'affiches a été organisé dans le cadre de l'atelier à l'intention des jeunes scientifiques, c'est à dire des chercheurs de moins de 35 ans n'ayant pas obtenu leur thèse depuis plus de trois ans. Un jury international a choisi les vainqueurs de la compé-

discussed and selected the 'winners' of the contest amongst 22 applicants originating from 10 different countries. The first prize was given to Ms. Kossiwavi Ayassou (a former Master student of Ouagadougou University) for a poster entitled: "*Improvement of Burkinabe diet with carotenoid-rich foods".* The second prize was for Mr. Tahirou Traoré (PhD student of the Ouagadougou University) for a poster entitled: "*Changes in α-amylase activity and some nutrient and anti-nutrient contents during cereal malting in small production units in Ouagadougou".* The third prize went to Ms. Lynda Njongmeta (PhD student of the Ngaoundere University, Cameroon*)* for a poster entitled: "*Weaning practices in the Adamawa Province of Cameroon".* Papers belonging to these posters are included in these proceedings.

The conclusions and recommendations resulted from the discussions ensuing from the plenary lectures and round tables are given at the end of the proceedings.

The 189 participants attending the workshop came from 28 different countries: 91 came from Burkina Faso, 54 from 13 West or Central African countries, 7 from 5 countries of other parts of Africa, 33 from 5 European countries and 4 from Canada, Mexico, USA and Vietnam.

By publishing the proceedings of this international workshop which gathered so many scientists and people concerned with the improvement of nutritional situations, we hope to contribute, as it was one of our main objectives, to strengthening communication and dissemination of programmes and applied research results among international and national scientists from different disciplines and professionals from different sectors in West Africa.

tition parmi 22 candidats originaires de 10 pays. Le premier prix a été attribué à Mlle Kossiwavi Ayassou, ancienne étudiante de DEA de l'université de Ouagadougou, pour une affiche intitulée "*Amélioration de l'alimentation burkinabè avec des aliments riches en caroténoïdes".* Le second prix a échu à M. Tahirou Traoré, doctorant de l'université de Ouagadougou, pour une affiche intitulée "*Variation de l'activité α-amylasique et des teneurs en certains nutriments et facteurs anti-nutritionnels au cours de la préparation de farines de céréales germées par les dolotières de Ouagadougou"* et le troisième prix à Mlle Lynda Njongmeta, doctorante de l'université de Ngaoundéré (Cameroun) pour une affiche intitulée *"*Les pratiques de sevrage dans la province de l'*Adamawa (Cameroun)".* Les articles correspondant à ces trois affiches sont inclus dans les actes.

Les conclusions et recommandations issues des discussions qui ont suivi les sessions plénières et les tables rondes sont données à la fin du présent ouvrage.

Les 189 participants à l'atelier sont venus de 28 pays différents: 91 du Burkina Faso; 54 de 13 autres pays d'Afrique de l'Ouest ou Centrale; 7 de 5 autres pays d'Afrique; 33 de 5 pays européens; 4 du Canada, des États-unis, du Mexique et du Vietnam.

En publiant les actes de cet atelier international qui a réuni à Ouagadougou autant de scientifiques et de personnes concernées par l'amélioration des situations nutritionnelles, nous espérons contribuer, répondant ainsi à l'un de nos principaux objectifs, à développer la communication et la diffusion des résultats de programmes et de recherches appliquées en direction des chercheurs nationaux et internationaux de différentes disciplines et des professionnels intervenant dans les différents secteurs concernés en Afrique.

The success of the present workshop and the one organised in 1999 shows the need and importance to continue the organisation of such workshops in the future, and it is hoped that the fruitful collaboration of the present partners will results in a 3rd international workshop in the year 2007

Le succès de cet atelier et de celui qui l'avait précédé en 1999 montre les besoins et l'importance de continuer à organiser de tels ateliers dans le futur. Il est souhaitable que la fructueuse collaboration entre leurs coorganisateurs se poursuive et se concrétise en 2007 par l'organisation d'un 3ème atelier international.

References / *Références*

1. SCN. Nutrition for improved development outcomes. 5th Report on the world nutrition situation. Geneva; SCN, 2004.
2. Shetty P. Food and nutrition: the global challenge. In: Gibney MJ, Vorster EHH, Kok FJ (eds.) Introduction to human nutrition. Blackwell Publishing, The Nutrition Society, 2002.
3. Ruel MT. Can food-based strategies help reduce vitamin A and iron deficiencies? A review of recent evidence. Food Policy Review 5. Washington DC; IFPRI, 2001
4. Kennedy G, Nantel G, Shetty P. The scourge of hidden hunger: global dimensions of micronutrient deficiencies. Food Nutr Agric 2003;32:8-16

Inge D Brouwer *(WU)*
Alfred S Traoré *(CRSBAN)*
Serge Trèche *(IRD)*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Conférences introductives

Key – notes

Towards an integrated programme for improving nutrition - The role of food-based approaches

Agble Rosanna

Chief Nutrition Officer, Ghana Health Service, PO Box M78 - Accra, Ghana

Corresponding author: *ragble@hotmail.com* ou *nutrition@ighmail.com*

- Abstract -

Recent estimates from FAO indicate that out of 840 million people who do not receive enough energy from their diets to meet their needs, 799 million live in developing countries. Throughout the developing world, poor people subsist on diets consisting of staple foods such as starchy roots or tubers and little else. The lack of diversity in the foods they eat often leads to nutritional deficiencies particularly micronutrient deficiencies. Several attempts have been made to address the causes of nutritional deficiencies but most of these have been undertaken in vertical programmes by the lead sectors. Strategies to address nutritional disorders particularly micronutrients deficiencies include supplementation, fortification and dietary diversification. Of these, food-based approaches are considered as sustainable means of meeting the nutritional needs of population groups.

Food-based approaches that can be used to address micronutrient deficiencies are:

- increasing the production and availability of foods high in these nutrients;
- making vitamin A and iron more easily absorbed by the body;
- breeding new varieties of plants that contain larger amounts and more bioavailable micronutrients;
- fortification of locally consumed foods with micronutrients;
- nutrition education programmes to change eating behaviour aimed at increasing consumption of these foods.

Food-based programmes that have been implemented in various countries using opportunities available in existing programmes such as integrating home gardening and community based growth promotion activities in South Africa, incorporating nutrition into farmer field schools in Indonesia, improving bioavailability of iron in Indian diets through food-based approaches as well as integrating nutrition and behaviour change activities into agriculture extension programmes, will be used as examples.

Collaboration with other sectors including education, research, sanitation, water supply and housing, together with favourable policy climate at all levels and improvement of public/private sector partnership are also important in ensuring successful implementation of food-based approaches to improve nutrition.

Key words: Integrated programmes – Food-based approaches – Nutrients.

- Résumé -

Vers un programme intégré permettant d'améliorer les situations nutritionnelles: la place des voies alimentaires

Les dernières estimations de la FAO indiquent que sur 840 millions de personnes qui ne reçoivent pas suffisamment d'énergie dans leurs régimes alimentaires, 799 millions vivent dans les pays en développement. Partout dans le monde en développement, des pauvres vivent de denrées de base telles que des racines et tubercules riches en amidon et de peu d'autres choses. Le manque de diversité des aliments qu'ils consomment mène souvent à des carences nutritionnelles, en particulier en micronutriments. Beaucoup de tentatives ont été faites pour s'attaquer aux causes des carences nutritionnelles, mais la plupart ont été entreprises dans des programmes verticaux des principaux secteurs. Les stratégies pour s'attaquer aux problèmes nutritionnels, en particulier les déficits en micronutriments, consistent en la supplémentation, la fortification et la diversification alimentaire. Parmi celles-ci, les approches fondées sur l'alimentation sont considérées comme des moyens durables de satisfaire les besoins nutritionnels des groupes de population.

Les voies alimentaires qui peuvent être utilisées pour traiter les carences en micronutriments sont:

- l'augmentation de la production et de la disponibilité d'aliments riches en ces nutriments;
- le fait de rendre la vitamine A et le fer facilement absorbables par l'organisme;
- la culture de nouvelles variétés de plantes qui contiennent de grandes quantités de micronutriments davantage biodisponibles;
- la fortification des aliments localement consommés par des micronutriments;
- des programmes d'éducation nutritionnelle pour changer le comportement alimentaire en vue d'augmenter la consommation de ces aliments.

Les voies alimentaires qui ont été mises en oeuvre dans différents pays à l'occasion de programmes utilisant des opportunités locales seront utilisées comme exemples. Il s'agit de l'intégration des potagers et des activités communautaires de promotion de la croissance en Afrique du Sud, de l'introduction de la nutrition dans les écoles rurales en Indonésie, de l'amélioration de la biodisponibilité du fer dans les régimes indiens à travers des approches fondées sur l'alimentation et de l'intégration de la nutrition et d'activités visant à des changements de comportement dans des programmes de vulgarisation agricole.

La collaboration avec d'autres secteurs incluant l'éducation, la recherche, l'hygiène publique, la fourniture en eau et en logement, un climat politique favorable à tous les niveaux et l'amélioration du partenariat entre les secteurs public et privé sont également importants pour assurer le succès de la mise en oeuvre de voies alimentaires pour améliorer les situations nutritionnelles.

Mots-clés: Programmes intégrés – Voies alimentaires – Nutriments.

———————————

INTRODUCTION

Throughout the developing world, poor people subsist on diets consisting of staple foods such as starchy roots or tubers and little else. The lack of diversity in the foods they eat and the pressures from population growth and poverty often leads to nutritional deficiencies which continue to affect nearly half of the world's population. Recent estimates from FAO indicate that out of 840 million people who do not receive enough energy from their diets to meet their needs, 799 million live in developing[1]. Also alarming is the projected 18% rise in the number of malnourished children in Africa by 2020[2]. Over 2 billion people suffer from malnutrition including protein-energy deficiencies and micronutrient malnutrition. Such malnutrition prevents much of the world's population from reaching their full potential, mentally, physically or financially. It also contributes to higher death rates from diet related diseases such as hypertension, stroke and cancer. Good nutritional status is dependent upon each person having desirable intakes of macronutrients and micronutrients, combined with adequate health and care as well as availability of safe drinking water. Well-nourished people are both the result of successful development and contributors to it.

Over many years, several attempts have been made to address the malnutrition problem through various interventions implemented independently by several sectors. These attempts have been supported by education through various multi media approaches. Even though some progress has been made in some countries, the desired impact has not been made. Improved nutrition requires coordinated activities by many government sectors such as agriculture, food, health, water, education, information and trade. It also requires cooperation with research institutions, food producers, processors and marketers, educators at all levels, and non-governmental organizations involved in all these sectors. The first deliberate attempt to integrate these efforts was through the International Conference on Nutrition (ICN) jointly sponsored by WHO and FAO in Rome in 1992. This conference recognized that to achieve satisfactory nutritional status, it is essential to ensure continued access to sufficient supplies of a variety of safe foods at affordable prices so that all people, especially the poor and vulnerable groups can have nutritionally adequate diets.

The conference requested all governments to develop country action plans and strategies based on the specific themes. In particular, ministries of agriculture, food, health, social welfare, education and planning as well as other concerned ministries should formulate concrete proposals for their sectors to promote nutritional well being. In response to the ICN call, many countries have completed their national plans and used the opportunity to integrate actions in nutrition.

Many countries recognized that food-based approaches are the most sustainable ways of meeting the nutritional needs of populations for the following reasons[1]:

- food-based approaches empower individuals and households to take ultimate responsibility over the quality of their diet through their own production of nutrient-rich foods and informed consumer choices;
- food-based approaches are also appealing because they can address multiple nutrients simultaneously, including dietary energy, proteins and various micronutrients, without the risk of antagonistic nutrient interactions or overload.

The food-based approaches have been used particularly to address micronutrients especially vitamin A and iron encompass a wide variety of interventions that aim to increase (1) the production and availability of and access to micronutrient-rich foods, (2) the consumption of foods rich in vitamin A and iron and (3) Breeding new varieties of plants that contain larger amounts and more bioavailable micronutrients.

Interventions tended to focus on increasing adoption of particular agricultural strategies and on promoting of food production in the 1970 and 1980s but the role of nutrition education and communication was largely neglected. By 1994, changes started and more behaviour change and communication projects were being implemented, either as main intervention or in combination with production activities.

INTEGRATED APPROACHES

Traditionally, nutrition interventions are carried out by two main sectors namely health and agriculture. These two sectors can enrich each other using food-based strategies using the above approaches. This presentation will attempt at giving examples where food-based approaches have been used to (1) enrich health programmes (2) integrate health and agriculture programmes and (3) improve public sector/private sector cooperation.

Incorporating food-based approaches into health programmes

In a pilot study in a rural village in KwaZulu-natal in South Africa, community-based growth monitoring activities were used as platform for the promotion of a home gardening project that was funded by Thrasher research fund[3]. In 1995, the lack of facilities within a mountainous rural village prompted the establishment of community-based growth monitoring activities, which were hosted in households. Families made their homes available on a voluntary basis once a month, to serve as growth promotion points. The growth monitoring activities were carried out by nutrition monitors who were locally trained for the project. In an attempt to address the vitamin A deficiency disorders in the area, the community-based growth monitoring activities were integrated with a home gardening project. The growth monitoring sessions were used to promote the production and consumption of yellow/orange fruits and vegetables and dark green leafy vegetables and served as demonstration and training centres for agricultural activities. A demonstration garden was established at each of the nine growth promotion points in the village. It served as the training centres for all the mothers attending the growth monitoring centres. On growth monitoring days all mothers attending the sessions were taken to the demonstration garden, where a nutrition monitor promoted agricultural activities and gave demonstrations. The production of yellow/orange fruits and vegetables and dark green leafy vegetables at the household level was promoted, and daily consumption of these crops was strongly recommended. As a result of this the following were achieved:

- maternal knowledge regarding vitamin A nutrition improved;
- there was an increased intake of yellow/orange and dark green leafy vegetables;
- the vitamin A status of the children was improved;
- empowerment gained through a better understanding of what makes children healthy, how to check their health and acquisition of the skills to produce food to achieve this objective.

Incorporating nutrition into agricultural programmes

Improving poor people's access to food and disseminating knowledge about different foods and skills needed to grow, purchase, process and prepare these foods on a daily basis, are essential components of a holistic strategy for prevention of micronutrient deficiencies and promoting good nutrition[4]. Agriculture in its broadest sense plays a key role in this strategy. There are a large number of agricultural extension activities including large scale Farmer Field School (FFS) processes developed in Indonesia in 1989 and now spread to over 50 countries. The central characteristics include:

- hands-on training methods in which farmers test management methods for themselves and learn concepts directly;
- flexible, non-lecture field study using a group field that allows the "field to be the teacher", among others.

Relatively small changes in the current FFS process could produce significant improvements in nutrition and health, if more attention was given to improving diet and food-production aspects of relevance to the poor, including wider variety in food supplies and improved nutritional intake.

While agricultural extension workers may have received training in food and nutrition, there is much scope for the collaboration of health workers and community development workers with extension agents in planning and implementing a locally adapted curriculum to cover special topics focusing on issues of nutrition and household food security. A community health worker or other person with a good knowledge of health and nutrition may initiate the development of a locally adapted FFS curriculum with farmers by discussing how specific problems of health, child growth and development are linked to food intake.

While the community health worker may address underlying health care issues, the agricultural extension worker must lead the discussion into issues of food security. Given that the main goal of FFS is to address agricultural production problems, the nutrition and food consumption issues raised by the health worker need to be picked up by the agricultural extension worker and linked to issues of access to food and agricultural production.

Production and Education interventions

In Kenya, new varieties of sweet potatoes rich in beta-carotene were introduced to women's groups. The control group participated in on-farm trials and received minimal agricultural support for the production of the new varieties of sweet potatoes, while the intervention groups received nutrition education, lessons in food processing and technical assistance. The intervention group experienced a statistically significant increase in the frequency of consumption of vitamin A-rich foods, compared to decrease in the control group[5].

In Ethiopia, a home gardening and health education intervention was built into an existing dairy goat project. The evaluation showed that study participants had greater knowledge about the importance of vitamin A consumption and how to prevent night blindness[5].

Two projects carried out in Tanzania, one promoting the use of solar drying to preserve food and the other combining horticultural activities and nutrition and health education, documented more frequent intakes of vitamin A-rich foods. Interestingly, the increases in vitamin A intake found in the solar dryer promotion project resulted from increased intakes of animal products, rather than from dried vegetables or fruits. This finding indicates that the nutrition education component of the intervention, which promoted increased intake of vitamin A from all sources, was more successful than the solar drying intervention itself in increasing vitamin A intakes[5].

In Niger, a 10-month multimedia campaign promoted increased consumption of four vitamin A-rich foods depending on seasonal availability. These included liver, dark green leafy vegetables, squash, and mangoes. Intake of liver among participating women and children increased markedly as a result of the intervention, and the overall purchase of vitamin A-rich foods more than tripled[5].

MULTISECTORAL APPROACHES

In Uganda, a project proposal with the goal of improving the health of rural populations through food-based approaches to nutrition with emphasis on vitamin A was developed. The objective of the project was to promote consumption of Orange Flesh Sweet Potato (OFSP) in quantities that lead to reduced levels of vitamin A deficiency (VAD).

It was recognized that the task of alleviating vitamin A deficiency through the use of OFSP requires a multi-sectoral and multidimensional approach that integrates and harmonizes the activities of the major players in research (agronomists, nutritionists, socio-economists, post harvest specialists), production, micro-enterprises, medical and health/nutrition departments, non-governmental organizations (NGOs), community based organizations (CBOs) and farmer groups and the International Potato Center (CIP).

The following groupings were formed to facilitate the implementation of the project with defined responsibilities:

- post-harvest group: undertake research methodologies that will be used including farmer and consumer surveys to obtain information on existing consumption patterns of vitamin A rich foods, identification of market opportunities for potential OFSP products;
- research group: laboratory studies to develop OFSP products and consumer testing to determine the acceptability of the products; field testing of existing storage technologies of fresh roots and processing technologies that reduce labor and are gender friendly to determine their effectiveness and suitability; linking farmers to micro-finance for credit and to micro-enterprises that process and market OFSP products;
- health and nutrition group: assess the existing consumption patterns in regard to vitamin A rich foods; promote consumption of OFSP products to enhance vitamin A status of vulnerable populations.

In Ghana, the project, “Promoting Household Food Security and improving Nutrition through Nutrition Education and Training” was implemented in the Upper West Region for two years from 1995 to 1997.
The project whose main objective was to improve Household Food Security (HHFS) and nutrition through food and agriculture based activities, focused its attention on two of the following issues identified from a baseline survey:

- creating awareness on rabbit rearing as a source of protein supply and income;
- promoting exclusive breastfeeding of children between 0 – 6 months and proper weaning practices;
- promotion of the production of fruits trees and vegetables;
- promotion of improved utilization of green vegetables.

To stimulate co-ordination and harmonization of nutrition education messages, extension workers (also known as Front line Staffs) from Ministry of Health, Ministry of Food and Agriculture, Department of Community Development and Ghana Education Service were given training, among others, on the concepts and causes of HHFS and how the core messages could effectively be communicated to community members.

These training’s were carried out by their District Officers, and who had earlier on been exposed to the issues using a range of media-based and inter-personal communication methods.

In addition the project had long-term objectives of:

- providing advisory services with the development and design of a programme for nutrition training and nutrition education for the public with a view to modifying dietary behavior and consumption patterns for better nutrition;
- strengthening the agricultural extension and health services in nutrition and education by providing training to extension workers in nutrition and development support communication.

Achievements

Women farmers in the project communities were empowered to own farm animals mainly rabbits. This was a new behavior that broke the cultural beliefs that women were not capable of owning farm animals. The result was a drastic improvement in the consumption of protein by their families and a general increase in the family income. These communities were assisted to identify indigenous vegetables and fruits that were rich in micronutrients for consumption. Up to the present, these foods are still being consumed especially during the lean seasons, which before the intervention were not available in the households.

Exclusive breast-feeding rates increased. The knowledge and attitudes towards the use of the colostrums from breast milk changed for the better.

Knowledge and practices on healthy infant feeding practices improved. The *Builsa* women testified that their family food improved and their children looked healthier and did not fall sick very often again.

The women testified that they saved more time when they grew vegetables near their homes instead of walking to the next village or market to buy some. Women realized that they could own farm animals right in their own communities thereby improving on household food security and incomes.

Male farmers realized they had several opportunities in their own communities, which they could tap on to, improve their food security and nutritional situations.

Success Factors

- Training materials in nutrition and gender for district and village level agricultural and health extension staff, and primary and secondary school teachers were developed and were found to have played a key role in the success of the program.
- 120 agricultural and health extension staff and 60 primary and secondary school teachers were trained in nutrition/gender/agriculture communication. These staff were available in the communities to assist members to adopt the new behaviors.
- An intersectoral group developed a comprehensive communication strategy, making sure that synchronized messages and materials were used by extension officers and teachers at all levels.
- Strong intersectoral collaboration was established at the district level among agriculture and health departments, district assemblies, department of community development, schools and development partners.
- A clear-cut follow up action plan was developed even after the end of the project.

SUB-REGIONAL APPROACHES - IMPROVING PUBLIC/PRIVATE SECTOR COOPERATION THROUGH FORTIFICATION

Food fortification, the addition of nutrients to commonly eaten foods to maintain or improve the quality of diets, is one of the most sustainable mechanisms for curbing micronutrient malnutrition, both correcting existing malnutrition as well as preventing malnutrition from occurring in the future. In addition, food fortification can be perceived as a measure that improves the quality of food, in addition to better agricultural, processing and storage techniques. Furthermore, food fortification is one of the most cost-effective among all public health interventions. A regional approach was undertaken through a Private Sector-Public Sector Dialogue on Food Fortification In West Africa workshop held in Accra from October 15-17, 2002.

The objectives of the meeting were to:
- discuss the problem of micronutrient malnutrition in West Africa;
- increase awareness on the fortification of basic foods as one of the key strategies for micronutrient deficiency control;
- accelerate national and regional efforts to address the problem in an effective and sustainable manner.

Consensus Statement

The following consensus statement on the problem, strategies to address micronutrient malnutrition through food fortification and actions required at the regional and national level was adopted:
- food fortification with vitamin A and iron is not well developed in West Africa;
- there is considerable interest amongst both the public and the private sector in promoting food fortification. In several countries these players have begun to engage with each other (e.g. Cote d'Ivoire, Ghana, Mali, Nigeria);
- all countries of the region should maximize access by all their people to affordable, safe and efficacious fortified foods as a long term and permanent commitment to the elimination of micronutrient malnutrition;
- fortification of commonly consumed foods such as flour, oils, sugar, salt and other condiments should be encouraged with iron, vitamin A, folic acid and other vitamins and minerals as needed;
- food fortification cannot meet the full micronutrient needs of deficient populations. It should always be seen as one element within an integrated and comprehensive program;
- food fortification should always be promoted in accordance with recognized guidelines on healthy eating;
- costs of fortification should be absorbed along the production-consumption chain in a way that does not jeopardize the sustainability of the whole process;
- small scale processing is widely used especially for foods consumed by the poor. Inserting fortificants into such processes needs a proactive approach, which recognizes this as a development rather than an industrial or health-related process. The socio-economic context of small-scale fortification needs to be recognized and its promotion linked to cross-sectoral development initiatives.

Regional Role

Some recommendations were made on ensuring support from Economic Committee for West African States (ECOWAS) through West Africa Health Organization (WAHO) for:
- development and approval of a regional policy and strategy for food fortification;

- development and re-enforcement of legislation, standards, regulations and guidelines for fortification of foods in collaboration with Codex;
- facilitation of the free flow and trade of fortified foods conforming to regionally accepted standards while controlling illegal importation;
- strengthening of national level quality assurance and certification capabilities and promotion of collaboration among laboratories;
- identification and support of regional institutions for training and capacity building activities;
- sharing of existing information and regional experiences and data through networking;
- linking of fortification programmes to other relevant initiatives such as the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) project to develop micronutrient rich varieties of maize, wheat, potatoes, beans and cassava;
- continue, expand and build on the public-private dialogue from the meeting.

National level

- Create a national partnership structure or committee to champion and oversee the implementation of a national food fortification programme and ensure policy support at the highest level. This committee should:
    - prepare a national food fortification strategy and identify priority actions for both public and private sectors to create an enabling environment for fortification and mechanisms to minimize costs, and enhance supply;
    - create demand through facilitation of procurement of equipment, data collection and analysis, social marketing, establishment of legal frameworks, quality assurance, and monitoring and evaluation.

BARRIERS TO MULTISECTORAL APPROACHES

In spite of all these successes in implementing these pilot projects, the lessons learnt have not been taken to scale. This may be due to the fact that the barriers to developing strong partnership between the agricultural and nutrition communities are substantial. Some of these barriers are listed below:

Partnership

Rational ordering of Government into sectors in order for government to fulfill its duties and the fact that nutrition fits poorly within this organisation. These rational barriers to partnership between agriculturists and nutritionists can easily set the two communities up as rivals within government and in the field especially with limited resources that can lead to conflicts over allocation of these resources.

Resources

Funding for nutrition is problematic in any location in Government as nutrition is not a core competency of any sector. Sector-wide investment plans do not serve nutrition well as no sector gives priority to nutrition. There is little scope for collaborative activities across sectors within government as funding mechanisms in place throughout government, both at central and local levels follows sectoral lines. Even if one would want to put together a collaborative nutrition project involving health and agriculture, separate funding streams would have to be established to each sector to fund their participation. However, it seems that as one moves down the hierarchy of government intersectoral confrontation eases. When the scope of work begins to

involve actual people, villages and communities on the ground with real cross–cutting needs, the health and agriculture sectors, in case of nutrition do a better job at working together.

Planning, politics and impact

The planning process and the mechanisms put in place to see that there is follow up on plans can lead to locally inappropriate activities. At the district level and below, collaboration does occur to some extent because it is necessary to get work accomplished. District level activities are often selected and prioritised based on the need to meet the specific monitoring indicator targets, rather than through a locally adapted assessment of needs (Uganda). In any case, nutrition remains awkward fit into the priority categories and nutritional variables are not found among the monitoring indicators.
In electoral terms, politicians find it difficult to justify a nutrition project against a health facility or school. The local politician can point to the health facility when seeking votes at elections whereas one cannot do that too easily with a nutrition programme that may actually be a more significant poverty reduction activity.

Decision making process

Where personalised decision making process dominate, particularly where there is little knowledge on the importance of nutrition to welfare and social and economic development, there is little scope for action on malnutrition to be taken by either community. Similarly, governments must assume a responsibility for providing nutritionally adequate food for all its citizens before one can expect nutritionists and agriculturist to work together. In the absence of this commitment, broad successes against malnutrition are unlikely.

Advocacy

The general level of understanding of the causes and the impact of malnutrition is much lower than it should be. Without this knowledge at hand, both sectoral and national policy makers are quick to deny resources allocation to nutrition. Limited knowledge at local level also means that nutrition issues are unlikely to get into local level planning process. “You cannot demand for what you don’t know about” (Uganda).

Human capacity

Improved human capacity leads to enhanced economic productivity, which will provide the foundation for economic growth and a better level of welfare for all. However, the central emphasis in poverty reduction strategies on building human capacity is on reducing illiteracy and enhancing educational attainment to build the intellectual and technical capacity of the population. Similarly attention to reducing malnutrition would seem to be of equal significance for reducing poverty. Yet, nutrition interventions are not singled out in a comparable manner to the close attention to education. Nutrition and agriculture should be more prominent in the broad overarching development policies of all countries. This omission poses an important policy barrier to increased efforts to reduce malnutrition by the two sectors in partnership.

CONCLUSION

Compared to previous interventions carried out in the early 1980s, which did not include nutrition education activities, the new generation of integrated production and education projects have been much more successful in improving knowledge, awareness attitude and practices related to vitamin A.

Cross cutting issues suffer in the policy arena because they are the obligation of no single sector and since resources flow according to sectoral lines, cross-cutting issues are easily overlooked even in those situations where a cross-sectoral issue has formally been made the responsibility of a specific sector.

Any attention directed at nutrition at all levels will require sensitisation efforts. Strong leadership qualities will be needed at all levels whose role should include backstopping nutritionists across the country.

Partnership between agriculturists and nutritionists is possible and an important gain in the nutritional status and in the broader welfare of the population can be achieved by their working together. However, real barriers for collaborative activity do exist and pragmatic and creative solutions are necessary to promote such joint efforts to reduce malnutrition.

REFERENCES

1. Kennedy G, Nantel G, Shetty P. The scourge of “Hidden hunger”: global dimensions of micronutrient deficiencies. Food Nutr Agric 2003;32:8-14
2. IFPRI. Empowering women to achieve food security: Vision 2020. Focus No. 6. Washington, DC, International Food Policy Research Institute, 2001
3. Faber M, Benade AJS. Integrated home-gardening and community-based growth monitoring activities to alleviate vitamin A deficiency in a rural village in South Africa. Food Nutr Agric 2003:32:24-30
4. Callens K, Gallagher KD. Incorporating nutrition into farmer field schools. Food Nutr Agric 2003;32:62-67
5. Ruel MT. Can Food-based strategies help reduce vitamin A and iron deficiencies? A review of Recent Evidence food Policy Review. Washington DC; IFPRI, 2001

Besoins et offre de technologie post-récolte dans l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne: Rôle des technologues dans le développement de la petite entreprise

Silou Thomas

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN), Equipe mixte DGRST-UMNG, Centre IRD, BP 1286, Pointe Noire, Congo.

Auteur correspondant: *eprancongo@yahoo.fr*

- Résumé -

La pénurie des aliments en Afrique subsaharienne vient à la fois de la faiblesse de la production agricole et du niveau élevé des pertes post-récolte. Si l'augmentation de la production est un problème extrêmement complexe à cause de la multitude des paramètres à considérer, la réduction des pertes post-récolte présente moins de contraintes, surtout si on se limite à des technologies à l'échelle domestique ou de la petite entreprise. Encore faudrait-il bien positionner le problème par rapport au contexte et aux objectifs majeurs poursuivis.

Quelle clientèle cible pour quelle offre de technologie et de prestation et dans quelles conditions de réalisation, au regard de la situation concrète de l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne?

Telle est la question à laquelle cet exposé tente de répondre.

Mots-clés: Alimentation – Technologie post-récolte – Formation – Recherche – Petite industrie.

- Abstract -

Needs and offer of post harvest food technology in sub-Saharan Africa: the role of technologists for the development of the small-scale food industry

The weakness of agricultural production and the high level of post harvest losses can explain the food shortage in sub-Saharan Africa. If the production improvement is an extremely complex problem because of the multitude of the parameters to consider (access to the ground, labor productivity, farming techniques etc.), reduction of post-harvest losses has fewer constraints, especially if one considers domestic or small-scale technological levels. But this problem should have to be placed comparing the context and the major objectives.

In sub-Saharan Africa, the non-formal sector represents the main part of post harvest activities, particularly in food processing. And so, most of the jobs in the food processing field is not formalized, and they are acquired by a non-conventional technical training. Vis-à-vis this request, an official education system proposes high-level manpower and Engineers training profiled on the modern food large-scale industry. It follows a gap between supply and demand.

The African technologist faces many questions, as well on education as on research and innovation to satisfy the specific needs of the informal sector, and small enterprises and industries (PME – PMI) in sub-Saharan Africa: Which technologist to train? And on which trades?

It would be preferable, to avoid very specialized training of engineers in very high level schools, and focus training on basic technology with a great scientific flexibility in a world in perpetual change. For these new jobs, research activities are fundamental, for their delimitation and formalization. To be relevant, this research must exclude imitation, plagiarism, beaten paths; it must be really innovating in concepts and methods and at last must be inventor basing on which has been in existence and accompanying technology evolution throughout endogenous innovations.

In conclusion, the technologist must be well up on society expectations and take note of their needs; he will translate them in his structures, programs and working uses in technical words for a new foundation of national scientific and technologic systems, which are the major supports of socio-economic development.

Key words: Food – Post harvest technology – Training – Research – Small scale industry.

———————————

POSITION DU PROBLÈME ET CADRE CONCEPTUEL

Les problèmes alimentaires sont au centre de la vie de toute nation. Située en aval de la production, de la transformation et de la commercialisation en amont de la consommation, de la nutrition, de l'hygiène et de la santé, le secteur de l'alimentation et de la nutrition est un lieu de convergence de nombreux enjeux socio-culturels et économiques.

Il est appelé à nourrir les hommes, à approvisionner les villes pour garantir un bon état nutritionnel des populations dans un contexte de pénurie, d'inflation, d'instabilité politique, et finalement de pauvreté généralisée pour l'Afrique subsaharienne.

C'est un secteur qui crée beaucoup d'emplois et qu'il convient de stimuler en vue de l'émergence des micro entreprises et des PME (Petites et Moyennes Entreprises) en mettant à la disposition de ces dernières, certes des technologies appropriées, mais aussi et surtout, des technologies et des produits locaux valorisés.

On pourra ainsi faire face à l'augmentation de l'importation des denrées alimentaires, c'est-à-dire, faire face à la mondialisation, par la promotion des produits alimentaires locaux en accroissant leur compétitivité sur le marché international; l'expérience des "produits ethniques" à travers le monde est éclairante à cet égard.

Tout en répondant à la nécessité d'augmenter la production alimentaire, il s'agira d'accroître la productivité du travail agricole, des procédés de transformation des aliments et d'améliorer les pratiques permettant de garantir un bon état nutritionnel et par conséquent un bon état de santé des populations. Il s'agira en d'autres termes d'identifier les voies alimentaires susceptibles d'améliorer les situations nutritionnelles des populations.

Mais le développement économique et ses enjeux dans ce secteur, ne sauraient éclipser, les autres enjeux liés à l'identité culturelle d'un pays. Beaucoup d'aliments locaux ont pu jusqu'ici résister aux produits importés, grâce à leur ancrage dans la culture des populations. Il y a donc aussi des enjeux et des défis culturels à relever.

En fin de compte les enjeux de ce secteur peuvent se résumer par la nécessité de garantir:

- la sécurité et l'autosuffisance alimentaires des ménages et du pays;
- la santé des populations par la qualité et la quantité des aliments produits assurant un équilibre des rations alimentaires quotidiennes.
- une contribution efficiente à la création d'emplois et des revenus des populations;

Véritable croisement d'enjeux, le secteur de l'alimentation et de la nutrition est également un carrefour de concepts à cause de la pluridisciplinarité de la "science alimentaire".

Le Cornell University's College of Agriculture and Life Sciences, par exemple, définit la "food science" comme l'application des sciences de base (chimie, physique, biochimie, microbiologie, nutrition …), de la biotechnologie, du génie et de la gestion à la production, la conservation, la transformation et la distribution des aliments.

Déjà à ce niveau, il convient de bien distinguer l'aliment de la nourriture ou plus exactement l'alimentation de la nutrition.

S'alimenter, c'est ingérer un aliment pour restaurer les ressources de l'organisme lorsque les réserves en énergie et en matériaux sont épuisées ou sérieusement entamées. C'est donc une fonction biologique. Mais l'aliment est également un produit social élaboré et utilisé dans les conditions et des contextes bien déterminés. Il en découle différentes autres fonctions sociales: culturelle, économique, hédonique, etc.

Se nourrir, c'est fournir aux cellules de l'organisme vivant, à travers les nutriments contenus dans les aliments, l'énergie et les matériaux dont ce dernier a besoin pour son métabolisme, c'est-à-dire pour sa vie. C'est une fonction exclusivement biologique qui relève de la nécessité de survie de l'organisme.

En définitive, si s'alimenter relève de la volonté de l'homme, se nourrir échappe à cette dernière et relève de la nécessité pour le maintien de la vie.

Positionnée sur la technologie agroalimentaire, cette réflexion concerne le produit social qu'est l'aliment.

Elle s'appuiera sur les concepts d'aliments, de pertes et technologies post-récolte, de sécurité alimentaire etc., tels que définis par la FAO[1].

ETATS DES LIEUX DU MAILLON POST-RÉCOLTE DE LA CHAÎNE AGRO-ALIMENTAIRE

Différentes approches sont généralement utilisées dans la littérature pour caractériser la situation alimentaire de l'Afrique subsaharienne.

Une première considère les zones écologiques et distingue le Sahel et la forêt humide, une seconde renvoie à l'aliment de base et distingue une zone à dominante céréales et une zone à dominante tubercules et plantains; les limites géographiques des Etats ne suivent pas rigoureusement cette catégorisation, aussi rencontre-t-on des pays qui sont à la fois sahélien et couverts de forêt humide tels que le Nigeria et le Cameroun et qui par ailleurs ont également un modèle de consommation mixte avec les céréales et les tubercules comme aliments de base.

D'où l'émergence d'une troisième approche qui, s'appuyant sur la notion de filière, passe à travers les zones écologiques et les modèles de consommation pour faire émerger les traits caractéristiques et les problèmes communs pour un système ou une spéculation donnée.

Selon Hugon[2], la filière, qui peut être utilisée comme un mode de découpage d'un système productif (le système agroalimentaire notamment), admet, au moins deux niveaux de définitions.

Au niveau technico-économique, la filière agroalimentaire représente "un chemin orienté reliant plusieurs branches depuis en amont la production agricole jusqu'en aval la distribution finale et la consommation des produits agroalimentaires en passant par les activités de transformation, de stockage, de transport, de commercialisation des produits".

Au niveau socio-économique, la filière est un "lieu intermédiaire pour comprendre la dynamique du système agroalimentaire, identifier les acteurs, étudier les relations, analyser les modes d'organisation et repérer les nœuds stratégiques".

Le concept filière, grâce à sa souplesse, à l'articulation et même la hiérarchisation de différents stades qu'il peut introduire dans la chaîne agroalimentaire (production, transformation, circulation et utilisation des produits) nous paraît suffisamment opérationnel pour notre réflexion que nous voulons positionner au niveau technico-économique.

Une spéculation ou un groupe de spéculations peut constituer une sous-filière; nous l'appellerons ici, filière pour une raison de commodité, et par conséquent le système agroalimentaire devient une super filière.

La situation de la production, de la conservation et de la transformation des denrées alimentaires de base en Afrique subsaharienne, découlant de cette approche et caractérisée au cours d'une session d'échange organisée par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT) à Abidjan en 1989 reste encore d'actualité[3]. Elle permet d'esquisser à grands traits l'état des lieux du secteur:

- la production vivrière, dans son ensemble, est relativement importante dans chaque pays, mais une faible partie seulement est commercialisée;
- la production est très insuffisante, pour certains produits, le riz par exemple, dont la demande croît rapidement, notamment avec l'urbanisation;
- l'importation devient la principale source pour couvrir la demande des populations urbaines qui est en constante progression;
- la productivité de la chaîne alimentaire est faible notamment à cause des pertes post-récolte;
- l'industrie de transformation des produits alimentaires locaux est très peu développée, contrairement à celle utilisant les matières premières importées (blé, orge, extrait et concentré de boisson) qui connaît une expansion remarquable;
- on note l'existence d'une gamme étendue de préparations culinaires permettant une plus grande valorisation des produits alimentaires locaux. Une bonne partie des procédés de transformation de ces produits, ont déjà fait l'objet d'une analyse approfondie en vue de leur amélioration;
- la presque totalité des pays disposent de structures de recherche plus ou moins performantes sur la conservation et la transformation des produits agricoles nationaux. Ces centres qui ont parfois mis au point des procédés de fabrication intéressants, connaissent des difficultés pour la valorisation de leurs résultats;
- le séchage solaire reste la méthode de conservation des produits alimentaires la plus répandue. Il a connu des améliorations très sensibles sur le plan technologique avec l'introduction des séchoirs solaires améliorés;
- la fermentation apparaît comme une étape incontournable pour beaucoup de filières;
- l'emballage est le maillon le plus négligé de la chaîne de transformation;
- le stockage, réalisé essentiellement de façon traditionnelle, ne préserve pas de façon efficace les produits des aléas du milieu.

Cette vue panoramique peut être affinée en passant en revue les principales filières.

Filière "racines, tubercules et plantains"

Le manioc, l'igname, le taro, le macabo, la patate douce et la banane plantain ont été regroupés dans cette filière, qui a fait l'objet de synthèses très documentées dans la littérature[4-9]. S'agissant du manioc, spéculation de loin la plus importante, Tabuna[10] évalue à 14 le nombre de produits dérivés du manioc qui sont mis sur le marché extérieur à l'Afrique avec en tête la *chikwangue* (3500 tonnes pour 8,4 millions d'euros) suivi du *saka saka* (feuilles de manioc, 500 t pour 2,6 millions d'euros).

Filière "céréales"

Les céréales sont très largement consommées en Afrique de l'Ouest et du Centre. Le blé et le riz importés sont les denrées les plus consommées; le sorgho, le riz et le maïs, produits locaux les plus utilisés, ont du mal à résister aux produits importés. Il en découle une production trop faible pour entretenir une activité durable de transformation.

La transformation des céréales comprend 3 principales opérations: le pré-traitement (battage, séchage, stockage), la première transformation (décorticage, égermage, mouture) conduisant à la farine, la semoule et le grain décortiqué, et la seconde

transformation qui, à partir de la farine et de la semoule aboutit aux aliments spécifiques. Des études de valorisation de céréales, notamment dans le Sahel, sont également disponibles[11,12].

Filière "fruits et légumes"

Avec sa zone sahélienne et sa zone humide tropicale et équatoriale, l'Afrique subsaharienne présente une très grande diversité de fruits et légumes[4,8,13].

La zone humide présente un environnement nettement plus favorable à l'agriculture, ce qui conduit à une gamme de cultures plus étendue.

Une étude réalisée sur 10 pays d'Afrique Centrale a grossièrement évalué la production de la sous-région et identifié les principales caractéristiques de la filière[13].

Les spéculations cultivées sont très variées; il s'agit de: l'ananas, la mangue, la papaye, les agrumes, la tomate, l'oignon, le gombo, le choux, le piment, le poireau, le poivron, la banane, la goyave, le haricot, l'avocat, le gingembre, le fruit de la passion, la carotte, pour ne citer que les plus importants. Malheureusement les statistiques sont rares et peu fiables.

La transformation des fruits et légumes conduit principalement à des jus de fruits et nectars, à des confitures et gelées, à des sirops de fruits de conserve, de légumes et à des produits séchés. Il existe des boissons fermentées locales à base de fruits; leur élaboration pose des problèmes de la maîtrise de la fermentation et de l'assurance de la qualité des produits finis.

La formation de méthanol dans certaines boissons expose leurs consommateurs à un risque de cécité; c'est le cas de l'alcool de banane dans la région des grands lacs.

Beaucoup de fruits et légumes consommés, notamment dans la zone tropicale et équatoriale viennent de la cueillette en forêt et dans la savane.

Une étude réalisée au Congo Kinshasa[14], indique, pour la partie Sud et Nord-Est de ce pays que les fruits et légumes consommés par les populations qui y habitent appartiennent à une trentaine de familles botaniques et que les *Zingiberaceace*, *Verberaceae*, *Cucurbitaceae*, *Moraceae*, *Sterculiceae* sont les familles les mieux représentées. Par ordre d'importance, les parties les plus consommées sont les fruits (49,0%), les feuilles (21,5%) et les graines (9,8%). Ces organes sont utilisés à l'état frais ou sec après une préparation appropriée.

La consommation des fruits et des feuilles en grande quantité apporte des substances organiques essentielles, des vitamines, des sels minéraux et autres oligo-éléments, participant ainsi à l'équilibre des rations alimentaires des populations.

Filière "corps gras"

Cette filière est très industrialisée et s'appuie sur des cultures de rente. Le palmier à huile, le coton, l'arachide sont les spéculations les plus utilisées dans l'extraction et le raffinage sur place de l'huile; il existe pour cette filière des complexes agro-industriels importants qui intègrent la culture et la transformation. Mais la plupart de ces complexes fonctionnent mal par insuffisance de savoir-faire ou de bonne gouvernance; ils résistent mal à la concurrence internationale.

Certaines huiles ou graisses végétales consommées localement sont produites artisanalement à partir des formations végétales naturelles.

Les potentialités de la forêt humide (recouvrant une grande partie de l'Afrique de l'Ouest et du Centre) sont énormes; on y trouve, entre autres, des oléagineux locaux, très intéressants, sur le plan nutritionnel, qui méritent d'être valorisés[15-18].

Filière "produits carnés"

L'élevage est très développé dans la zone sahélienne. La chasse alimente la zone humide en viande. La forme de conservation traditionnelle de la viande la plus répandue est le "boucanage"; c'est un séchage à la fumée. Il peut poser d'énormes problèmes de qualité hygiénique liés au caractère spontané de la fermentation et au risque d'apparition de produits cancérigènes en cas de fumage mal conduit.

La présence des grandes villes côtières dans le Golfe de Guinée et des grands bassins hydrologiques à l'intérieur du continent conduit à une activité importante de pêche, aussi bien au niveau industriel qu'artisanal.

Les espèces marines les plus prisées sont le requin, le congre, le bar, la sole, le mâchoiron, la dorade…

La capture des crustacés et autres fruits de mer constitue également une activité importante.

Les crustacés et les poissons nobles se conservent au froid (camions frigorifiques pour les industriels, glacières pour les artisans pêcheurs.)

La crevette est le crustacé le plus consommé sous forme séchée.

Pour le poisson, on rencontre deux principales formes de conservation:
- la fermentation suivie du fumage qui conduit au poisson fumé et
- la fermentation, précédée d'une salaison et suivie d'un séchage solaire qui conduit au poisson salé séché.

Ces activités sont principalement exercées par les femmes.

Filière "plantes aromatiques alimentaires"

Les plantes aromatiques englobent les plantes à épices, les plantes à condiments, les plantes stimulantes, les plantes médicinales…
Deux points les réunissent: leur caractère aromatique (fort parfum) et leur composition chimique (terpènes).

Les plantes médicinales sortent du cadre de cet exposé consacré à l'alimentation et les plantes stimulantes (café, cacao, thé…) également, parce qu'elles ne concernent pas, pour l'essentiel, la micro entreprise et les PME.

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a utilisé les plantes aromatiques alimentaires; les "routes des épices" de la période coloniale, par exemple témoignent du rôle des épices et des condiments dans l'alimentation de cette époque-là.

Ainsi contrairement à l'idée largement répandue, l'arôme, l'épice et le condiment ne sont pas des additifs facultatifs du repas, ils en sont la caractéristique essentielle. En effet, sur un nombre très restreint d'ingrédients de base tels que le poisson, la viande, l'homme a créé une infinité de plats en faisant varier les épices et les condiments.

Aujourd'hui, les arômes et aromates, les épices et condiments jouent encore un rôle très important dans la cuisine africaine.

Mais l'Afrique est, une fois de plus, absent du marché international pour cette filière, assez spécifique mais très lucrative au regard des investissements à mobiliser pour sa mise en œuvre et surtout des potentialités de ce continent en la matière[19,20].

Essentiellement utilisées, au niveau local, sous forme de feuilles, de bois, de graines et de racines séchés, les plantes aromatiques sont actuellement très étudiées, en vue de l'extraction de leurs principes actifs: les huiles essentielles, les concrètes et les oléorésines. Ces derniers, qui ont l'avantage d'occuper un faible volume, génèrent des plus-values importantes.

La mise en œuvre de ces produits, à haute valeur ajoutée, est génératrice d'emplois, très simple et peu coûteuse.

La technologie utilisée, l'hydrodistillation, par exemple, pour les huiles essentielles, est déjà connue des populations pour la distillation des alcools traditionnels.

Trois réseaux travaillent à la valorisation des plantes aromatiques africaines depuis 1986. Il s'agit du réseau panafricain "Plantes Aromatiques et Huiles Essentielles[21]", du "Réseau Africain Bioressources et Energie pour le Développement et l'Environnement, RABEDE", affilié à ENDA Tiers Monde[22,23] et du "Réseau sur la Valorisation des Matières Premières Végétales Africaines, VMPVA"[24,25].

L'examen attentif de la situation dans les différentes filières a permis de constater que les techniques culturales scientifiques éprouvées et les variétés performantes n'étaient pas la panacée pour résoudre le problème du déficit alimentaire dans les pays africains. Il fallait accorder une attention au moins égale aux problèmes agronomiques qu'aux technologies post-récolte qui judicieusement mis en œuvre, toute chose étant égale par ailleurs, permettraient un doublement de la quantité des aliments actuellement disponibles[1].

BESOINS ET OFFRE EN TECHNOLOGIE POST-RÉCOLTE

Origine des pertes et incidence de l'environnement

Il existe plusieurs causes des pertes post-récolte[1]. Les causes principales affectant directement les aliments peuvent être biologiques (rongeurs, oiseaux, singes …), microbiologiques (champignons, bactéries, etc.), chimiques (altération des constituants chimiques ou contamination accidentelle), biochimiques (réactions enzymatiques), physiques (blessures, température, humidité…), physiologiques (respiration …), psychologiques (dégoût ou refus de la part du consommateur). Les facteurs microbiologiques, physiologiques et physiques sont les causes les plus importantes des pertes post-récolte.

Les mauvaises méthodes de récolte, de conditionnement et de manutention, les exigences normatives, la surcharge des circuits post-récolte contribuent à l'altération des aliments. Tous ces facteurs sont tributaires de l'environnement qui peut les stimuler ou les inhiber, ce sont les causes secondaires.

Il faut donc bien connaître les propriétés physiques, chimiques et nutritionnelles, mais également l'environnement de l'activité des diverses productions pour espérer une conservation efficace des aliments.

Besoins en technologie post-récolte

Il n'est pas aisé de procéder à l'identification des besoins en technologie post-récolte dans l'agroalimentaire car les utilisateurs eux-mêmes en ont une perception très vague et la médiatisation du technologue est déterminante, car un problème bien posé est à moitié résolu.

Malheureusement, la formation des personnels techniques dans l'optique de l'industrialisation rend ces derniers presque incompétents pour le secteur informel,

qu'ils sont obligés d'appuyer, dans la plupart des cas, à cause du faible développement du tissu industriel local.

Formés pour la grande industrie, ils travaillent pour des entreprises familiales et artisanales souvent démunies. Ils ont du mal à saisir les logiques internes au secteur; ils l'investissent avec des outils inadéquats.

Il est donc primordial pour les technologues de l'Afrique sub-saharienne, d'évaluer les besoins en technologie post-récolte de manière fine et à l'aide de méthodologies éprouvées. La réalisation de cette tâche est un préalable à l'efficacité de leur contribution au développement technologique de l'Afrique.

La compilation des différents travaux disponibles dans la littérature rend parfaitement cette difficulté d'identifier selon les règles de l'art, les besoins en technologie; on peut globalement déduire différentes attentes du secteur, qu'il faudrait traduire ensuite en besoins précis:

- accéder à une meilleure connaissance de la matière première, des mécanismes de son altération et de son aptitude à la conservation et à la transformation. Cette connaissance varie avec la nature des spéculations et la complexité de la technologie; elle peut aller de l'information générale au savoir scientifique pointu;
- acquérir des techniques simples pour les différentes opérations unitaires constituant un procédé. En effet, à ce niveau, la chaîne de fabrication n'est pas sous le contrôle d'une même personne physique ou morale. Le procédé s'exécute en sommant des services rendus par des détenteurs d'outils à usages multiples (séchoir, moulin, décortiqueur, chambre froide, etc.). Il faut prendre en compte cette désarticulation des opérations unitaires dans la stratégie d'optimisation du procédé;
- acquérir du matériel adapté à l'échelle artisanale ainsi que le savoir-faire qui va avec sa mise en œuvre;
- disposer des emballages appropriés, fonctionnels, au besoin en matériaux locaux;
- être accompagné techniquement dans la mise en œuvre des procédés et dans le suivi de la qualité du produit;
- être accompagné dans la gestion de l'innovation.

Face à ces attentes, se dresse une offre variée, multiforme et venant d'horizons divers:

- la coopération internationale offre, par transfert de technologie, du matériel adaptable sur place ou des unités clés en main. Dans ce genre d'opération, le transfert du savoir-faire est rarement garanti, notamment à cause du décalage des niveaux technologiques entre le donateur et le bénéficiaire. L'insertion de la technologie dans la culture du pays d'accueil est également problématique;
- les établissements universitaires, les grandes écoles notamment, offrent des savoirs et des savoirs-faire formels standardisés mais non "acclimatés". La recherche d'excellence des universités africaines, en référence aux standards internationaux (Ecole Polytechnique en France, MIT aux USA, Oxford en Angleterre), qui est louable et légitime, pénalisent et disqualifient cette offre lorsqu'il s'agit du secteur informel. L'essai de reconversion à la technologie intermédiaire des personnels techniques issus des grandes écoles ne va pas de soi. L'utilisation de la recherche par des personnels qui n'ont pas la qualification requise est périlleuse, l'expérience des séchoirs solaires améliorés au cours des années 80 est instructive à cet égard[26]. Nous y reviendrons plus loin. Par ailleurs, les travaux de recherche au niveau des universités s'arrêtent, au plus, au stade pilote; ils n'arrivent pas à l'utilisateur

faute de relais efficients chargés de promouvoir l'innovation; ne perdons pas de vue, comme le dit Treillon[27], que l'innovation est une activité de mise en relation entre un domaine technique et un marché. Il y a une préparation insuffisante des technologues à gérer cette relation;

- les centres de recherche locaux du secteur agroalimentaire sont essentiellement orientés vers la production qui est en général trop faible pour soutenir une action de transformation efficace et rentable. On s'occupe peu de la conservation et de la transformation. La faiblesse des ressources humaines et financières qui en découle conduit à des travaux sans impact sur le secteur. L'offre est donc quasi inexistante.

L'inadéquation entre l'offre et les besoins est manifeste. Elle est structurelle, c'est-à-dire qu'elle plonge ses racines dans la manière de définir le technologue, dans le rôle qu'on lui a assigné dans un contexte dominé par l'informel et les PME.
La réponse à cette invite doit être globale, profonde et fondatrice, car on ne peut pas transformer un diplômé de polytechnique ou du MIT, en encadreur du secteur informel.
Il faut revoir les orientations fondamentales concernant des technologues au triple niveau de la formation, de la recherche et le l'innovation, en vue de les rendre aptes à répondre à la demande de l'informel et des PME.

PERSPECTIVES DE SOLUTION

La question fondamentale que soulève cette réflexion peut finalement se formuler de la manière suivante: quelle clientèle cible pour quelle offre de technologie et de prestation et dans quelles conditions de réalisation?

Clientèle cible et contenu de l'offre d'expertise

L'alimentation en Afrique relève presque exclusivement de l'initiative locale, de l'informel; l'intervention de l'Etat est quasi inexistante.

L'informel doit son nom au fait que "les activités qui le constituent ne soient pas enregistrées dans le cadre classique de la comptabilité nationale".

Pour l'agroalimentaire, il regroupe des activités aussi diverses que le microcommerce des produits vivriers locaux ou importés à divers stades de la transformation[28], la petite entreprise urbaine ou rurale de la transformation ou la petite entreprise de liaison notamment de transport[29].

Dans cet informel, le maillon transformation renvoie à l'artisanat alimentaire. Il est créateur de nombreux emplois aussi bien dans la transformation proprement dite qu'au niveau de la sous-traitance et de la distribution. Contrairement à l'industrie, il présente des produits plus variés en réponse à une demande éclatée. Il s'appuie sur les technologies traditionnelles pour adapter les produits traditionnels à la demande urbaine; toutefois on note une timide évolution vers des nouveaux produits spécifiques à la demande urbaine. Il peut également s'ouvrir à l'extérieur par l'exportation des produits exotiques ou des "produits ethniques". Ses principales limites sont la quantité insuffisante et la qualité médiocre des produits mis sur le marché. Son organisation, caractérisée par un éclatement aussi bien au niveau de la localisation que des activités rend difficile l'établissement de partenariats techniques viables avec les institutions d'appui que sont l'Université et la Recherche. Comment peut alors s'organiser l'appui à ce sous-secteur?

Le technologue est tout d'abord interpellé dans la médiatisation de la demande technologique en aidant à la caractérisation de la clientèle cible et à la formulation des

besoins en technologie de celle-ci. Il devrait ensuite s'impliquer complètement dans la "formalisation" du sous-secteur de l'artisanat alimentaire qui est un préalable au succès de son intervention dans le secteur, son atomisation actuelle étant un des principaux obstacles à son développement.

Concrètement, la contribution du technologue serait sollicitée d'une part dans l'accompagnement de l'évolution de l'artisanat alimentaire de survie vers la petite entreprise et d'autre part, dans l'appui au développement de cette dernière.

Plus qu'un changement d'échelle pouvant résulter d'une "adaptation" ou une "appropriation" de technologie éprouvée existante, c'est à une remise à plat de l'acte technique qu'on est convié, en analyse de façon critique, l'adéquation de la formation actuelle du technologue par rapport aux attentes de ce sous-secteur précis d'intervention et la pertinence des approches, méthodes et pratiques actuelles de la connaissance de ce secteur ainsi que l'appui qui en découle.

Profil et rôle du technologue intervenant dans l'agroalimentaire en Afrique sub-saharienne

Formation des technologues

Les écoles d'Ingénieurs et les Facultés des Sciences et Techniques qui forment la plupart des technologues africains quel que soit leur lieu d'implantation (en Afrique ou à l'Etranger) proposent des cursus orientés vers l'industrie s'appuyant sur les technologies de pointe, au nom de l'Excellence universitaire qui est, en principe, universelle.

Si les missions de création et de transmission des connaissances, d'exercice de la fonction critique de l'Université sont effectivement universelles, le siècle dernier a vu naître une dernière mission de cette institution, le service à la société, qui consacre l'ancrage de chaque université dans son terroir.

Et c'est à ce niveau, me semble-t-il, qu'il faut poser le problème des technologues impliqués dans l'informel et la petite entreprise.

Il me paraît important de rompre avec la pratique des écoles ou Faculté clés en main, matériel et programme fournis par la coopération internationale.

La création d'une Ecole ou d'une Faculté doit répondre à un besoin correctement identifié.

Sans remettre en cause la formation des ingénieurs hautement qualifiés sur des métiers bien configurés, de génie, par exemple, il me paraît urgent de décloisonner pour la formation de la majorité des personnels techniques, la formation scientifique garantissant une grande ouverture d'esprit, un sens critique développé à une adaptabilité plus grande et la formation technique sur des métiers totalement configurés.

Recherche technologique

Dans les années 70/80, un effort important d'adaptation et de diffusion de séchoirs solaires pour la conservation des denrées alimentaires a été entrepris en Afrique, notamment en Afrique de l'Ouest.
Le Centre (canadien) de Recherche pour le Développement International (CRDI) a organisé un séminaire à Dakar en 1986 pour tirer les leçons de cette vaste opération, nous reportons ici les plus significatives[26].

Les chercheurs impliqués dans les activités de séchage solaire peuvent être répartis en deux groupes: ceux qui étudient le phénomène du séchage et ceux qui abordent

les problèmes liés à la configuration des séchoirs. Les premiers abordent très superficiellement les problèmes techniques, les seconds s'attèlent à résoudre des problèmes techniques qui n'existent pas.

Les approches méthodologiques laissent à désirer. Certains travaux ne reposent sur aucune analyse théorique; certains chercheurs abandonnent une conception particulière à cause de données insuffisantes (et souvent décevantes) sur son rendement, en faveur d'une nouvelle conception, sans toutefois justifier par des raisons appropriées cet abandon.

Cette expérience soulève le problème de la formation des technologues qui s'investissent dans la recherche.

Un ingénieur sur la base de son cursus actuel de formation est-il capable de faire aboutir une recherche technologique de manière scientifique? N'y-a-t-il pas trop d'empirisme dans la recherche technologique, notamment en Afrique? Et *a contrario* cette recherche ne devient-elle pas trop spéculative lorsqu'elle est confiée à des "universitaires"?

Le technologue est-il sûr, à chaque fois de s'attaquer au véritable problème et de faire un inventaire correct des solutions possibles?

Le fait, par exemple, que le système français ait eu à créer à une époque donnée le diplôme de "docteur – ingénieur" ou ait donné à des ingénieurs l'occasion de préparer un "doctorat es science", devrait nous interpeller au moment d'ouvrir la réflexion sur cette question.

Mais au-delà de la formation du technologue et de la pertinence de l'identification des problèmes, il se pose le problème fondamental de la méthodologie de la recherche technologique.

Le concept de technologie organique, suggéré par Muchnick et Ferre[30] et la méthodologie qui en dérive, me paraît suffisamment opératoire en agroalimentaire; il pourrait être une bonne base de départ pour des réflexions plus approfondies.

Ces auteurs, qui considèrent la technique comme un art de faire, une combinaison productive, une culture et enfin comme une organisation, définissent l'unité technique élémentaire comme une structuration de 3 éléments (l'homme, l'outil, et la matière) selon trois dimensions (opérationnelle, rationnelle et culturelle).

Cette unité peut servir de base pour l'élaboration d'une grille d'analyse opérationnelle, pour cerner l'ensemble de relation entre les éléments constitutifs.

Ils concluent que les techniques peuvent être considérées comme des structures constituées par l'ensemble de relations homme-outil-matière établies au cours de l'élaboration de biens ou procédés.

Les techniques sont donc beaucoup plus que les outils impliqués dans leur mise en œuvre.

De ce constat découle une méthodologie qui permet de cerner toutes les facettes des techniques; elle se déroule en 2 principales étapes:

- l'analyse technologique comparée, qui permet d'identifier les organisations techniques après une observation minutieuse et une comparaison de ces organisations; c'est ici qu'émergent les besoins en technologie en vue des innovations;
- l'expérimentation technique qui renvoie à la pratique du technologue par rapport aux organisations techniques. C'est ici que la question de la formation prend toute sa dimension. Il y a lieu de s'immerger dans la recherche qu'il

convient de conduire de manière participative dans l'expérimentation proprement dite et aussi dans le suivi et l'évaluation des innovations.

La situation, ainsi caractérisée dans le Sud, se présente, quant au fond, dans les mêmes termes au Nord à en croire Raoult – Wack et Bricas[31] dans la conclusion d'une réflexion sur l'évolution des démarches de Recherche et Développement dans le secteur de l'agroalimentaire lorsqu'ils affirment, "qu'au-delà du renforcement en nombre (des centres de recherche en agroalimentaire), c'est l'évolution des concepts et méthodes qui devrait déterminer désormais l'évolution à venir du dispositif de recherche et développement et ce aussi bien au Nord qu'au Sud."

Au Nord comme au Sud, ces concepts et ces méthodes concourent au développement des ressources techniques locales.

Une question apparaît: le transfert de technologie, levier important de coopération technologique dans le monde s'oppose-t-il à la valorisation des ressources locales? Quel type de relation entre ressources techniques locales et coopération internationale?[32].

Innovation, transfert technologique et propriété intellectuelle.

Les systèmes techniques agroalimentaires locaux basés sur un savoir-faire traditionnel et amélioré par des dynamiques endogènes continuent d'être le pilier fragile sur lequel repose l'alimentation des pays du tiers monde, constatent Muchnick et Ferré[30].

Cette affirmation met en évidence le rôle central joué par l'innovation endogène dans l'évolution de l'artisanat alimentaire de survie vers la petite entreprise et dans le développement ultérieur de cette dernière et donc indique la priorité dans l'intervention attendue du technologue, sans exclure l'inévitable recours au patrimoine technique de l'humanité.

Le technologue, déjà pourvoyeur d'expertise technique, devient un acteur non négligeable, parmi les autres partenaires, dans la gestion *in situ* de l'innovation.

Dans cette œuvre, qui devient collective, comment poser et surtout résoudre le problème de la propriété intellectuelle, voire industrielle entre les différents partenaires? Comment déterminer la contribution de chacun et évaluer sa juste rétribution?

L'expérience de la co-publication entre les laboratoires du Nord et ceux du Sud est à cet égard très instructive. Dans cette action commune, la répartition des tâches semble être prédéterminée par le niveau d'équipement des laboratoires, et dans beaucoup de cas les chercheurs du Sud se comportent comme, ou sont relégués au rang de simples collecteurs de données; le volet analytique et surtout spéculatif revenant à leurs collègues du Nord et qui, par ce fait, deviennent les véritables producteurs de la connaissance; il devient difficile d'établir un ordre équitable pour la liste des co-auteurs. Sans vouloir situer la responsabilité des uns et des autres, on constate sur le terrain une inégalité dans les rapports de forces qui est dommageable pour les 2 parties.

Il y a également à régler les rapports entre le véritable détenteur des procédés traditionnels qu'est l'artisan et le technologue, qui du fait de sa formation, peut les formaliser. En les rendant ainsi disponibles au patrimoine de l'humanité et accessibles aux autres technologues, il en revendique la paternité.

La situation devient beaucoup plus complexe lorsque le travail commun conduit à une invention brevetable. Outre le délicat problème de la brevetabilité du vivant, notamment des micro organismes, il y a celui de désigner le véritable inventeur,

propriétaire des droits associés entre les tutelles, les chercheurs du Nord, les chercheurs du Sud et l'artisan.

Il y a lieu de réserver une place importante à l'éthique notamment en matière de propriété intellectuelle dans le cursus de formation du technologue.

Mais en dernière analyse, la responsabilité de la protection des patrimoines incombe aux Etats et c'est peut encore un sujet important à inclure dans l'agenda du NEPAD, au chapitre technologie.

CONCLUSION

En Afrique sub-saharienne, le secteur informel représente l'essentiel des activités post-récoltes et, ceci est encore plus vrai dans le secteur de l'alimentation. Il s'ensuit que l'essentiel des métiers dans l'alimentation sont des métiers non formalisés qui s'acquièrent, plutôt par une formation "professionnalisante" que professionnelle classique. Face à cette demande, nous avons une offre de technologie de type classique résultant d'une formation dans des écoles professionnelles bâties sur des modèles de développement industriel de type occidental. On se trouve donc devant une inadéquation entre l'offre et la demande.

Le technologue africain doit faire face à une série d'interpellations, aussi bien au niveau de la formation qu'à celui de la recherche et de l'innovation pour répondre aux besoins spécifiques du secteur "informel" et des PME en Afrique sub-saharienne: Quel technologue former? Sur quels métiers et pour jouer quel rôle?

En dernière analyse, le technologue doit être à l'écoute des attentes de la société pour identifier et prendre acte de ses besoins; il devra les traduire dans ses structures, programmes et modes de fonctionnement en termes techniques en vue d'une refondation du système scientifique et technologique national, support essentiel d'un développement socio-économique durable.

RÉFÉRENCES

1. FAO. Prévention des denrées périssables. Rome: FAO, PNUE, 1985.
2. Hugon P. L'industrie agroalimentaire, analyse en termes de filières. Revue du Tiers Monde. 1979 (XIX);115:665–93.
3. ACCT. Session d'échange sur les technologies de transformation des produits alimentaires de base en Afrique. Abidjan, 30 – 08/02/89, 1989.
4. Bricas N. La valorisation des produits vivriers dans les pays d'Afrique humide et sub-humide. Montpellier: CIRAD, SAR, SPAAR, 1992:39.
5. Vernier P, Hounhouigan J, Bricas N. La transformation des ignames en cossettes et les préparations culinaires. Montpellier: CIRAD, CERNA, GTZ, 2000:28.
6. TPA, La transformation de l'igname. Bulletin du réseau TPA 2000;18.
7. Massamba J. Potentialités des modalités d'utilisation alimentaire des produits dérivés des racines de manioc au Congo-Brazzaville. Thèse de Doctorat d'Etat. Brazzaville: L'Université Marien Ngouabi, 2003.
8. Muchnick J. Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Paris: L'Harmattan, 1993.

9. Agbor Egbe T, Brauman A, Griffon D, Trèche S. Transformation alimentaire du manioc. Paris: ORSTOM Editions, 1995.

10. Tabuna H. Les aliments traditionnels africains à base de racines et feuilles de manioc (*Manihot esculenta*): une filière en développement constant en France et en Europe. 2003.

11. Sautier D, Odeye M. Mil, maïs, sorgho, Techniques et alimentation du Sahel, Paris: L'Harmattan, 1989.

12. TPA. Dossier: La promotion des céréales africaines. Bulletin du réseau TPA, 1995;10.

13. Monkam N. Marché des fruits et légumes transformés dans les pays de l'Afrique Centrale. Séminaire sur la transformation des fruits et légumes à petite échelle en Afrique Centrale. Brazzaville, 16 – 19 juillet 2001.

14. Lubinia A, Mossalla M, Onyembe PML, Lutaladio NB. Inventaire des fruits et légumes autochtones consommés par les populations du bas-Zaïre au Sud-Ouest Zaïre. Tropicultura, 1994;(12)3:118–23.

15. Silou Th. Actes du Séminaire sous régional sur la valorisation du safoutier. Brazzaville: Service Publication Université Marien NGOUABI, 25 – 28/11/91, 1991.

16. Nya Ngatcou J, Kengue J. Actes du 1er Séminaire international sur la valorisation du Safoutier. Douala: Presse Universitaire- Cameroun, 4 – 6/12/94, 1995.

17. Kayem GJ, Kapseu C, Kengue J. Actes du 2ème Séminaire international sur la valorisation du Safoutier et autres oléagineux non conventionnels. Ngaoundéré: Presse Universitaire- Cameroun, 1997.

18. Kengue J, Kapseu C, Kayem GJ. Actes du 3ème Séminaire international sur la valorisation du Safoutier et autres oléagineux non conventionnels. Yaoundé: Presse Universitaire- Cameroun, 3 - 5 /10/00, 2000.

19. Centre du Commerce International (CCI). Huiles essentielles et oléorésines, Etude de marché. Genève: CCI/CNUCD/GA, 1986.

20. Brown JG. Agro industry profiles: spices and essential oils. EDI working papers. Washington, DC: World Bank, 1991.

21. Silou Th. Actes du Séminaire sous régional sur les Huiles Essentielles. Brazzaville: Service Publication Université Marien NGOUABI, 25 – 28/11/91, 1991.

22. RABEDE, OÏKOS. Compte rendu de la réunion des producteurs africains d'huiles essentielles biologiques tenue. Gigors et Luzeron, France, 10 – 14/12/ 1998.

23. Anonyme, RABEDE. 1995 – 1999, de la création à la consolidation. Dakar: ENDA, 1999.

24. CRDI. Acte du 3ème colloque sur les produits naturels d'origine végétale. Saint Jean –sur-Richelieu, Québec, Canada: CRDI, 18 – 24/10/1995.

25. CRDI. Actes du colloque sur la valorisation de la biomasse végétale. Chicoutimi, Québec, Canada: CRDI, Août 1993.

26. CRDI. Actes du colloque sur les séchoirs solaires en Afrique. Dakar: CRDI, 21 – 24/7/86, 1987.

27. Treillon R. L'innovation technique dans les pays du sud, le cas de agroalimentaire. Paris: ACCT, CTA, Karthala, 1992.

28. Akindes F. Organisation du secteur informel alimentaire et demande de la consommation urbaine en Côte d'Ivoire. Colloque petites entreprises agroalimentaires. Montpellier, 19 – 20/10/1995.

29. Bazabana JM, Entreprises, organisation et fonctionnement en réseau. La transformation du manioc au Congo. Colloque petites entreprises agroalimentaires. Montpellier, 19 – 20/10/1995.

30. Muchnick J, Ferré H. Technologie organique: idées et méthodes dans l'alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Paris: L'Harmattan, 1993:235–62.

31. Raoult-Wack AL, Bricas N. Vers une évolution des démarches de recherche développement dans le secteur agroalimentaire : cas de la friture. Oléagineux, Corps gras. Lipides (OCL) 1998;1:47–51.

32. Silou T. Rôle et place de la coopération Nord-Sud dans les politiques technologique et industrielle africaines. Actes du séminaire international sur les stratégies de R-D pour les années 1990. Québec: CRDI, 12 - 19 octobre 1992.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 1:
Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible

Theme 1:
Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels

Improving availability of nutritionally adequate and affordable food supplies at community levels in West Africa

Dittoh Saa

Food and Nutrition Security Unit, University for Development Studies, Tamale, Ghana.

Corresponding author: *saaditt@africaonline.com.gh*

- Abstract -

Food and nutrition insecurity, manifested in the form of protein energy malnutrition (PEM) and/or micronutrient malnutrition (MM) continues to be a very serious problem in West Africa. One may easily understand the problem in conflict areas but it is also quite severe in many non-conflict rural areas and urban slums of West Africa.

Ironically, most of the chronically food and nutritionally insecure in West Africa are food crop producers and gatherers who form up to 90% of the rural population. The problem persists mainly because of poverty, environmental degradation and destruction, ineffective and unsustainable intervention strategies, globalisation (which forces farmers to produce for a "false" international market), and other factors. All these factors are very intricately interlinked in cyclical forms. There is need to break those cycles.

This paper discusses intervention ("bettering") strategies that have great potential of breaking the described cycles of continuous and indeed worsening food and nutrition insecurity in West Africa. The strategies, participatory technology development (PTD) and behaviour change communication (BCC), are basically participatory methodologies that have been used in northern Ghana, albeit at pilot levels, in the areas of food production, processing and consumption as well as natural resources management. The experience, which is being shared, is that both PEM and MM can be tackled if interventions can be made to constitute a production-processing (preservation)-marketing-consumption continuum in which continuous use is made of indigenous knowledge.

Key words: Participatory technology development – Behaviour change communication.

- Résumé -

Amélioration de la disponibilité de vivres nutritionnellement adaptés et économiquement accessibles au niveau des communautés en Afrique de l'Ouest

L'insécurité alimentaire et nutritionnelle, qui se manifeste sous la forme de la malnutrition protéino-énergétique (MPE) et/ou de carences en micronutriments, continue d'être un problème très sérieux en Afrique de l'Ouest. On peut aisément comprendre le problème dans les zones de conflit, mais il est aussi assez sévère dans de nombreuses zones rurales paisibles et dans les bas quartiers des villes de l'Afrique de l'Ouest.

Paradoxalement, ceux qui connaissent le plus l'insécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique de l'Ouest sont les producteurs et collecteurs agricoles qui constituent 90% de la population rurale. Le problème persiste surtout à cause de la pauvreté, de la dégradation et de la destruction de l'environnement, des stratégies d'intervention inefficaces et non durables, de la globalisation (qui oblige les paysans à produire pour un pseudo marché international) ainsi que d'autres facteurs. Tous ces facteurs sont liés de façon complexe sous forme cyclique. Il est indispensable de briser ces cycles.

Cette communication examine les stratégies d'intervention ("d'amélioration") qui ont un grand potentiel pour briser les cycles d'insécurité alimentaire et nutritionnelle précédemment cités qui continuent de s'aggraver en Afrique de l'Ouest. Les stratégies, basées sur le développement de technologies participatives (DTP) et sur la communication en vue de changements de comportement (CCC), sont en général des méthodologies participatives qui ont été utilisées à l'échelle pilote au Nord du Ghana dans les zones de production, de transformation et de consommation alimentaires ainsi que de gestion des ressources naturelles. L'expérience, qui est partagée, est que la MPE et les carences en micronutriments peuvent être toutes les deux combattues si les interventions peuvent être mises en œuvre pour constituer un continuum production - transformation (conservation) – marketing – consommation dans lequel l'utilisation en continu prend en considération les connaissances locales.

Mots-clés: Développement de technologies participatives – Communication pour le changement de comportements.

———————————

INTRODUCTION

Food and nutrition insecurity is still very prevalent in almost all parts of Africa. As stated in several articles and statements, Sub-Saharan Africa is the only region in the world currently facing widespread chronic food insecurity as well as persistent areas of hunger[1]. These situations may not be surprising in countries where there have been prolonged conflicts such as Sierra Leone, Liberia, Somalia, The Democratic Republic of Congo and other places or in drought-prone areas such as Ethiopia.

In the recent past, drought situations have not been so serious in West Africa yet the food insecurity situation is as bad as in other parts of the continent. Not even the relatively peaceful and rain-abundant countries (of West Africa) can claim to be food secure. Food availability in quantity and quality as well as affordability is still a serious problem in many parts of the sub-region. Many households in West Africa, especially in the northern Savannas where production takes place in only one season in a year, run out of home produced food as early as two to three months after harvest[2,3,4]. Swift and Hamilton[5] state that, "the naturally most food insecure environments in Africa are the arid and semi-arid zones, where drought is a major recurring risk". Even in areas where cereals and roots and tubers are abundant, food and nutrition insecurity can be seen in various forms. There are, for example, serious problems of micronutrient malnutrition (the "silent killer") in several parts of West Africa[6-10] and pockets of protein-energy malnutrition within households and communities that could easily be thought to be food secure[11-14].

The questions that arise include: 1) why is food and nutrition insecurity so serious in economies that are basically agricultural? 2) why is it so in rural areas where most of the food is produced? 3) why is it so among very experienced and hardworking farmers? 4) why are West African crop farmers perpetually poor?

It is documented that while most cash crop farmers, especially those producing export crops, benefited (became richer) from the structural adjustment programmes of the 1980s and 1990s, crop farmers especially in northern Savannas of West Africa became poorer[15,16].

This paper discusses the problems of food availability and affordability in West Africa and presents a model for effective integration of knowledge systems at the community level to improve food production, preservation, processing and consumption. The paper discusses experiences of participatory strategies that have been used in Ghana to improve food availability and affordability, though at pilot levels, using the suggested model. It is recognised that the suggested micro-level strategies need to be backed by appropriate macro-level and international trade policies for their full benefit to be realised.

THE PROBLEMS OF FOOD AVAILABILITY AND AFFORDABILITY

It is now generally accepted that the problem of food insecurity in Africa is a result of limited physical availability as well as restricted affordability or financial access[1]. Parikh, taking a global view, however, states that, "hunger is primarily a problem of poverty and not of food production"[17]. In West Africa, and indeed all of Africa, the two problems of availability and affordability are however intricately linked, especially in the medium to long term. Indeed improvements in availability and affordability in a sustainable way must be medium to long term. The affordability problem arises from the relatively high cost of production in West Africa, which necessitates "high" market prices as well as from the general poverty of the population because of limited opportunities to earn income otherwise. The affordability problem translates, in the

medium to long term, into a physical production problem because farmers hardly cover their production costs in spite of the "high" market prices and are thus worse off every production season. The system, as described, perpetuates the poverty of the people and that leads to further low physical production. See excellent expositions of these situations in Platteau[18] and Sanders[19].

If the farmer happens to be the producer/seller (at harvest time) and consumer/buyer (during the lean season), and that is what is common in the rural economy of West Africa, then it is obvious that the rural man/woman cannot get out of poverty and food insecurity if the system is allowed to continue in the present cyclical form.

High cost of food production in West Africa has been because of current technologies used in production. Most of the production is based on a mix of traditional tools of hoes/cutlasses and use of tractors and inorganic fertilisers. It is a kind of mix of low external input agriculture (LEIA) and high external input agriculture (HEIA). There should be nothing wrong if the mix ensures high and sustainable food production. Unfortunately, however, the mix, more often than not, lacks complementarity or synergy. A farmer ploughs a large area with a tractor but has to use a hoe and/or cutlass to plant and to weed. Harvesting is also not mechanised. The result is that considerable energy and resources are wasted on large areas that cannot be effectively cultivated. That goes to worsen the poverty situation of the farmer and he/she has to find a conduit to survive. Verheye has made similar arguments[20].

The wanton exploitation of natural resources in West Africa is not due so much to ignorance but to poverty. The people must survive today to think about tomorrow. Thus the environmental degradation and destruction is mainly because of the problems associated with availability and affordability of nutritionally adequate food by households. The food and nutrition insecurity, in turn, worsens the degradation in the medium to long term.

The other major category of problems associated with food availability is field losses and post harvest losses in quantity and quality due to inadequate and inappropriate storage, processing and marketing systems. It is estimated that about 34% of cereals, 55% of grain legumes and over 70% of vegetables and fruits (semi-wild fruits) are lost by northern Ghanaian households due to improper storage and/or processing[21]. Allied to these losses is the lack of adequate post-harvest processing which it is argued improves the availability of nutrients especially micronutrients[22].

Another problem has been the non-domestication of several semi-wild fruit trees and shrubs such as the shea, dawadawa, ebony, black berry and other trees which seem to have been able to support the supply of micronutrients in the past but which are now becoming less available or even extinct due to their non-domestication. Kuhnlein argues that the traditional food systems of indigenous peoples contain a wealth of micronutrients that have been poorly described and reported in scientific literature[23].

And yet another problem has to do with ineffective and unsustainable intervention strategies at the production, storage, processing, marketing and consumption levels. At the production level, there has been general disillusionment about agricultural extension services in West African countries. Interventions in the areas of storage and processing as well as marketing have been very minimal in most countries. With regards to consumption, there have been some interventions, though limited in scope, in several countries with the main aim of ensuring that children in particular are adequately fed in terms of quantity, quality and frequency. Most of the interventions have resulted in very modest successes.

Emphasis on the production of export crops as against food crops for home consumption has been debated upon for quite some time now[24]. The structural

adjustments programmes of West African and other countries emphasized an export-led growth model to ease balance of payments problems. That affected food crop production adversely in many countries as mentioned earlier. Cash crop production is however important to address cash requirements of households including the ability to purchase food. Cash crop and food crop production can be complementary in addressing food insecurity in West Africa but the balance at the production level has to be worked out scientifically.

All of the above problems of making food available and affordable are made worse by the global economic system which effectively recognises only "tradable" commodities and which insists on "market forces" at the output level but allows government interventions (in the form of subsidies by rich nations) at the input level. The result is a "false" international market, which exacerbates the poverty of the rural poor in developing countries. That is not to imply that globalisation cannot be operated in a way to promote food and nutrition security. Very strong political will of both rich and poor nations is needed for globalisation to support food and nutrition security in all countries of the world. That is however not the case presently.

All the factors discussed above are intricately linked in cyclical forms and there is need for policies, strategies and actions to aim at breaking the cycles to ensure that quality food is available and is consumed in adequate quantities by all members of households.

INEFFECTIVE AND UNSUSTAINABLE INTERVENTION STRATEGIES AT THE PRODUCTION, STORAGE, PROCESSING, MARKETING AND CONSUMPTION LEVELS

Almost all interventions in food production, processing, preservation, marketing and consumption have had several similar shortcomings. The shortcomings have resulted in interventions being ineffective and unsustainable and thus perpetuating food insecurity in the form of protein-energy malnutrition (PEM) and micronutrient malnutrition (MM) as well as poverty.

First, most interventionists tend to believe in replacing existing systems rather than improving upon them[25]. They, most of the time, talk of transfer and adoption of technology developed under some artificial socio-economic and knowledge environments with the erroneous belief that technology can be developed FOR rather WITH a people. Indigenous knowledge is not only largely ignored but the interventionists tend to perceive a dichotomy between indigenous knowledge (IK) and so-called scientific knowledge (SK).

Second, critical inputs used in the intervention process are usually from outside the farming community. Inputs such as chemical fertilisers, credit, improved seeds and others, which are meant to help improve yields of crops, all come from outside the farming community and often from outside the country. Even with regards storage and processing, the technologies recommended are largely alien to the people. Appropriate technologies must grow out of existing systems and inputs must be readily available to the people and affordable by them. In fact, in poor societies, most inputs should be generated within the communities if the system is expected to be sustainable. Sustainability is important if food has to be available in adequate quantity and quality and affordable all times of the year and all years.

Third, there is usually little link between production, processing, marketing and consumption interventions. Usually the agriculturist is concerned with production, the engineer or food technologist with processing and preservation and the nutritionist with consumption. All these technocrats intervene without any coordination or

collaboration and usually the messages are not systematically presented. The result is usually confused sets of intervention messages, which are often rejected by the people.

Fourth, most current intervention messages target individuals rather than groups or communities. The result is that those individuals often corner useful information and do not pass it on to others.

The focus of this paper is to present an alternative strategy of intervention which, we believe, is more effective and sustainable in terms of making food more affordable and available in quantity and quality. The suggested alternative strategy is based on attempts in northern Ghana to tackle the problems of PEM and MM from the micro-economic level perspective. The thrust of the strategy is emphasis on building on existing (indigenous knowledge) and depending on a system of "negotiations" rather than coercion to effect change. At the production level, an agro ecological "negotiations" model is suggested while a behaviour change communications "negotiations" model is suggested for processing, marketing and consumption.

THE PLUG-IN PRINCIPLE: A THEORY FOR EFFECTIVE PARTICIPATION AND INTEGRATION

Integration of indigenous and "scientific" knowledge (IK and SK) is important for effective and sustainable change to take place in any situation, especially with regards agricultural production, preservation, processing and consumption. Effective integration can also only take place if there is effective participation in the change process by all key stakeholders.

The "Plug-in Principle" describes the process for effective participation and integration of IK and SK for the purpose of effecting sustainable change processes. The principle is based on the premise that interventions though important can never replace what exists; they can only improve upon or "better" them. Thus interventionists are basically "bettering" and not change agents. The plug-in principle also purports that whether an intervention succeeds or fails depends more on what the interventionist does or does not do than on the action or inaction of those already in the process. The principle hinges on the belief that sustainable development is basically a continuous marriage of ideas and every stakeholder has an important role to play.

Figure 1 is an illustration of the Plug-in Principle.

For effective integration of processes, there is need for a thorough mix of indigenous knowledge and intervention information (the "plug-in"). The more thorough the mix, the more likely the result obtained will be acceptable to the people and the more likely will be the sustainability of the process or the change. The mix can only be thorough (and acceptable) if interventionists will take time to understand and appreciate existing situations before intervening.

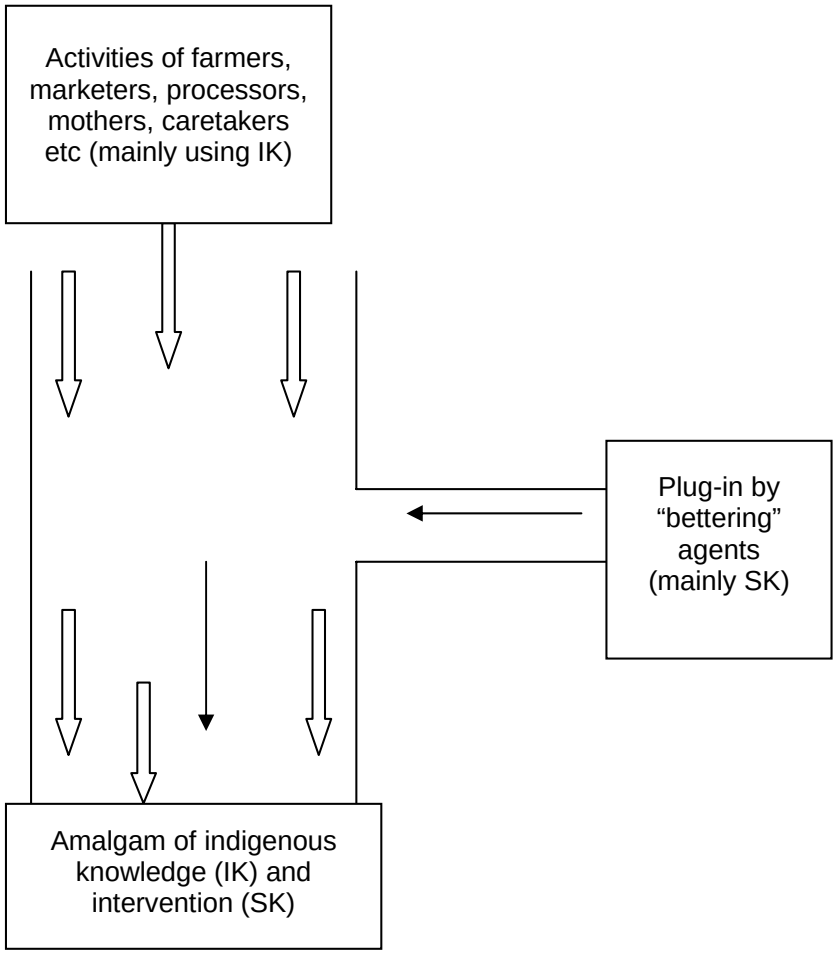


Figure 1: Illustration of the "Plug-In" Principle.

AGRO-ECOLOGICAL AND BEHAVIOUR CHANGE COMMUNICATION METHODOLOGIES: APPROPRIATE TOOLS FOR FOOD TECHNOLOGISTS AND NUTRITIONISTS

As stated earlier, a sustainable agricultural production system must necessarily depend on inputs that are readily available in the environment and/or are affordable by the producers. An agro ecological model of production puts emphasis on recycling of nutrients; complementarity of annual crops, tree crops and animals; biodiversity and agro diversity and conservation of natural resources. That means an agro ecological model is necessarily dependent on the existing body of knowledge and resources and the development of that knowledge or technology. Participatory technology development (PTD) methodologies are used to actualise agro ecological production processes, with "plug-in" as a guiding principle. PTD is a community-based, farmer-led, participatory and agro ecological balance approach to agricultural development. It is a refined process of capacity building of rural communities in a step-by-step approach, making it possible for consistency, replicability and documentation of experiences.

Behaviour change communication (BCC) is a methodology, which aims at changing behaviour of an individual, a group or a community by making him/her or them see the need for the change. The basic thrust of the BCC methodology, just as PTD, is the plug-in principle, but applies more to changes in behaviour with regards health, nutrition and consumption.

Both PTD and BCC methodologies are about "negotiating change" using step-by-step approaches. The main steps of both methodologies are given in table 1.

More details with regards the various steps can be obtained in various publications and papers presented elsewhere[26,27,28].

Table 1: Stages in PTD and BCC.

Steps in PTD	Steps in BCC
1. Getting started – All stakeholders have to get started, to build alliances and bridges and get common understanding.	1. Pre-awareness – Provide information to get common understanding
2. Looking for things to try – Explore together knowledge and ideas using both IK & SK.	2. Awareness – Encourage study of available information
3. Design of intervention or experimentation – Participatory design	3. Contemplation and intention – Institute negotiation process.
4. Implementation of intervention – Farmer managed and monitored intervention	4. Trial – Discuss the benefits of change, give praise and support
5. Sharing of results – Mutual sharing of results and farmer-to-farmer extension encouraged	5. Adoption – Evaluate the change and give praise and support
6. Sustaining the process – At all stages, farmers are made to "own" the process.	6. Maintenance & sharing with others

APPLICATION OF PTD AND/OR BCC FOR IMPROVING AVAILABILITY AND AFFORDABILITY OF NUTRITIONALLY ADEQUATE FOOD SUPPLIES

LEISA technologies

Agricultural technologies can broadly be classified into high external input (HEI) or low external input (LEI). Both can result in sustainable agricultural production, that is HEISA (high external input and sustainable agriculture) and LEISA (low external input and sustainable agriculture) depending on several socio-economic, cultural, environmental and other factors. It has been argued that it is unlikely that HEISA can be achieved in West Africa, given our precarious economic conditions and other factors[29]. The only option then for sustainable agricultural production in the West African sub-region is LEISA.

Our early attempt at applying PTD in northern Ghana had been with regards the promotion of sustainable agricultural development through low external input and

sustainable agriculture (LEISA) methodologies in selected areas in the East Mamprusi and Builsa Districts of Northern and Upper East Regions of Ghana. The interventions were mainly in the areas of soil fertility improvement and storage of cowpea. It indicated the potential of the PTD methodology to improve household food availability and affordability through the use of local resources and the production of crops and livestock for consumption and sale. It also showed that PTD methodology could effectively break certain socio-cultural barriers. For example, women traditionally do not undertake composting and thus cannot produce certain crops and/or produce at certain levels. However, through the PTD approach a composting technology from Burkina Faso was adapted effectively and women actively got involved. Not only did women increase their food production in general, they were able to cultivate more vegetables in the backyards for consumption and sale. A number of these experiences are very well documented[26,30-33].

Promotion of community management of natural resources to ensure increase in food production and gathering and household incomes

There is considerable body of indigenous natural resources management practices that had been ignored in the past and which have been shown to be important in contributing to natural resources conservation. There are indigenous control management practices with regards bush burning, fishing in rivers, tree felling, game hunting, fruit gathering and others. The Savanna Resources Management Project (SRMP) adopted a PTD approach to revive and improve upon several of these indigenous management practices with the result that there has been better management of common resources by communities involved[34]. The practices have led to increases in food production and gathering and increases in incomes due to better sustainable harvesting methods of wood, honey, game and fruits. If implemented on an extensive scale, the contribution of the improved indigenous natural resources management practices to food availability and affordability can be quite considerable.

Production and consumption of Guinea fowls and their eggs

The importance of meat as a protein and micronutrient source is very well known. In West Africa, iron deficiency anaemia, especially in children and pregnant and lactating mothers, is a very serious malnutrition problem. Unfortunately the consumption of meat is not a culture, especially in the case of those who need it most, in West Africa. However, in many areas, as in the Langbensi area of the East Mamprusi District of the Northern Region, guinea fowl meat is given to pregnant and lactating women by their husbands though very infrequently. The strategy then was to take that indigenous knowledge and use BCC and PTD methodologies to make husbands increase the frequency of the meat given and to promote guinea fowl and egg production by the women themselves.

A similar strategy is being adopted under a UNICEF/IFPRI/UDS collaborative research and intervention project on combating micronutrient malnutrition in Savelegu/Nanton District in the Northern Region.

Production and consumption of orange flesh sweet potato

Sweet potato (*Ipomoea* sp.) is a well-known crop in northern Ghana, but not so much the orange flesh variety, which is very rich in vitamin A. The major production area for sweet potato in northern Ghana is the Bawku East District of the Upper East Region. The orange flesh sweet potato was hardly fed to children in that and many other areas because of belief that its sweetness gives them diarrhea and stomachaches. The BCC methodology was used to convince many mothers (and fathers) of their wrong perception of the crop.

Also in Savelegu/Nanton District of the Northern Region of Ghana where the orange flesh sweet potato was hardly grown because of little knowledge of its cultivation and difficulties of storage, a PTD methodology was used and during the 2002 and 2003 production seasons, over 26 communities accepted vines supplied them to cultivate the crop. This was combined with consumption messages using the BCC approach. Rapid appraisals in February and November 2003 show clearly that there has been considerable increase in the production and consumption of orange flesh sweet potato by members of households[21]. It is probably too early to claim success but there is good indication that if the process is pursued in a truly PTD/BCC fashion, sustained success will be achieved.

Promotion of indigenous food preparation and consumption methods

As discussed above, the "plug-in" principle emphasizes the need to study and understand relevant indigenous knowledge. That activity led us to a realization that certain indigenous food preparation and consumption methods, which enhanced bioavailability of micronutrients such as iron, are being abandoned for "modern" methods. The practice of using sour (fermented) flour water for the preparation of *tuo*, the most common indigenous food in northern Ghana, is gradually being replaced by other methods. Fermented flour is important in the release of iron from cereals such as millet and sorghum.

There is also the practice of adding sheabutter to vegetable soups to release vitamin A in the vegetables. That indigenous practice is again under threat. There are several other important indigenous practices that are threatened. There is need to use BCC methodology to reemphasize the wisdom of maintaining these traditional practices.

Potential of PTD methodology in promoting synergy in cash-food crop production

Cotton is widely cultivated in most of Francophone West Africa and is not only a major foreign exchange earner in these countries, it is a major source of cash to small-scale farmers. It also has considerable potential in northern Ghana. There is need to determine an acceptable balance between cash crop and food crop production in the farming systems of West African producers and the PTD methodology of negotiating change has great potential of effectively determining such a balance.

CONCLUSION

Sustainable interventions to improve food availability and affordability at the community level must necessarily integrate IK and SK in a systematic and participatory manner. Unless this is done, food and nutrition insecurity in West Africa, and indeed Africa, will continue to worsen and the farming population will continue to get poorer in spite of the available natural and human resources.

From the various experiences in rural communities in northern Ghana, interventions to improve PEM and MM can best be tackled by PTD at the production level and BCC at the preservation, processing and consumption levels as a continuum. PTD and BCC are dynamic and very flexible processes and how they are applied from one area to another depends on the "message" and more importantly on the attitude and social skills of the "messenger". The people will not accept the "message" unless they accept the "messenger".

REFERENCES

1. Devereux S, Maxwell S. Food security in Sub-Saharan Africa. Institute of Development Studies. London: ITDG Publishing, 2001.
2. Brouwer ID, Daari K. Integrated community based development: household baseline survey, Bawku East District. Ghana: Unicef, 1999:88.
3. Brouwer ID, Daari K, Asedem J. Integrated community based development: household baseline survey, Yendi District. Ghana: Unicef, 2001:82.
4. Dittoh S, Abizari AR, Olumese I, Armar-Klemesu M, Daari K, Zakaria S. Nutritional status assessment of adolescents and women of reproductive age in six UNICEF-assisted districts in Northern and Upper East regions. Ghana: Unicef, 2003a.
5. Swift J, Hamilton K. Household food and livelihood security. In: Devereux S, Maxwell S, eds. Food security in Sub-Saharan Africa. Institute of Development Studies. London: ITDG Publishing, 2001:67-92.
6. Parlato M, Gottert P. Promoting vitamin A in rural Niger: Strategies for adverse conditions. In: Seidel RE, ed. Strategies for promoting vitamin A production, consumption, and supplementation. Four case studies. Academy for Educational Development. Washington, DC: National Academy Press, 1996.
7. Hudelson P, Kirkwood B, Morris S, Arthur P, Dzikunu, Mensah J. Dietary patterns in a rural area of Ghana and their relevance for vitamin A consumption. Ecol Food Nutr 1999;38:183-207.
8. Dittoh S. Micronutrient malnutrition in Ghana: Current situation and planned alleviation strategies. Paper presented at the regional workshop on food-based interventions to alleviate nutritional deficiencies. Cotonou, Benin: INREF, 10-14 September 2001.
9. Ruel MT. Can Food-based strategies help reduce vitamin A and iron deficiencies? A review of recent evidence. Washington, DC: Internal Food Policy Research Institute (IFPRI), 2001.
10. Kennedy G, Nantel G, Shettey P. The scourge of “Hidden Hunger”: global dimensions of micronutrient deficiencies. Food Nutr Agric 2003;32:8-16.
11. Macro International Inc. (MI). Côte d’Ivoire Enquête Démographique et de Santé 1995. Calverton, Maryland: GSS and MI, 1995:134-41.
12. Macro International Inc. (MI). Mali Enquête Démographique et de Santé 1996. Calverton, Maryland: GSS and MI, 1996:151-9.
13. Ghana Statistical Service (GSS) and Macro International Inc. (MI). Ghana Demographic and Health Survey 1998. Calverton, Maryland: GSS and MI, 1999: 120-3.
14. Macro International Inc. (MI). Niger Enquête Démographique et de Santé 1999, Niger), Calverton, Maryland: GSS and MI, 1999:153-61.
15. Pearce R. Ghana. In: Duncan A, Howell J, eds. Structural adjustment and the African farmer. London and Portsmouth, 1992:14-47.
16. Donkor K. Structural adjustment and mass poverty in Ghana. Hants: Aldershot and Brookfield Publishers, 1997.

17. Parikh KS. Food security: issues and options. In: Peters GH, Stanton BF, eds. Sustainable agricultural development: The role of international cooperation. Proceedings of the 21st International Conference of Agricultural Economists. Brookfield, VT: Dartmouth Publishing Co, 1992:29-43.

18. Platteau J-Ph. The food crisis in Africa: A comparative structural analysis. In: Dreze J, Sen A, eds. The political economy of hunger. Vol. 2. Oxford: Oxford University Press, 1990.

19. Sanders J. Agricultural production potential in West Africa – With focus on the Sahel. Seminar on food security and food markets in West Africa. The Netherlands: University of Groningen, October 25, 2000.

20. Verheye WH. Local farmers will be able to feed Africa if they were given the chance. Nature 2000;6777: 404-431.

21. Dittoh S, Nyarko G, Sowley E. Combating PEM and MM: experience of interventions at the community level in Northern region of Ghana. Manuscript, Food and Nutrition Security Unit. Tamale, Ghana: UDS, 2003b.

22. Merx D, Nout R. Adequate availability of micronutrients can be secured by post harvest processing. Paper presented at INREF Workshop on How to reduce Micronutrient Malnutrition. Wageningen: Wageningen University, 2002.

23. Kuhnlein HV. Micronutrient nutrition and traditional food systems of indigenous peoples. Food Nutr Agric 2003;32:33-7.

24. Maxwell S. Agricultural issues in food security. In: Devereux S, Maxwell S, eds. Food security in Sub-Saharan Africa. Institute of Development Studies. London: ITDG Publishing, 2001:32-66.

25. Dittoh S. "Green Revolution or Evolution? The Case of Independent African Countries". Afr Dev 1981;3:8-62.

26. Dittoh S. Sustainable soil fertility management: Lessons from Action Research. LEISA Newsletter 1999;15:51-2.

27. Dittoh S, Alebikiya M. Internalising PTD and LEISA in agricultural training. LEISA Newsletter 1999;15:52.

28. Dittoh S. Behaviour change communication – The basic principles. Paper presented at Association of Church Development Projects (ACDEP) Workshop. Bolgatanga, Ghana, 2003.

29. Dittoh S. From LEIA to LEISA farming systems in Northern Ghana: Possibilities and challenges. The Savanna Farmer 2001:2(1).

30. Alebikiya M, Water-Bayer A. The LEISA research programme in Northern Ghana LEISA Newsletter 1999a;5(1 & 2):36-7.

31. Alebikiya M, Water-Bayer A. A future for smallholder farming in the savanna. LEISA Newsletter 1999b;15:54.

32. Millar D. Farmers' paths to experimentation: The PTD process in Northern Ghana. LEISA Newsletter 1999;15:43-5.

33. Bonzali B. The mountains are disappearing. The Savanna Farmer 2001:2(1).

34. SRMP (Savanna Resources Management Project). Annual Report, Unpublished, 2003.

Food security and nutrition trends in West Africa - Challenges and the way forward

Lopriore[a] Cristina, Muehlhoff[b]* Ellen

Nutrition Programmes Service, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

*Corresponding author: *Ellen.Muehlhoff@fao.org*

- Abstract -

Despite promising initiatives, malnutrition among pre-school children continues to be high in some West African countries. Available data show that approximately one third of children under five years of age are stunted and 5-15 percent is wasted. Micronutrient deficiencies, particularly lack of vitamin A, iron and iodine, affect mainly women and children and contribute to some of the highest rates of child mortality in the world. Overweight and obesity are emerging problems in some urban populations with negative implications for chronic non-communicable diseases.

The causes of malnutrition and food insecurity are complex and include the agro-ecological, socio-economic and demographic characteristics of the sub-region. Rising incomes, rapid population growth especially in urban areas, desertification, as well as HIV/AIDS affect the food system. Changes in diets and lifestyles especially in urban settings involve a shift from the consumption of traditional staples to imported cereals (wheat and rice). Although food availability has generally improved in the sub-region, the dietary energy and protein supplies are still below requirements and unstable, especially in Sahelian countries. The nutritional quality of local diets remains low for most people and access to adequate food is not always secure for the poor.

Besides the need to diversify and increase food production and productivity, increased support is needed for appropriate food storage, processing, and preservation techniques at community and industrial level, and better distribution and marketing. Technologies, such as fortification and plant breeding, are increasingly relevant within a comprehensive food-based strategy. Nutrition education is a complementary activity for ensuring the effectiveness of food-based approaches.

Based on a review of lessons learned from food-based interventions implemented by FAO and other development partners, this paper addresses some of the major issues, challenges and opportunities involved in fulfilling the pledge of West African countries to meet the goal of reducing malnutrition by 50 percent by 2015.

Key words: West Africa – Food security – Nutrition – Consumption – Food-based strategies.

---

[a] *Nutrition Consultant, Nutrition Programmes Service, Food and Nutrition Division, FAO, Rome.*
[b] *Senior Officer, Nutrition Programmes Service, Food and Nutrition Division, FAO, Rome.*

- Résumé -

Tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest: Défis et voies à suivre

Malgré de nombreuses initiatives prometteuses, l'Afrique de l'Ouest affiche encore dans certains pays des taux élevés de malnutrition chez les enfants d'âge préscolaire. La malnutrition chronique, ou retard de croissance, touche près d'un enfant sur trois et la situation de la sécurité alimentaire ne s'est guère améliorée au cours de la décennie écoulée.

Les carences en micronutriments, particulièrement en vitamine A, fer et iode, affectent principalement les femmes et les enfants et contribuent à des taux importants à la mortalité infantile dans le monde. L'excès de poids et l'obésité ont fait apparaître des problèmes chez certaines populations urbaines avec des répercussions sur des maladies chroniques non transmissibles.

Les causes sont complexes et sont liées aux caractéristiques agro-écologiques, socio-économiques et démographiques de la sous-région et aux changements profonds qui les affectent. La hausse des revenus, la croissance rapide de la population surtout urbaine, la désertification, les influences externes telles que la libéralisation du commerce et l'ajustement structurel influencent fortement le système alimentaire. Les changements de régime alimentaire et de modes de vie surtout dans les zones urbaines se traduisent par un passage des denrées traditionnelles aux céréales importées (blé et riz). Bien que la disponibilité alimentaire ait généralement augmenté dans la sous-région, l'énergie alimentaire et les apports en protéines sont encore en dessous des besoins et instables, spécialement dans les pays sahéliens. La qualité nutritionnelle des aliments locaux reste faible pour la plupart des personnes et l'accès à une alimentation adéquate n'est toujours pas garanti pour les pauvres.

Outre la diversification et l'augmentation de la production alimentaire et des rendements, la communication présentée plaide pour un soutien accru aux stratégies prometteuses, telles que le stockage alimentaire approprié ainsi qu'aux techniques de transformation et de conservation au niveau des communautés et de l'industrie et pour une meilleure distribution et commercialisation. Les technologies, telles que la fortification, sont de plus en plus appropriées dans le cadre d'une stratégie globale qui inclut également la prise en compte des progrès faits dans le domaine des biotechnologies. L'éducation nutritionnelle est une activité complémentaire permettant d'assurer l'efficacité des approches alimentaires.

Basé sur une revue des leçons tirées des interventions mises en oeuvre par la FAO et d'autres partenaires pour le développement dans le domaine alimentaire, cette communication traite de certains des problèmes essentiels, des défis et des opportunités concernés pour atteindre l'objectif des pays de l'Afrique de l'Ouest de réduire de moitié la malnutrition d'ici 2015.

Mots-clés: Afrique de l'Ouest – Sécurité alimentaire – Nutrition – Consommation – Stratégies alimentaires.

INTRODUCTION

West African countries (Benin, Burkina Faso, Cape Verde, Côte d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, St Helena, Senegal, Sierra Leone, and Togo) are experiencing rapid changes in the social and economic environment which are associated with changes in food consumption patterns. Specifically, increased food availability and diversity in urban areas affect the quality of diets and nutritional well-being.

Changing consumption patterns often lead to new health conditions, which can be both positive and negative. While most countries in West Africa are still struggling to address problems of under-nutrition and micronutrient deficiencies, obesity and related chronic diseases have emerged as significant public health problems.

The objective of this paper is to analyse the food and nutrition situation in West Africa; to highlight current knowledge and experiences with food-based approaches to improving nutritional status; to identify gaps; and to address the major issues and challenges that influence food systems in West Africa, and the long-term development of the sub-region.

THE NUTRITION SITUATION OF WEST AFRICAN COUNTRIES

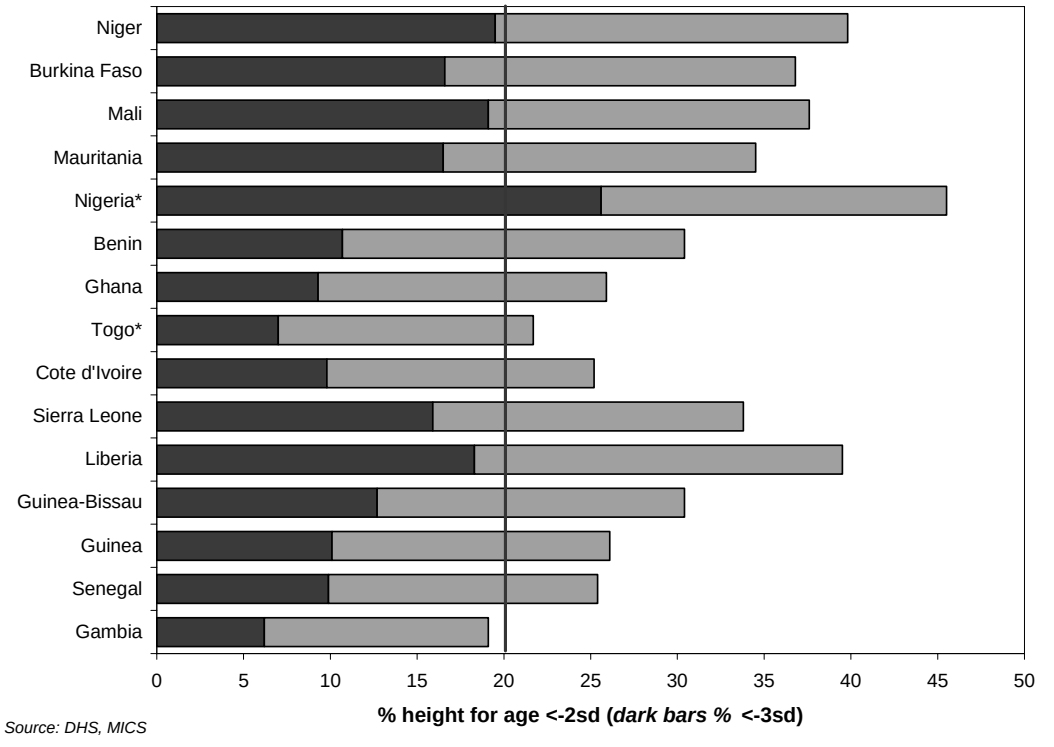
Undernutrition

Children

High levels of malnutrition among children persist in the region. According to the national surveys, close to one third of children under five years of age are stunted (34.9 percent) and about 10 percent of children are wasted. Figures 1 and 2 show the prevalence and trends in stunting among children in West African countries. These prevalence levels far exceed the WHO cut-off point for high public health significance, indicated by the red line in figure 1. Stunting, or low height-for-age, is considered a proxy for chronic poverty. Overall, malnutrition continues to be one of the main causes of high mortality rates among children under five years in the sub-region (over 220 deaths per 1000 live births in the Sahelian countries).

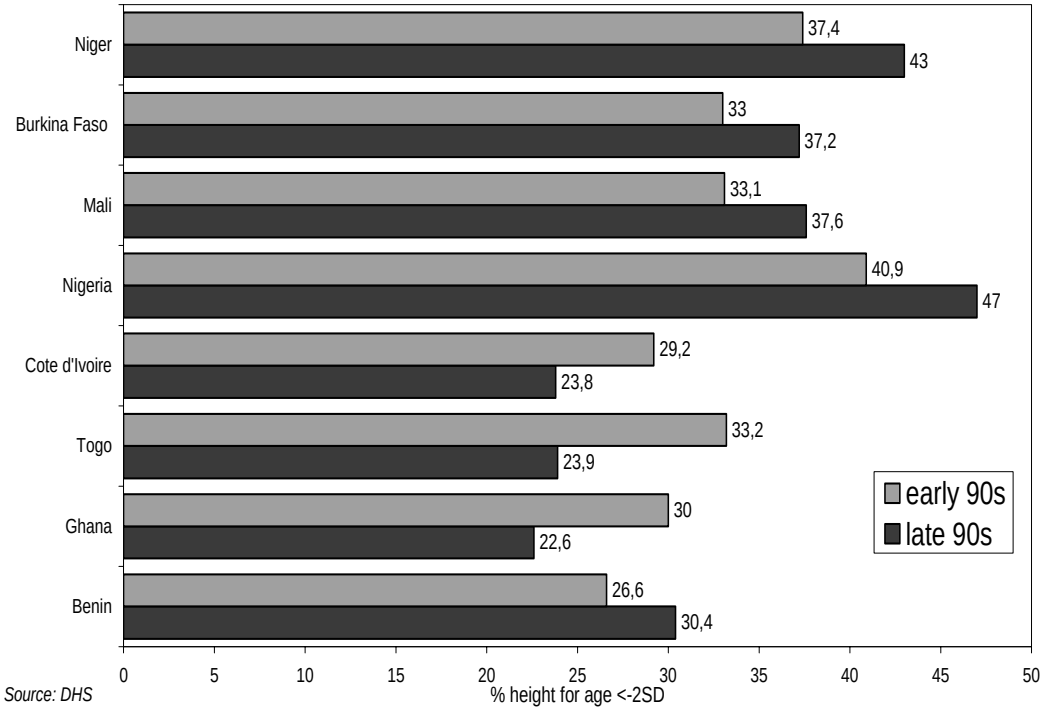
These national prevalence rates mask large variations at district or sub-regional levels. Prevalence levels in rural areas are twice those of urban ones. There are almost twice more undernourished children in the arid Sahelian countries than in coastal countries. The worst situation is found in Niger where nearly half the population is undernourished, affecting both children and adults. Stunting currently affects about 30-40 percent of children under-five in Sahelian countries and 20-25 percent in coastal countries; whereas wasting affects 11-14 percent versus 8-10 percent of the children under-five, respectively.

Overall, this nutritional situation has not improved in the last decade, and it has worsened in Sahelian countries (figure 2). Trends show that, in western Africa, the proportion of stunting in 2000 has changed little in recent years, and the population is increasing: thus, the number of stunted children is expected to increase by about 1.3 million between 2000 and 2005[1].



Source: DHS, MICS

Figure 1: Prevalence of stunting in children under five (three*) in 1998/2001.



Source: DHS

Figure 2: Trends in stunting among children under 3 years of age in rural areas, early 1990s *vs* late 1990s.

Breastfeeding and complementary feeding practices

Inadequate dietary intake and disease, particularly diarrhoeal disease, are immediate determinants of undernutrition in young children. Underlying these immediate causes are a myriad of behaviours (including hygiene practices, utilisation of health care, knowledge and skills on infant and child feeding, caretaker's time, etc.) and lack of basic infrastructure (water and sanitation). In urban areas, childcare and feeding practices are influenced by conflicts women face as income earners and mothers.

Breastfeeding is practised universally throughout West Africa and often extends beyond 24 months. However, the rate of exclusive breastfeeding up to 6 months of age is the lowest observed in sub-Saharan Africa: about 7 percent among infants under 4 months of age, compared with 25 percent in Central and Southern Africa and 39 percent in East Africa[2]. The practice of introducing liquids and semi-solids to infants is deeply rooted in cultural beliefs. Further research is needed to improve education messages promoting exclusive breastfeeding.

Poor complementary feeding practices hold a central role in child malnutrition in West Africa. Introduction of complementary foods (CF) occurs either too early (before 4 months in Benin and Togo) or too late (in Côte d'Ivoire, 19 percent of children aged 12-13 months were still not receiving CF). Quantitative data on children's nutrient intake, however, are lacking. The thin cereal-based porridges and the bulky staple foods commonly fed to children are not sufficiently energy- and nutrient-dense in addition to being exposed to high risk of microbial contamination[3].

Preliminary evidence from Mali and Benin shows that children in urban areas have consistently higher intakes of milk and meat products than children in rural areas[4]. Foods of animal origin are of critical importance in young children's diets because they provide essential micronutrients such as iron, zinc and vitamin A, which promote health, growth and motor and cognitive development. In these urban/rural differences in child nutrition, maternal education - more than socio-economic status - has been shown to be the primary determinant of a range of child feeding, health seeking and care giving practices.

Adults

The nutritional status of adults is also poor. Chronic Energy Deficiency (CED), defined as a Body Mass Index (BMI) < 18.5 kg/m^2, affects 7 - 11 percent of women aged 15-49 years in the coastal countries and 13 - 20 percent in the Sahel[5] (figure 3). With the exception of Niger where low BMI among adults has increased, trend data show a slight improvement in adult BMI over the last ten years.

Obesity

National survey data in the last 20 years reveal a growing prevalence of overweight in pre-school children, especially in the coastal, rapidly urbanising countries, such as Côte d'Ivoire, Nigeria and Senegal, while levels have remained more static in the countries of the Sahel (Mali, Niger)[6]. This problem is starting to appear in rural areas as seen in Mali and Côte d'Ivoire (figure 4).

Overnutrition is also affecting adults particularly in coastal countries. In the last decade, the percentage of overweight and obese women increased, rising from about 9 to 14% in the early 90s to about 16-18% in Côte d'Ivoire, Ghana and Benin (figure 5). Interestingly, an IFPRI study in Accra reported the phenomenon of the "stunted child-overweight mother pairs" living in the same households[7]. The study considered this phenomenon to be a result of changing diet and income generating activities (for the mothers) alongside poor childcare and inadequate food consumption (for children).

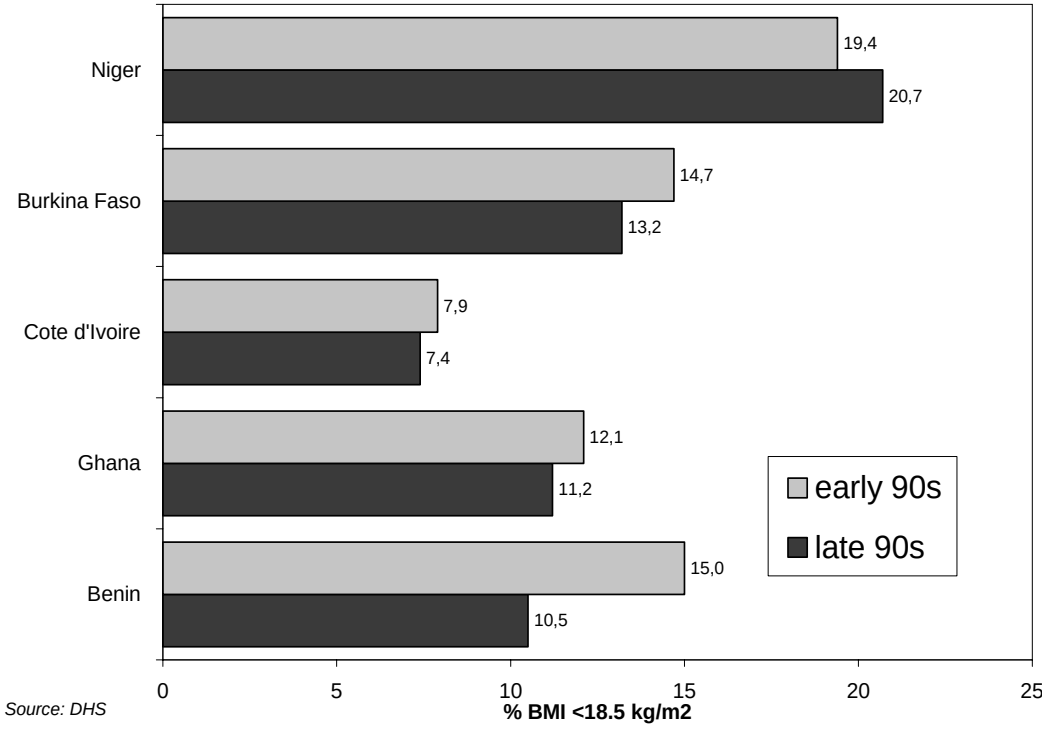


Figure 3: Trends in Chronic Energy Deficiency in women 15-49 years.

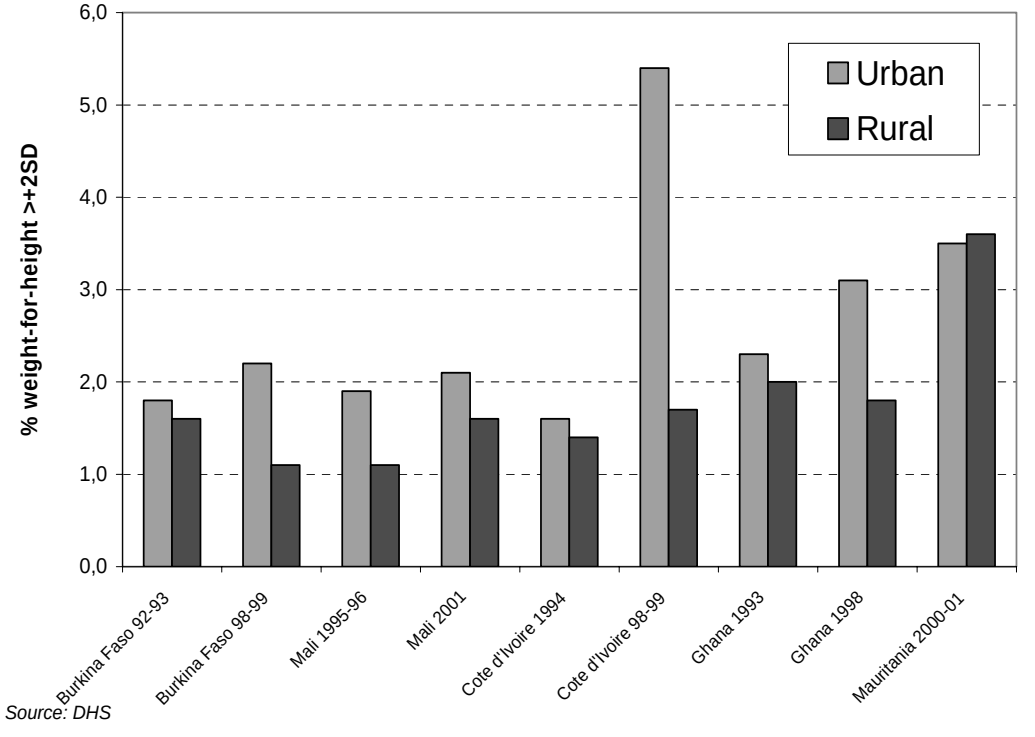


Figure 4: Trends in overweight prevalence among children under 3 years in West African countries by urban/rural area.

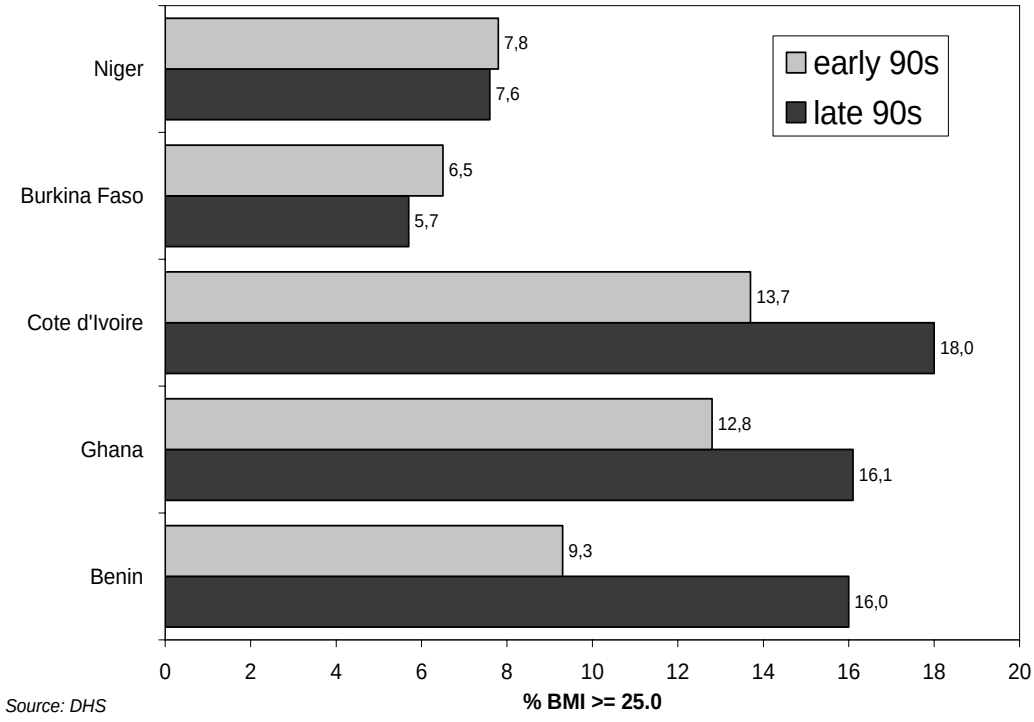


Figure 5: Trends in overweight and obesity among women 15-49 years.

Micronutrient deficiencies

Despite some encouraging progress, micronutrient malnutrition remains a major public health problem in all West African countries. The main deficiency diseases are related to a lack of iodine, iron and vitamin A, commonly associated with inadequate dietary intakes and poor utilisation (namely, poor bioavailability, malabsorption, etc.). These deficiencies cause birth defects, impaired physical and mental growth, blindness, anaemia and increased susceptibility to infections and maternal death, child mortality. In the long run, micronutrient deficiency diseases limit individual potential and pose a major impediment to increases in productivity and national development.

Vitamin A

Vitamin A deficiency (VAD) is a major public health problem in most of West Africa (figure 6). In more than half of the provinces of Niger, Mali and Burkina Faso, prevalence levels of clinical VAD, as defined by night blindness, range from 3 to 6 percent in children[8]. Furthermore, levels are closely linked to protein-energy malnutrition in children at all ages. Xerophthalmia, a severe form of VAD, is also common. The number of children who suffer from sub-clinical deficiency is far higher than that for xerophthalmia[9]. It is estimated that approximately 38 percent of children under-five in the ECOWAS (Economic Community of West African States) countries (Benin, Burkina Faso, Cape Verde, Côte d'Ivoire, The Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone and Togo) are at risk of vitamin A deficiency, and that over 228 000 deaths of children under-five occur each year in the region are attributable to VAD[10,11].

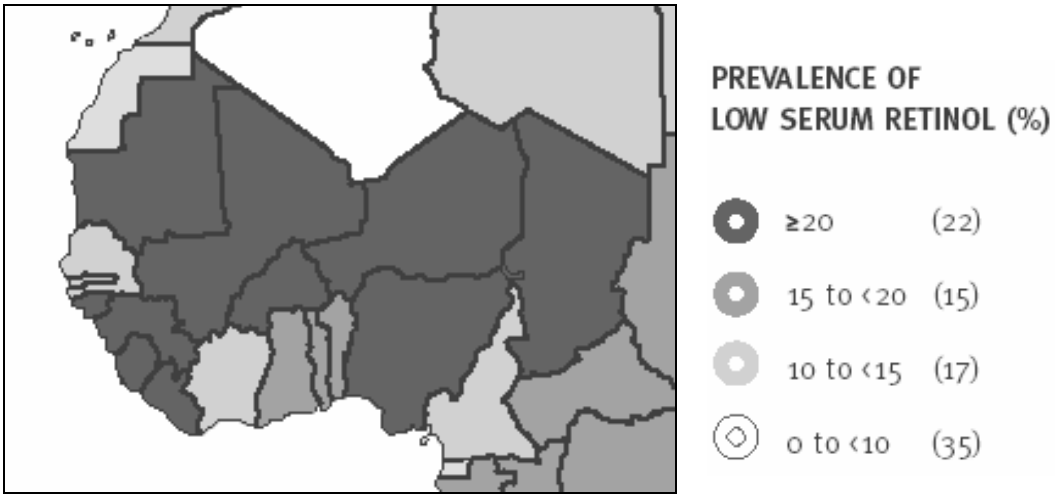


Figure 6: Prevalence of subclinical vitamin A deficiency as defined by serum retinol <70 µmol/L *in West Africa,* in 1998[12].

Iodine

Iodine deficiency disorders (IDD) are widespread throughout West Africa affecting all population groups. Although total goitre rates (TGR) are relatively low on average at national or regional level, these mask multiple pockets of goitre endemicity at district level. Survey data show that in one third to one half of districts or provinces, TGR can affect from 35 to 70 percent of the population, thus exceeding by far the 10 percent prevalence level established by WHO to declare goitre a problem of public health concern[8]. According to results from MICS and DHS surveys in the Sahel[13], the percentage of households using adequately iodised salt remains relatively low (less than 40 percent in Mali, less than 15 percent in Niger) and efforts are needed to expand its utilisation.

Iron

Iron deficiency anaemia (IDA) is widespread affecting mainly women of reproductive age and children. Epidemiological data show that the prevalence of anaemia may range from 30 - 70 percent throughout the region[8]. According to DHS in Benin and Mali, more than 80 percent of children under five and over 60 percent of women of childbearing age were anaemic. Prevalence levels are 10 percent higher in rural areas than in urban ones. Low iron intake (conditioned largely by poor bioavailability of iron in plant-based diets), together with malaria, are the leading causes of anaemia in the region.

DETERMINANTS OF FOOD INSECURITY AND MALNUTRITION IN WEST AFRICA

Population growth and urbanisation

West Africa has experienced in the last 30 to 40 years one of the highest population growth rates in Africa (near to 3 percent annually in the 1950-2000 period) and today more than 226 million people live in the region[14] (table 1 in Annex). With the current fertility rate of nearly 6 children per woman, the population is projected to double in size reaching more 430 million inhabitants by the year 2030.

In 1960, 80 percent of the population was rural, today about 40 percent of population live in urban settings and this is expected to reach 60 percent by 2030[15]. There has been a massive rural exodus; and it is estimated that rural migrants make up about two-thirds of urban populations.

While overall socio-economic development has taken place, disparities are increasing among urban and rural areas. Over half of the population (60 percent) in West Africa lives in rural areas, often in conditions of chronic poverty, characterised by subsistence production, limited access to markets, distribution networks and opportunities for income generation. Using national poverty lines derived from household surveys, the incidence of extreme poverty in West Africa ranges from 6 percent in Burkina Faso to 34 percent in Niger. Much of the poverty is concentrated in rural areas mostly amongst food crop farmers[16].

HIV/Aids

HIV/AIDS can pose a major threat to food security, poverty alleviation and overall development[17]. It is estimated that the seroprevalence rate is 11 percent in Côte d'Ivoire, 7 percent in Burkina Faso, 6 percent in Togo and 5 percent in Niger[18]. In Nigeria the national adult prevalence rate was 5.8 percent in 2001 but this average masked significant regional variation, which range from 0.5-21 percent[19].

HIV/AIDS has already had a damaging impact on the work force and household livelihoods through rising illness and deaths among the most productive population groups (aged 20 to 49), and depletion in household incomes and growth in the number of orphans[16]. In Burkina Faso market gardening has declined; cotton, coffee and cocoa production in Côte d'Ivoire has been negatively affected as labour loss has been estimated to rise to 11.4 percent because of the HIV/AIDS epidemic[16].

Patterns and trends of food availability and consumption

Dietary energy supply[c] (DES) in West Africa has increased by 20-25 percent from about 2000 kcal per capita per day in the 1980s to more than 2500 kcal in 1999-2001[20]. Similarly, the availability of protein rose by about 15 percent, from around 45 g per capita per day to around 50 g. Despite this progress, average food availability remains below the required levels for large parts of the population, and there are differences between urban and rural groups and within each of those groups[4,21,22].

Food problems affect each country differently, the dryer Sahelian countries being more prone to food shortages and starvation than forested ones. Disparities of food availability are marked between the Sahelian countries, such as Burkina Faso and Mali and coastal ones, such as Côte d'Ivoire, Ghana and Togo[22]. While daily per caput DES is around 2500 kcal in the coastal zone, it is less than 2200 kcal in the Sahel. In contrast, protein deficiency (amount and quality) is more common in coastal countries, where a typical diet contains only 45 g of protein per caput, compared to 60 g in the Sahelian zone[22]. Overall, improvement of DES per caput has been slower in the coastal countries where population growth was faster.

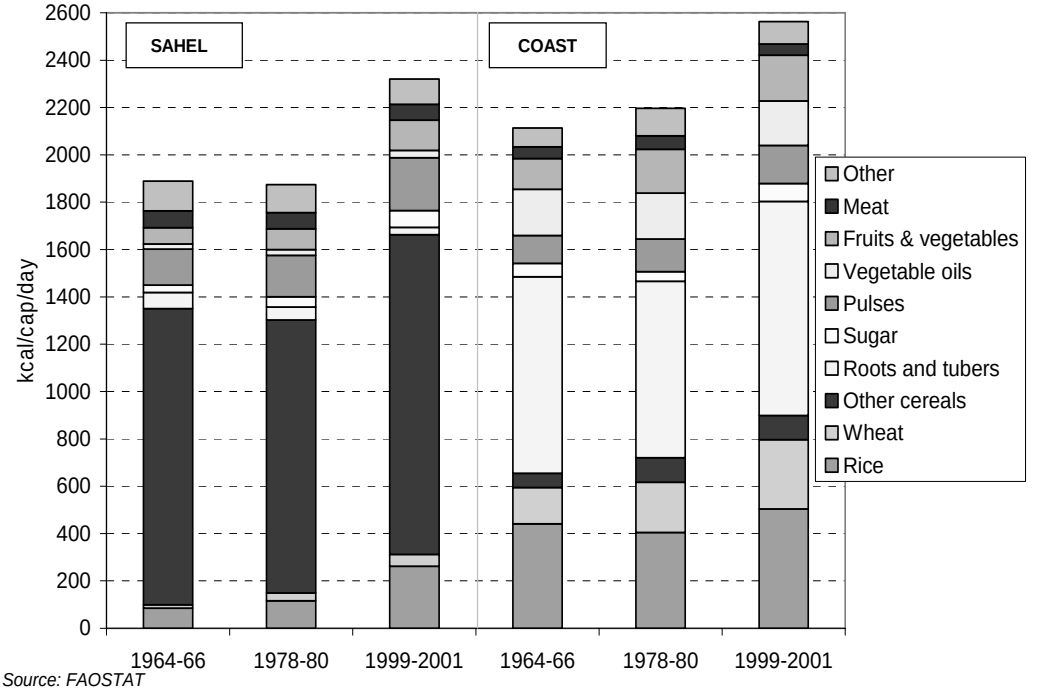
Diet quality and diversity

While overall DES has increased in the region, dietary quality and diversity have not improved. Staple foods contribute up to 80 percent of total dietary energy, with cereals accounting for 50 percent and roots and tubers for some 30 percent. This compares

[c] *Analysis of food supply data derived from Food Balance Sheets (FAOSTAT) can be used to describe the trends in the structure of a national diet in terms of the major food commodities (they do not provide information on consumption patterns and tend to overestimate intakes).*

unfavourably with the recommended 55 to 60 percent of carbohydrates from cereals, roots and tubers.

Differences exist within the region: diets in the Sahelian zone are predominantly cereal-based (70 percent of DES) whereas diets in the coastal zones consist of a mix of 35 percent of DES from cereals and 35 percent from roots and tubers (figure 7).



Source: FAOSTAT

Figure 7: Trends in energy from major food groups in Sahelian (Burkina Faso, Mali, Niger) vs. coastal (Côte d'Ivoire, Ghana, Benin) countries.

Data indicate that cereals are becoming increasingly important as sources of dietary protein compared with legumes and animal products, particularly in the coastal countries of West Africa. Animal proteins, including meat, poultry, dairy products, eggs, etc. contribute only 16 percent of dietary protein in the coastal zone, while cereals and tubers contribute 45 percent and 25 percent, respectively. In the Sahelian zone, the largest proportion of the protein is derived from cereals, despite the potential animal resources in this subregion.

According to Hofonga and van den Boom[22], the high prevalence of protein inadequacy in the coastal countries is related to the role of root crops in the southern diets and their relative absence in those of the north. The diminishing role of pulses and animal products - two valuable sources of protein and micronutrients - suggests that the quality of the diet in the region has decreased and is a matter of both insufficient supplies and an uneven distribution of the different groups of food.

Increasing consumption of rice and wheat

A notable change in diets over the last two decades is the shift towards a higher consumption of imported cereals (mainly wheat and rice)[23]. This increase has contributed to an improved energy supply in the region. The role of cereals is thus gaining significance for food security in West Africa with imports constituting

approximately 25 percent of total supplies in coastal countries compared with only around 5 percent in the Sahelian zone, where traditional course grains (sorghum, millet, etc.) constitute the main staple. Food imports include substantial amounts of food aid, especially in years of erratic rainfalls.

Local cereal production (mainly millet, sorghum, maize and upland rice) remains unstable because these crops are highly vulnerable to natural calamities. Furthermore, the risk of environmental degradation and productivity decreases is becoming higher than ever in the Sahelian zone.

Fruits and vegetables: sources of pro-vitamin A and vitamin C

Both Sahelian and coastal countries rely on foods from plant origin (fruits, vegetables) as their main source of beta-carotene (precursor for Vitamin A) and other essential micronutrients like iron and zinc (cereals, legumes). Insufficient consumption of foods rich in vitamin A and beta-carotene is a primary determinant of vitamin A deficiency in West African countries, although breastfeeding practices and socio-economic and health factors also play a role in chronic deficiency of this nutrient.

Food availability and local *food culture* consumption patterns probably explain why the Sahelian zone has been more affected by this deficiency than the coastal areas. Consumption of fruits and vegetables is negligible in the Sahelian zone, in addition to their availability being highly seasonal. For example, in Burkina Faso and Mali, the two main sources of beta-carotene are relish prepared from green leafy vegetables accompanying the cereal-based dish and the mangoes, which are only available during the rainy season. The relish is often too low in quantity to meet vitamin A needs and inadequate dietary fat inhibits absorption. Mangoes are mainly consumed outside the home and may cover over 100 percent of vitamin A adequacy of intake when in season[23,24]. In contrast, in coastal countries, the consumption of a wider variety of vitamin-A rich foods, such as red palm oil, yellow-fleshed tubers and a variety of fruits (e.g. papaya, pumpkin) contributes to vitamin A intakes of women and children as recently shown in a pilot project on red palm oil promotion in Burkina Faso[25].

West African diets tend to be poor in bioavailable iron given that cereal-based diets are high in phytates and fibre that reduce the absorption of iron and other micronutrients. Consumption of animal foods rich in haem iron is limited. Diets also lack foods that are rich in vitamin C, particularly fruits. If fruits were eaten as part of every meal that contains sources of iron from vegetable origin this could enhance iron absorption from both haem and non-haem food sources of iron, thus alleviating iron deficiency anaemia.

Urban diets

With urbanisation, food consumption patterns become more diverse as a result of increased food choice in markets and the change in lifestyles associated with higher income levels, time constraints (particularly due to women's employment), trade and a taste for new foods[26]. Diets in urban areas tend to be based more heavily on processed and pre-prepared foods. Reasons for the shift toward these foods include convenience, availability and price. Two examples are bread and rice. Bread is prepared fresh daily and sold though local shops and on the street in most cities. Refined white rice is both inexpensive and relatively quick and convenient to prepare.

In urban areas up to 90 percent of food is purchased[27], thus economic considerations play an important role in food choice. A survey in Accra, Ghana found that on average families spent 54 percent of their income on food and up to 60 percent in the lowest income bracket[28].

Consumption habits in urban areas have been found to reverse in times of economic crises. For example, in Nigeria, a shift back to roots and tuber consumption was observed among poor households[29]. Studies from Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali and Senegal, showed that an increase in the price of meat and cereals (including those produced locally) following the devaluation of the Franc CFA induced families to reduce their consumption[30,31]. In Bamako and Dakar, the devaluation exacerbated the inequality of access to basic foodstuffs reducing the number and quality of meals in poor and middle-class families[32,33].

Street foods

The role of the street food sector in the urban economy reflects the way of life and the survival strategies adopted in West African cities. In cities such as Bamako, Dakar and Accra, almost all individuals, regardless of their age or socio-economic status, consume foods outside the home in addition to home-prepared family meals[21,28,32]. In Nigeria, two-thirds of the people's daily meals are bought from street food vendors and fast food chains[34]. It is striking that the number of registered fast food vendors jumped from 1 342 in 1998 to 5 437 in 2003[35]. The demand in the street food sector is great in urban areas as it offers both traditional foods based on local products and new dishes adapted to urban living conditions and the low incomes of many city dwellers.

Street foods are a significant contributor of daily energy and nutrient intakes, playing a prominent role in food access by the urban poor. They provided as much as 134-417 kcal/person per day in Bamako[21]. Foods commonly purchased are those not regularly consumed at home, such as: fonio, runner beans, drinks and beverages, fruits and fried foods. In the Bamako study, between one - third and one-half of low and medium income families were able to cover less than 80 percent of their daily energy requirements from home meals and depended on the intake of these cheap, available and energy-dense foods to meet their needs[21]. For people from higher socio-economic levels, the main attraction of street foods (mostly low nutrient-dense drinks) was the sensory and symbolic satisfaction. In Nigeria, Akinyele[34] found that street foods and fast foods contributed 50 - 90 percent of the total energy intakes among 20-40 years olds.

Women hold a central role in the street food sector. It is estimated that women constitute up to 75 percent or more of the participants in this informal sector activity[36]. The sector enables women to use traditional skills, to start businesses with little capital, and to feed their families at lower cost. However, street food vendors face many difficulties and are forced to live in unstable and difficult circumstances. Lack of infrastructure (i.e. water, sanitation) and a legal framework for street food vending contributes to the poor sanitary conditions under which street foods are often prepared and sold, which can result in serious food contamination and food-borne illness.

Impact of diet changes on nutritional and health status

Many of the changes in food availability and consumption in West Africa are driven by urbanisation and access to markets. Though limited in number, studies on food consumption in cities reveal heterogeneity of situations and a variety of consumption patterns. Although urbanisation seems to bring about positive dietary improvements, it can bring a number of unhealthy diet changes such as increased consumption of saturated and trans fatty acids, sugars, salt and processed foods that contain excessive amounts of these components. Dietary changes combined with more sedentary lifestyles can cause dramatic increases in the prevalence of overweight and obesity among children and adults.

The impact of these changes on nutritional status has not been systematically assessed due to the lack of population-based data on food intakes and nutritional status. A cross-country urban/rural analysis in sub-Saharan Africa conducted by IFPRI revealed that although dietary diversity was consistently higher in urban compared to rural areas, in many countries poor urban households in the lowest quintiles of income were as food insecure and undernourished as in rural areas[37].

FOOD-BASED STRATEGIES: EXPERIENCES AND LESSONS LEARNED

Increasing production and intake of foods at household level

Food-based interventions focus on food - natural, processed, fortified, or in combination - as the primary tool for improving the quality of the diet and for overcoming and preventing malnutrition and nutritional deficiencies. This approach recognises the essential role of food for good nutrition and the importance of the food and agricultural sector for supporting rural livelihoods.

In addition to the nutritional value of food, this approach also recognises the social significance of food and stresses the multiple benefits derived from enjoying a variety of foods. The approach encourages and equips people to consider their total diet in relation to their preferences, individual lifestyle factors, physiological requirements and physical activity levels. In so doing, it can contribute to physiological, mental and social development, enhance learning potential, reduce nutritional disorders and contribute to the prevention of diet-related diseases later in life.

Community nutrition programmes in West Africa

A matter of policy: has FAO implemented programmes or supported governmental programmes?

Between 1990 and 1996, FAO implemented food-based nutrition projects aimed at preventing and alleviating vitamin A deficiency disorders in six Sahelian countries. Considerable experience was gained through these projects and a manual was produced to document the lessons learned and identify 'best practices'[38].

In Niger, the Ministry of Agriculture, in collaboration with the Ministry of Health and Education, implemented a successful 2-year pilot project which demonstrated the benefits of integrating agricultural-and health-sector approaches to the control of vitamin A deficiency. Project goals were to increase production and promote consumption of locally available vitamin A-rich foods. FAO and the Vitamin A Field Support Project (sponsored by the U.S. Agency for International Development) provided technical assistance and support for nutrition education and communication, horticultural techniques and food preservation as well as monitoring and evaluation.

The project demonstrated that a strong nutrition education component promoted the consumption of under-utilised sources of vitamin A, such as traditional green leaves and liver. Some wild plants were successfully cultivated. Seasonal shortages were addressed through food preservation techniques such as solar drying. Improved vitamin A status was documented among children in the project area, a finding that was not observed in the non-project area[39]. Positive results have also been reported in integrated home-gardening programmes in rural South Africa[40] and other countries.

Improving bioavailability of nutrients and household-level technologies

Traditional household food technologies exist to improve bioavailability of nutrients and safety of complementary foods even when the basic diet cannot be changed for

economic reasons. These include dehulling, peeling, soaking, germination, fermentation, malting and roasting. Recent papers have described the benefits of these traditional processes at the household or community level[41,42]. The advantages of home-based preparation of complementary foods include the use of locally available foods, lower costs and limited external inputs required; while the common limitations are time and efforts needed and change in community norms required. The content of iron and other micronutrients is not necessarily adequate to meet small children's needs.

Experience from projects in the rural African context shows the sustainability of producing low cost complementary foods either as a *service to nutrition intervention programmes* through the development of community level processing activities (e.g. UNICEF supported "Community Mills") or a *market-oriented production* through development of economically viable small and medium-scale enterprises producing for local commercial and institutional markets (e.g. social marketing of Musalac in Burundi and Misola community production units in Burkina Faso)[43,44].

Strengthening the street food sector

Street foods can make an important contribution towards meeting dietary needs in urban areas and provide a significant source of income for families. However, given the informal nature of the street food business, they often escape formal inspection and control and are the source of food safety problems and contribute to the deterioration of environmental hygiene. FAO implemented projects in Côte d'Ivoire, Ghana and Nigeria to mitigate the negative aspects of street food operations while preserving the positive socio-economic and nutritional aspects[36]. An important strategy is that of legally recognising and regulating the sector in order for it to become an integral part of the urban food economy. Using a participatory approach with municipalities, hygienic facilities and designs were tested to improve the infrastructure and environmental conditions.

Second, and most important, training activities were devised for all operators (women vendors and food inspectors), along with awareness campaigns to educate consumers. Ongoing education is a critical element to ensure long-term public health impact and a harmonious development of the street food sector.

All these activities merit attention in West African cities. There is little information on the impact of this sector in the local economy in terms of employment and agricultural production. Similarly, data is scarce on the impact of street foods on nutritional status and there is a need to quantify this.

Nutrient-dense foods and the role of small scale agro-food industries

Recently renewed interest has emerged in centrally processed and fortified foods, especially complementary foods, based on the recognition that ready prepared, affordable, safe, fortified foods can both be a source of good nutrition for weaning-age children[45] as well as generate income for local entrepreneurs. With increased urbanisation and employment of women, there is greater participation in the cash economy, purchase of food products, and there is need for affordable pre-cooked cereal-blends that require less time and effort to prepare. Two kinds of food products likely to contribute to the improvement of nutritional situations may have a particular importance: micronutrient fortified foods (e.g., iodised salt, biscuits, and sauces) and infant flours[44].

The role of Small-scale Agro-Food Industries (SAFI) in the improvement of food and nutrition in West Africa has been the object of a previous international workshop held in 1999 in Burkina Faso[46].

A number of successful initiatives have been carried out in West Africa to improve processing of local food products[47]. For example, in Senegal, local cereals (millet, maize and sorghum) only require short processing and food products such as *araw*, *cacry* or *cere* are now found in most markets of West African cities in the form of packages. Another example, *gari*, a fermented cassava product, is produced by many small and medium-size units throughout Nigeria and contributes significantly to safe, energy intakes of urban populations[47].

However, the development of SAFI in West Africa is facing many constraints that require a variety of actions as discussed by Trèche et al.[47] (see table 2, Annex). Besides scientific inputs and market research, there is a need for capacity building of entrepreneurs, access to finance and technological know-how. To have a significant impact on child nutrition, information, education and communication strategies are necessary to raise consumers' awareness on the benefits of safe food preparation practices and good nutrition. Ultimately, improved food choices will depend on consumer's purchasing capacity.

Information, Education, Communication (IEC) for behaviour change

Nutrition behavioural change approaches have been evaluated on a large scale in Mali, Burkina Faso and Niger[48]. The aims of these projects were to promote small "doable", culturally appropriate and affordable actions at household level to improve mother and child nutrition. The Mali project demonstrated that the nutritional status of young children can improve by incorporating low-cost communication activities into child survival programs. Results from the Knowledge-Attitude-Practice (KAP) survey in Burkina Faso showed that parents that were exposed to nutrition messages via various media were more likely to purchase and consume healthy foods. Also, mothers exposed to messages attended health centres more often than those who had not been exposed.

The overall conclusion of these programmes was that comprehensive, long-term communication interventions can produce significant improvements in a broad range of household-based nutrition behaviours, even in impoverished communities. However, behavioural changes need support during an extended period of time before they become part of individual and community norms. Without long term support, families that have initially adopted new practices often revert to previous patterns[48].

Other nutrition education or social marketing trials have been shown to improve complementary feeding practices and weight and height of children, such as the Credit with Education programme in Ghana[42]. Similar achievements have been reported with integrated approaches that incorporate nutrition education into growth monitoring and health programmes, such as the "hearth" model or the Integrated Management of Childhood Illnesses (IMCI) strategy at community level with experience in 80 countries[48].

Evaluation of food-based approaches

Food-based interventions, largely driven by non-governmental organizations and other local institutions, are often perceived to be less cost-effective, and certainly requiring a longer time horizon to achieve results, compared to national capsule distribution campaigns and food fortification programs to reduce micronutrient malnutrition. And yet, these strategies may provide the only sustainable approach at the community level to improve the intake of multiple nutrients through culturally acceptable changes in dietary intakes. More research is needed to explore the full potential of these approaches to reduce micronutrient malnutrition.

WHAT IS THE WAY FORWARD?

Historically, FAO's approach has focused on increasing productivity in the agriculture sector and reducing rural poverty. Often the emphasis has been placed on increased availability of staple foods to meet the energy needs of undernourished people. Nutritionists have advocated for greater attention to the production of foods which add variety to diets to meet the needs for micronutrients and protein as well as energy. Most recently, excessive energy consumption and obesity are emerging as nutrition problems in West African countries and strategies are needed to address these health problems. Further, as West African societies become more urban, the need to provide inexpensive, nutritious and convenient foods as well as employment to the urban poor become urgent.

West African countries face two major present and future challenges: the first one is the widespread chronic undernutrition and associated micronutrient deficiencies that are so dramatically affecting the health and well-being of both adults and children; the second is the rapidly emerging threat of overweight and obesity and associated chronic diseases.

Improving the quality of diets represents a major challenge for the sub-region. Increasing the variety of foods (fruits and vegetables, legumes, oil crops, foods of animal origin, and indigenous wild foods) is important to enhancing dietary quality. Producing food of greater quantity and diversity to ensure that all population groups, urban and rural, have secure access to sufficient, safe and nutritious food all year round continues to be a major issue, especially in the Sahel. Some regions still face the challenge of insufficient quantity and variety, while others are adopting dietary patterns which can lead to a new set of nutrition problems.

Further data is needed to assess the impact of changes in food availability and food choice, along with changing lifestyles, on the nutritional status and health of population groups in urban and rural areas in order to address both malnutrition and the emerging problem of overweight effectively.

Food and nutrition education plays a vital role in promoting food security, as it is especially important for poor households to make optimal use of local foods and practice healthy eating patterns. Effective nutrition education is also important for combating the rise in non-communicable, diet-related diseases seen in many countries and for assisting families affected by HIV/AIDS to cope with the illness.

Affordable and convenient foods for weaning-age children and education on the appropriate use of complementary foods are needed in the sub-region. Improvements in the processing of traditional weaning foods and ensuring the nutritional value of complementary foods for young children are priorities.

The magnitude of the street foods sector illustrates the capabilities of entrepreneurs, especially women to respond to local demands. Street food vendors can provide consumers with an inexpensive source of locally and culturally appropriate foods. However, improvements in terms of food safety, infrastructure, and legal protection are required. At the same time, consumers need information and education to make healthful food choices even when constrained by time.

Local food processors have great potential for offering safe, nutritious, affordable and convenient processed foods for local consumption and export. They will need assistance in terms of ensuring quality and marketing information.

Clearly, a combination of approaches is required. Creating the necessary conditions for the development of food and nutrition strategies requires collaboration among a variety of new actors working in the fields of food technology, industrial development,

consumer advocacy, labour standards, education, health and regulation. Food technologists and nutritionist, working with governments and their development partners can join with local communities to mobilise resources to promote the production, availability, access to, and consumption of nutritious foods. FAO stands ready to assist.

REFERENCES

1. De Onis M, Blössner M. Prevalence and trends of overweight among preschool children in developing countries. Am J Clin Nutr 2000;72:1032-9.
2. Dop MC. L'allaitement maternel en Afrique: l'évolution favorable sera-t-elle remise en question par l'épidémie du SIDA? Cah Santé 2002;12:64-72.
3. Dop MC, Benbouzid D. Regional features of complementary feeding in Africa and the Middle East. In: Dop MC, Benbouzid D, Trèche S, de Benoist B, Verster A, Delpeuch F, eds. Complementary feeding of young children in Africa and the Middle-East. Geneva: WHO, 1999:43-58. [WHO/NHD/99.3 et WHO/AFRO/ NUT/99.4]
4. Ruel MT, Garrett J. Features of Urban Food and Nutrition Security and Considerations for Successful Urban Programming. Paper prepared for FAO Scientific Workshop Globalisation of Food Systems: impacts on food security and nutrition. Rome, October 8-10, 2003.
5. Demographic and Health Surveys (DHS). Final reports of Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinea, Mali, Mauritania, Nigeria, Togo. Internet: http://www.measuredhs.com/countries/start.cfm (accessed 15 October 2003).
6. De Onis M, Frongillo EA, Blössner M. Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980. Bull WHO 2000;78:1222-33.
7. Garrett JL, Ruel MT. Stunted Child-Overweight Mother Pairs: An Emerging Policy Concern? FCND Discussion Paper 148. 2003. Internet: http://www.ifpri.org/divs/fcnd/dp/papers/fcndp148.pdf (accessed 15 October 2003).
8. FAO. Nutrition Country Profiles for Benin, Burkina Faso, Namibia, Niger, Guinea, Togo, Mali and Mauritania. Food and Nutrition Division. Internet: http://www.fao.org/es/ESN/nutrition/profiles_en.stm (accessed 15 October 2003).
9. Traoré L, Banou AA, Sacko D, et al. Strategie de lutte contre les deficits en vitamines A. Cah Santé 1998;8:158-62.
10. Aguayo VM. Vitamin A Deficiency and Child Mortality in Sub-Saharan Africa. Reappraisal of Challenges and Opportunities. Annual ECOWAS Nutrition Forum. Internet: www.pfnutrition.org/doc/key/chapter7.pdf (accessed on 15 October 2003).
11. Sifri Z, Darnton-Hill I, Baker SK, Ag Bendech M, Aguayo VM. A concise overview of micronutrient deficiencies in Africa and future directions. Afr J Food Nutr Sci [serial online] 2003; pp78-85. Internet: http://www.ajol.info/viewarticle.php?id=3706.

12. Mason JB, Lotfi M, Dalmiya N, et al. The micronutrient report: Current progress in the control of vitamin A, iodine, and iron deficiencies. 2001. Internet: http://www.micronutrient.org/frame_HTML/resource_text/publications / mn_report.pdf (accessed 15 October 2003).

13. MICS. Multiple Cluster Indicator Surveys. New York: UNICEF, 1999.

14. UN. World Population Prospects: The 2002 Revision. 2002. Internet: http://www.un.org/popin/data.html#Regionalpercent20Data (accessed 15 October 2003).

15. UN. World Urbanization Prospects: The 1999 Revision. Internet: http://www.un.org/esa/population/publications/wup1999/wup99.htm (accessed 15 October 2003).

16. Oduro AD, Aryee I. Investigating Chronic Poverty in West Africa. Working Paper prepared for Chronic Poverty Research Centre (CPRC). 2003:28. Internet: http://www.chronicpoverty.org/pdfs/Westpercent20Africa.pdf (accessed 15 October 2003).

17. Barnett T. HIV/AIDS has changed the world: food insecurity and disease – what we need to know. The Courier magazine. March-April 2003. Internet: http://europa.eu.int/comm/development/body/publications/courier/ courier197/en/en_050.pdf#zoom=100 (accessed 15 October 2003).

18. UNAIDS. Report on the Global HIV/AIDS Epidemic*.* Geneva: UNAIDS, 2002.

19. Van Liere M. HIV/AIDS and Food Security in Sub-Saharan Africa*.* Presentation at the 7th Annual ECOWAS Nutrition Forum. 2-6 September 2002. Internet: http://www.kit.nl/health/assets/images/ estherl_AIDSfoodsecuritypaperECOWAS.pdf (accessed 15 October 2003).

20. FAO.FAOSTAT. Statistics data on FAO website. http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture (accessed 15 October 2003)

21. Ag Bendech M, Chauliac M, Gerbouin-Rerolle P, Kante N, Malvy D. Les enjeux de la consommation alimentaire en milieu urbain á Bamako*.* Santé publique 2000;12(1):45-53. Internet: http://www.sfsp-france.org/Revue/Articles/51229_SFS_1_2000/ IMP_BENDECH_ps. pdf (accessed 15 October 2003).

22. Hofonga BG, Van den Boom GJM. Food-consumption patterns in Central West Africa, 1961 to 2000, and challenges to combating malnutrition. Food Nutr Bull 2003;24(2):167-82.

23. Ag Bendech M, Gerbouin-Rerolle P, Chauliac M, Malvy D. Approche de la consommation alimentaire en milieu urbain. Le cas de l'Afrique de l'Ouest. Cah Santé 1996;6(3):173-9.

24. Ayassou K, Bambara A, Kangambega M, Mathieu-Daudé C, Chevalier P. Potentialités des cultures en zone de bas-fonds pour l'amélioration des apports alimentaires en carotènes. Session 3: Sécurité alimentaire et situations nutritionnelles. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures [serial online] 2000;9(5):438-43. Internet: http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/00/EA/F3/article.md (accessed 15 October 2003).

25. Zagré NM, Delisle H, Tarini A, Delpeuch F. Evolution des apports en vitamine A à la suite de la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé [serial online] 2002;12(1):38-44.
Internet: http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante_pub/san/e-docs/00/03/5B/84/article.md (accessed 15 October 2003).

26. Delisle H. Patterns of urban food consumption in developing countries: perspective from the 1980's. 1990.
Internet: http://www.fao.org/es/ESN/nutrition/national_urban_publications_en.stm) (accessed 15 October 2003)

27. Ruel MT, Garrett J, Morris S, Maxwell D, Oshaug A, Engle P, Menon P, Slack A, Haddad L. Urban Challenges to Food and Nutrition Security: A Review of Food Security, Health, and Care giving in the Cities. Food Consumption and Nutrition Division Discussion Paper No. 51. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 1998.

28. IFPRI. Urban Livelihoods and Food and Nutrition Security in Greater Accra, Ghana. IFPRI Research Report 112. 2000.
Internet: http://www.ifpri.org/pubs/abstract/112/rr112.pdf (accessed 15 October 2003).

29. Afouda AS, Soulé BG. Le Nigeria: de la crise à la relance de l'agriculture. INRA-IRAM-UNB, Club du Sahel/OCDE, Ministère de la Coopération, 1992: 87.

30. CILSS Institut du Sahel. Sécurité alimentaire et filières agricoles en Afrique de l'Ouest: Enjeux et perspectives quatre ans après la dévaluation du franc CFA. 1998.
Internet: http://www.aec.msu.edu/agecon/fs2/sahel/Bovine98.pdf (accessed 15 October 2003).

31. Ki-Zerbo B, Ancey V. Consommation alimentaire urbaine et hausse du prix des cereales au Burkina Faso. Laval Centre Sahel. EconPapers, 1998.
Internet: http://econpapers.hhs.se/paper/fthlavasa/(98)487.htm (accessed 15 October 2003)

32. Ndoye F. Evolution des styles alimentaires à Dakar. Montpellier: ENDA-GRAF, CIRAD, 2001.

33. Ag Bendech M, Chauliac M, Gerbouin-Rerolle P, Kante N, Malvy DJM. Dévaluation du franc CFA et stratégies alimentaires des familles à Bamako (Mali). Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé. 1997;6(7):361.

34. Akinyele IO. Street foods and their contribution to the food security and nutritional status of Nigerians. West African Journal of foods and nutrition 1997;1(1):6-20.

35. Olayiwola K, Soyibo A, Atinmo T. Impact of globalization on Food consumption, health and nutrition in Nigeria. Paper prepared for FAO technical workshop on "Globalization of food systems: impact on food security and nutrition". Rome: FAO, 8-10 October 2003.

36. Canet C, N'Diaye C. L'alimentation de rue en Afrique. Alimentation, nutrition et agriculture 1996;17/18:4-13. Rome: FAO, 1996.

37. Smith LC, Aduayom D. Measuring food insecurity using household expenditure surveys: new estimates from Sub-Saharan Africa. Paper prepared for presentation at the workshop on "Food security measurement in a developing world context with a focus on Africa". 25th International Conference of Agricultural Economists. Durban, South Africa, 2003.

38. FAO. Les activités nutritionnelles au niveau communautaire: Expériences des pays du Sahel by Zarrelli A. Étude FAO Alimentation et nutrition No. 67. Rome: FAO,1998.

39. Mansour M, Muderhwa R, Adamou D, Mamman ML. Piloting diet diversification through home gardens: the Niger experience [abstract]. In: Two decades of progress: linking knowledge to action. A report of the XVI IVACG meeting. Washington, DC: IVACG, 1994:76.

40. Faber M, Benadé AJS. Integrated home-gardening and community-based growth monitoring activities to alleviate vitamin A deficiency in a rural village in South Africa. Food Nutr Agric 2003;32:24-30.

41. Mensah P, Tomkins A. Household level technologies to improve the availability and preparation of adequate and safe complementary foods. Food Nutr Bull 2003;24 (1):104-25.

42. Dewey KG, Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. Food Nutr Bull 2003;24(1):5-28.

43. Dijkhuizen P, Würdemann W. Production of low-cost complementary food: from a nutrition intervention programme service to a market oriented approach. In: Dop MC, Benbouzid D, Trèche S, de Benoist B, Verster A, Delpeuch F, eds. Complementary feeding of young children in Africa and the middle-East. Geneva: WHO, 1999:121. [WHO/NHD/99.3 et WHO/AFRO/NUT/99.4]

44. Trèche S. A review of infant flour production experiences in Africa. In: Dop MC, Benbouzid D, Trèche S, de Benoist B, Verster A, Delpeuch F, eds. Complementary feeding of young children in Africa and the middle-East. Geneva: WHO 1999:133-40. [WHO/NHD/99.3 et WHO/AFRO/NUT/99.4]

45. WHO. Complementary feeding. Report of the global consultation. Summary of guiding principles. Geneva: WHO, 10-13 December 2001, 2002.

46. Wageningen University, Université de Ouagadougou, IRD. Rapport de synthèse de l'atelier international. “Les petites industries agroalimentaires pour une nutrition saine en Afrique de l'Ouest”. 22-24 novembre 1999.
Internet: http://www.ftns.wau.nl/lmt/ouaga/SyntFR.html (accessed 15 October 2003).

47. Trèche S, Den Hartog AP, Nout RMJ, Traoré A. Les petites industries agro-alimentaires en Afrique de l’Ouest: situation actuelle et perspectives pour une alimentation saine. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures [serial online] 2002;5(11):343-8.
Internet: http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/00/EA/65/resume.md (accessed 15 October 2003).

48. BASICS. Large-scale application of nutrition behaviour change approaches: Lessons from West Africa. 1998.
Internet: http://www.basics.org/publications/abs/abs_large_scale.html (accessed 15 October 2003)

Tableau 1: Quelques caractéristiques du contexte de l'Afrique de l'Ouest.

	Population en millions (1998)	% de population urbanisée (1998)	Taux annuel moyen d'accroissement de population urbaine		Produit national brut par habitant en $ (1997)
			1970-1990	1990-1998	
Bénin	5,8	39	6,2	4,3	380
Burkina Faso	11,3	16	6,8	4,8	250
Cap Vert	0,4	56	5,4	5,3	1090
Côte d'Ivoire	14,3	44	5,7	3,7	710
Gambie	1,2	29	6,1	5,1	340
Ghana	19,2	36	3,6	3,6	390
Guinée	7,3	30	5,0	5,0	550
Guinée Bissau	1,2	22	4,5	3,6	230
Libéria	2,7	44	5,5	1,0	490
Mali	10,7	28	5,1	4,2	260
Mauritanie	2,5	53	8,1	5,3	440
Niger	10,1	19	6,0	5,3	200
Nigeria	106,4	41	5,6	4,4	280
Sénégal	9,1	44	3,8	3,8	540
Sierra Léone	4,6	34	4,6	3,2	160
Togo	4,4	31	6,6	4,1	340
Afrique de l'Ouest	211,2	37	5,4	4,3	340
PED	4602,0	38	3,7	2,9	1299

	Taux annuel d'accroissement du PNB (1990-1997	Taux d'alphabétisation des adultes (1995)	Disponibilités énergétiques totales (kcal/hab/j) (1998)	% de la population sous-alimentée (1998)
Bénin	1,7	32	2571	15
Burkina Faso	0,8	19	2149	30
Cap Vert	1,0	69	3099	
Côte d'Ivoire	0,9	40	2695	15
Gambie	-0,6	39	2559	25
Ghana	1,4	64	2587	11
Guinée	2,7	36	2315	31
Guinée Bissau	1,0	31	2410	
Libéria		45	1979	42
Mali	0,3	32	2117	29
Mauritanie	1,5	37	2641	13
Niger	-1,9	13	1966	39
Nigeria	0,7	57	2882	8
Sénégal	0,0	33	2277	17
Sierra Léone	-5,7	31	2045	43
Togo	-1,2	51	2513	23
Afrique de l'Ouest	0,5	47	2632	17
PED	4,1	70	2663	17

Sources :
- UN-ACC/SCN. Africa database initiative website : http://www.africanutrition.net/noframes_info.cfm
- FAO. FAOSTAT. http:.//apps.fao.org/page/collections
Quoted from 2002 World Population Prospects: the 2002 Revision[14].

Table 2: Constraints, needs and actions for the development of small agro-food industries (SAFI).

Constraints	Needs	Responsible sector and action required
Lack of juridical and legislative environment (laws, regulations) *Either excessive, then not attractive for business OR Absent/not enforced, therefore unable to protect SAFI against unfair trading.*	To guarantee sustainable development of SAFI.	National governments → establish laws & regulations that protect both consumers and producers
Low purchasing power of consumers	To translate the need for low-cost foods (particularly ready-made CF) that are locally produced from indigenous ingredients into an effective market demand	Government → Poverty reduction strategies, subsidize products Health/Education→ raising awareness among target groups Assistance from food technologists on the side of production and marketing (→ small-dose packages more adapted to consumer needs/ reach)
Problematic access to business financing	To offer flexibility in financial/banking services and micro-credits adapted to SAFI	Banking Research → promote the establishment of national and regional institutions for training and applied research that facilitate technical support to SAFI
High processing and operating costs	To facilitate access to high-tech equipments (and maintenance) that are economically viable and sustainable	Trade, Foreign Direct Investment
Difficulties in supply/distribution of food raw materials	To improve domestic production, supply and distribution chains	Agriculture and Infrastructure
Inadequate technological know-how of entrepreneurs, and complexity of market mechanisms	To provide training and build capacity of human resources	Information/Training/Education → offer advanced courses for SAFI in technology, managing and marketing Networking and international collaborations between Research and Private business
Poor marketing of processed foods	To identify potential market demand for new food products; To improve local production costs vs. retail price in order to offer competitive products (profit margins)	Marketing research

Source: Adapted from 47.

Potentiel nutritionnel de deux tubercules (*Coleus rotundifolius* et *Solenostemon* sp.) consommés au Cameroun

Gouado[1*] Inocent, Fotso[2] Martin, Djampou[1] Erick J

[1] Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Douala, BP 24157 Douala, Cameroun.
[2] Centre de Nutrition, IMPM, BP 6163, Yaoundé, Cameroun.

[*]Auteur correspondant: *gouadoi@yahoo.fr*

- Résumé -

Pour contribuer à la valorisation des aliments locaux, nous avons déterminé le potentiel nutritionnel de deux tubercules: *Coleus rotundifolius et Solenostemon* sp. (appelés respectivement *Madack* et *Goué* en langue Nguiembo'n de l'Ouest - Cameroun) à travers: le dosage:1- de l'eau, 2- des cendres, 3- des minéraux (Ca, Cu, Fe, Mg, Zn), 4- des lipides totaux, 5- des protides totaux, 6- des fibres brutes et 7- des glucides.

La teneur en eau est de 75,1 et 84,3 % de matière fraîche (mf) respectivement pour *Coleus rotundifolius (Cr)* et *Solenostemon* sp*. (Ssp.)* alors que les teneurs en glucides sont de 73,2 % (*Ssp*.) et 83,5 % (*Cr*) base matière sèche (bms). Ces tubercules ont 7,5 % (*Cr*) et 8,7 % (*Ssp*.) de fibres brutes (bms). Cr est plus riche en minéraux comparativement à *S*sp. Au niveau de la teneur en lipides, c'est le phénomène inverse: 2,5 % (*Cr*) et 6,5 % (*Ssp*.) (bms). Les teneurs en protides sont relativement élevées: 4,1 % (*Cr*) et 7,1 % (Ssp.) (bms). Sur le plan énergétique, ils fournissent 392 et 399 kcal/100g (bms), pour *Cr* et *Ssp*. respectivement. Du point de vue nutritionnel, on note un apport de 0,95 et 0,98 g/100g mf de protides totaux pour *Cr* et *Ssp* respectivement.

Ce travail sera complété par l'évaluation biologique, la caractérisation des sucres, acides aminés et fibres contenus dans ces deux tubercules. Ceci devrait permettre d'envisager les études de biodisponibilité des différents nutriments.

Mots-clés: *Coleus rotundifolius - Solenostemon* sp. – Potentiel nutritionnel.

- Abstract -

Nutritional potential of two tuber crops (*Coleus rotundifolius* and *Solenostemon* sp.) consumed in Cameroon

To contribute for the valorisation of local food, we have evaluated the nutritional potential of two tubers: *Coleus rotundifolius and Solenostemon* sp. (locally called *Madack* and *Goué* respectively in Nguiembo'n language -West Cameroon). These included evaluation of: 1- Water content, 2- ash content, 3- mineral content (Ca, Cu, Fe, Mg, Zn), 4- total lipid content, 5- crude protein content, 6- crude fiber content, 7- carbohydrate content.

The mean water content was 75.1 for *Coleus rotundifolius (Cr)* and 84.3 % *Solenostemon* sp. *(Ssp,* crude matter basis (cmb). Carbohydrate content was 73.2% for (Ssp) and 83.5% for (Cr) dry matter basis (dmb). These tubers present 7.5 % (Cr) and 8.7% (Ssp) of crude fibers (dmb). Cr is richer in minerals than Ssp. This is the reverse for the amount of lipid: 2.5% (Cr) and 6.5% (Ssp) (dmb). The amount of crude protein is higher: 4.1% (Cr) and 7.1% (Ssp) (dmb). At the nutritional level, there is an input of 0.95 and 0.98 g/100g fm of total proteins respectively for Cr and Ssp. They provide 392 and 399 Kcal/100g dmb respectively for Cr and Ssp.

Further research will lead to biological evaluation and quantification of carbohydrates, amino acids and amount of fibers in the two tubers.

Key words: *Coleus rotundifolius* – *Solenostemon* sp – Nutritional potential.

INTRODUCTION

A l'échelle de la planète, environ 840 millions de personnes souffrent de sous-alimentation. En Afrique, plus du tiers de la population n'a pas accès à une nourriture suffisante en qualité et/ou quantité pour mener une vie active et conserver un état de santé adéquat[1].

Le Cameroun, malgré sa diversité alimentaire exceptionnelle n'est pas à l'abri des problèmes nutritionnels. Ainsi, la malnutrition protéino–énergétique constitue encore un problème de santé publique affectant surtout les nourrissons et les enfants en zones rurales[2,3]. Pourtant, dans ces zones, il existe de nombreux aliments, qui sont parfois mal connus ou mal exploités par les populations. Une éducation des populations en vue d'une meilleure utilisation des aliments disponibles pourrait contribuer à la réduction du taux de prévalence de la malnutrition. Ceci nécessite une bonne connaissance de la composition nutritionnelle des aliments locaux. Les céréales (maïs, blé, mil) et les tubercules de manioc (*Manihot esculenta*), patate douce (*Ipomea batatas*), ignames (*Dioscorea*), macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) jouent un rôle de premier plan dans l'alimentation des peuples en zone tropicale. L'écologie, la dynamique, la composition nutritionnelle et les facteurs anti-nutritionnels de ces aliments ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche[4–7] qui démontrent dans l'ensemble leur richesse en glucides et leur pauvreté en lipides, leur teneur en protéines et sels minéraux étant en revanche assez variable.

Malheureusement, peu de travaux ont été effectués sur *Coleus rotundifolius* et *Solenostemon* sp. qui sont deux lamiacées habituellement cultivées et consommées surtout par les vieux. En effet, d'après la tradition orale, ils possèderaient des substances susceptibles de retarder la sénescence des cellules.

Ces deux plantes produisent un nombre élevé de tubercules et présentent une croissance très rapide. Au Cameroun, ils sont généralement consommés sous deux formes:

- comme des carottes, les tubercules récoltés, lavés et épluchés se consomment crus. Sous cette forme, *Coleus rotundifolius* a un arrière goût amer qui est éliminé par la cuisson alors que le goût sucré de *Solenostemon sp.* est bien connu;
- les tubercules lavés peuvent également être bouillis ou rôtis au feu, épluchés et consommés accompagnés de sauces, de haricot ou simplement comme les patates douces.
  Ils se stockent aisément par enfouissement dans le sol.

Dans le double but de valoriser ces deux tubercules et de contribuer à l'amélioration de l'alimentation, nous nous sommes intéressés dans ce travail à l'évaluation de leur potentiel nutritionnel.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Récoltés au mois de décembre 2001 dans la région de l'Ouest Cameroun (Dschang), ces tubercules ont été utilisés comme semences et cultivés au campus de la Faculté des Sciences de l'Université de Douala. Au mois de décembre 2002, après identification à l'Herbier National du Cameroun (utilisation des tubercules, fleurs et feuilles), les apports nutritionnels ont été évalués à travers le dosage:

- de l'eau par séchage jusqu'à poids constant[8];
- des cendres par incinération à 550°C;
- des minéraux (Ca, Cu, Fe, Mg, Zn) par spectrophotométrie d'absorption atomique,

- des lipides totaux par la méthode de Soxhlet[9];
- des protides totaux par la méthode de Kjeldahl[8];
- des fibres brutes par digestion successive des tubercules délipidés à l'acide sulfurique et à l'hydroxyde de potassium dilués[10];
- des glucides par différence.

Les résultats obtenus sont exprimés en terme de moyenne des trois dosages effectués pour chaque tubercule et les valeurs extrêmes des dosages sont également fournies.

RÉSULTATS

La composition nutritionnelle moyenne des deux tubercules permet de dégager plusieurs faits (tableau 1):

Tableau 1: Composition nutritionnelle (moyenne et valeurs extrêmes) de *Coleus rotundifolius* et *Solenestemon sp* (n = 3).

Nutriments	***Coleus rotundifolius***			***Solenestemon* sp.**		
	Min.	Max	Moy	Min.	Max.	Moy.
Eau (g/100g MF)	75,0	75,3	75,1	84,0	84,9	84,3
Cendres (g/100g MS)	1,7	2,1	1,9	4,0	4,2	4,1
Fibres brutes (g/100g MS)	7,6	7,1	7,5	8,4	8,9	8,7
Protides totaux (g/100g MS)	4,0	4,2	4,1	6,9	7,4	7,1
Lipides totaux (g/100g MS)	2,3	2,7	2,5	6,1	6,7	6,5
Glucides (g/100g MS)	83,3	83,7	83,5	73,19	73,2	73,2
Calcium (mg/100gMS)	180,5	181,5	181,0	63,0	65,0	64,0
Magnésium (mg/100g MS)	178,9	181,0	180,0	150,0	152,0	151,0
Cuivre (mg/100g MS)	0,41	0,43	0,42	0,31	0,33	0,32
Fer (mg/100g MS)	1,79	1,81	1,80	1,16	1,20	1,18
Zinc (mg/100g MS)	0,84	0,87	0,86	0,98	1,04	1,01

MF : Matière fraiche – MS : Matière sèche

Les glucides constituent le composant majeur de ces deux tubercules. Par ailleurs les teneurs obtenues (83,5 et 73,2 g/100g bms respectivement pour *Coleus rotundifolius* et *Solenostemon* sp) avoisinent respectivement celles trouvées chez *Coleus esculentus* (73,5 g/100g bms*)* et *Dioscorea schimperiana (*88,7g/100g bms*)*[7]. Toutefois ces teneurs restent faibles par rapport à celles trouvées chez *Ipomea batatas* et *Manihot esculenta* dont les valeurs sont respectivement 94 et 91g/100g bms[11].

Les teneurs moyennes en protides totaux sont plus élevées chez *Solenostemon* sp. que chez *Coleus rotundifolius*. Ces teneurs se situent entre les valeurs minimales (1,21 g/100g bms) et maximales (33,1g/100g bms) déjà observées respectivement chez *Dioscorea schimperiana* et *Dioscorea dumetorum*[7]. *Solenostemon* sp. est plus riche en lipides que *Coleus rotundifolius*. Mais les teneurs en lipides observées dans nos échantillons sont faibles par rapport à celles rapportées chez *Coleus esculentus* (9,8 g/100g bms)[7].

Les apports en calcium sont plus élevés chez *Coleus rotundifolius* que chez *Solenostemon* sp.*,* mais ils sont comparables aux valeurs trouvées respectivement dans la farine d'*Ipomea batatas* (113 g/100g bms) et de *Colocasia esculenta (*84 g/100g bms)[12]. Sous réserve d'une bonne biodisponibilité, *Coleus rotundifolius* pourrait être une source non négligeable de calcium et magnésium.

La forte teneur de ces tubercules en fibres brutes (7,5 pour *Coleus rotundifolius* et 8,7 g/100g bms pour *Solenostemon* sp) constituerait un atout pour la lutte contre la constipation et d'autres maladies liées à la digestion.

Le tableau 2 permet de noter les valeurs énergétiques élevées des deux tubercules. Cette richesse en calorie est justifiée par leur taux de glucides. Ces valeurs énergétiques sont supérieures à celles trouvées dans les tubercules de *Coleus esculentus, Dioscorea dumetorum* et *Dioscorea schimperiana* respectivement 352, 327 et 323 kcal/100g (bms)[7.] Mais elles sont proches des valeurs observées, respectivement, chez *Dioscorea esculenta (*388 Kcal/100g bms), *Ipomea batatas (*390 Kcal/100g bms*)* et *Manihot esculenta (*392 Kcal/100g bms)[11]*.*

Tableau 2: Apports énergétiques de *Coleus rotundifolius* et *Solenestemon* sp.

Calories (kcal/100g MS)	***Coleus rotundifolius***			***Solenestemon* sp.**		
	Min.	Max	Moy	Min.	Max.	Moy.
Protidiques	17,2	18,06	17,6	29,7	31,8	30,5
Lipidiques	21,6	25,4	23,5	57,4	62,04	60,8
Glucidiques	349,9	351,5	350,7	307,49	307,5	307,4
Totales			**392**			**399**

La composition nutritionnelle de ces deux tubercules, associée à leur culture très facile et au rendement de production assez élevé, constituent des atouts qui militent en faveur de leur introduction dans l'alimentation des enfants et des adolescents. Actuellement, comme dit plus haut, ces tubercules sont surtout consommés et préférés par les personnes âgées.

CONCLUSIONS

Au terme de ce travail, nous pouvons dégager trois conclusions principales:

- *Solenostemon* sp est relativement plus riche en lipides et protéines que *Coleus rotundifolius,* lequel est en revanche plus riche en calcium;
- les apports glucidiques, protidiques et lipidiques sont supérieurs ou égaux à ceux des autres tubercules ou racines tubéreuses tropicales;
- il serait donc intéressant de valoriser ces deux tubercules auprès des populations locales, pour une consommation plus large.

La suite des travaux centrés sur l'évaluation biologique et la caractérisation des différents sucres, acides aminés et fibres contenus dans ces deux tubercules devrait nous permettre d'envisager les études de biodisponibilité de quelques nutriments importants. L'ensemble de ces travaux devrait permettre une meilleure utilisation de ces tubercules dans l'alimentation des populations rurales et urbaines.

REFERENCES

1. Kennedy G, Nantel G, Shetty P. The Scourge of «hiddden hunger»: global dimensions of micronutrient deficiencies. Food Nutr Agric 2003;32:8-14.
2. Kollo B, De Bernadi R, Sibetcheu D, et al. Enquête nationale sur la carence en vitamine A et l'anémie. MSP, UNICEF, HK World Wide, Sight & Life, WHO, 2001:60.
3. Lowé JM, Nestel P, Shea OP. Nutrition et santé des jeunes enfants au Cameroun. Résultat de l'enquête démographique et de santé au Cameroun. New York: Macro International Inc, 1993:1-25.
4. Prathibha S, Nambisan B, Leelamma S. Enzyme inhibitors in tuber crops and their thermal stability. Hum Nutr 1995;48(3):247-57.
5. Ashton L. Tuber storage proteins. Ann Bot 2003;91(7):755-69.
6. Rakipov N. Biochimie des cultures tropicales. Moscou: Mir, 1987:269-87.
7. Malaise F. Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle. Gembloux : Presses Agronomiques, CTA, 1997:71-84.
8. AOAC. Official methods of analysis (13th ed). Association of official Analytical Chemists. Washington DC, 1980.
9. Bergeret. La chimie analytique dans un laboratoire d'outre-mer. Organisation du laboratoire: Etude critique des techniques d'analyses employées au laboratoire. La section nutrition de l'IRCAM – ORSTOM, 1955:53.
10. AOAC. Official methods of analysis. 11th ed. Association of official Analytical Chemists. Washington DC, 1970.
11. Agbor ET, Trèche S. Variability in the chemical composition of yams grown in Cameroon in tropical root crops: production and uses in Africa. In: Terry ER, Doku EV, Arene OB, Mahungu NM, eds. Ottawa: International Development Research Centre, IDRC-221e, 1984:153-6.
12. Dos-Santos HA, Damon M. Manuel de nutrition africaine. Paris: Karthala publishing Co, 1987.

Remerciements: *Nos sincères remerciements aux Dr Priso Richard Jules et Achoundong pour l'identification des deux espèces.*

Consumers' quality perception of farmers' varieties of sorghum and derived foods in Benin

Kayode[1*] Polycarpe AP, Adegbidi[1] Anselme, Linnemann[2] Anita R, Nout[2] Robert MJ, Hounhouigan[1] Joseph D

[1]Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.
[2] Dept of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, P.O. Box 8129, 6700 EV Wageningen, the Netherlands.

*Corresponding author: *polykap@yahoo.fr*

- Abstract -

A survey on desirable culinary and sensory characteristics of sorghum crops and derived foods was conducted in northern Benin by rapid appraisal investigation of 30 households and a quantitative survey on a sample of 180 sorghum consumers. Three categories of sorghum-based foods were identified, i.e. pastes (*dibou, sifanou, foura),* porridges (*koko*, *sorou, kamanguia),* and beverages (*tchoukoutou*, *chakpalo),* of which *dibou, koko, sorou* and *tchoukoutou* were the most frequently consumed. The form in which sorghum is consumed varies according to region or ethnicity. In *Parakou,* the main urban town of northern Benin, all dishes mentioned above were encountered, revealing a diversity of sorghum-based food in this area. In the other areas, sorghum is mostly consumed as *dibou* and *tchoukoutou* (Natitingou, Djougou) or *sorou* (Banikoara). For each of these foods, the quality criteria determining the choice of sorghum seed types were established. The major quality attributes of *dibou* are related to texture (elasticity and firmness), colour (brown), and taste (little bit sweet or neutral taste), while colour (brown or red) and taste (sweet or acidic) are the main quality criteria of the beverages (*tchoukoutou* and *chakpalo)*. In general, brown or red sorghum types are used to prepare these foods for a number of reasons, among which are food habits, believes and appearance. A great diversity was noted in sorghum crops. We distinguished more than 100 farmers' varieties in the 4 communities investigated. Undoubtedly, the same farmers' variety may have a different name according to locality. The most popular of these were collected and characterised at laboratory-scale in terms of their physical properties (colour and size). The crops were classified according to their suitability for the preparation of different sorghum based-foods.

Key words: Sorghum – Paste – Porridge – Beverage – Beer.

- Résumé -

Perception par les consommateurs de la qualité des variétés de sorgho paysannes et de leur produits dérivés au Bénin

Le sorgho est une denrée importante en Afrique au sud du Sahara et dans d'autres régions semi-arides du monde. Durant ces dernières décennies, plusieurs programmes de sélection variétale ont porté sur l'amélioration de certaines cultures vivrières en Afrique. Les critères de performance privilégiés dans la plupart de ces programmes sont basés sur les caractéristiques agronomiques: rendement élevé, résistance à la sécheresse et aux prédateurs. Cependant, beaucoup de variétés améliorées n'ont pas été adoptées par les utilisateurs. On connaît le cas du programme de sélection variétale du maïs au Bénin où seulement 12% des superficies emblavées en maïs sont consacrés aux variétés améliorées bien que ces variétés soient connues par les paysans. Une tendance similaire a été observée au Malawi. L'inaptitude des nouvelles variétés à satisfaire les préférences des consommateurs a été identifiée comme un obstacle majeur. L'objectif de cette communication est de décrire les principaux critères de qualité qui déterminent le choix et la consommation des variétés de sorgho et des aliments qui en dérivent. Les informations générées pourront servir de base pour l'optimisation des programmes de sélection variétale et de transformation du sorgho.

Une enquête a été conduite au Nord-Bénin sur les propriétés culinaires et sensorielles des variétés de sorgho et des aliments dérivés. L'enquête s'est déroulée en deux phases: une enquête d'investigation rapide de 30 ménages et une enquête quantitative ayant porté sur 180 ménages consommateurs de sorgho.

Trois catégories d'aliments à base de sorgho ont été identifiées: les pâtes (*dibou, sifanou, foura*), les bouillies (*koko, sorou, kamanguia*) et les boissons (*tchoukoutou, chakpalo*). Parmi ces aliments, *dibou, koko, sorou* et *tchoukoutou* sont les plus fréquemment consommés. La forme de consommation du sorgho varie selon les régions et les groupes ethniques. A Parakou, le principal centre urbain du Nord-Bénin, on rencontre tous les plats mentionnés ci-dessus; ce qui révèle la diversité des pratiques culinaires dans cette ville. A l'opposé, dans les autres régions, le sorgho est essentiellement consommé sous forme de *dibou* et *tchoukoutou* (natitingou, Djougou) ou *sorou* (Banikoara). Pour chacun de ces aliments, les déterminants du choix variétal ont été identifiés. Les principaux critères de qualité du *dibou* sont liés à la texture (élasticité et fermeté), la couleur (marron) et le goût (légèrement sucré ou sans goût prononcé). Les critères de qualité des boissons sont la couleur (rose ou rouge) et le goût (sucré ou acide). En général, les variétés roses ou rouges sont préférées pour la préparation de ces aliments pour plusieurs raisons parmi lesquelles figurent les habitudes alimentaires, les croyances et l'apparence.

Une grande diversité variétale a été notée dans la zone d'investigation avec plus de 100 variétés de sorgho paysannes recensées. Il est probable que la même variété prend des noms différents selon la région ou l'ethnie. Les variétés les plus connues par les paysans ont été collectées et analysées au laboratoire pour leurs propriétés physiques (couleur et taille des grains). Elles ont été catégorisées selon leur aptitude à la préparation des différents aliments.

Mots-clés: Sorgho – Variété – Aliment – Consommation – Qualité.

INTRODUCTION

Sorghum is an important food crop in sub-Saharan Africa and in other semi-arid regions of the world. During the past decades several breeding programmes have been conducted on food crops in Africa in view of improving their performance. The primary criteria applied in these programmes were mostly based on agronomic characteristics: high yield and tolerance to drought or pests[1]. From a nutritional point of view the main objective was to improve the protein content of staple crops[2]. However, many new cultivars were not adopted by the intended users (farmers, processors, consumers). An example is the maize-breeding programme in Benin where only 12% of the area cultivated with maize is devoted to new cultivars in spite of their favourable agronomic characteristics[3]. A similar trend is reported in Malawi[4]. The inability of the new cultivars to meet consumers' quality expectances was identified as the major obstacle[3,4,5,6]. Likewise, in cassava cooking, quality (cooking time, taste and texture of the cooked product) is an important trait that influences the success of new cultivars in some important markets[7]. Nutritional values of foods are important quality aspects for consumers' food security, but they are not the only determinants of food choice. The process of food choice in western societies is well documented. In general, consumers' food preference is directed by quality expectation, quality experience and credence quality[8,9]. Quality expectation is directed by the so-called quality cue, which can be intrinsic (physical properties like texture, colour etc.) or extrinsic (price, brand, advertising claim, retail outlet). Quality expectation is the abstract belief about the quality of a product. Quality experience is based on the actual consumption. The match of quality expectation and quality experience determines consumers' satisfaction[10,11]. The credence quality attributes are purely cognitive[12].

Consequently, consumers' quality perception of grains and derived foods needs to be incorporated in breeding programmes for successful adoption of improved varieties. Genetic modification can radically affect desirable food quality traits. For example, discoloration of endosperm due to over-expression of ß-carotene is seen as a barrier to adoption for certain food crops[2]. Each country, and in some instances even different areas within a country, have its own measure of quality[2]. Quality appears to depend to a great extent on historical, socio-economic and some crop adaptation factors. Very little documentation is available on consumers' quality preference of African local foods. Studies on yam food quality show the predominance of colour, taste, and texture in Benin's yam consumers' food choice[13]. Appearance, texture, colour and taste are important quality criteria that determine the choice and consumption of plantain in urban Cameroon[14].

This paper describes the main quality criteria affecting choice and consumption of sorghum and sorghum-based foods in Benin as a basis for optimisation of sorghum breeding, cultivation and processing.

METHODOLOGY

Rapid appraisal investigation

A rapid appraisal investigation was conducted in Parakou, the main urban town of northern Benin, to identify the current understanding of sorghum and its derived foods by sorghum consumers. It was carried out as an in-depth individual discussion with a sample of 30 subjects from different geographic and ethnic origins. Additional focus group discussions were performed with 2 groups of farmers and sorghum processors. The items discussed were related to food type and quality criteria, sorghum crops and

processing methods. The information was collected with a tape recorder. The results were used to design a questionnaire for a quantitative survey.

Quantitative survey

The quantitative survey was conducted in 5 communities of northern Benin. These were selected on the basis of the importance of sorghum cultivation and their socio-cultural diversity. One hundred and eighty households participated in the interviews and were distributed as follows: *Parakou*: 45, *Banikoa*ra: 45, *Djougou*: 45 *Natitingou*: 25 and *Toucountouna*: 20. They were randomly chosen and differed from each other in terms of standard of living and socio-cultural background. The respondents were either head of household (male) or the housewife who takes care of food preparation for the family. The questionnaire included the following aspects:

- frequency of consumption: frequently = consume the food 4-7 times/week, regularly = consume the food twice - 3 times/week, occasionally = consume the food once/week and rarely = consume the food less than once/week.
- mode of consumption: time, place of consumption and type of soup/ingredient associated with food consumption.
- quality perception: consumers characterised each of the foods in terms of texture or viscoelasticity, taste, colour and smell following a three-step scale ranging from very important to not important. In addition, consumers who judged a quality criterion as very important were asked to specify which kind of texture (elasticity/extensibility, firmness, viscosity), taste (sweet, neutral, acidic), colour (red, brown, white) they preferred. Finally, consumers' opinions about the culinary suitability of sorghum crops were recorded. Data were analysed using *Winstat 2.0* software.

Laboratory analysis

The physical properties of collected seed samples were determined in the laboratory. Colour was measured using a Minolta CR-210 portable chromameter (Illuminant D65 CIE 1976) and the Hunter Lab colour coordinate system. L, a*, b* values were assessed. L is the whiteness index, a* the red index and b* the yellow index. The 1000 kernel weight was determined by weighing 100 grains of each sample on a 1/10,000 precision balance and multiplying the obtained value by 10. The weight was expressed on dry matter basis. All the measurements were performed in duplicate and the average is reported.

RESULTS AND DISCUSSION

Predominant sorghum-based foods

The main sorghum dishes are presented in table 1. They can be classified in three groups: the pastes (*dibou, sifanou, foura*), the porridges (*koko, sorou, kamanguia*) and the beverages (*tchoukoutou*, *chakpalo*). *Dibou,* also called *tô* in Burkina-Faso or *oka-baba* in Nigeria, is the traditional way of sorghum consumption in most African countries. The preparation of *dibou* involves cleaning, milling, sieving and cooking. However, variations exist in the processing method according to region or ethnic group. In some regions (e.g. Parakou) wet cleaning followed by sun drying before milling is practised by nearly 47% of the *dibou* processors interviewed. In other regions (e.g. Natitingou and Djougou), dry cleaning is common. Moreover, nearly 40 % of the processors do not sieve the flour before cooking. These practices may have important implications for the nutritional quality of the *dibou*. Anti-nutritional factors, such as tannins and phytates, are mainly concentrated in the bran and the

aleuronic layer of the grain[15,16]. Operations such as sieving and wet cleaning of the grain contribute to bran removal. Wet cleaning induces water imbibition of the pericarp and enhances its flexibility and resistance to friction during milling, permitting its separation from the endosperm in the form of large flakes[17,18,19]. Subsequent sieving will therefore be more efficient in removing anti-nutritional factors. Consequently, it is plausible that consumers of *dibou* from sorghum that was washed or/and sieved during processing ingest less anti-nutritional factors.

Dibou is consumed at home, preferably during lunch (53% of the interviewed consumers) or dinner (98%). This meal may be accompanied by okra (*Abelmoschus esculentus*) or vegetable soup with meat or fish, depending on the wealth of the household. After the preparation of *dibou*, housewives often keep part of the paste in a clay pot, where it is blended with the powder of baobab fruit or tamarind and left overnight. The acidic paste obtained, named *sagnan*, is appreciated by adults and infants and consumed as porridge between meals.

The second type of paste found in the study area is *sifanou.* It is a sweet and sour paste prepared with germinated sorghum grain to which other ungerminated cereals like maize can be added. *Sifanou* is consumed at midday, mixed with milk and/or ice. *Sifanou,* also known as *gowé* in the South of Benin[20] is similar to *bushera* in Uganda and *togwa* in Tanzania[21,22].

Foura, the third type of paste in this study, is a slightly sweet paste. After dehulling, sorghum grain is pounded and cooked in boiling water to give a thick dough. The derived paste is sweetened with the juice extracted from the root *of baka (Gladiolus psittacinus)* and consumed as porridge with milk or sugar. *Foura* is generally prepared by the *Peuhl* and the *Haoussa* ethnic groups*,* for whom it is a significant food at wedding days.

Sorghum porridges include *koko*, *sorou* and *kamanguia. Koko* is a popular sour porridge in Africa. It is similar to *ogi porridge* in Nigeria and *mahewu* in South Africa. It contains more than 90% water[23]. Sorghum, millet or maize is used to prepare *koko*. It is noteworthy that many of Benin's sahelian consumers do not like *koko* made from maize because of its whiteness. In general, the preparation of *koko* involves 24 hours of fermentation of a sorghum slurry followed by cooking. In our investigation area, mainly in Parakou, where consumer demand is higher than in other areas of northern Benin, some processors do not use fermentation. In that case, the acidic taste that is normally obtained by fermentation, is produced by cooking the non-fermented sorghum slurry in acidic water obtained, for example, from a neighbour. Such practice, probably a consequence of urbanisation, may be nutritionally less desirable because of the loss of some beneficial effects of fermentation (for example the degradation of phenolic compounds). *Koko* is consumed with sugar, honey or roasted groundnut. Flour from the baobab fruit can also be diluted in *koko* to obtain an acidic taste.

Sorou is a granulated sorghum porridge obtained by cooking pounded sorghum grains in boiling water (fermented or not). Prior to pounding many processors (about 50% of the interviewed) proceed to grain washing, whereas others (21%) soak the grain for one hour to facilitate the dehulling. *Sorou* is eaten at lunch (75%) or breakfast (41%). Farmers often consume *sorou* on the farm at lunchtime because it easily satiates and no special relish or soup is needed to consume it. *Kamanguia* is prepared in much the same way as *sorou* except that potash (an alkaline mineral complex consisting mainly of potassium carbonate and believed to stimulate lactation by nursing mothers) is added to the slurry during cooking.

Tchoukoutou and *chakpalo* are fermented alcoholic beverages obtained from malted sorghum. *Tchoukoutou* is an opaque effervescent beer with a considerable solid content, while *chakpalo* is a more clear beer. Colour and taste also differ between

both types of local beer. During shortage periods, when sorghum is expensive, maize is added to the sorghum to produce *chakpalo*. *Tchoukoutou* is prepared exclusively with sorghum but alternatively, millet is used to brew it. The addition of maize to sorghum in *tchoukoutou* processing is not appreciated by consumers, because it is believed to cause headache. *Tchoukoutou* also called *dolo* in Burkina Faso is similar to the *malawa* beer in Uganda and to *kaffir* beer in South Africa. In fact there are numerous opaque beers in several African countries, each with a local name[23].

Chakpalo is prepared in the same way as *tchoukoutou* except that the filtered final wort is not inoculated and is allowed to undergo a natural fermentation for 2 to 24 hours. Other sorghum products are *sodabi* (a distilled alcohol from sorghum or maize), *woroukou* (cooked dehulled sorghum grain), *maasa* (sorghum fritters), and *gnikinou* (cooked mixed sorghum and beans).

Table 1: Different sorghum-based foods in Benin.

Food	Other ingredient added	Main unit process operations	Description
Paste			
Dibou	Cassava dry chips, Yam dry chips	Milling, sieving, cooking	Thick paste eaten with soup
Sifanou	Maize	Germination, milling, fermentation, cooking	Sweet paste consumed as porridge
Foura	Millet	Pounding, steam-cooking	Steam-cooked paste consumed as porridge
Porridge			
Koko		Milling, sieving, fermentation, cooking	Sour porridge
Sorou		Pounding, sieving, cooking	Granulated porridge
Kamanguia	Potash	Pounding, sieving, cooking	Granulated porridge consumed by nursing mothers
Beverage			
Tchoukoutou		Soaking, germination, milling, cooking, fermentation	Alcoholic opaque beer
Chakpalo	Maize	Soaking, germination, milling, cooking, filtration, fermentation	Alcoholic sweet beer

Importance of sorghum-based food consumption

Table 2 shows the consumption patterns for the different sorghum foods. The consumption frequencies are not an indicator of the quantity consumed, but only indicate how often the foods are consumed. *Dibou, koko* and *sorou* are the most frequently consumed sorghum foods. *Tchoukoutou* is rarely consumed by 50% of the

respondents. *Kamanguia, chakpalo* and *sifanou* seem to be marginal dishes since they are rarely consumed by more than 70% of the respondents. For certain foods, the frequency of consumption varies according to sex or ethnic group: *kamanguia* is mainly consumed by women, especially by nursing mothers, because it is believed to stimulate lactation. In the *Bariba* community the best gift to a young mother is a pot of *kamanguia. Sorou* is mostly consumed by the *Bariba* and *Peuhl,* while *Chakpalo* and *sifanou* are mainly consumed by immigrant ethnic groups (*Idatcha* and *Fon*) from the centre part of the country, which is also the probable origin of these food-processing technologies.

Dibou and *sorou* are consumed as main dishes and in great quantities. Their processing includes unit operations (milling, pounding, cooking) of limited nutritional impact. Indeed, milling or pounding without dehulling or sieving are of no evident nutritional benefit, whereas cooking is essential to render the product edible, but is reported to decrease the protein digestibility[24]. Moreover, many consumers (> 65%) prefer red or brown sorghum for *dibou* preparation, which generally is rich in anti-nutritional factors, i.e polyphenols and phytate[25,26,27]. By consequence, these foods may be rich in anti-nutritional factors. Phytate and tannins are of particular concern to nutritionists because of their possible adverse effect on digestibility and bioavailability of minerals and proteins. Phytate forms insoluble complexes with essential minerals such as calcium, iron and zinc at physiological pH levels[28]. Phytate may be partially responsible for the widespread mineral deficiencies observed in populations that subsist largely on sorghum and other cereals[29]. The role of tannins in human nutrition is due to their protein-binding capacity, which reduces protein bioavailability.

Table 2: Frequency of consumption of sorghum-based foods *(in % of 180 respondents)* in 5 communities in Northern Benin.

Foods	*Frequently *(4-7 times/week)*	Regularly *2-3 times/week*	Occasionally *1 time/week*	Rarely *< 1 time/week*
Dibou	67	17	5	11
Sifanou	5	4	11	80
Koko	60	6	5	29
Sorou	55	13	9	23
Kamanguia	19	8	4	69
Tchoukoutou	29	14	7	50
Chakpalo	8	6	12	74

Important quality criteria for consuming sorghum-based foods

Quality criteria that are important in choosing sorghum foods, relate to texture, taste, colour and smell. Their importance varies according to the specific food (table 3). Texture characteristics are considered important by more than 60% of the consumers of *dibou* and *sorou*. Fifty-five percent judge viscoelasticity important for *tchoukoutou.* Actually, consumers judged appearance rather than viscoelasticity. Taste is perceived as very important for all the foods. Half of the consumers perceived colour as a very important characteristic for *dibou*, *koko, tchoukoutou* and *chakpalo*. The smell of the food is not a main concern for the majority of the consumers. However, for *tchoukoutou,* 40% of the respondents consider smell an important quality attribute. The detailed criteria for each food are presented below.

Dibou

Texture is said to be the most important quality attribute of *dibou.* A good *dibou* must be elastic/extensible and firm. The taste of the paste should be slightly sweet (67% of the consumers), but 50% also likes a paste with a neutral taste. The colour preference ranges from pink (84%) to red (60%). Elasticity/extensibility and firmness were also reported as the most important quality criteria for pounded yam and *amala,* two yam-based pastes[13]. Our discussions with housewives reveal that three factors, namely the sorghum crop, the storage time and the cooking skill of the housewife are likely to affect the texture of *dibou*. A paste prepared with newly harvested sorghum is said to be more elastic/extensible and sweet than that of sorghum stored for six months or longer. When the housewife has to use long-stored sorghum or cannot obtain a suitable sorghum crop to cook *dibou*, she will add cassava or yam chips to the grain before milling in order to enhance the firmness and the elasticity/extensibility of the paste.

Housewives also explained that the critical stage in *dibou* cooking is the kneading. An inadequate kneading may result in an inelastic/non extensible or lumpy paste. The public opinion is that older housewives have good cooking abilities. One of the qualities of a perfect housewife is her ability to cook a good *dibou,* i.e. a firm and elastic/extensible paste. This quality is so important that it is part of the test for a newly married woman. The first *dibou* she prepares will be eaten by all the family. The quality of the paste gives an impression of the cooking ability of the newly married wife and an idea about her upbringing.

The colour of *dibou* is so important for some consumers that they systematically reject *dibou* from maize, because it is white. However, during the period of maize harvesting (September), we observed some households cooking *dibou* from maize*,* possibly because their stock of sorghum was exhausted. Consequently, the way in which consumers judge food quality and how this affects their food choice may change during shortage periods.

Some, mainly older people argue that white *dibou* causes diarrhoea, but the majority justifies their attachment to pink/red *dibou* by its supposed richness in nutritious elements or its supposed ability to provide blood. This kind of belief, referred to as a credence quality[8], was also observed in parts of India and Sri Lanka where red rice is believed to be more nutritious than white[2]. As early as the 2nd century A.D., a Greek physician, Galen, urged all young males to eat red foods and drink red liquids to become more sanguine, cheerful and confident[30].

Koko

Texture, taste, and colour were said to be the main quality characteristics of *koko*. A good *koko* should be viscous but not too much since it is consumed at breakfast or as a complementary infant food. A minority of the consumers (30%) prefers a very viscous *koko*. The combination of a sour taste from the fermentation process and a sweet taste from the addition of sugar or honey is preferred. As for the other sorghum foods, a pink or red colour is preferred. The credence quality cues are used here too to justify the colour preference (see above). Because of this health-related belief, some housewives see the sorghum *koko* as the best complementary infant food. Red *koko* is also believed to fight against malaria. When maize or white sorghum are used to prepare *koko*, processors always colour it with the leaves of *dosinsou,* which is a type of sorghum especially cultivated for medical purposes and coloration of foods. This processor strategy, common in shortage periods, is particularly used in urban areas to meet quality demands of consumers.

Sorou

The first textural quality preferred by *sorou* consumers is the granulated aspect of the porridge, which means that the grain should not be pounded too finely. About half of the *sorou* consumers also appreciate a viscous porridge. *Sorou* is eaten at lunch and as a main dish and therefore must be satiating. A good *sorou* should also be acidic and/or sweet. A sweet taste is conferred to the porridge by adding sugar or honey. Acidic taste is produced by natural fermentation or addition of baobab fruit powder. The colour preference is similar to that of *dibou* and *koko*.

Tchoukoutou

The viscoelasticity of *tchoukoutou* is considered very important by 55 % of the consumers. An opaque beer, i.e. with an appreciable solid content, is perceived as a good product, due to its ability to appease hunger. Others mentioned that the opacity and the effervescent aspect of the beer are indicators of its strength, i.e. its alcohol content. To meet this preference, processors use the appropriate variety or/and an adequate filtering material to obtain the adequate opacity. Generally, a larger mesh basket or bag is used for filtration. The other major quality criterion for *tchoukoutou* is taste. Consumers always taste the beer before buying. When not satisfied with the taste of the product, they will move on to another seller. All consumers prefer a sour and alcoholic beer. Very few like a sweet *tchoukoutou,* i.e. a non- or slightly fermented product. Some consumers explained that a sweet *tchoukoutou* is not easy to digest and often causes stomach trouble. A possible explanation could be the presence of pathogenic micro-organisms, which are normally suppressed by a prolonged fermentation process.

Smell is also an important selection criterion when buying *tchoukoutou*; 40% of consumers judge it very important. Some consumers claim to be able to infer the overall quality of the beer by its smell. The smell is a quick discriminating quality criterion that these consumers use for a rapid choice of the place of drinking in a beer market with various kinds of *tchoukoutou*. As mentioned above, the alcohol content is a major criterion for *tchoukoutou*. A beer with a high alcohol content is preferred by consumers, especially in the Harmattan period when it gets cold. During the survey we observed that some consumers added *sodabi* (a local distilled alcohol) to *tchoukoutou* because its strength was not high enough for them. According to processors, the starting material and the process conditions affect the alcohol content of *tchoukoutou*. For example, some sorghum varieties do not yield enough alcohol after processing. Inoculation of the wort or not, as well as the timing of inoculation also affect the alcoholic fermentation. In the Harmattan period the inoculum is introduced at an early stage when the wort is still a little warm. When the wort is cold, the fermentation process will not take place or only slowly. Pink or red beer is desired, while a white one is rejected. For the consumers, a coloured *tchoukoutou* is the warranty that the beer is really brewed with sorghum, since maize beer is not preferred.

Chakpalo

Chakpalo is preferred with a fluid consistency and a sweet, slightly acidic taste. The colour preference is similar to that of *tchoukoutou,* i.e. red or pink. Contrary to *tchoukoutou* (which is exclusively brewed with sorghum), *chakpalo* can be prepared with maize, especially when sorghum is expensive. In that case, sugar caramel is used to colour the beverage to meet consumer preferences.

Table 3: Important quality criteria for consumers of five important sorghum foods in Benin *(in % of n respondents)*.

	Dibou	*Koko*	*Sorou*	*Tchoukoutou*	*Chakpalo*
n	*105*	*62*	*58*	*101*	*30*
Texture/viscoelasticity	63*	51	60	55	43
Taste	52*	66	61	66	67
Colour	49*	54	49	55	57
Smell	21*	35	28	40	30

n = number of people interviewed on the food for the quality aspects.
**Sum > 100 because several answers were possible.*

Important quality criteria for producing sorghum-based foods

The most important quality criteria for processors in their choice of sorghum crops are presented in table 4. Colour, size as well as the food yield of the grain are the major selection criteria mentioned by sorghum food processors. The ability of the grain to germinate quickly is very important for 42% of the processors, particularly those who prepare malted foods and beverages. A large number of sorghum phenotypes were recorded in the four communities investigated. Undoubtedly the same phenotypes may take different names according to locality or ethnicity. So far, no information is available about the genetic characterization of local sorghum varieties to enable their distinction. For the time being, we based our differentiation of the farmers' varieties on the local knowledge of the farmers. This endogenous classification, referred to as the "emic" approach[31], helped to distinguish 24 different farmers' varieties. These 24 are the most popular, i.e. having a popularity index > 5 (popularity index is the number of consumers who quoted the particular variety). These varieties were characterised for colour and 1000-kernel weight. The suitability of each variety for the preparation of different foods is also reported (table 5). Colour is the predominant characteristic that consumers use to distinguish varieties, particularly in the urban area. For example, in Parakou the majority of consumers belonging to the *Bariba* ethnic group distinguish only 4 varieties, namely *dobi swan* (brown sorghum), *dobi swan sokisoki* (red sorghum), *dobi pika* (cream sorghum) and *dobi pika feunfeun* (white sorghum). The same is true for people belonging to *Dendi* and *Peuhl* ethnic groups. This reveals the loss of knowledge about varieties by these urbanised people. However, rural housewives know well the culinary ability of each variety because of their accrued experiences. The name that producers give to different sorghum varieties is meaningful: it could be the name of the village where the variety originated (e.g. *chabicouman*), or the name of the farmer who introduced it to the community (e.g. *gbango, bio dahu, yacuba*), or an indicator of a specific agronomic property (e.g. *chassisoya* or *sakarabokuru* = sorghum resistant to Striga) or its morphological appearance (e.g. *fissouka* = tail of *Fissou* (an animal), *mahi swan* = red sorghum). The popularity of some varieties also has to do with their significance for household food security (e.g. *natisoya* = house sorghum or sorghum of hunger) or their sensory properties (e.g. *sotakama* = bitter sorghum).

Instrumental colour measurements and visual observations helped to identify four groups of farmers' varieties: white grains (L>66) represented by 6 varieties, brown grains (a*>8) containing 13 varieties, red grains (a*>14) with only 1 variety and the yellow grains with high yellow index (b*>19) represented by 4 varieties. Possibly the latter are similar, because their characteristics as reported by consumers are quite the same: a bitter taste, yellow colour and very similar appearance of the ear. Most varieties in our study are brown. This agrees well with consumers' preferences.

The 1000-kernel weight (1000 Kw) discriminates the grains as well: large grains (1000 Kw > 40), medium-sized grains (30<1000 Kw <40) and small grains (1000 Kw <30). These characteristics (colour and size) are environment dependent and may change according to soil type or/and rainfall. In the following section, the suitability of different varieties for particular processing purposes is discussed.

Table 4: Important quality criteria for processors of sorghum *(in % of 85 respondents)*.

Characteristics	very important	moderately important	not important
Yield of the end-product	74	8	17
Colour of the grain	72	19	8
Size of the grain	60	32	8
Ease of germination	42	26	32
Ease of fermentation	18	35	47
Storability of the grain	13	44	44
Ease of milling or pounding	6	15	79
Origin of the variety	4	12	84
Ease of cooking	8	18	74

Table 5: Different farmers' varieties of sorghum in Benin and their culinary and physical properties.

Farmers' varieties (ethnic group) (n)	Colour				1000 kernel weight (g)	Suitability for food preparation (%)		
	Visual observation	Instrumental				*Dibou*	*Tchoukoutou*	*Sorou*
		L	a*	b*				
Region: Toucountouna / Natitingou								
Natisoya (Wama) (42)	brown	63.8	12.7	15.4	33.9	88	45	19
Chabikouman (Wama) (40)	brown	65.0	8.1	15.7	42.6	75	85	20
Chassissoya (Wama) (22)	brown	71.8	13.4	16.0	40.8	68	86	0
Soniya (Wama) (20)	brown	57.2	12.9	14.3	35.5	95	90	20
Wawira (11)	brown	nd	nd	nd	nd	82	100	18
Sotakama (Wama)(8)	yellow	62.3	7.5	21.8	33.8	13	50	0
Region: Djougou								
Mousseman (Lokpa) (25)	brown	56.1	13.7	12.6	25.1	48	100	68
Mouhoulouman (Lokpa) (15)	white	67.5	4.0	16.6	39.3	100	60	87
Agbanni (Pila-Pila) (14)	brown	62.5	8.3	14.8	51.9	93	64	93
Talemoula (Lokpa) (13)	white	66.0	5.3	17.9	40.6	77	69	69
Kassassahan (Lokpa) (12)	yellow	65.5	4.5	28.2	29.0	17	75	25
Fissouka (Lokpa) (8)	brown	60.7	10.6	15.6	39.7	63	50	75
Kangnanra (4)	yellow	nd	nd	nd	nd	25	25	25
Region: Banikoara								
Mahi Swan (Bariba) (31)	red	51.0	15.0	9.9	36.5	84	*	77
Bio Dahou (Bariba) (30)	brown	60.2	11.9	16.9	35.7	86	*	75
Koussoubakou (Bariba) (24)	white	78.2	1.5	13.3	31.4	87	*	77
Gbango (Bariba) (15)	white	75.1	1.1	10.0	24.3	80	*	67
Sakarabokuru (Bariba) (12)	brown	63.4	9.9	17.8	41.8	100	*	100
Yacouba (Bariba) (8)	white	75.8	0.2	10.9	33.0	75	*	88
Saï Maï (Bariba) (7)	brown	65.6	9.6	16.8	26.4	71	*	71
Yerekou (Bariba) (7)	yellow	65.2	5,1	19.7	32.8	60	*	60
Mari Suanu (Bariba) (5)	brown	61.0	13.5	16.3	35.5	100	*	100
Tokogbessenou (Bariba) (5)	brown	63.0	8.2	14.6	40	67	*	100
Yibere Kanyinse (Bariba) (5)	white	72.8	2.7	14.1	39.8	50	*	75

n= number of people who know the variety, percentage is calculated on the basis of n.
nd: not determined **: tchoukoutou is not produced in this area.*

Good varieties for sorghum paste and porridge

In general, all varieties were judged suitable for *dibou* processing. It is likely that over time farmers selected varieties that met best with consumers' preferences. Exceptions are the yellow varieties, i.e. *sotakama, kangnanra* and *kassassahan,* which are said to give a bitter *dibou*. However, a minority of consumers uses them when no other variety is available for their cooking purpose. In that case the sorghum is mixed with other cereals, preferably millet because of its sweetness (consumer opinion). Some consumers explained their attachment to yellow varieties by the fact that their bitterness helps to fight against malaria. Also *mousseman* is not very recommended for *dibou* because it yields less flour after milling and this seems true because it is the smallest seed in size (1000 kw = 25). However, it is preferred for making *sorou* or *tchoukoutou*. Contrary to expectation, the white varieties recorded are also quoted by consumers to be suitable for *dibou*, even though their colour preference for *dibou* is red or brown. A possible explanation is that the colour of the grain is not always a predictor of the colour of the derived *dibou.* According to some consumers a *dibou* cooked with some white sorghum grain may turn reddish or even black after cooking. *Konouyirou* and *hannibi* are well-known varieties for this colour changing property. Our own observation also revealed that *dibou* paste is always more pink than the flour from which it is made. Such a phenomenon was also found in *amala*, a dry yam paste[32].
In general, the varieties judged suitable for *dibou* are also said to be suitable for *sorou.*

Good varieties for sorghum beverages

Discussion with sorghum beer processors revealed that *tchoukoutou* is one of the most important foods housewives refer to when evaluating the culinary properties of sorghum. Important factors affecting sorghum choice for beer processing include: size and colour of the grain, storage period, wort quantity and quality (mainly sugar content) and to a lesser extent the origin of the grain (table 4).

Table 5 shows preference scores for different varieties according to their suitability for *tchoukoutou* preparation. No scores were recorded for *tchoukoutou* in the region of *Banikoara* because sorghum beer is not produced there. The varieties are clustered according to their ability to yield a good quality beer. Over the figures reported, the classification of these varieties also takes into account some qualitative information gained from beer processors. The first category comprises the varieties that are very good for beer brewing, including *chabicouma, chassisoya* and *agbani*. Varieties of 2nd choice are*: wawira, soniya, mousseman, mouhoulouman, talemoula* and *fissouka.* Finally the 3rd group is that of varieties unsuitable for brewing.

The varieties of 1st choice are generally used as a reference to judge the other varieties. They are brown, floury with big grains. They give a high yield of wort with very good properties, i.e. sugary and opaque. Generally, processors use the wort properties as an indicator of the quality of the beer, the sweetness being the major criterion. The sweeter the wort is, the better the beer will be. Another advantage of these varieties is their relatively high availability, presumably due to some favourable agronomic properties. After storage, all of them are still good for brewing as they germinate well. Moreover, they yield well on soils with a low fertility and occasionally are resistant to Striga (only *chassisoya*).

The varieties of 2nd choice are also good for *tchoukoutou* processing, but some factors limit their utilisation. The white colour of some (e.g. *mouhoulouman, talemoula*) is not favourable for beer processing. These varieties are always mixed with red sorghum to avoid a too white beer. Others are too hard and thus prolong the processing procedure. This is the case with *soniya* and *wawira* that require 2-3 days soaking time

instead of 1 for germination. Moreover, a lot of inoculum is needed for a quick fermentation of their wort.

The unsuitable varieties for beer production are *sotakama, kassassahan*, *kangnanra* and *natisoya*. The main shortcoming of the latter is that it yields less sugary wort. Another handicap is that it loses its germinative power after a short storage period. However, because it is an early variety some processors used it, just after harvesting, to produce a beer of "bad quality" as they say. The other yellow varieties are bitter in taste and are rather used as hops would be used in lager beer to confer bitterness to the beer. For this purpose, grains are either crushed with the malt or the ears are immersed in the wort during cooking. Other processors grind them after the grain is roasted. The flour obtained is then stored and added to the wort during cooking. *Kangnanra* is much more used for medical purposes. The ear is immersed in boiling water, resulting in an anti-malarial infusion.

CONCLUSION

This investigation revealed differences in farmers' sorghum varieties in terms of their physical and culinary properties. Most of these varieties are brown which agrees well with consumers' preferences. Among the 24 varieties reported, some are of poorest culinary quality but still find their place in the farmers crop system probably because of the role they play in household food security (early varieties) or their importance as food additive or as medicinal plants. Sorghum is processed in different ways to yield various foods including pastes, porridges and beverages. Perception of sorghum quality is related to both the raw grain and the foods these grains will yield after processing. The way sorghum is processed includes unit operations (dehulling, cooking, fermentation, germination) of beneficial nutritional impact. However, foods of high frequency of consumption include few of these operations in their preparation method. Colour and size, as well as the quality of the food the grain will yield, determine the choice of sorghum variety by the processors. The texture is the most important quality attribute of the foods consumed as a main meal (*dibou* and *sorou*), colour is the most important quality characteristic for porridges and beverages, while taste is significant for all sorghum-foods. This research provides a rapid description of consumers' opinions on sorghum and sorghum-foods. This information can be integrated in research programmes orientated towards the improvement of sorghum production (breeding, crop management) and processing. Further research should investigate to what extent the variation in local processing methods affects the nutritional value of the derived foods with a focus on the micronutrient and anti-nutritional factors. Biological identification of the farmers' varieties is also recommended.

REFERENCES

1. Badu-Apraku B, Okoruwa AE, Kling JG, Kim SK. Improvement of maize genotypes with appropriate quality characteristics for industrial processing and use. In: Menyonga JM, Taye B, Nwasike CC, Sedego PM, Tenkouano A, eds. Processing and industrial utilization of sorghum and related cereals in Africa. Proceeding of the OAU/STRC-SAFGRAD Regional symposium. Ouagadougou, Burkina-faso, 1995:247-72.
2. Graham R, Senadhira D, Beebe S, Iglesias C, Monasterio I. Breeding for micronutrient density in edible portion of staple food crops: conventional approaches. Field Crop Res 1999;60:57-80.

3. Koudokpon V. Pourquoi les variétés améliorées de maïs ne sont-elles pas largement adoptées par les paysans? Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 1991;2:6-9.
4. Kydd J. Maize research in Malawi: lessons from failure. J Int Dev 1989;1:112-44.
5. Nago CM. La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Bénin: Détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage; relations avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés. Thèse de Doctorat d'Etat. Paris: Université Paris 7-Denis Diderot, 1997:201.
6. Latrille E, Issifou A, Agboh A. Projet de développement rural de la Région Maritime. Recherche agronomique d'accompagnement. Document. Togo : IRAT/MDR, 1982.
7. CIAT. Cassava Program Annual report. Working document 146. Cali, Columbia: CIAT, 1993:325.
8. Grunert KG. Current issues in the understanding of consumer food choice. Trends. Food Sci Technol 2002;13:275-85.
9. Darby MR, Karni E. Free competition and the optimal amount of fraud. J Law Econ 1973;16:67-88.
10. Olivier RL. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. J Mark Res 1980;17:460-469.
11. Olivier RL. Cognitive, affective, and attribute bases of the satisfaction response. J Consum Res 1993;20:418-31.
12. Oude Ophuis PAM, Van Trijp HCM. Perceived quality: a market driven and consumer-oriented approach. Food Qual Prefer 1995;6:177-83.
13. Hounhouigan DJ, Kayodé PAP, Bricas N, Nago CM. Les caractéristiques culinaires et organoleptiques des variétés d'ignames en usage en milieu urbain au Bénin. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin (In press).
14. Dury S, Bricas N, Tchango-Tchango J, Temple L, Bikoi A. The determinants of urban plantain consumption in Cameroon. Food Qual Prefer 2002;12:269-79.
15. Frossard E, Bucher M, Machler F, Mozafar A, Hurrell R. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plant for human nutrition. J Sci Food Agric 2000;80:861-79.
16. Beta T, Rooney LW, Marovatsanga L, Taylor JRN. Phenolic compounds and kernel characteristics of Zimbabwean sorghums. J Sci Food Agric 1999;79:1003-10.
17. Brekke OL, Kwolek WF. Corn dry-milling: Cold-tempering and degermination of corn of various initial moisture content. Cereal Chem 1969;46:545-59.
18. Sahay KM. Evaluation of a general purpose abrasive mill for pearling of coarse cereals and dehusking of pulses. Int J Food Sci Technol 1990;25:220-5.
19. Reichert RD. Sorghum dry milling. In: House LR, Mughogho LK, Peacock JM, eds. Sorghum in the eighties: proceedings of the international symposium on sorghum. Patancheru AP, India: ICRISAT, 1982:547-64.
20. Nago CM, Hounhouigan DJ. La transformation alimentaire traditionnelle des céréales au Bénin. Cotonou: CERNA, FSA/UAC, 1998:152.

21. Mugula JK, Nnko SAM, Narvhus JA, Sorhaug T. Microbiological and fermentation characteristics of Togwa, a Tanzanian fermented food. Int J Food Microbiol 2002;80:187-99.

22. Muyanja CMBK, Narvhus JA, Treimo J, Langsrud T. Isolation, characterisation and identification of lactic acid bacteria from bushera: a Ugandan traditional fermented beverage. Int J Food Microbiol 2003;80:201-10.

23. Odunfa SA. African fermented foods. In: Wood BJB, ed. Microbiology of fermented foods. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985:167-95.

24. Eggum BO, Manowar L, Knudsen KEB, Munch L, Axtell J. Nutritional quality of sorghum and sorghum foods from Sudan. J Cereal Sci 1983;1:127-37.

25. Dicko MH, Hilhorst R, Gruppen H, Traore A, Laane C, Van Berkel WJH, Voragen AGJ. Comparison of content in phenolic compounds, polyphenol oxidase and peroxidase in grains of fifty sorghum cultivars from Burkina Faso. J Agric Food Chem 2002;50:3780-8.

26. Savage GP. Influence of tannin binding substances on the quality of yellow and brown sorghum. Nutr Rep Int 1989;39:359-66.

27. Nwasike CC. Improvement of sorghum genotypes with appropriate physiological traits for industrial processing and use. In: Menyonga JM, Taye B, Nwasike CC, Sedego PM, Tenkouano A, eds. Processing and industrial utilization of sorghum and related cereals in Africa. Proceeding of the OAU/STRC-SAFGRAD Regional symposium. Ouagadougou, Burkina-Faso, 22-26 November 1993, 1995:273-77.

28. Graf E. Chemistry and application of phytic acid: An overview. In: Graf E, ed. Phytic acid: Chemistry and application. Minneapolis, MN: Pilatus Press, 1986:1-21.

29. Hulse JH, Laing EM, Pearson DE. Sorghum and millets: Their composition and nutritive value. London: Academic Press, 1980.

30. Pantone Fun foods. In: Color news. Woodland Hills, CA: Pantone Color Institute, 1986;1(2):3.

31. Harris M. The rise of anthropological theory. New York: Crowell Company, 1968.

32. Mestres C, Dorthe S, Akissoé N, Hounhouigan DJ. Sensorial and instrumental analysis of color and taste of *amala,* a paste from yam chips flour of West Africa. J Food Hum Nutr (In press).

Acknowledgment: *Financial support provided by Wageningen University through the North-South Interdisciplinary Research and Education Fund (INREF) is gratefully acknowledged.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Understanding and measuring household food security in Northern Burkina Faso

Nanama[1*] Siméon, Frongillo[1] Edward A

[1]Division of Nutritional Sciences, Comell University, USA.

*Corresponding author: sn92@cornell.edu

- Abstract -

Developmental organizations and humanitarian relief agencies need to measure household food insecurity (FI) for planning, targeting, monitoring, and evaluation. Wealth and anthropometry are often used to measure FI. These measures are inadequate because they measure determinants or consequences of FI.
Two studies were conducted to develop and validate an improved measure of FI, including food availability and access, in northern Burkina Faso. First, an in-depth qualitative study with 10 household heads and 26 women was conducted using interview guides. From the data analysis, we identified themes, classified households, created a table of FI categories, identified questions to add or delete to the initial questionnaires, and developed and revised answer choices. Second, a prospective follow-up of 126 households from 9 villages provided quantitative data on changes over time in agricultural production, wealth, socio-economic status, nutritional status and household food security. These data allowed examination of changes in FI twice annually across the post-harvest season (January) and the hungry season (July). Validity of the FI measurement tool was assessed by comparing the FI score with wealth, dietary intake, and anthropometric measures and with a definitive measure created by an observer, using bivariate correlation, and one-way analysis of variance.
The results indicate that at each wave, the FI score was negatively associated as expected with household assets (r from - 0.224 to - 0.425) and per capita income (r from - 0.192 to -0.271). The association was weaker with the number of eating occasions (r from - 0.126 to - 0.280) and not significant with energy intake (r from - 0.185 to - 0.049). Differences among households in the classification of FI by the definitive measure were manifested mostly in the total assets ($F = 26.7$, $p < 0.001$), FI score ($F = 14.7$, $p < 0.001$), and food store ($F = 11.1$, $p< 0.001$). Change in FI score was associated in the expected direction with change in total assets for all three intervals (r from –0.167 to –0.038). Change in FI score was also associated as expected with changes in per capita income (r from –0.318 to –0.086), number of eating occasions (r from –0.231 to –0.027) and food share (r from 0.159 to 0.345). These results provide evidence that the experience-based questionnaire is a valid tool for assessing household food security at a given time, as well as changes in household food security over time in northern rural Burkina Faso. This tool is a simple one that could be used in the study setting by organizations to assess, evaluate, or monitor household food security.
This research reaffirms the value of gaining in-depth understanding of household FI. This approach (rather than translating questions from other sources) will likely lead to suitable experience-based measurement tools.

Key words: Household food insecurity – Understanding – Measurement - Burkina Faso.

- Résumé -

Compréhension et mesure de la sécurité alimentaire au niveau des ménages dans le Nord du Burkina Faso

Les organisations de développement et les agences d'aide humanitaire ont besoin de mesurer l'insécurité alimentaire (IA) au niveau des ménages en vue de planifier, cibler, suivre et évaluer leurs actions. Le niveau de richesse et l'anthropométrie sont souvent utilisés pour mesurer l'IA. Ces mesures sont inadéquates parce qu'elles mesurent les déterminants ou les conséquences de l'IA.
Deux études ont été menées pour développer et valider une mesure améliorée de l'IA, y compris la disponibilité et l'accès aux aliments, au Nord du Burkina Faso. Premièrement, une étude qualitative approfondie, par entretiens, a été menée avec 10 chefs de ménages et 26 femmes. L'analyse des données a permis d'identifier des thèmes, de classer les ménages, de créer un tableau des catégories d'IA, d'identifier des questions à ajouter ou à supprimer du questionnaire initial et de développer et modifier les choix de réponses. Deuxièmement, un suivi prospectif de 126 ménages issus de 9 villages, incluant des ménages polygames et monogames, a fourni des données quantitatives sur les variations au cours du temps de la production agricole, de la richesse, du statut socio-économique, nutritionnel et de la sécurité alimentaire des ménages. Ces données ont permis d'analyser les variations au niveau de l'IA deux fois par an, pendant la saison post-récolte (janvier) et la saison de soudure (juillet). La validité des outils de mesure de l'IA a été estimée en comparant le score d'IA avec les indicateurs de niveau de richesse, de régime alimentaire et anthropométriques, d'une part et, d'autre part, avec une mesure de référence de l'IA fournie par un observateur. Ces comparaisons ont été faites en utilisant la corrélation bivariée et l'analyse de variance à un facteur.
Les résultats montrent qu'à chaque passage le score d'IA était, comme attendu, fortement et négativement associé aux biens possédés par le ménage ($-0,224 < r < -0,425$ selon les passages) et aux revenus par personne (r entre - 0,192 et - 0,271). L'association était plus faible avec le nombre de prises alimentaires ($-0,126 < r < -0,280$) et non significative avec les ingérés énergétiques ($-0,185 < r < -0,049$). Les différences entre ménages, selon la classification de l'insécurité alimentaire par la mesure de référence, étaient principalement visibles pour le total des biens ($F= 26,7$; $p < 0,001$), le score d'IA ($F = 14,7$; $p < 0,001$) et les réserves alimentaires ($F= 11,1$; $p< 0,001$). La modification du score d'IA était liée dans le sens attendu aux modifications du total des biens pour les trois intervalles ($-0,167 < r < -0,038$). La modification du score d'IA était également liée, comme attendu, aux modifications des revenus par personne ($-0,318 < r < -0,086$), le nombre de prises alimentaires, ($-0,231 < r < -0,027$) et la part des revenus consacrés aux achats alimentaires ($0,159 < r < 0,345$).
Ces résultats mettent en évidence qu'un questionnaire basé sur le vécu est un outil valable pour évaluer la sécurité alimentaire au niveau du ménage à un moment donné ainsi que ses variations au cours du temps dans une zone rurale du Nord du Burkina Faso. Cet outil est simple et pourrait être utilisé par des organisations dans le cadre d'études visant à apprécier, évaluer ou suivre la sécurité alimentaire au niveau des ménages. Cette recherche réaffirme l'intérêt d'approfondir la compréhension de l'IA au niveau du ménage. Cette approche, par rapport à celle consistant à traduire des questions émanant d'autres sources, a toutes les chances d'aboutir à des outils appropriés de mesure, basés sur le vécu.

Mots-clés: Sécurité alimentaire du ménage – Compréhension – Mesures - Burkina Faso.

INTRODUCTION

Household food insecurity results when food is not available, cannot be accessed in a socially acceptable manner, or is not utilized. Development organizations and other institutions need to measure household food insecurity for planning, targeting, monitoring, and evaluation. Existing measuring techniques of food availability alone often are inadequate and should be augmented by measurement of access to food[1]. One promising approach to develop such a measuring method is that used for developing the U.S. Household Food Security Survey Module. This approach develops a more direct measurement based on understanding of the experience of food insecurity obtained from in-depth, qualitative interviews[1]. Qualitative research methods have been used in a number of instances to gain understanding of food insecurity in particular locations[1]. But only three studies have focused on understanding and developing a measurement technique based directly on the experience of food insecurity[2,3,4,5]. However, none of these studies was conducted in a developing country.

This study aimed to develop and validate a direct, experience-based measuring system of food insecurity in northern Burkina Faso that included the component of access to food. This Cornell-FANTA (Food and Nutrition Technical Assistance) and Africare collaboration was carried out in rural Zondoma Province, where the non-governmental organization Africare began implementing the Zondoma Food Security Initiative (ZFSI) in 2000.

The study proceeded in two stages. First, an in-depth qualitative study was conducted with household heads and women; information from this investigation was used to develop the experience-based food insecurity items. Second, a longitudinal study provided quantitative data on changes over time in household food insecurity, household economic situation, household-decision-making about food, intra-household food distribution, adult and child anthropometric status, and related factors. These data were collected in four rounds, each July and each January, corresponding to the hungry and the post-harvest seasons, allowing examination of changes in food insecurity status twice annually. They provide the means to examine the validity of the experience-based household food insecurity measurement tool to capture overall seasonal differences in food insecurity, to differentiate households as to food insecurity status, and to measure changes in food insecurity status by comparing with other measures that are indicative of food insecurity and changes in food insecurity over seasons.

METHODS

Step 1: In-depth qualitative interviews and creation of the experience-based food insecurity questions

To develop the food insecurity items, an intensive qualitative study that aimed to give an in-depth understanding of the concept, experience, and dynamics of food insecurity in Zondoma Province was carried out. An interview guide was developed drawing from one used previously in Bangladesh[6], and qualitative research done in Yako, Burkina Faso, an area close to Zondoma Province. The guide was pre-tested and refined. The final version had the following eight general themes: 1) identification and demographic information, 2) production and decisions about food, 3) cooking and eating patterns, 4) perception on food quality, 5) daily concerns, 6) income sources and utilization, 7) long-term strategies to escape from food insecurity, and 8) coping mechanisms.

Two villages were chosen for this qualitative study. In each village, five households were purposively selected, including secure and insecure, simple and complex, and polygamous and monogamous households. The interviews were conducted by two teams of two persons each, one doing the interviews and the other taking notes. The interviews were held in each selected household and the notes were then typed and stored in Word files. The data were analyzed and a set of food insecurity items as well as the corresponding answers was developed (annex 1).

Step 2: Quantitative, longitudinal study of food household security and related factors

Sampling

A multilevel sampling method was used to select 126 households from 9 villages. In each selected household, the head of household and his first wife were included in the sample of respondents. If the household was polygamous, another wife with a child under 5 years was selected.

Data collection

Data were collected twice annually, in July (the peak of the hungry season) and January (post-harvest season). A total of four rounds were therefore completed between July 2001 and January 2003. Data were collected using carefully implemented well-established techniques to ensure the highest quality information possible.

The survey questionnaire covered food production and uses, use of new agricultural techniques, money transfer from various places, food transfer, livestock ownership, revenues and sources of income, and gardening.

Anthropometric data included child weight, height, and mid-upper-arm circumference (MUAC), adult weight and height at round 1, and women's MUAC. Adult anthropometry was collected on the same people throughout, except when a person was absent. Child anthropometric data were collected on all children less than 5 years of age and who depended on the sampled women for their food, health, etc.

The experience-based food insecurity questionnaire that was developed from the first step was administered to each household head. Similarly, questions on agricultural and socioeconomic issues were asked to the head of the household about the household.

During the second, third and fourth rounds, dietary data were collected at two occasions per round, usually on non-consecutive days. The dietary data collected included food frequency data (one-week recall), number of eating occasions during the previous 24 hours, as well as a 24-hour recall on the amount of energy-rich food consumed [7].

During round 4, a definitive measuring technique was developed by having a single observer classifying the households as to whether they were food secure, moderately food secure, or food insecure on the basis of his integrated, in-depth knowledge of each household's situation. This method was developed by Frongillo et al.[8] and has subsequently been used successfully by Hamelin et al.[5] and Wolfe et al.[4,9] In this study, the observer visited each household between three and eight times. These visits were not related to the quantitative data collection.

Variables

Body mass index (BMI) was calculated as weight in kilogram divided by the square of height in meter. For children, weight-for-age (WAZ), height-for-age (HAZ), and weight-for-height (WHZ) z-scores were calculated using Epi-Info version 6 and the NCHS references. Individual anthropometric data were averaged separately for adults and children to produce household level anthropometric variables to be able to compare household food insecurity to anthropometric status. An alternative to this averaging would have been to fit a multi-level model for the comparison to household food insecurity, but these two procedures would yield the same results.

The 24-hour recall information was converted to adult equivalents of energy per day following procedures in Swindale and Ohri-Vachaspati[7]. We used the energy requirement of an active adult as a reference to compute the adult equivalent.

To score the food insecurity items, each main item received a score of 1 for an affirmative answer and 0 otherwise and some of the sub-items received a score of 0.5 (annex 1). The food insecurity score is the sum of the score of individual items. With this scoring system, the higher the score, the greater the food insecurity. Likewise, the food-frequency items were scored 1 if the household had eaten the food group during the week before the survey and 0 otherwise.

Several variables about wealth, income, and expenditure were calculated from the data collected as detailed below:

- **Total assets** were estimated by summation of the value of agricultural assets, including ploughs, carts, traction animals, and the value of non-agricultural assets, i.e., bicycles, motorbikes, and mopeds.
- **Net income** was calculated as the differential of total income minus the cost of farm inputs (organic and non-organic fertilizers). In absence of a detailed estimate of total expenditure, net income was used to approximate total expenditure.
- **Net income per capita** was computed using the ratio of *net income* to household size expressed in equivalent adult units. The number of household equivalent adults was calculated using a conversion coefficient based on the energy requirement of each household member given his age and sex, and the energy requirement of an active adult.
- **Food share** was obtained by the ratio between *food expenditure* and *net income*.
- **Food store** is the difference between the total value of home produced food and the total value of home produced food that was spent in various ways including consumption, gifts, losses, etc.

Statistical analysis

The Cronbach test was used to test the reliability of the questionnaire. Descriptive statistics were run, and paired-sample t-tests were used to compare means between rounds. For analyses, total assets, net income per capita, and food stores were transformed using the natural logarithm to account for positive skew in these three variables.

The analytic strategy to examine the validity of the food insecurity score was based on the criteria developed by Frongillo in 1999[10]. In particular, accuracy was assessed by comparing the food insecurity score with comparison measures, these either being expected determinants of food insecurity such as wealth or consequences of food insecurity such as dietary intake and nutritional status, or the definitive measure.

These analyses were based on the conceptual framework presented in figure 1, adapted from Wolfe and Frongillo[1]. In this framework, lack of wealth leads to food insecurity which, in turn, leads to food intake and ultimately to nutritional status.

Wealth was estimated through household income and expenditure data. The resultant four variables (i.e. total assets, net income per capita, food stores, and food share) each measure an aspect of wealth, and theoretically influence the access of a household to food. The food insecurity score assessed the experience of food insecurity of the households, including the certainty of the household about food provisioning. Inadequate dietary intake and poor nutritional status are potential outcomes of food insecurity. Based on the conceptual framework, if the food insecurity score accurately reflects household food insecurity, then: 1) food insecurity should be more related in magnitude to wealth and dietary intake than to nutritional status, and 2) food insecurity should be more related in magnitude to dietary intake and nutritional status than wealth is related to dietary intake and nutritional status. This strategy assumes that the strength of a relationship between two variables is at least partially reflective of the conceptual proximity between the two underlying constructs.

The associations of the food insecurity score with variables for wealth (i.e., a determinant), dietary intake and nutritional status (i.e., outcomes) at each round were assessed using bivariate Pearson's correlation coefficients. The same method was used to test the association between changes in food insecurity score and changes in other variables between two consecutive rounds. One way analysis of variance was used to assess the association of the observational categorization of food insecurity (i.e. definitive measure) with other variables.

RESULTS

Descriptive statistics for changes over seasons

The Cronbach alpha reliability coefficients for the food insecurity score were 0.85, 0.82, 0.84, and 0.81 at rounds 1 to 4, respectively, indicating adequate reliability. At each round, each of the food insecurity items contributed about the same to the reliability.

Table 1 shows the means and standard deviations of wealth, dietary intake, anthropometric variables, as well as food insecurity score at each of the four rounds. The mean value of household total assets was higher in round 2 (473,000 CFA francs) than in rounds 1, 3 and 4. Net income per capita was higher at rounds 1 and 3 than at rounds 2 and 4, largely because of higher transfers during the July rounds. The value of stored food was 66,140 CFA francs at round 2 and 81,660 CFA francs at round 4. Food share was 0.49 in round 2, 0.72 in round 3, and 0.65 in round 4. This reflects that food insecurity is more prevalent in July than in January.

The mean number of eating occasions was higher in July 2002 (3.60) than in January 2002 (3.41) and in January 2003 (3.00). The mean energy intake per equivalent adult decreased progressively from January 2002 (2566 kcal) to January 2003 (2113 kcal). Food diversity at round 2 and 3 were similar (11), with both higher than that at round 4 (9.99).

The average household adult weight was consistently slightly (about 1 kg) higher in January than in July rounds. The average adult BMI was higher in January 2002 (20.44 kg/m^2) and in January 2003 (20.34 kg/^{2}) than in July 2001 (19.99 kg/m^2) and in July 2002 (20.24 kg/m^2). For child anthropometry, all the indices were lower in January than in July.

The mean food insecurity score was higher in rounds 1 (10.71) and 3 (7.50) than in rounds 2 (4.92) and 4 (4.46). This pattern was as expected, indicating that food

insecurity is more severe during the hungry season than during the post-harvest season.

Table 1: Means and standard deviations of food insecurity score, wealth, dietary and nutritional variables at rounds 1, 2, 3 and 4 (n=93 to 126).

Variables	Round 1 (July 2001)		Round 2 (January 2002)		Round 3 (July 2002)		Round 4 (January 2003)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Wealth								
Total assets (1000 FCFA)	416.11	485.85	473.38	522.23	414.99	541.80	411.35	459.40
Net income per capita (1000 FCFA)	32.20	26.66	23.59	17.35	26.55	18.71	21.89	12.46
Food in store (1000 FCFA)			66.14	59.33			81.66	51.35
Food share			0.49	0.22	0.72	0.23	0.65	0.26
Dietary intake								
Number of eating occasion			3.41	0.66	3.60	0.94	3.00	0.60
Energy per equivalent adult (1000 kcal/adult/day)			2.567	1.020	2.376	0.802	2.113	0.736
Food diversity score			11.15	2.81	11.04	2.34	9.99	2.85
Adult anthropometry								
Adult weight (kg)	55.24	4.74	56.55	5.34	55.93	5.53	56.30	5.60
Women's MUAC (cm)	25.73	1.78	25.79	1.71	25.89	1.71	25.77	1.64
Adult BMI (kg/m^2)	19.99	1.43	20.44	1.49	20.24	1.57	20.34	1.61
Child anthropometry								
Child MUAC (cm)	14.09	1.17	13.80	1.27	14.22	1.21	13.75	1.07
Child WHZ	-0.99	0.87	-0.97	0.83	-0.80	0.80	-0.97	0.86
Child WAZ	-1.70	1.02	-1.86	0.93	-1.67	0.79	-1.82	0.93
Child HAZ	-1.54	1.27	-1.85	1.10	-1.75	0.96	-1.78	0.95
Food insecurity score	10.71	4.63	4.92	3.42	7.50	4.06	4.46	2.76

Table 2 presents the data from table 1 as changes from each round to the next round. The many p-values that are below 0.05 indicate that there was sufficient statistical power with the sample size of households to reliably measure overall changes.

Table 2: Means and standard deviations of changes in food insecurity score, wealth, dietary and nutritional variable between rounds (n=91 to 124).

Variables	Round 2 - 1			Round 3 - 2			Round 4 - 3		
	Mean	SD	P-value	Mean	SD	P-value	Mean	SD	P-value
Wealth									
Total assets (1000 FCFA)	51.68	244.83	0.020	-53.64	291.38	0.043	-3.70	237.32	0.863
Net income per capita (1000 FCFA)	-8.67	20.63	0.000	3.2	12.52	0.005	-4.73	18.69	0.006
Food share				0.25	0.25	0.000	-0.08	0.28	0.003
Dietary intake									
Number of eating occasions				0.18	1.04	0.061	-0.61	1.04	0.000
Energy per equivalent adult (1000 kcal)				-0.214	1.288	0.072	-0.271	1.038	0.004
Food diversity score				-0.13	2.57	0.576	-1.04	2.74	0.000
Adult anthropometry									
Adult weight (kg)	1.31	1.96	0.000	-0.75	4.14	0.047	0.58	3.57	0.077
Women's MUAC (cm)	0.16	0.98	0.092	-0.07	1.16	0.554	-0.12	0.87	0.125
Adult BMI (kg/m^2)	0.48	0.72	0.000	-0.24	1.32	0.047	0.11	0.78	0.128
Child anthropometry									
Child MUAC (cm)	-0.31	1.04	0.003	0.49	0.95	0.000	-0.38	1.02	0.001
Child WHZ	.007	0.78	0.926	0.19	0.71	0.010	-0.11	0.77	0.159
Child WAZ	-0.17	0.99	0.071	0.23	0.67	0.001	-0.13	0.73	0.081
Child HAZ	-0.31	1.11	0.004	0.16	0.59	0.006	-0.08	0.83	0.354
Food insecurity score	-5.80	4.28	0.000	2.68	3.65	0.000	-3.03	3.61	0.000

Validity of the food insecurity score at one point in time

Association of the food insecurity score with other variables

One way of testing the validity of the food insecurity score is to examine how it was associated with variables that are commonly used to measure food insecurity. These variables include wealth, dietary intake, and anthropometry. Table 3 presents the correlation coefficients between food insecurity score and wealth, dietary intake and nutritional variables across the 4 rounds to give an overall impression of the strength of the relationships.

Table 3: Bivariate correlation between food insecurity score and demographic, wealth, dietary intake and nutritional status for rounds 1 to 4 (n=93 to 126).

Variables	Round 1 (July 2001)		Round 2 (January 2002)		Round 3 (July 2003)		Round 4 (January 2003)	
	Coeff.	P-value	Coeff.	P-value	Coeff.	P-value	Coeff.	P-value
Wealth								
Total assets	-0.224	0.012	-0.348	0.000	-0.347	0.000	-0.425	0.000
Net income per capita	-0.192	0.031	-0.271	0.002	-0.237	0.008	-0.267	0.003
Food in store			-0.239	0.008			-0.511	0.000
Food share			0.377	0.000	0.465	0.000	0.317	0.000
Dietary intake								
Number of eating occasion			-0.215	0.018	-0.280	0.001	-0.126	0.166
Energy (kcal) per equivalent adult			-0.160	0.079	-0.185	0.038	-0.049	0.494
Food diversity score			-0.064	0.484	-0.263	0.003	-0.253	0.005
Adult anthropometry								
Adult weight (kg)	-0.198	0.026	-0.014	0.878	-0.171	0.056	-0.200	0.029
Women's MUAC (cm)	-0.031	0.734	-0.054	0.571	-0.094	0.308	-0.095	0.198
Adult BMI (kg/m^2)	-0.238	0.007	-0.106	0.247	-0.186	0.038	-0.121	0.187
Child anthropometry								
Child MUAC (cm)	-0.152	0.105	-0.088	0.367	-0.056	0.565	0.043	0.687
Child WHZ	0.031	0.742	-0.148	0.128	-0.012	0.898	-0.089	0.400
Child WAZ	-0.012	0.903	-0.155	0.111	-0.133	0.169	-0.106	0.314
Child HAZ	-0.035	0.714	-0.118	0.228	-0.201	0.037	-0.057	0.591

All wealth variables but food share have been transformed using the natural logarithm.

Total assets and net income per capita were negatively and significantly correlated with food insecurity score at round 1. This association is as expected, indicating that higher food insecurity score was associated with lower assets and net income per capita. Similar associations were observed at rounds 2 to 4. Food store was negatively associated with food insecurity score at rounds 2 to 4, whereas food share was positively associated with food insecurity score. Here again, the associations were as expected.

The number of eating occasions was negatively and significantly correlated with food insecurity score. Higher food insecurity score was associated with lower number of eating occasions. Energy per adult equivalent was negatively associated with food insecurity score at rounds 2 and 3, but not at round 4. Food diversity was significantly and negatively correlated with food insecurity score at rounds 3 and 4, but not round 2.

Adult weight was significantly and negatively (the expected direction) associated with food insecurity score at rounds 1, 3, and 4, but not at round 2. BMI was significantly and negatively associated with food insecurity score at rounds 1 and 3. There were no significant associations between food insecurity and women's MUAC at any of the rounds. Child anthropometric indices were generally negatively correlated with food insecurity score at the four rounds, but few of the correlation coefficients had low p-values.

In summary, the food insecurity score was associated as expected with its proximal determinate, i.e., wealth, and its proximal consequence, i.e., dietary intake (see figure 1). It was weakly and inconsistently associated with its more distal consequence, i.e., adult and child anthropometry.

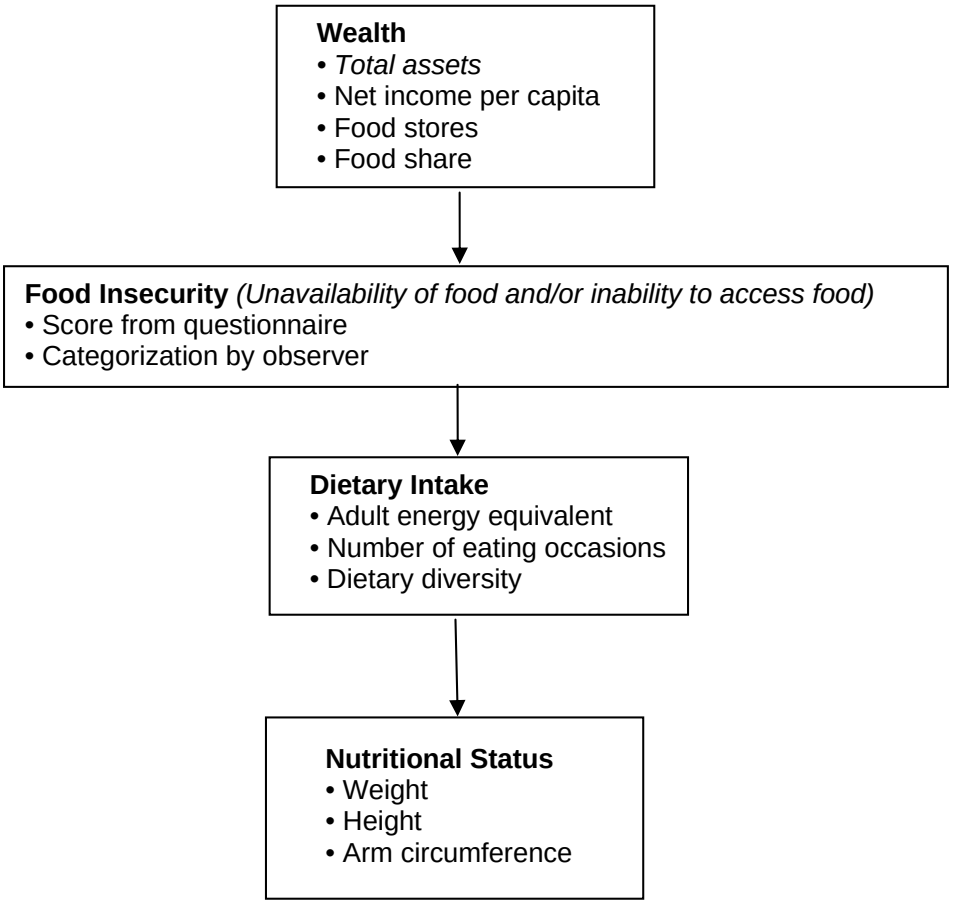


Figure 1: Conceptual model of relation among wealth, food security, dietary intake, and nutritional status, with constructs (bold) and measures (not bold).

Comparison of the food insecurity score with the definitive measure

An alternate way to test the validity of the food insecurity score is to compare its performance to that of the definitive measure. The results of the analysis of variance in Table 4 indicate that the definitive measure was strongly associated with total assets, food insecurity score, and food store. That is, differences among households in the classification of food insecurity by the definitive measure were manifested mostly in the total assets, food insecurity score, and food store. Another interpretation of these results is that total assets, food insecurity score, and food store best predict the classification of households as to their food insecurity status by the definitive measure.

Table 4: Comparison of wealth and insecurity across categories of food insecurity as rated by a single observer at round 4 (n=124).

Variables		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total assets	Between Groups	52.236	2	26.118	26.770	0.000
	Within Groups	118.054	121	0.976		
	Total	170.290	123			
Food insecurity score	Between Groups	9.033	2	4.517	14.736	0.000
	Within Groups	37.088	121	0.307		
	Total	46.122	123			
Food store	Between Groups	9.852	2	4.926	11.062	0.000
	Within Groups	53.882	121	0.445		
	Total	63.734	123			
Net income per capita	Between Groups	2.166	2	1.083	3.308	0.040
	Within Groups	39.609	121	0.327		
	Total	48.844	123			
Food share	Between Groups	0.428	2	0.214	3.281	0.041
	Within Groups	7.894	121	0.065		
	Total	8.322	123			

All the variables except food share and food insecurity score were transformed using the natural logarithm.

Validity of the food insecurity score to assess changes in food insecurity across rounds

The validity of the food insecurity score for capturing changes in household's food insecurity status was tested by comparing the association between change in food insecurity score with changes in wealth, dietary intake, and anthropometric variables. Table 5 reports the results from bivariate correlation. Changes in food insecurity score were negatively associated with changes in the value of household's total assets for rounds 2-1 and 3-2, with the correlation coefficient being - 0.135 and - 0.167, respectively.

Change in food insecurity score was associated in the expected direction with change in net income per capita for each of the three intervals, with change in food share and energy intake for each of the last two intervals, with change in number of eating occasions and women's MUAC for round 3-2, with change in adult weight for each of the first two intervals, and with BMI for round 2-1. Change in food insecurity score was associated with changes in child anthropometry for only two of twelve comparisons, and one of these was in the opposite direction from that expected.

Table 5: Correlation coefficients and p-values of the association between changes in food insecurity score and changes in wealth, dietary intake and anthropometrics between each two consecutive rounds (n=91 to 124).

	Round 2-1		**Round 3-2**		**Round 4-3**	
	Coeff.	P-value	Coeff.	P-value	Coeff.	P-value
Wealth						
Total assets	-0.135	0.135	-0.167	0.065	-0.038	0.676
Net income per capita	-0.318	0.000	-0.086	0.346	-0.167	0.064
Food share			0.159	0.081	0.345	0.000
Dietary intake						
Number of eating occasions			-0.231	0.011	-0.027	0.765
Energy (kcal) per equivalent adult			-0.022	0.813	-0.041	0.625
Food diversity score			0.160	0.080	-0.104	0.255
Adult anthropometry						
Adult weight (kg)	-0.174	0.056	-0.061	0.503	-0.110	0.231
Women's MUAC (cm)	-0.114	0.231	-0.185	0.054	-0.112	0.244
Adult BMI (kg/m^2)	-0.175	0.054	-0.065	0.479	-0.083	0.367
Child anthropometry						
Child MUAC (cm)	-0.055	0.574	-0.078	0.440	0.062	0.556
Child WHZ	0.118	0.229	-0.226	0.023	0.008	0.953
Child WAZ	0.256	0.008	-0.080	0.425	-0.031	0.768
Child HAZ	0.274	0.004	0.146	0.145	0.058	0.588

Total assets, net income per capita, and food store were transformed using the natural logarithm.

DISCUSSION

Validity of the food insecurity score to capture overall seasonal differences

For the food insecurity score to be useful, the simplest application would be to capture overall (i.e. at the group level) differences in food insecurity status across the seasons. Based on knowledge of the study area, we expected that food insecurity would be lowest in January and highest in July. The patterns found for the wealth variables net income per capita and food share reflect this expectation. The food insecurity score showed marked differences across seasons, consistent with this expectation.

Validity of the food insecurity score to discriminate among households at each round

The conceptual framework presented in figure 1 was used to guide the analysis of the validity of the food insecurity score to discriminate among households at each round, in conjunction with the six criteria for validity[10]. A method suitable for providing useful analytical measurement for a given purpose and context is one for which:

1. its construction is well-grounded in an understanding of the phenomenon;
2. its performance is consistent with that understanding;
3. it is precise within specified performance standards;
4. it is dependable within specified performance standards;
5. it is accurate within specified performance standards;
6. its accuracy is attributable to the well-grounded understanding for that purpose and context.

Criterion 1 was met because of the in-depth qualitative data collection and analysis that led to the development of the items in the food insecurity score. Criterion 2 was met because the frequency of affirmative responses for the items was as expected. For criteria 3 and 4, the Cronbach's alpha coefficients at each round indicated that the food insecurity score was reliable (i.e. precise and dependable).

For criterion 5, from the conceptual framework, if the food insecurity score accurately reflected household food insecurity, then the food insecurity score should have been associated with: 1) variables known to be indicative of food insecurity status, 2) dietary intake more than with nutritional status (i.e. anthropometry), and 3) the definitive measure created by an observer. Overall, the food insecurity score was associated with the variables usually known to be indicative of food insecurity, and was, in general, more strongly associated with dietary intake than with anthropometry. Furthermore, the food insecurity score was strongly associated with the definitive measure.

For criterion 6, the comparison of the food insecurity score with the definitive measure provides evidence that attributes the performance of the food insecurity score to its ability to capture food insecurity status. Although this definitive measure was based on the observations of one observer, and thus could be influenced by the judgment of that observer, these observations were independent of the measure from the questionnaire.

Validity of the food insecurity score to discriminate changes in households across rounds

The results of the bivariate correlation between changes in food insecurity score and changes in other variables provide compelling evidence that the food insecurity score validly discriminates changes in the food insecurity status of households over rounds. Change in the food insecurity score was associated in the expected direction with changes in wealth, dietary intake, and adult anthropometry for most, but not all, intervals. The evidence for the validity of the food insecurity score across rounds is not as strong as that for the validity at each round for three reasons. First, any unreliability in the food insecurity score and comparison variables was doubled when a change is calculated. Second, it was not possible to create a definitive measure for change in food insecurity status. Third, although four rounds were available for cross-sectional analysis, only three intervals were available for longitudinal analysis. Fourth, application of the analyses implied by the conceptual framework in figure 1 for comparing the strength of associations between the sets of variables could not be done in a reasonably simple and interpretable manner for changes across rounds.

CONCLUSION

The results from this study provide some evidence that the experience-based food insecurity score, calculated from items administered by questionnaire, is valid for determining seasonal differences in household food insecurity, differences among households in food insecurity at a given time, and changes in household food

insecurity over time in northern rural Burkina Faso. To our knowledge, this is the first demonstration that such a tool is valid for determining changes in household food insecurity over time. The food insecurity questionnaire is a simple tool that could be used in this setting by organizations to assess, evaluate, or monitor household food security. This research reaffirms the value of gaining in-depth understanding of household food insecurity. This approach (rather than translating questions from other sources) will likely lead to suitable experience-based measurement tools.

REFERENCES

1. Wolfe WS, Frongillo EA. Building household food security measurement tools from the ground up. Food Nutr Bull 2001;22:5-12.
2. Radimer K, Olson CM, Greene JC, Campbell CC, Habicht JP. Understanding hunger and developing indicators to assess it in women and children. J Nutr Educ 1992;24:36S-45S.
3. Wolfe WS, Olson CM, Kendall A, Frongillo EA. Understanding food insecurity in the elderly: A conceptual framework. J Nutr Educ 1996;28:92-100.
4. Wolfe WS, Olson CM, Kendall A, Frongillo EA. Hunger and food insecurity in the elderly: Its nature and measurement. J Aging Health 1998;10:327-50.
5. Hamelin AM, Beadry M. Habicht JP. Characterization of household food insecurity in Quebec:food and feelings. Soc Sci Med 2002;54:119–132,.
6. Frongillo EA, Chowdhury N, Ekström EC, Naved RT. Understanding the experience of household food insecurity in rural Bangladesh leads to measure different from that in U.S. J Nutr 2003 (submitted for publication).
7. Swindale A, Ohri-Vachaspati P. Measuring Household Food Consumption: A Technical Guide. Washington: Food and Nutrition Technical Assistance Project, Academy for Educational Development. Internet: www.fantaproject.org
8. Frongillo EA, Rauschenbach BS, Olson CM, Kendall A, Colmenares AG. Questionnaire-based measures are valid for the identification of rural households with hunger and food insecurity. J Nutr 1997;127:699-705.
9. Wolfe WS, Frongillo EA, Valois P. Understanding the experience of elderly food insecurity suggests ways to improve its measurement. J Nutr 2003 (submitted for publication).
10. Frongillo EA. Validation of measures of food insecurity and hunger. J Nutr 1999;129:506S-509S.

Acknowledgements: *This research was conducted as part of the Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA) Project, in collaboration with Africare in Burkina Faso.*
We are grateful to the Africare country representative, project coordinator, and other staff who provided logistical support during data collection. We are grateful to the villagers who participated in the studies and to the enumerators who collected the quantitative data. We appreciate the various contributions that these individuals made to the studies: Judy Bryson, Harold Tarver, Ambroise Nanema, Kebré Boukari, Nanema Lucienne, Sanakra Issiaka, Bougma Karim, Alison Goldberg, Françoise Vermeylen, Coleen McCracken, Anne Swindale, Patricia Bonnard, Alice Willard, Per Pinstrup-Andersen, Suzanne Gervais, Avril Armstrong, and Ji-Yun Hwang. Any mistakes are solely those of the authors.

Annex 1:

Items on household food insecurity, with scores assigned.

Food Insecurity Item	Answer choices	Score
Does your household eat until satisfied right now?	Yes No	0 1
In what form do you usually give the *mondé* when you do it from your home store?	In grain In ear	0 1
Since the last harvest, did you reduce the *mondé* because there wasn't enough food?	Yes No	1 0
If yes, how many times did you reduce the *mondé*?	1 2 >3	0 0.5 1
When (in which month) did the first reduction occur?		NS
Today's *mondé* represents:	More than half the initial mondé Half the initial *mondé* Less than half the initial *mondé*	0 0.5 1
Since the last harvest, did you or other adults in your household reduce the number of their daily meal because there wasn't enough food?	Yes No	1 0
If yes which meal(s) did you suppress?	Early morning meal (Breakfast)	0
	Day meal (Lunch)	0.5
	Night meal (Dinner)	0.5
	Breakfast and Lunch	0.5
	Lunch and Dinner	1
	Breakfast and Dinner	0.5
How many times in a month can you afford the following foods for your household members?	Rice >4 Else	0 1
	Meat >4 Else	0 1
	Fish >20 5-20 <5	0 0.5 1
	Milk	NS
What worries more in your daily life?	Health Not having enough food Other	0 1 0
If "Not having enough food", do you worry you will lack food for	Next week Next month In the coming two months In three months In four months or later	1 0.5 0.5 0 0
Does this concern give you insomnia right now?	Yes No	1 0
If "yes", how often does this happen in a week?	>3 else	1 0

Did you lose weight because of this concern?	Yes No	1 0
Since the last harvest, did you buy cereals to feed your family because there wasn't enough at home?	Yes No	1 0
If “yes”, when did you start buying cereals (give the season)?		NS
How much cereal did you buy since then?		NS
In which selling unit you usually buy cereals?	100 kg bag Tine Yoruba Tomato can Bol	0 0.5 1 1 1
Where do you usually get money to buy cereals?	Gift from migrant Sale of cow Sale of small ruminants Sale of poultry Income generating activity Other	0 0 0.5 1 0 NS
Since the last harvest, did you ever borrow cereals to feed your family because there weren’t any cereals left in any form?	Yes No	1 0
If “yes” whom did you borrow from	Uncle Friend Direct parents	0 0.5 1
Since the last harvest, did your family ever eat food it didn’t want to eat because there wasn't enough or no food at all at home?	Yes No	1 0
How many times did they eat food they don't want over the past 7 days?	0-2 3-4 >4	0 0.5 1
If “yes”, which type of hungry food did they eat?	Bean leaves	0
	Sorrel leaves	0
	Lelongo	1
	Keguendo	0
	Kesga	1
	Gilgo	1

Note: Some items were not scored (NS), and therefore, frequencies are not reported. These items either were needed to interact with the respondents but were not discriminating with regards to food insecurity, or only applied in one season or the other.

Current trends in the utilization of roots and tubers for sustainable development

Sanni[1*] Lateef O, Oyewole[1] Olusola B, Adebowale[1] AbdurRazaq A, Adebayo K[2]

[1] Department of Food science and Technology, Univ. of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.
[2] Department of Agricultural Extension and Rural Development, Univ. of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

*Corresponding author: *lateef_2@yahoo.com*

- Abstract -

The works done so far on the utilization of roots and tubers for sustainable development are reviewed in this paper. Tropical root and tuber crops such as cassava, yam, sweet potato and cocoyam are important staple foods throughout Africa. In Africa the per capita consumption of root crops total 181 kg/capita with cassava (115 kg/capita) and yam (39 kg/capita) being the most important. These crops will continue to play a significant role in developing-country food systems because they adapt to a wide range of uses. The works indicate that quite a large variety of processing techniques have been developed in different parts of the world resulting in a wide variety of products. Utilization of roots and tubers in developing countries continued to expand and diversify during the last two decades. But both the growth in use and increase in the number and relative importance of particular end-use categories (food, feed, processed food products, industrial inputs) evolved in a highly uneven fashion across crops and geographic regions. The scopes for improvement of roots and tubers were discussed. They include scale-up strategies for fermentation processes, adoption of appropriate machineries from other regions, development of appropriate starter cultures, fermenters, roasters, driers and millers. The needs for effective formulations of fortified products from root and tuber crops that are culturally acceptable to the people are also highlighted. Based on current approaches in Nigeria, drying has been identified as a major vehicle for greater utilization of root and tuber crops. Drying is considered one of the most important preservation methods used in the food industry. It usually refers to the removal of relatively small amounts of water from solids or nearly solid materials in most cases at temperatures below boiling points. Generally drying of products from root and tuber crops is achievable by natural drying and artificial drying, (solar drying, institutional dryer, investor dryer). Various attempts at predicting storage stability of some products and cassava and yam were reported. Finally, the general constraints to improvement of root and tuber crops are identified and areas for further studies such as low financial value, processing standardization and optimization, quality control systems and new value-added products are proposed.

Key words: Trends – Utilization – Roots and tubers – Sustainable development.

- Résumé -

Tendances actuelles de l'utilisation des racines et des tubercules en vue d'un développement durable

Les racines et tubercules tropicaux tels que le manioc, l'igname, la patate douce et le macabo sont d'importants aliments de base à travers l'Afrique. Ces cultures continueront de jouer un rôle important dans les systèmes alimentaires des pays en développement parce qu'elles s'adaptent à une large étendue d'utilisation (des cultures permettant d'assurer la sécurité alimentaire aux cultures commerciales), constituent les matières premières pour une utilisation industrielle et donnent des produits finis transformés. Les travaux réalisés jusqu'à maintenant sur l'utilisation des racines et tubercules en vue d'un développement durable sont examinés dans ce document.

Ces travaux indiquent qu'une grande variété des techniques de transformation a été développée dans différentes parties du monde débouchant sur une grande variété de produits, comme le manioc bouilli, le manioc pilé, le *fufu*, le *gari*, l'*eba*, l'*attiéké*, etc. Outre, ces exemples de transformation en aliments, le manioc peut aussi être transformé en chips pour l'alimentation animale et en amidon faisant l'objet de nombreuses utilisations alimentaires et non alimentaires. L'igname est aussi transformée sous plusieurs formes telles que l'igname bouillie, l'igname pilée, la purée d'igname, l'igname frite, l'igname grillée, l'igname au four, les boulettes d'igname frites, la farine d'igname, les flocons d'igname et les chips d'ignames. L'utilisation des racines et tubercules dans les pays en développement a continué à se développer et à se diversifier au cours des deux dernières décennies. Mais autant l'augmentation des quantités traitées que celle du nombre et de l'importance relative des différents types de produits finaux (aliments, aliments pour animaux, produits alimentaires transformés, intrants industriels) évoluent de façon très inégale selon le type de cultures et selon les régions géographiques. Les limites à l'amélioration des racines et des tubercules sont discutées. Elles concernent les stratégies pour les procédés de fermentation, le choix des équipements appropriés pour d'autres régions, le développement de cultures starter appropriées, de fermenteurs, de torréfacteurs, de séchoirs, de moulins ainsi que de formulations adaptées pour des produits fortifiés à partir des racines et des tubercules qui soient culturellement acceptables. A partir des recherches en cours de notre équipe au Nigeria, le séchage a été identifié comme le principal moyen de développer l'utilisation des plantes à racines et tubercules. Le séchage est considéré comme l'une des plus importantes méthodes de conservation utilisée dans l'industrie alimentaire. Il consiste généralement à retirer de relativement faibles quantités d'eau à des produits solides ou semi-solides à une température qui se situe le plus souvent en dessous du point d'ébullition. Le séchage des produits à base de racines et de tubercules est réalisé par séchage naturel ou par des procédés de séchage artificiel (séchage solaire, séchoir institutionnel, séchoir «investor») qui sont présentés dans ce document. De nombreux essais permettant la conservation de certains produits, en particulier le manioc et l'igname, sont décrits.

Enfin, les contraintes générales pour l'amélioration des racines et tubercules sont identifiées et des domaines d'études sont proposés tels que la standardisation, l'optimisation des transformations, les systèmes de contrôle de la qualité ou la production de nouveaux produits à forte valeur ajoutée.

Mots-clés: Tendances – Utilisation – Racines et tubercules – Développement durable.

INTRODUCTION

Roots and tubers belong to the class of foods that basically provide energy in the human diet in the form of carbohydrates. The terms refer to any growing plant that stores edible material in subterranean root, corm or tuber. Tropical root crops such as cassava, yam, sweet potato and cocoyam are important staple foods throughout Africa. Estimates suggest that over 90% of the world's yam production and more than half of its cassava is produced in Africa[1]. The increased use of major roots and tubers - cassava, potato, sweet potato, and yam - for food and livestock feed in developing countries will have wide-ranging effects on global public- and private-sector policies and investments[2]. Roots and tubers will continue to play a significant role in developing-country food systems because they:

- contribute to the energy and nutrition requirements of more than 2 billion people,
- are produced and consumed by many of the world's poorest households,
- are an important source of employment and income in rural, and often marginal, areas, especially for women, and
- adapt to a wide range of uses, from food-security crops to cash crops, raw material for industrial uses, and from fresh to high-end processed products.

Roots and tubers together constitute a significant share of the total volume and value of horticultural crops worldwide. These commodities are particularly important as a source of food, employment, and income in developing countries where the bulk of the world's producers, processors, and consumers reside. In this new millennium, roots and tubers will play an increasingly important role in meeting the food requirements, feed uses, and income needs of the world's food system.

The World Conference on Environment and Development in Rio de Janeiro in 1992 and Agenda 21, the Plan of Action that emerged from the conference placed much emphasis on Sustainable Development including food security.

Food security is said to exist when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food references for an active and healthy life.

Sustainable development is development, which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Hence, sustainability involves maintaining a non-decreasing level of per capita well-being over time. In the Agriculture, Forestry and Fishery sectors, sustainable development involves non-degradation of the environment and good management of land, water, plant and animal genetic resources to ensure continuous production of food and non-food primary products. In the African context, the inter-relationships among population growth rates, the state of the environment and agricultural productivity are at the root of food security and sustainability issues.

In history, very little attention has been paid to root crops by policy makers and researchers, as most of their efforts have been concentrated on cash crops or the more familiar grains[3]. However, the trend has changed over the years with the introduction of *gari* processing in West Africa and by the promotion of cassava by several colonial governments such as the Dutch in Java and the British in West Africa and India[3]. More recently, the Department for International Development (DFID) and the European Union are sponsoring research in the development of traditional foods in the root and tubers sector. In this paper, we briefly describe recent global trends in production and utilization for roots and tubers. The central theme of this paper is the growing importance of these commodities in the world's food system. The paper summarizes principal findings and draws attention to what we perceive to be the shifting global research agenda for these crops in the future.

ROOTS AND TUBERS PRODUCTION

The most important roots and tubers in terms of production are cassava (48.8%) and sweet potatoes (39.8%), while yams (9.4%) and taro (2.0%) are less important. Most of the cassava is produced in Africa, Asia and South America, while sweet potatoes are heavily concentrated in Asia. Africa dominates the production of yams and taro[4].

In Africa, the per capita consumption of root crops total 181 kg/capita with cassava (115 kg/capita) and yam (39 kg/capita) being the most important. In North Central America 64 kg/capita of root crops are consumed with potatoes forming 92 per cent of the share. Globally, root crops are important staple foods. If it is assumed that only 10 kg per capita of potatoes (20% of the world production) are produced in the tropics, the tropical root crops accounts for 65 kg/capita on the whole world population basis. Tropical root crops compared favourably with the world per capita consumption of staple cereals such as wheat, rice, maize, barley and sorghum. Table 1 shows a profile of Africa's production and consumption of major root and tuber crops as against the World production.

Table 1: Production and Consumption of major root and tuber crops.

	Production (1000 tons)		**Consumption (kg/capita)**	
	Total African	Total World	Africa	World
Cassava	85 945	158 620	115	27
Yam	28 939	30 378	39	5
Sweet potato	7 018	129 164	9	22
Taro	4 484	6 614	6	1
Potatoes	8 935	295 632	12	50

Source: FAO World-book[4].

PROCESSING, UTILIZATION AND CONSUMPTION OF ROOT AND TUBERS

Like many foods, roots and tubers are rarely eaten raw. They normally undergo some form of processing and cooking before consumption. The methods of processing range from simple boiling to elaborate fermentation, drying and grinding to make flours, depending on the varieties of roots and tubers. The purpose of these methods is to make roots and tubers and their products more palatable and digestible and to make them safe for consumption. Processing also extends the storage life of roots and tubers, which are often highly perishable in their fresh state. Processing also provides a variety of products, which are more convenient to cook, prepare and consume than the original raw materials. Traditionally, women play a very active role in all stages involved in the processing of root and tuber crops. For instance, an assessment of cassava production from five states in Nigeria showed that women on the average complete 34 percent of the field preparation and 77 percent of the planting of cassava, 86 percent of the weeding and 77 percent of the harvesting[3]. The post harvest activities of processing, storage and marketing are undertaken mainly by women, though, recent studies shows that men are beginning to take interest in the processing of root and tuber crops through the purchasing and management of electrically operated grinding machines[5]. A large variety of processing techniques have been developed in different parts of the world resulting in a wide variety of products.

Utilization of roots and tubers in developing countries continued to expand and diversify during the last two decades. But both the growth in use and increase in the number and relative importance of particular end-use categories (food, feed, processed food products, industrial inputs) evolved in a highly uneven fashion across crops and geographic regions[6]. This evolution reflects a series of structural changes in consumption and use of these commodities that began in some instances several decades earlier[6]. Five structural changes bear mentioning:

- the continuous surge in potato demand, particularly in Asia, beginning in the early 1960s[3,7];
- the shift in use of cassava from food for domestic consumption to feed for export beginning in the late 1960s in Thailand and occurring more recently (mid-1980s) for feed in Colombia and Nigeria as elite products;
- the shift in use of sweet potato from food to feed in China in the 1960s[8];
- the surge in yam consumption in West Africa in the late 1970s[4]; and
- the growing importance of cassava as a source of cash income and, hence, growing demand for cassava roots and processed products as purchased food in Sub-Saharan Africa since the late 1970s and early 1980s[9].

Growth in total food and feed use was strongest for cassava and potato. Uses of cassava and sweet potato continued to diversify into feed and processed products, particularly in Asia and to a lesser extent in Latin America. The absolute increase in the consumption of roots and tubers as food was highest in Sub-Saharan Africa. In light of these divergent tendencies, trends in roots and tubers use merit a disaggregated analysis.

Between 1983 (average of 1982–84) and 1996 (average of 1995–97), consumption of roots and tubers as food in developing countries increased by 45 million metric tones, or 22 percent, to 253 million metric tones (table 2). Use of roots and tubers as animal feed increased by 32 million metric tones, or 50 percent, to 96 million metric tones during the same time period. In 1996, cassava accounted for the largest share of roots and tubers consumed as food (93 million metric tones), followed by sweet potato (69 million metric tones) and potato (65 million metric tones). The largest absolute increase in food consumption was for potato (26 million metric tones), followed by cassava (22 million metric tones). Consumption as food increased most rapidly for yam, at 8.6 percent per year during 1983–96, albeit from relatively low levels. Consumption of potato as food increased at 4.1 percent per year and consumption of cassava increased at 2.1 percent annually. Consumption of sweet potato actually contracted by 1.8 percent annually.

However, sweet potato use as animal feed increased rapidly, at 3.4 percent per year during 1983–96, and it contributed the most (58 million metric tones) to animal feed in 1996. This was followed by cassava at 22 million metric tones and potato at 15 million metric tones. China dominates sweet potato feed use. Cassava in Latin America and potato in China account for the bulk of the remainder of roots and tubers as feed.

SCOPE OF IMPROVEMENT FOR MAJOR PROCESSED PRODUCTS FROM ROOT AND TUBERS CROPS

Cassava

Although raw cassava is occasionally consumed in the Congo region, Tanzania and West Africa, cassava is rarely consumed raw. A large number of processing techniques have been developed in different parts of the world[3]. Those techniques

Table 2: Food and feed utilization of roots and tubers by region, 1983 and 1996 (million metric tons).

Country / region	Cassava		Potato		Sweet potato		Yam		All R&T	
	1983	1996	1983	1996	1983	1996	1983	1996	1983	1996
Food										
China	1.5	1.6	10.5	19.4	72.4	54.8	na	. . .	85.7	77.0
Other East Asia	. . .	. . .	0.8	0.9	0.6	0.3	. . .	. . .	1.4	1.2
India	5.2	5.4	7.6	14.9	1.5	1.1	na	na	14.4	21.3
Other South Asia	0.5	0.2	1.8	3.1	0.8	0.4	na	na	3.4	4.3
Southeast Asia	14.1	16.1	0.7	1.6	4.4	4.0	. . .	. . .	19.7	22.3
Latin America	10.3	11.4	8.4	11.2	1.0	0.9	0.2	0.3	20.3	24.3
WANA	Na	57.3	6.8	11.6	0.1	0.2	na	na	7.0	11.9
Sub-Saharan Afr.	38.4	92.5	1.8	1.9	4.7	5.9	4.8	14.9	53.0	87.3
Developing	70.7	0.1	38.8	65.1	86.4	68.5	5.4	15.8	207.8	252.7
Developed	0.1	92.6	89.6	96.1	1.6	1.5	0.1	0.2	91.8	98.2
World	70.8	2.6	128.4	161.2	88.0	70.1	5.5	16.0	299.6	350.9
Feed										
China	1.3	2.6	7.7	14.5	36.4	57.1	na	na	45.5	74.3
Other East Asia	na	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	na	na	0.4	0.4
India	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Other South Asia	0.2	0.1	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	0.2	0.1
Southeast Asia	0.7	0.6	. . .	. . .	0.3	0.3	. . .	. . .	1.0	1.0
Latin America	13.5	14.9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	14.3	15.7
WANA	Na	0.1	0.1	0.1	na	na	na	na	0.1	0.2
Sub-Saharan Afr.	2.0	3.5	. . .	. . .	0.1	0.2	0.2	0.3	2.4	4.1
Developing	17.7	22.0	8.5	15.3	37.4	58.0	0.3	0.4	64.2	95.9
Developed	18.7	9.0	55.5	39.6	0.4	0.2	. . .	. . .	74.6	48.9
World	36.4	31.0	64.0	54.9	37.8	58.1	0.3	0.4	138.8	144.8

Source: FAO[10].
Note: Ellipses (. . .) signify very small values; na signifies no recorded use. WANA is West Asia and North Africa. Data for 1983 are averages for 1982–84 and data for 1996 are averages for 1995–97. These values do not include locally produced roots and tubers that are exported in fresh or processed form.
All R&T include cassava, potato, sweet potato, yam, and other roots and tubers such as taro. For these other roots and tubers, utilization was less than 1.5 million metric tones for all uses in all regions, except for food use in Sub-Saharan Africa. In 1983 use of other R&T as food in Sub-Saharan Africa totaled 3.5 million metric tones, rising to 7.3 million metric tones in 1996.

have not only serve as a means of rendering the roots more palatable, it also have effect in elimination or reduction of the cyanide (HCN) content to a safe level. A wide range of products can be processed from cassava as demonstrated by data from the Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA)[11]. These products include: boiled cassava, pounded cassava, *fufu*, *gari*, *eba*, *attieke*, etc (table 3). Apart from the processing of cassava into foods, the crop can also be processed into chips for animal feed and into starch for many food and non-food uses. Through fermentation, it can also be used for alcohol, yeast, and as a waste material, it can be processed to biogas. The studies on improved cassava processing involve extensive work on biochemical, microbiological and commercialization of cassava products (especially *fufu*) in Africa by NRI[12,13] as well as on appropriate approaches to technology selection and dissemination.

Yam

By far, the greater percentage of the world's yam production is consumed fresh. Traditionally, processed yam products are made in most yam producing areas, usually as a way of utilizing tubers that are not fit for storage[3]. The largest proportion of yams produced annually is marketed as the fresh tuber but only a small fraction goes to market in processed forms. The fresh yam tuber is processed and consumed in various forms in different countries. Various forms includes: boiled yam, pounded yam, mashed yam, fried yam, roasted yam, baked yam and fried yam balls. In Nigeria, major processed forms in which yam tubers are utilized are yam flour, yam flakes and yam chips (table 3). The quantity of yam consumed in these processed forms is relatively small but it is expected to continue to increase with time. Yams have not been processed to any significant level commercially[3].

Potato

Potato is used almost the same way as yam. It can be eaten boiled, fried or pounded into *fufu*, although it is not considered as prestigious as yam. It is also processed into porridge or pottage, as well as chips and flour[3]. FAO[3] reported that cocoyam flour has an added advantage of high digestibility and so is used for invalids and as an ingredient in baby foods. Like other root crops, potato can also be eaten boiled, fried or roasted. Since it is essentially a temperate crop, its use has been extensively commercialized. French fries and potato crisps are very popular snack in the United States of America and elsewhere. Unlike cereals starches, starches from potato sets rapidly at high temperature and has a high hot-paste viscosity that makes it preferable for the manufacture of adhesives. It also finds application in the textile, food industry and in the production of alcohol and glucose. Most of these processes are mechanized and highly efficient[3].

Sweet potato

Sweet potato can also be eaten boiled or roasted. When sliced, dried in the sun, and ground, it gives flour that remains in good condition for a long time. The flour is used as dough conditional in bread manufacturing and as a stabilizer in the ice-cream industry. Sweet potato has been processed to chips in much the same way as potato and the product is now popular in Asia[3]. Starch is produced from potato in much the same way as from the other starchy roots except that the solution is kept alkaline (pH by using lime, which helps to flocculate impurities and dissolve pigments). The starch shows properties intermediate between potato starch and corn/cassava starch in terms of viscosity and other characteristics (table 3).

Table 3: Scope of improvement for major processed products from root and tuber crops.

Crop type utilization	Description of products	Scope for improvement
Roots **Cassava** used for: *Gari, Agbelima* (Ghana), *Fufu, Lafun*	***Gari*** (*Agbelima*) is the name of a very popular fermented cassava product. It is a granular, roasted fermented cassava product. Its consumption spreads across the whole of West Africa, Central Africa and some parts of north and southern Africa. This partially gelatinized, dried cassava product is consumed directly or soaked in water with sweeteners before consumption or made into a stiff gel by turning in hot water to be consumed with soup. There is a Ghanaian product which processing is similar to G*ari* except that it is not roasted as *Gari* called *Agbelima*	– The fermentation processing of cassava to *Gari* great attention. – Machines are now available for cassava peeling, grating, dewatering and roasting (garification). – Some of the available machineries need improvement (e.g. manual peeling is still more effective than the mechanical peelers). – There is need to develop starter cultures that will give well-defined characteristics in the final product. – There is also the need to develop fermenters with control parameter for the fermentation process. – The roasting process is very tedious and laborious
	Fufu is a pasty cassava mash that is cooked in boiling water to be consumed with soup. Unlike other fermented cassava products, it is very odorous, which makes the product to be disdainful to some people. Its processing involve an important sieving process that the fibrous materials in the cassava. Processing practices vary in different localities. *Fufu* is very popular in West and East Africa It is called *Fufu* in Nigeria and Ghana, *Foufou* or *Foofoo* in Sierra Leone, Cameroun, Senegal, Burkina Faso (Jones, 1959). The same product is given various other names in different communities and has other names such as *Fulful*, *Foutou*, *Youyou* and *Foufou* in Sierra-Leone, the fermented *Fufu* is moulded into ball, wrapped in leaves and then sun-dried.	– *fufu* is being produced through the age-old, traditional method. Some of the suggested improvements involve: – Changing of the fermenting water after the first two days and subsequently after 24 hours during the fermentation to reduce the characteristic odour – The treatment of the fermenting mash with hydrogen peroxide or other alkali as a means of deodorizing the fermented product and fermentation at 34°C for quicker retting – The use of selective starter cultures for the fermentation process. – The low protein content of the fermented cassava – *fufu* can be solved through a process scheme involving the co-fermentation of some protein-rich legumes with the cassava. – There are local, individual efforts in West Africa to present *fufu* in the dry form as against the traditional wet-*fufu* that is known. This dry *fufu* is currently being marketed by some small-scale industrialist to export markets in Britain and the Americas, where there is ready market for them among the Africans.
	Lafun is a fermented cassava flour. It is very popular in southwest Nigeria where it is usually made to a stiff porridge in boiled water, before being consumed with soup. Cassava fermented products similar to *lafun* are consumed in Angola, where it is known as *Bombo* or *makessa*; in Zaire where it is called *Luku* or *cossettes*; in Zambia where it is called *Nshima* in Ghana where it is known as *Ezidzi* and in Malawi where it is called *Makaka*; *Kanyanga*, *Mapanga* or *Maphumu*	– Supplementation with protein-rich legumes or fermentation with protein enriching microbial cultures. – There is need to investigate the optimization parameters for the fermentation process, it will be useful, if starter cultures could be developed and packaged for this product. – Studies need to be carried out on the preservation of *lafun*.

Tubers **Yam** used for: Yam flour (*Elubo*)	***Elubo*** is a greyish to blackish flour called *elubo* which is usually reconstituted by cooking in boiling water to a dough called *Amala*	– Information is very scarce on the fermentation of yams in Africa. However, many of the local practices where yam, is soaked in water overnight, as a means of improving the food quality of the products are yet to be subjected to scientific investigation. – In many African localities, the peels of yam are allowed to become mouldy, through many days of exposure to the atmosphere in addition to daily wetting. Such moldy yam peels are fed to animals and they are believed to be more 'nutritious' after becoming mouldy. This microbiology of this mouldy yam peels are yet to be studied. – Development of new, more convenient foods from yam.
Cocoyam used as: fermented cocoyam (*Kokobele*)	***Kokobele*** is a fermented food made from cocoyam commonly produced in the riverine areas of western Nigeria and the Cameroons. Dried *Kokobele* flour is usually reconstituted in water and boiled with the addition of pepper, tomatoes, palm oil, fish and spices to enhance the flavour.	Relatively understudied
Potato	Potato is currently being widely accepted by local farmers in many African countries where it is grown on high altitude regions. It is a very good source of energy due to its high carbohydrate contents and is also rich in Vitamin A and protein. It is therefore currently being used as an infant weaning food in many places.	Relatively understudied under African conditions.
Sweet potato	Sweet potato is now widely cultivated as a staple food in many parts of Africa. It ranks next to cassava and yam among the roots and tubers in Sierra Leone, Cameroon, Nigeria, Burkina Faso and Zaire. It is the main root crop in Rwanda, Angola, Botswana, Burundi, Ethiopia, Kenya, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauritius, Mozambique, Somalia, Swaziland, Uganda, Zaire, Zambia, and Zimbabwe.	– There is no traditional fermented sweet potato product in Africa. However, a common practice is to soak peeled potato in water overnight, to make it pliable for frying. There is no scientific report on the microbiology of this over – night soaking process – Investigations are yet to be carried out on the microbiology of this soaking process.

Source: Oyewole[15].

DRYING AS A MAJOR VEHICLE FOR GREATER UTILIZATION OF ROOT AND TUBER CROPS

Drying is one of the most important preservation methods used in the food industry[14]. It usually refers to the removal of relatively small amounts of water from solids or nearly solid materials in most cases at temperatures below boiling points. Generally drying of *fufu* is achievable by the following:

Natural drying

Exposing cassava mash as is being done at Ilaro, Nigeria on a polythene sheet directly to the sun for drying is referred to as 'sun drying'. The project observed that drying at rural or domestic level cannot be done artificially because of the high capital investment in equipment and energy required and hence open sun drying is done. Sun drying is beset by several inherent drawbacks such as susceptibility to damage due to inclement weather, slow drying rates and contamination. Because of these limitations and the high cost and low utilization of more efficient traditional dryers, the adoption of a modified sun drying process called solar drying has been considered for drying of *fufu* in rural areas. If the *fufu* mash is placed in a structure that enhances the effects of the sun's energy, the term '**solar drying'** is used. Hot air could be driven with a fan (Convection) or without a fan (Natural) drying[14].

Meanwhile, following changing habits of consumers and the current wave of urbanization, there is the need for promotion of commercialization of traditional foods like cassava products. Hence, various strategies for scaling-up the *fufu* business were studied through sourcing and testing for appropriate drying system.

Artificial Drying

If a controllable source of energy is used to dry, the drying is referred to as artificial or mechanical drying. There is a further classification in which the air used for drying is heated both by solar means and controlled means such as electricity, renewable fuels or fossils fuels. These methods are referred to as hybrid drying[14]. The advantages in the use of a cabinet-dryer lies in the fact that it is less capital intensive and can be handled with less difficulty in a developing country like Nigeria when compared to a spray or drum-dryer.

Institutional Dryer

The project observed the current approach by the Federal Industrial Research, Oshodi, Lagos, Nigeria in adapting *gari*-processing plant that was built since the 80s for the drying of FIIRO *fufu*. The pilot plant was also observed to be available for contract drying for some investors. To confirm the dryer's productivity in terms of food quality, effect of drying methods (using FIIRO rotary drier, cabinet drier and sun drying methods) on the yield, moisture contents and acidity of dried *fufu*. Experienced *fufu* eaters in Nigeria accepted rotary (FIIRO dryer) dried *fufu* above sun-dried and cabinet-dried *fufu* samples[16]. Even though FIIRO rotary dried *fufu* was of good quality, the cost and accessibility of this dryer by the local *fufu* processors, limits its adaptation.

Investor Dryer

Today, we are pleased to report that consumers are ready to buy *fufu* flour made from a locally fabricated rotary dryer that could be fired by Charcoal or gas and rotated by electric fan or manually rotated. This was made possible originally by Addis Engineering Nigerian Company, Lagos and could also be sourced at Starron Nig Ltd, Lagos, Nigeria. The dryer consists of an insulated drying chamber (drum like).

To ascertain the performance of the recently fabricated rotary dryer, lots of wet *fufu* cakes were dried at 60°C for 7h in the Oven (Astell Hearsons JBF 040, England) and at 135°C for 30 minutes in the locally fabricated manual rotary dryer (figure 1) with a loading density of 5kg/m^{2}. The drying process was carried out until a constant weight was attained for the *fufu* samples. After drying, the samples were milled and assessed for quality. Also, another lot of *fufu* was moulded into balls smoked. The smoked *fufu* balls were then peeled to remove the smoke coatings and broken into lumps. The

lumps were then milled to give *fufu* powder. Apart from given good chemical quality, *fufu* flour sample from rotary dryer was highly rated in terms of overall acceptability compared to others.

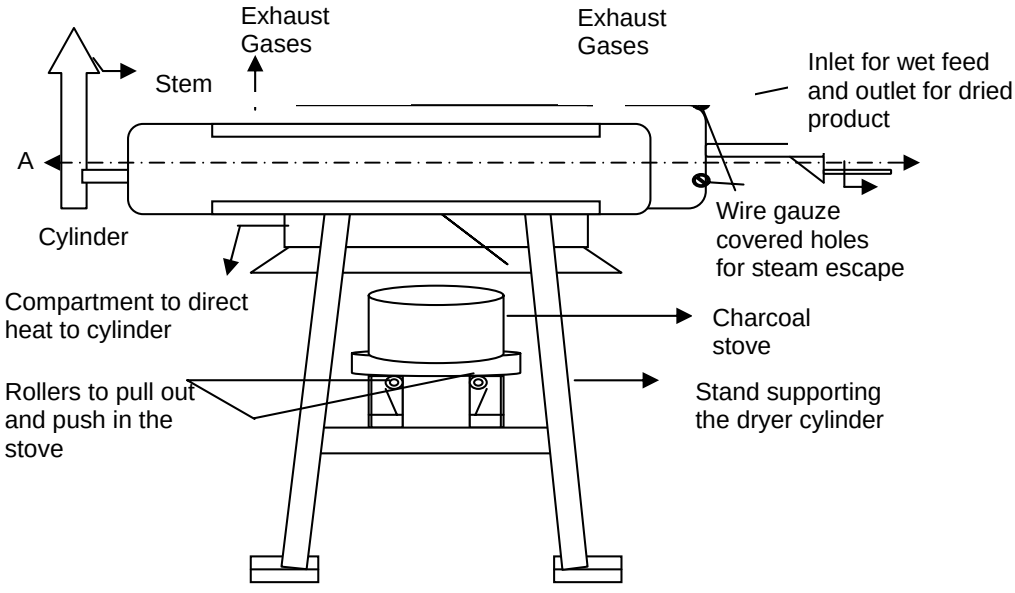


Figure 1: Showing Locally Fabricated Rotary Dryer (Courtesy DFID/NRI/UNAAB Project)[17].

Also, to ascertain the performance of medium rotary dryer that could be operated with Charcoal or gas but rotared using electricity, dried *fufu* samples from Federal Industrial Research Oshodi (FIIRO): Using adaptable rotary dryer at 180°C for 30min was compared with dried fufu samples from Top most Foods (Ife): Locally fabricated rotary dryer used, 185°C for 20min; dried *fufu* samples from Ibadan: Fluidised bed drying at 120°C for 25min; dried *fufu* samples from August Foods (Agege): Not specify. Suspected contract drying; dried *fufu* samples from Abeokuta: Sun drying after spraying lime juice, 23-35°C, 3days and, dried *fufu* samples from Quary Abeokuta: Not specify but suspected contract drying.

Our findings revealed that the moisture content ranges from 6.8 to 9.7% (db) with Ife dried *fufu* recording the lowest while Ibadan dried *fufu* having the highest. The pH for the dried *fufu* samples ranges from 4.1 to 6.8 with dried *fufu* samples from FIIRO, Ife, Agege, Quary Abeokuta having lower values that are not appreciably different from each other compared to dried *fufu* samples from Abeokuta and Ibadan respectively.

The extent of retrogradation on cooling has shown by the set-back value, was more pronounced in the *fufu* samples collected from Quary Abeokuta, and Abeokuta while the least set back values were recorded for dried *fufu* samples collected from Agege, Ife, Ibadan and FIIRO respectively. The lower value is an indication of high retrogradation tendencies for *fufu* samples with lower initial moisture content before drying.

The values of viable bacteria count ranges from 2.0 x 10^2(cfu/g) to 1.2 x 10^4 (cfu/g) with FIIRO *fufu* recording the highest value whike the viable mould count ranges from 1.0 x 10^2 (propagules/ml) to 1.2 x 10^3 (propagules/ml) with those from Quary Abeokuta recording the highest value. The present study is in agreement with the International microbiological standards for bacteria plate counts of less than 105 cfu/g of food[18].

Fufu flours made from Ife and FIIRO were more attractive and acceptable than the rest *fufu* samples. Thus, technically, justifying the need to adapt rotary drying for *fufu* business.

Table 4: Properties of six dried *fufu* samples from Southwest Nigeria.

Properties	FIIRO *Fufu*	Ibadan *Fufu*	Ife *Fufu*	Agege *Fufu*	Abeokuta *Fufu*	Quary Abeokuta *Fufu*
Moisture content (%db)	7.3a	9.7a	6.8a	8.5a	9.6a	8.7a
PH	4.3b	6.8a	4.8ab	4.1b	5.5a	4.1b
Set-back value (Ve-Vp), BU	30	13	10	-60	260	220
Overall acceptability	7.8a	6.5b	7.9a	6.7b	6.0b	6.1b

Sanni et. al.[19]

Most Africans consume one or more forms of fermented starchy staples as part of their daily diet. Any effort at improving the nutrition and food accessibility of African will need to be focused on the traditional foods that are culturally acceptable to the people.

STORAGE OF ROOTS AND TUBER CROPS

Storage refers essentially to the post harvest gathering or collection of food crops at some safe prescribed conditions into appropriate/designated structures where it can be protected from weather vagaries, pests, rodents and spillage organisms.

Production of root and tuber crops could be increased to meet future needs, although consumption has been tending to decline. The decline has been associated with increased urbanization, which does not favour highly perishable and labour-intensive products. Further research into converting starchy roots into less perishable and more convenient food products for the urban population could help reverse these trends[12].

Most farming famine adjust their production of perishable products such as roots and tubers to minimize post-harvest risks. Fresh cassava roots, once harvested, deteriorate rapidly and therefore are best left unharvested until needed. Sweet potatoes and yams, however, exhibit a period of dormancy, and curing can thus extend their storage life. Alternatively, yams, cocoyams and cassava may be stored in underground pits after harvesting.

STORAGE STABILITY

With large scale movement of food on world wide basis and the need to ensure that stocks are adequate to even out-seasonal variation in production, modern society rely on supplies of wholesome and nutritious food which otherwise will lead to losses which may be due to infestation, microbial growth, biochemical, chemical and physical changes[14]. In dehydrated products, several deteriorative reactions that affect the colour, nutrient properties, texture and flavour are initiated during processing and dehydration operations and continue during storage at a rate that is controlled by the storage conditions. As typical manufactured, these products have a high moisture content (13-14%) and are normally packaged in jute bags for the purpose of distribution and marketing, a condition that allows for free entry of water vapour and pest. Insect infestation and high moisture

content of processed agricultural crops are the major causes of food losses in Nigeria. During storage the identified factors, which affect such quality, include water activity, temperature and drying time. The moisture sorption behaviour of food is an important processing and storage parameter.

The moisture sorption characteristics for some cassava and yam foods have been studied by a number of workers[20,21]. Recently, Sanni et al.[22,23] presented the moisture sorption isotherms for sun dried *fufu*, tapioca and dried *fufu* from rotary, cabinet and sun drying respectively. The linear GAB model showed the best fit while the non-linear Bradley model was the best over the whole range of water activity (0.11-0.96) in their respective groups. The monolayer values ranged between 3.9-5.4 (Kg water/100kg solids) for the dried *fufu* samples. These values decrease with increasing temperature for any particular product. Kuye and Sanni[24] reported predictions of sorption Isotherms of *Lafun* and some fortified cassava products using spreadsheet. These values are within the expected levels for storage stability[25].

CONSTRAINTS TO THE IMPROVEMENT OF ROOT AND TUBER CROPS

However, before a product or technology can be improved, it will be necessary to identify the constraints inherent in the process or product. In reviewing the root and tuber crops, the following are the general constraints identified with this group of foods:

- some of the fermented products are yet to be scientifically studied;
- the processing times for most of these products are rather long for economic viability. The equipment are rudimentary and with no process controls;
- the quality of the products vary from one processor to the other and with the same processor at different batches of processing;
- there is little or no quality control assurance program identified with any of the products except for *gari;*
- many of them are of poor nutritional quality being mainly starchy foods;
- rudimentary packaging are still being used for the marketing and storage of many of these products;
- information is not available on the shelf lives of most of the products;
- information is not available on the impact of the traditional processing techniques on the environment;
- low financial value.

SPECIFIC AREAS OF FURTHER RESEARCH

Further basic research into the traditional fermentation process

Some of the fermented roots and tubers are yet to be subjected to scientific investigations. The microorganisms involved in the fermentation of some of the crops are yet to be studied. The specific roles played by the individual microorganism implicated in the fermentation processes are yet to be known. This information will be needed to develop appropriate starter cultures for the processes. The quality of the products can be enhanced and stabilized through the use of appropriate starter cultures. Information is still very lacking on the factors that select or determine the emergence of any group of microorganisms on the raw materials. For example, the type of mould that ferments cassava had impact on the value of the product in some African countries[12]. It will therefore be possible to control the environmental or incubation condition to selectively encourage the activities and survival of a particular

desired microorganism over the other. Indeed, this option can be used as an alternative to developing starter cultures that cannot be adequately maintained or managed by the local processor.

Processing standardisation and optimization

There is paucity of information on the optimal processing conditions for many of the staples of root and tuber origin. The relatively long processing periods for most of the products will need to be reduced without affecting the quality. Part of this optimization could be the need to improved the processing machinery, develop appropriate starter cultures if necessary, for most of the products.

Quality Control Systems

In order to ensure the safety of the consumers, local processors of R&T crops will need to be encouraged to follow some levels of quality assurance and controls. Research will be needed at developing simple Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) programs for the foods. In situations where we have more than one variety of a crop (e.g. cassava), there will be need to investigate the particular variety or cultivar that is best suited for processing to a particular product. Research will need to be carried out on the shelf life and spoilage characteristic including the preservation of many of these products. Appropriate modern packaging will need to be promoted.

New value-added products

Research will be needed to develop newer uses for these foods. For example, the use of composite flour in baking will enhance the financial value of the product. Research will be needed on developing more convenient forms of the various products. For example, wet *fufu* is what is generally marketed in Nigeria. If the wet *fufu* could be transformed to the dry form without compromising the quality, the demand for it will most likely rise. This is the thrust of recently concluded research at the University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria in conjunction with the Natural Resources Institute in the United Kingdom. At this point, there is the need to actively promote this technology amongst processors at various levels.

Environmental Impact studies

There is the need to investigate the impact of these traditional food-processing systems on the environment. Cassava fermentation is a typical case. Investigations will need to be carried out on the effect of the pressed out water of cassava on the ground.

REFERENCES

1. Dipeolu OA, Adebayo K, Ogundokun MO. Consumer behaviour towards non-grain staple foods in a dynamic price and income regime in Abeokuta, Nigeria. J Agric Soc Res 2002;2(1):52-66.
2. IFPRI. Underground solutions: Experts Say Cassava, Potato, Sweet potato, and Yam Can Help the Poor in Developing Countries. News Release, June 15, 2000.
3. FAO. Potatoes in the 1990s. Situation and prospects of the world potato economy. Rome: FAO/International Potato Center (CIP), 1995.
4. FAO. FAOSTAT statistics database. Internet: http://apps.fao.org (accessed May-July 1998).

5. Adebayo K, White JL, Dipeolu AO, et al. *Fufu* processing and the sustainability of livelihoods in southwest Nigeria. Paper presented at an International Workshop on Cassava Small and Medium Enterprises held at the University of Agriculture. Nigeria (Abeokuta): 24-25 March, 2003.
6. Gregory JS, Mark WR, Claudia R. Roots and Tubers for the 21st Century Trends, Projections, and Policy Options. Washington, D.C: International Food Policy Research Institute, Centro Internacional de la Papa, 2000.
7. Scott G. A global typology of potato demand. In: Hooker WJ, ed. Research for the potato in the year 2000. Peru (Lima): International Potato Center (CIP), 1983.
8. Scott G, Wiersema S, Ferguson P. Product development for roots and tubers, Vol. I-Asia. Proceedings of the International Workshop. Baybay, Leyte, Philippines, April 22–May 1, 1991.
9. Nweke FI. Cassava: A cash crop in Africa. COSCA Working Paper No. 14. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 1992.
10. FAO. FAOSTAT statistics database. January, April 1999. Internet: http://apps. fao.org.
11. NRI (Natural Resources Institute). *COSCA* phase 1 processing component: Collaborative study of cassava in Africa (COSCA). Working Paper No. 7. Ibadan, Nigeria: International Institute for Tropical Agriculture (IITA), 1992.
12. Westby A. Getting to the roots (and tubers) of development. Inaugural Lecture. University of Greenwich, UK: 1999:13–14.
13. Essers AJA. Removal of cyanogens from cassava roots: studies on domestic sun-drying and solid-substrate fermentation in rural Africa. Thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1995.
14. Sanni LO, Kolawole AG, Akingbala JO, Kuye A. Effect of drying methods on moisture sorption isotherms of *fufu* at three temperatures. Drying Technology 1999;17(1&2):285-97.
15. Oyewole OB. Fermentation of non-grain starchy staples in African countries. Manuscript prepared for the FAO. Rome: FAO, 2001.
16. Sanni LO, Oyewole OB, Oluwakuyide FA, et al. Effect of Smoking, Oven and locally fabricated rotary Drying on the Qualities of *Fufu*. Paper accepted for the FOODAFRICA initiative, in manscript. May 2003:11.
17. Oyewole OB. The power at the roots. In augura lecture series. Abeokuta, Nigeria: University of Agriculture, 2003:25.
18. Owuhe-Ureche UB, Ekundayo AO, Agbonlahor DE, Oboh PA, Orhue P. Bacteriological examination of some “ready-to-eat” foods marked in Ekpoma, Edo State of Nigeria. Niger Food J 1993;11:45-52.
19. Sanni LO, Oyewole OB, Akinyemi AO, et al. Physicochemical, Microbial and Sensory Qualities of dried *fufu* from various *fufu* processors in Southwest Nigeria. Nigerian Drying Symposium Series. 2003;1:77-84.
20. Ajibola OO. Desorption isotherms for *gari* from 40-70°C. J Agric Eng Res 1986;35:207-10.
21. Onayemi O, Oluwamukomi MO. Moisture equilibria of some dehydrated cassava and yam products. J Food Process Eng 1987;9:191-200.

22. Sanni LO, Atere C, Kuye A. Moisture sorption isotherms of *fufu* and tapioca. J Food Eng 1997;37:203-112.

23. Sanni LO, Oyewole OB, Olowogbade DV. Effect of different drying methods on *lafun* (fermented cassava flour). Trop Sci 1998;38:1-4.

24. Kuye A, Sanni LO. Modelling the sorption Isotherms of *Lafun* and Soyflour using a Spreadsheet. Int J Food Properties 2002;5(3):599-610.

25. Mazza G. Moisture sorption of potato slices. J Food Technol 1982;17:47.

Amélioration de la nutrition et lutte contre la pauvreté: le rôle de la technologie alimentaire

Zafisambo[1*] Aurélie Ruphin[a], Egal[2] Florence

[1]PO Box 23072, Dar es Salaam, Tanzanie.
[2]Division de l'alimentation et de la nutrition, FAO, Rome.

*Auteur correspondant: *aruphin@yahoo.com*

- Résumé -

La direction du projet SEECALINE (Madagascar, financement Banque Mondiale, Nutrition communautaire 2, 1998-2003) a sollicité l'assistance de la FAO afin d'intégrer un volet "appui agricole" qui permette l'élaboration de matériel de vulgarisation pour améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition des ménages et communautés à risque. La présente communication montre comment une équipe pluridisciplinaire composée d'agronomes, de nutritionnistes et de technologues agroalimentaires a pu identifier de façon participative les interventions pertinentes pour différentes zones agro-écologiques et développer des matériels didactiques sous différents formats (posters, fiches techniques, multimédia, etc.) adaptés à différents publics. L'apport de la technologie alimentaire a permis notamment d'améliorer et de préserver la qualité de l'alimentation (contenu nutritionnel et innocuité), de prolonger la consommation familiale d'aliments périssables, de faciliter leur éventuelle commercialisation, de réduire la pénibilité et le temps nécessaire au stockage, à la transformation et surtout à la préparation des aliments (allégeant ainsi le travail des femmes) et enfin d'accroître le revenu familial. L'expérience tirée de ce projet constitue selon les auteurs une approche qui devrait être poursuivie à Madagascar et étendue à d'autres pays ou régions.

Mots-clés: Technologie agroalimentaire – Sécurité alimentaire – Nutrition – Guides référentiels – Madagascar.

---

[a] *Technologue alimentaire, impliquée dans le projet en tant qu'experte associée.*

- Abstract -

Improving nutrition and alleviating poverty: the role of food technology

A number of initiatives have been undertaken in developing countries to improve diet quality and make the best of local food resources. Food technology has an essential role to play in this area. In this regard, capacity building both at village level and of the institutions able to provide support to at-risk communities is a key element. The presentation will summarize the experience of the recent FAO/SEECALINE collaboration in Madagascar and bring out issues for further consideration.

The SEECALINE (*Surveillance et Education des Ecoles et des Communautés en matière de sécurité ALImentaire et Nutrition Elargie*) project, financed by the World Bank, focuses on health and nutrition at school, household and community level in Madagascar. This particular phase was a follow-up to previous SECALINE (SECurité ALImentaire et Nutrition) projects. The director of SEECALINE requested the assistance of FAO to integrate a section on "agriculture production" with a view to elaborate didactic materials for extension workers.

The resulting sub-project was entrusted to a multidisciplinary team composed of agronomists, nutritionists and food and agriculture technologists. The material developed, tested and produced is presented in the form of "reference guides" on technical interventions related to crop diversification, improvement in storage and processing and nutrition education.

In Madagascar, as in many other countries, there is considerable experience on the subject of food technology and a vast heterogeneity of local situations (agro-ecological, economic, cultural). The challenge was therefore two-fold: *(i)* how to identify the interventions suited the needs and resources of a given community?; *(ii)* how to draw from existing experiences and material?

FAO proposed a staged approach: *(i)* strengthening of coordination and planning at the Fivondronana level for the improvement of household food security and nutrition; *(ii)* improving community action planning for the identification of constraints and the choice of interventions; *(iii)* on site testing (operational research); *(iv)* development of related didactic materials.

The guide therefore combines a process section and communication and technical material for specific interventions. These are available in various forms (posters, fact sheets, multimedia, etc.) adapted to different audiences. The success of this first experience has lead to consider a generalisation at national level, as well as the production of generic materials suitable to specific agro-ecological areas worldwide.

The experience drawn from this project highlights the key role of agro-dietary technology in the fight against hunger. Indeed the promotion of storage techniques and appropriate processing can contribute to several objectives: *(i)* improve the nutritional content of food, extend the family consumption of perishable foods and ensure the safety of food; *(ii)* reduce the labour and the time required for storage, processing and, above all, preparation of food; *(iii)* increase household income through marketing of transportable, better quality and/or ready-to-use products.

This experience has confirmed yet again both the absolute necessity and the difficulty of team work: planners and technologists from diverse sectors and professional levels must acknowledge and build upon their complementarities, pool the information and resources they have, and respond to the needs of destitute households.

Key words: Food technology – Food security – Nutrition – Reference guide – Madagascar.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, de nombreuses initiatives ont été entreprises dans les pays en développement pour améliorer l'alimentation de la population et lutter ainsi contre la faim et la malnutrition. La division de l'alimentation et de la nutrition de la FAO assiste les Etats membres à mettre en place des approches agricoles et alimentaires pertinentes. C'est ainsi que le projet SEECALINE (Surveillance et Education des Ecoles et des Communautés en matière de Sécurité Alimentaire et Nutrition Elargie) a sollicité l'assistance de la FAO pour intégrer un volet ''Production agricole'' dans un de ses projets. Ce volet devait identifier et tester un certain nombre d'activités agricoles et alimentaires susceptibles d'améliorer rapidement la sécurité alimentaire et la nutrition de la population rurale et élaborer le matériel didactique correspondant. L'amélioration de la production et de la conservation des produits locaux combinée à une éducation nutritionnelle appropriée devait ainsi permettre l'adoption d'une alimentation saine et variée par la population. Le matériel didactique (ou ''référentiels techniques'') serait destiné aux agents de terrain, aux organismes et institutions d'appui, aux institutions pédagogiques (écoles, universités, instituts de formation).

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE D'INTERVENTION

L'élaboration des matériels didactiques a constitué l'aboutissement d'une approche de planification participative. L'équipe du projet est en effet partie du principe qu'il fallait d'abord comprendre les contraintes rencontrées par les ménages et communautés en insécurité alimentaire et identifier les opportunités possibles. Selon les caractéristiques agro-écologiques, économiques et socio-culturelles locales, les contraintes et les opportunités varient d'une communauté à l'autre. Dans un pays comme Madagascar, où on constate une grande diversité agro-écologique, un problème d'enclavement important et des traditions très fortes, il ne pouvait être question de proposer un ''menu'' d'interventions standard, applicables partout, mais plutôt une ''carte'', accompagnée d'instructions pour choisir une combinaison d'interventions appropriées au contexte local.

Quatre phases ont été ainsi définies et mises en œuvre par une équipe pluridisciplinaire composée d'agronomes, de nutritionnistes et de technologues agroalimentaires:

- Atelier inter-sectoriel de réflexion et de planification au niveau de la Fivondronana (Sous-préfecture) pour aboutir à un consensus des intervenants en matière de développement (gouvernement et ONGs) sur les points suivants:
  - identification des groupes de population en situation d'insécurité alimentaire
  - pour chacun de ces groupes, première identification des causes de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition;
  - et identification des activités susceptibles de remédier à ces causes.
- Planification participative dans les communautés pilotes sélectionnées (facilitée par le personnel du projet et les institutions locales pertinentes):
  - validation et identification des causes d'insécurité alimentaire et de malnutrition, en particulier pour les ménages les plus démunis;
  - identification et sélection des réponses agricoles et alimentaires possibles. Il s'agissait notamment d'assurer durant les différentes saisons la disponibilité (familiale et communautaire) de la combinaison d'aliments locaux nécessaires à un régime équilibré, en tenant compte du contexte local (accessibilité physique et financière des techniques appliquées,

acceptabilité socioculturelle et réplicabilité, disponibilité des matériels et des intrants)

- Test *in situ* et capitalisation des informations, permettant de valider dans la pratique, des techniques de production et de transformation des produits alimentaires n'ayant pas encore fait l'objet d'un test de terrain et de nouvelles recettes culinaires.
- Elaboration des guides et validation technique auprès des communautés rurales, des organisations d'appui et des institutions diverses (ONGs, ministères, organisations internationales).

RÉSULTATS

Informations pertinentes recueillies

Le processus de planification participative a ainsi permis de recueillir de l'information sur les points suivants:

- les groupes nutritionnellement vulnérables;
- les facteurs agricoles et non agricoles contribuant à l'insécurité alimentaire;
- les contraintes et potentialités dans le domaine agricole, alimentaire et nutritionnel;
- les habitudes alimentaires et les contraintes socioculturelles dans chaque zone (tabous, pratiques religieuses ou coutumières);
- les connaissances locales en matière de production, de conservation et de transformation des produits alimentaires;
- les déficiences et les potentiels concernant les services/institutions d'appui.

Ces données, en relation avec les caractéristiques agroécologiques, économiques et socioculturelles des zones cibles, ont été exploitées pour déterminer les interventions envisageables (tableau 1).

Tableau 1: Liste des activités envisagées.

Volets	Activités
Production végétale	Cultures maraîchères Culture des petites légumineuses Arboriculture fruitière Assainissement des boutures de manioc Amélioration de la fertilité du sol
Production animale	Apiculture Pisciculture en eau douce Elevage de canard Couverture vaccinale
Transformation/Conservation	Transformation des tubercules, des légumineuses et des céréales en farines et fécules Transformation des fruits et légumes Conservation des denrées alimentaires de base Conservation des poissons
Nutrition	Alimentation diversifiée Alimentation saine Valorisation des produits alimentaires

La validation des activités et des techniques appliquées a été menée à l'issue des tests réalisés sur le terrain. Les expériences acquises et les données techniques existantes ont alors été exploitées pour la conception des guides référentiels.

Présentation des matériels didactiques réalisés

Les guides référentiels sont composés d'une série d'outils permettant la réplication du processus adopté pour leur élaboration:

- outils conceptuels sur la méthodologie de planification participative au niveau Fivondronana et communauté (Série A);
- outils techniques pour l'éducation nutritionnelle, la diversification des cultures alimentaires, des produits d'origine animale et la transformation/préparation des aliments (Séries B à E). Ils ont été édités sous forme d'affiches, de boîtes à outils, de fiches techniques et de CDROM multimédia[b].

Bien qu'ayant été élaborés sur la base de considérations spécifiques par zone, les guides référentiels proposent des solutions génériques, applicables à d'autres zones similaires au prix de légères adaptations.

Points forts du projet

Les ateliers de validation et les applications sur terrain des guides techniques ont mis en évidence les principaux atouts de la démarche et du produit:

- la mise en œuvre d'une démarche participative a permis de traduire sous forme de guides des solutions aux problématiques et aux besoins exprimés sur le terrain;
- la mise en commun des connaissances et expériences de spécialistes de différents domaines a abouti à la création d'un matériel didactique couvrant plusieurs secteurs (pêche, agriculture, élevage) et sous-secteurs (production, stockage, transformation et éducation nutritionnelle) de la chaîne alimentaire[c];
- la technologie agroalimentaire a apporté une contribution importante, en permettant de prolonger la durée de conservation des aliments périssables, de préserver en partie leur valeur nutritive, de réduire la pénibilité du travail, et de commercialiser des produits sains, y compris hors saison.
- les guides ont un potentiel de diffusion assez large, étant donnée la diversité des zones agroécologiques couvertes;
- les résultats de la validation des outils techniques auprès de la communauté rurale et des organismes d'appui ont démontré leur importance dans l'amélioration de la sécurité alimentaire des ménages.

Eléments de réflexion en vue d'une amélioration

Niveau technique

Pour que la nature générique des guides ne nuise pas à leur pertinence au niveau du terrain, les spécificités des zones devraient être mieux valorisées:

- en proposant des points d'entrée agro-écologique et nutritionnel (en tant qu'élément d'une alimentation équilibrée pour une saison donnée) pour les différents types de cultures (ex: canne à sucre, fruits à pain, fruits de baobab); ceci supposerait l'intégration de calendriers culturaux selon les différentes zones agroécologiques;

[b] *Voir Annexe.*
[c] *La commercialisation n'est pas traitée dans les guides.*

- en proposant des méthodes de conservation et de transformation pour les produits suggérés.

Les référentiels actuellement disponibles n'apportent pas l'attention nécessaire aux matières grasses (d'origine végétale ou animale)[d], qui sont pourtant indispensables pour assurer le contenu énergétique de l'alimentation (notamment pour l'alimentation infantile) et favoriser l'accès à certains micro-nutriments (en particulier la vitamine A), mais sont souvent chères. L'augmentation de la production locale devrait permettre d'abaisser les coûts et permettre leur utilisation.

Les produits de cueillette ou de chasse jouent souvent un rôle important pour la sécurité alimentaire des ménages (notamment apport en micro-nutriments, source de revenus et pharmacopée traditionnelle), particulièrement en période de soudure. Ils devraient donc être pris en compte (en veillant bien sûr à une gestion rationnelle de ces ressources).

Niveau organisationnel

Certaines des techniques de production et de transformation suggérées requièrent des connaissances de base, dont l'apprentissage n'a pas été prévu dans le projet. Il serait souhaitable de considérer le renforcement des capacités des formateurs de terrain (vulgarisateurs, maîtres d'école, animateurs, etc.) à l'utilisation des outils conçus. Un volet de formation devrait donc être envisagé.

L'intégration dans les écoles secondaires de programmes adaptés (''jardins scolaires'', techniques simples de conservation et de transformation) pourrait contribuer à l'amélioration de l'alimentation au niveau des ménages.

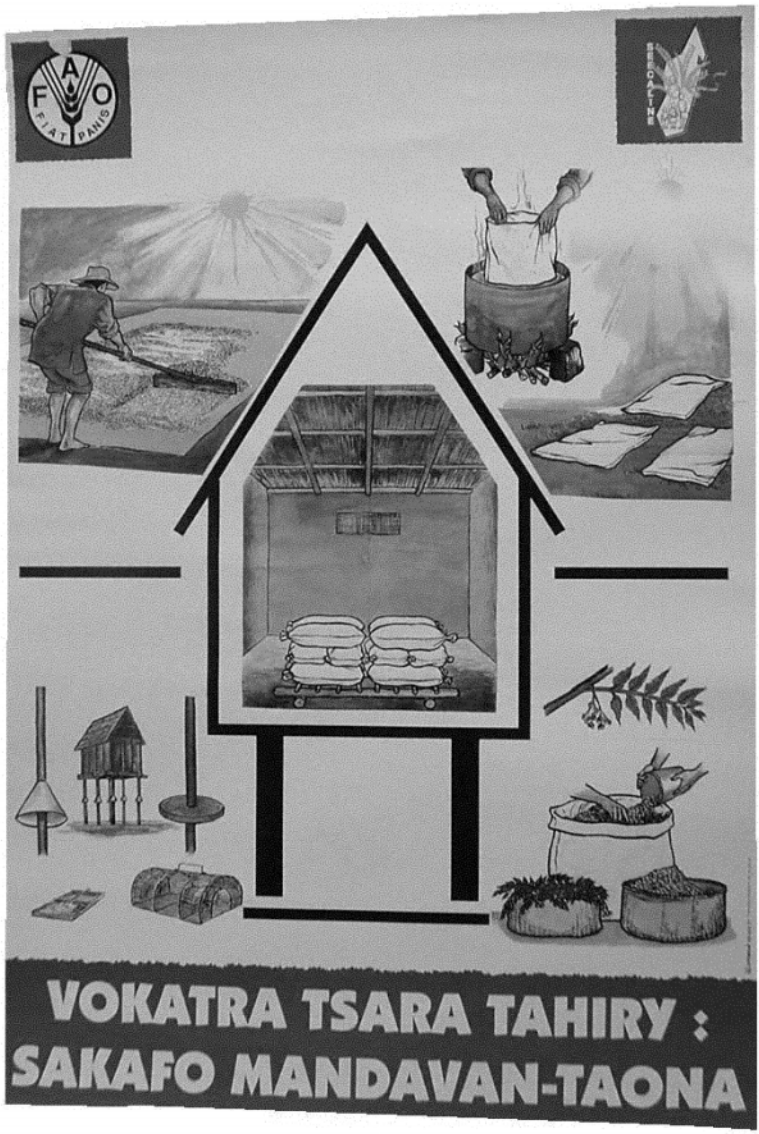
CONCLUSION

Le projet souligne l'importance d'une collaboration étroite à différents niveaux de la chaîne alimentaire afin de lutter contre la malnutrition. Il illustre en outre le rôle charnière du technologue pour une meilleure disponibilité et accessibilité des produits agroalimentaires.

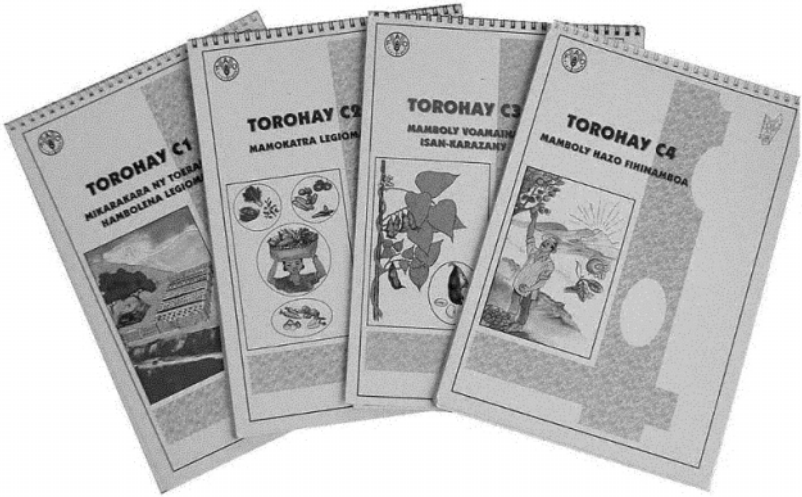
Le projet s'est imposé de prendre en compte les contraintes locales en matière de finances et de ressources humaines, afin d'assurer la réplicabilité et la durabilité du processus: les enquêtes socio-économiques et nutritionnelles habituellement recommandées ont ainsi été écartées et la priorité a été accordée aux processus de concertation et de participation. Sans prétendre à ce stade proposer un modèle éprouvé, le projet a engagé un processus intéressant engageant institutions locales et partenaires au développement, indispensable à l'amélioration de l'état nutritionnel des ménages et à l'accroissement du revenu familial. La généralisation des nouveaux outils de communication et d'information (en particulier l'internet) devrait permettre de diffuser le matériel didactique pertinent, de le valider et de l'améliorer dans des zones agro-écologiques similaires.

[d] *Ce problème se retrouve dans beaucoup de pays et reflète une double tendance: la priorité accordée aux céréales et aux protéines (notamment au cours des années 1970) ainsi que les préoccupations plus récentes concernant l'obésité.*

Annexe 1:
Exemple d'affiche.



Annexe 2:
Boites à images.



Annexe 3:
CDROM

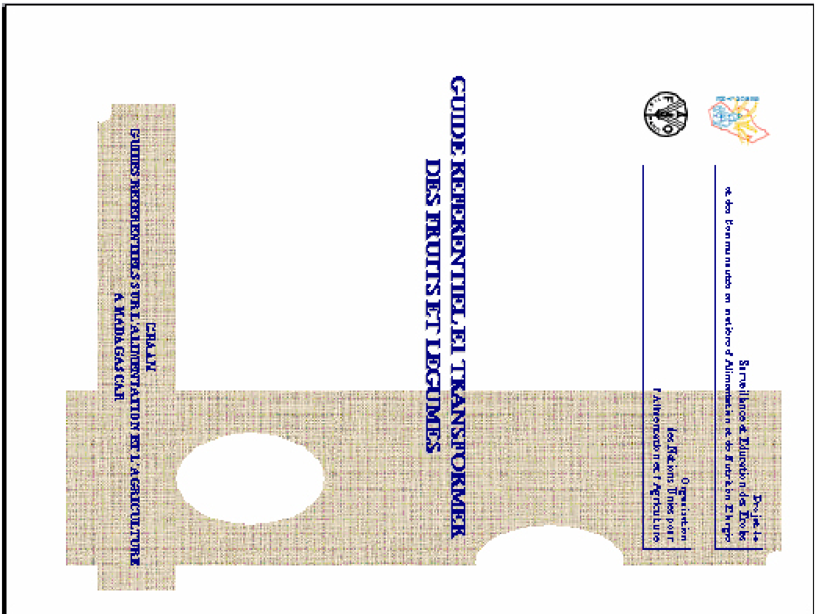
B: Education nutritionnelle
B1. Avoir une alimentation diversifiée
B2. Avoir une alimentation saine

C: Diversification des cultures alimentaires
C1. Aménager un jardin potager
C2. Produire des légumes
C3. Développer la culture de légumineuses
C4. Avoir des arbres fruitiers

D: Diversification des produits d'origine animale
D1. Elever des canards
D2. Assurer une couverture vaccinale des animaux
D3. Elever des poissons en étang
D4. Faire de la rizipisciculture
D5. Produire du miel

E: Transformation, conservation et préparation des aliments
E1. Transformer des fruits et légumes
E2. Transformer les tubercules, les céréales, les légumineuses en farine et/ou en fécules infantiles
E3. Conserver les poissons
E4. Protéger les stocks de céréales et les graines de légumineuses
E5. Préparer des recettes culinaires à partir des produits locaux

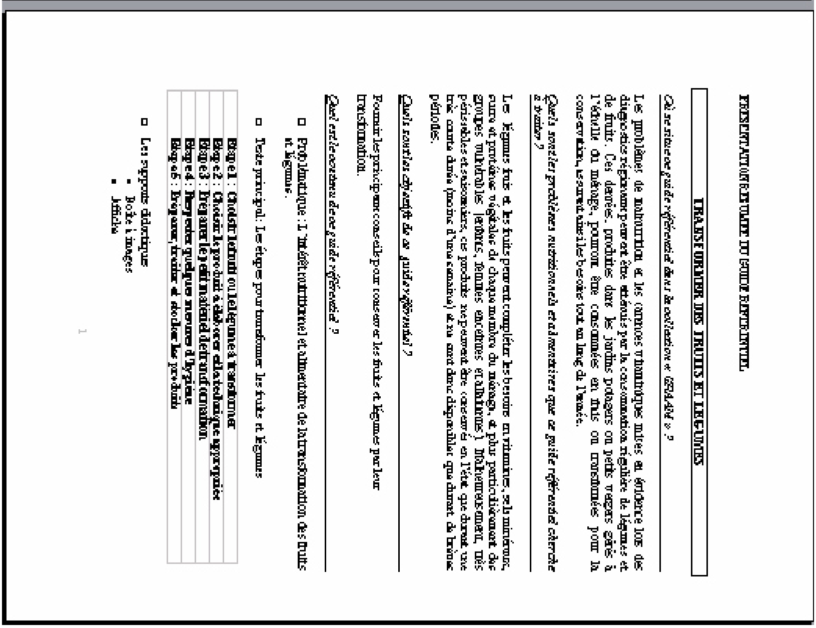
Annexe 4:
Fiches techniques.


Projet de
Surveillance et Education des Ecoles
et des Communautés en matière d'Alimentation et de Nutrition Elargie

Organisation
des Nations Unies pour
l'Alimentation et l'Agriculture

GUIDE REFERENTIEL ET TRANSFORMER
DES FRUITS ET LEGUMES

GRAAM
GUIDES REFERENTIELS SUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
A MADAGASCAR


PRESENTATION RESUMEE DU GUIDE REFERENTIEL

TRANSFORMER DES FRUITS ET LEGUMES

Où se situe ce guide référentiel dans la collection « GRAAM » ?

Les problèmes de malnutrition et les carences vitaminiques mises en évidence lors des diagnostics régionaux peuvent être atténués par la consommation régulière de légumes et de fruits. Ces denrées, produites dans les jardins potagers ou petits vergers gérés à l'échelle du ménage, pourront être consommées en frais ou transformées pour la conservation, assurant ainsi les besoins tout au long de l'année.

Quels sont les problèmes nutritionnels et alimentaires que ce guide référentiel cherche à traiter ?

Les légumes frais et les fruits peuvent compléter les besoins en vitamines, sels minéraux, sucre et protéines végétales de chaque membre du ménage, et plus particulièrement des groupes vulnérables (enfants, femmes enceintes et allaitantes). Malheureusement, très périssables et saisonniers, ces produits ne peuvent être conservés en l'état que durant une très courte durée (moins d'une semaine) et ne sont donc disponibles que durant de brèves périodes.

Quels sont les objectifs de ce guide référentiel ?

Fournir les principaux conseils pour conserver les fruits et légumes par leur transformation.

Quel est le contenu de ce guide référentiel ?

- Problématique : L'intérêt nutritionnel et alimentaire de la transformation des fruits et légumes.
- Texte principal : Les étapes pour transformer les fruits et légumes

Etape 1 : Choisir le fruit ou le légume à transformer
Etape 2 : Choisir le produit à élaborer et la technique appropriée
Etape 3 : Préparer le petit matériel de transformation
Etape 4 : Respecter quelques mesures d'hygiène
Etape 5 : Préparer, traiter et stocker les produits

- Les supports didactiques
  - Boîte à images
  - Affiche

1

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 2:

Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation

Theme 2:

Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society

Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: why is it so and what can be done?

Delisle Hélène

Department of Nutrition, Université de Montréal, PO Box 6128 Downtown Station, Montréal, Quebec, Canada.

Corresponding author: *helene.delisle@umontreal.ca*

- Abstract -

Background: Food-based strategies are recognized as essential for sustainable control of micronutrient deficiencies. "Food diversification" refers to all types of interventions aiming at improving supply, access, consumption, and bio-efficacy of micronutrient-rich foods. It is particularly relevant for the control of vitamin A deficiency, as well as for the reduction of iron deficiency. However, it is all too often neglected, while supplementation and to a certain extent food fortification thrive. Why is this so, and how can food diversification be better recognized?

Objectives and methods: To identify important barriers to food diversification strategies, and to suggest means of promoting these strategies, at the light of a literature search and of research conducted by the author and her team in trials, pilot projects, and policy analysis, primarily in Burkina Faso, Niger and Chad.

Results: Low international funding level is responsible for, and is generated by, weak political will vis-à-vis food diversification schemes. The main players are not well aware of the potential and technical aspects of such strategies, and therefore, they are not inclined to devote time and efforts in interventions they are ill at ease with. Food diversification is based on intersectoral collaboration, which is difficult to achieve; furthermore, for this reason, it escapes from the control by the health sector. Finally, the need to show quick results works against food diversification, which is an endogenous and more sustainable approach, but which requires time to bring about the necessary changes in attitudes and practices as regards food production, distribution, and consumption.

Conclusion: Substantive efforts in training are warranted in order to strengthen the capacity of health, education and agriculture sectors to implement food diversification interventions. Additionally, program operators and researchers should collaborate in designing adequate and complete evaluation schemes, so that beyond impact on micronutrient status, other potential effects and benefits of food diversification strategies are assessed. Finally, a strong advocacy strategy at the international level is deemed critical to convince national and international decision makers to invest in food diversification. The approach is not necessarily easy, but it contributes in a sustainable manner to improved nutritional health, as well as to poverty reduction and to local agriculture.

Key words: Food diversification – Micronutrient deficiencies – Africa.

- Résumé -

La diversification alimentaire, stratégie potentiellement efficace mais encore négligée: pourquoi et qu'est-ce qu'on peut faire?

Contexte: Il est largement reconnu que pour un contrôle durable des carences en micronutriments, des approches alimentaires sont indispensables. La «diversification alimentaire», qui recouvre ces interventions variées tendant à augmenter la disponibilité, l'accessibilité, la consommation et la bio-efficacité des aliments sources de micronutriments, est une stratégie particulièrement appropriée pour contrôler l'avitaminose A, ainsi que pour faire reculer les carences en fer. Toutefois, c'est une approche encore trop souvent négligée au profit de la supplémentation et de l'enrichissement. Pourquoi? Comment valoriser la diversification alimentaire?

Objectifs et méthodes: L'auteur se base sur les essais contrôlés, projets pilotes, analyses des politiques et autres travaux de son équipe au Burkina Faso, au Niger et au Tchad, ainsi que sur sa recension des travaux sur les interventions de diversification alimentaire pour identifier les principaux obstacles au déploiement de ces approches et pour proposer quelques voies et moyens de les promouvoir.

Résultats: Le faible niveau de financement international à la fois trahit et engendre une volonté politique tiède à l'endroit de la diversification alimentaire; les acteurs sont peu informés des potentialités alimentaires et sont donc peu enclins à s'y investir; ce sont des approches qui échappent largement au contrôle de la santé, alors que la collaboration intersectorielle est difficile; l'évaluation des interventions de diversification alimentaire est malaisée et généralement incomplète, bien que leur efficacité et efficience soient de plus en plus probantes; enfin, l'obligation pour les décideurs de produire rapidement des résultats importants joue en défaveur d'approches alimentaires durables et endogènes, mais qui requièrent du temps pour les changements nécessaires dans les mentalités et les pratiques, qu'il s'agisse de production, de transformation ou de consommation des aliments.

Conclusion: Un important effort de formation des cadres techniques de la santé, de l'agriculture et de l'éducation est requis pour accroître le niveau de compétence technique en matière d'interventions de diversification alimentaire. En outre, les intervenants et chercheurs doivent collaborer pour une évaluation adéquate et complète des effets et bienfaits des approches de diversification alimentaire, y compris et débordant de l'impact sur le statut en micronutriments. Enfin, une stratégie étoffée de plaidoyer doit être mise en œuvre par la communauté scientifique internationale, afin d'inciter les décideurs nationaux et internationaux à s'engager dans cette voie difficile, certes, mais qui contribue de manière durable non seulement à la santé nutritionnelle, mais également à la lutte contre la pauvreté et à la valorisation des productions locales.

Mots-clés: Vitamine A – Diversification alimentaire – Carences en micronutriments – Afrique.

———————————

INTRODUCTION

Food diversification encompasses all dietary improvement approaches focusing on food systems, from production to consumption. Food-based strategies other than food fortification are often narrowed down to community-based gardening and nutrition education. It is important that food systems as a whole be considered in order to address not only nutritionally-relevant food production and consumption, but also processing, marketing, and distribution potential and constraints. Increasing the variety of foods that are accessible and acceptable to nutritionally-vulnerable groups is the whole thrust of food diversification strategies. In many ways, agriculture-based and food diversification approaches to nutrition are similar, although food diversification primarily focuses on micronutrient nutrition, whereas agriculture-based approaches may also aim at improving staple food security. Additional dietary interventions to improve the bioefficacy of micronutrients include improved processing, an appropriate dietary mix (for instance, increased fat intake for vitamin A, or increased vitamin C intake for iron), and in several instances, public health measures such as immunization, control of infections, water and sanitation.

In spite of its importance for sustainable prevention of micronutrient deficiencies, food diversification is still little developed. The purpose of the paper is to identify major barriers and to suggest means of unfolding these approaches. Vitamin A is used as case micronutrient, since prospects for progress through food-based approaches may be better in the case of VA than other problem micronutrients such as iron or zinc[1]. The paper draws on the literature and on our trials, pilot projects, and policy analyses conducted in Burkina Faso, Niger and Chad.

THE CURRENT PREDOMINANCE OF MICRONUTRIENT SUPPLEMENTATION AND ITS DRAWBACKS

At the present time, micronutrient supplementation is still the overriding approach to the control of micronutrient malnutrition, and multiple micronutrient supplements progressively supplant single micronutrients. Food fortification is gaining grounds, however. Biofortification is now presented as a means of increasing the micronutrient content of foods, but the relevance of genetic engineering in this respect is doubtful[2].

Correction of present endemic micronutrient deficiencies does not require the same strategy as long-term maintenance of intake adequacy. Whilst the former may depend on an efficient supplement distribution programme and on compliance, the latter has to be based on food. It is argued that supplements can play an important role in meeting the micronutrient needs of the developing world[3], but how food-based approaches can progressively take over is all too often overlooked. The fact that the required transition from one to the other has been achieved in only a handful of countries particularly in Africa[4], with dietary approaches still little developed in most micronutrient deficiency-prone areas, is of concern. If the only problem with poor people's monotonous diets were micronutrient deficiencies, then the solution would lie in multiple micronutrient supplementation. However, it is not the case, and the first challenge is to provide food for the hungry. Once there is enough food, then diversity emerges as a priority for micronutrient adequacy. Even mothers recognize that when food is short, there is little relevance in providing micronutrient supplements[5].

Providing micronutrients as supplements is indeed cheaper and more convenient than using food. However, the impact may be short-lived, the right mix of micronutrients may vary depending on the limiting ones in various populations, and there are concerns about nutrient interactions in supplements. Toxicity may also be a problem. Sustainability is an even more compelling consideration. Population-based vitamin A

supplementation was not effective in all trials, something that is often overlooked. As noted by Fawzi et al[6], efficacy ranged from 20% in Ghana to 54% in Tamil Nadu (India), and it was nearly nil in the Sudan. In a recent longitudinal study in a sample of 100 children aged 24-36 months, we found that three months following vitamin A supplementation, the rate of low serum retinol was practically back to what it was just before the children got the vitamin A capsules: 38% were deficient initially and the rate was up to 36% three months following supplementation[a]. We also observed that the rate of anaemia was significantly higher in the second survey, which suggests a potentially adverse interaction of iron and vitamin A, as noted when iron supplements were given[7].

In a double-blind, randomized and placebo-controlled trial in Tanzania, vitamin A supplements were shown to reduce the risk of severe diarrhea in wasted under-five children, but in contrast, they increased the risk in well-nourished or stunted children[8]. Furthermore, the VA supplements increased the risk of respiratory tract infection, except in HIV-positive children. These findings confirm previous observations of possible adverse effects of VA supplements in well-nourished children, whereas undernourished or sick children may derive benefit. This is not to downplay the positive outcomes of vitamin A supplementation in populations where the deficiency is widespread, however. In Nepali pregnant women, for instance, a highly significant decline (44%) in pregnancy-related maternal mortality was associated with vitamin A or β-carotene supplements in a large randomized, placebo-controlled study[9].

Multiple micronutrient supplements are becoming current practice, particularly during pregnancy (folate, iron, zinc, vitamin A). However, studies in Nepal revealed that they were not more effective than iron-folate supplements in improving birthweight, except in HIV positive women[10]. Folate-iron supplements increased birthweight and decreased the rate of low birthweight by 16%, but when zinc was added, there was no longer any difference in birthweight from controls who were receiving only vitamin A. Competition between zinc and iron is suspected. In Mexico, similar results were reported[11]. In contrast, an observational study in rural India showed that micronutrient-rich diets in pregnancy, particularly milk, fruits, and green-leafy vegetables, were positively and independently associated with size at birth[12,5]. Furthermore, the positive associations were enhanced in energy-deficient mothers. This suggests that micronutrients in foods have an impact that is not observed with supplements. Multiple micronutrient supplementation may be beneficial in women infected with HIV, as observed in Tanzania, where it was associated with a decline in low birthweight, preterm delivery, small size for gestational size and foetal deaths by some 40%[13].

Iron supplements are associated with improved reproductive performance. They were found to increase vitamin A liver stores as measured by the modified relative dose response test (MRDR)[7]. However, there was a concomitant reduction of circulating retinol, which after all reflects the amount of vitamin A available at cellular level. This redistribution of vitamin A after iron supplementation might induce VA deficiency in infants receiving iron supplements alone. Micronutrients are not enough: energy is also required. This is what Pollitt et al[14] observed in supplemented 12-month and 18-month old cohorts in Indonesia. The outcome of interest was mental development. It was found that micronutrient supplements without extra energy given over 1 year to 18-month-old poorly nourished children was associated with a longitudinal decline in mental test performance. However, the unfavourable outcome was restricted to the shortest children in this already disadvantaged group, and it was not accompanied by adverse effects on physical growth measurements.

[a] *Delisle et al, unpublished data.*

It is now well established that diets high in antioxidants because they are rich in fruits and vegetables are associated with a reduced cancer and cardiovascular disease risk. However, controlled supplementation studies proved less encouraging: β-carotene supplements showed no significant benefit or harm on cancer or cardiovascular disease risk in the Physicians' Health Study[15], and among smokers, two studies showed that β-carotene increased the risk of cancer[16,17]. In China, supplements of β-carotene combined with selenium and vitamin E were associated with reduction of mortality from cancer[18], so that while without effect in well-nourished populations, β-carotene supplements may show benefit in malnourished populations. Vitamin E supplements may also have positive benefits that are not restricted to malnourished populations.

Dietary approaches are therefore more likely than the medical model of supplementation to address multiple micronutrient *and phytochemical* needs for optimal health[19]. Additionally, natural balance of nutrients in foods prevents toxicity and adverse interactions. An additional advantage of dietary interventions is to allow for simultaneous promotion of intakes of several nutrients, given that multiple micronutrient deficiencies are oftentimes present[20]. Palm oil, for instance, is a rich source of antioxidants including alpha-tocopherol, and not only of provitamin A carotenoids[21]. Similarly, we hear about carotenoids in green leafy vegetables, and much less about their variable, but in some instances very high antioxidant properties because of the combined effects of β-carotene, vitamin C, and polyphenols[22].

STAKEHOLDERS' VIEWPOINTS ON FOOD-BASED APPROACHES AND BARRIERS

In order to document the factors influencing the choice of strategies for vitamin A at the national level, we conducted small scale qualitative studies on the perceptions of the main actors in this area, in Burkina Faso and in Chad. Our conceptual framework is provided in figure 1. In Burkina, there were 28 respondents and there were 18 in Chad. The majority was with the government, and the rest were with international agencies and NGOs. It is interesting to note the similarities between the results of the two studies.

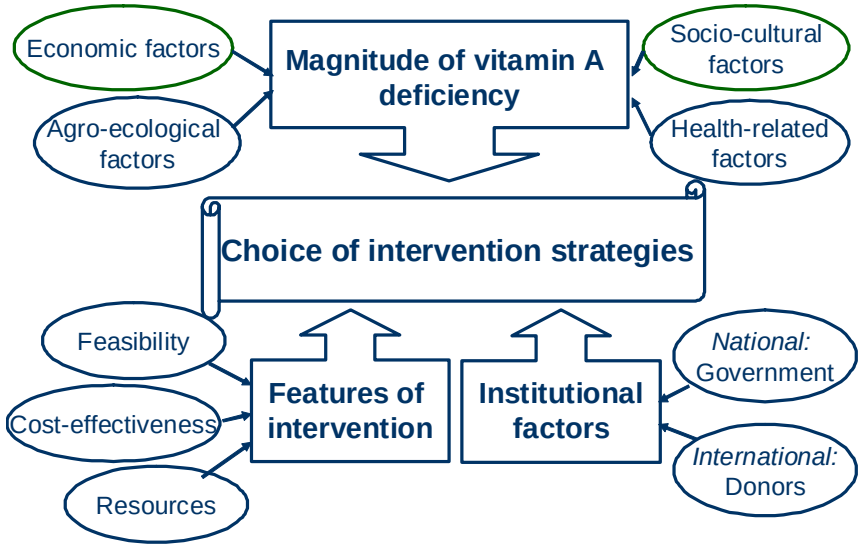


Figure 1: Study on the perceptions of national key players in the area of vitamin A nutrition on determinants of strategy choices, Burkina Faso and Chad: conceptual framework.

In both instances, the predominance of supplementation was recognized in the in-depth interviews with participants, in spite of the widespread opinion that it is not a sustainable approach and that food-based strategies are needed. The effectiveness and success of supplementation campaigns impresses the stakeholders, and the magnitude of the VA deficiency problem is seen as requiring this short-term approach, in both countries. In Burkina Faso, however, it is felt that supplementation should be modulated according the areas, as some may not have high rates of deficiency. Food-based strategies are perceived as more sustainable, empowering and possibly also, income generating. However, food diversification is neither well understood, nor well known by a great majority of respondents. In Chad, it is seen as different and separate from nutrition education. In Burkina, the strategy is said to be "in its infancy". Barriers to food diversification strategies, based on these studies, are summarized below.

Lack of awareness of food diversification strategies on the part of decision makers appears as an impediment: *« We don't event think of it… ».* Other major obstacles that were mentioned are the lack of knowledge of food-based strategies and the lack of well-trained people to implement them. Some respondents saw the need for an extensive reflection on how precisely to diversify diets and make foods available. The lack of intersectoral collaboration emerged as another barrier. It is felt that the Ministry of Health should involve the other key sectors (agriculture, animal production, education, research, and environment) and that these other sectors should integrate nutritional concerns or objectives in their sectoral plans. While some believe that key sectors should join their efforts to sensitize populations to the importance of food diversification, others feel that it is the role of nutritionists to educate and sensitize people, not that of agriculture or animal production sectors.

Dependency of food diversification upon behavioural changes and limited skills in behaviour change approaches, and the difficulty of the strategy because of poverty, of resistance to cultural changes, and of time required for such changes, were other perceived barriers: *"Food-based approaches take time, but decision makers and other stakeholders are in a hurry to show results».* Better communication techniques and the use of qualified communicators are hoped for. As underlined by Parlato and Seidel[23], long-term shifts in dietary practices require consistent efforts and monitoring over several years. Furthermore, child care behaviours, and not only feeding, may call for change in order for VA status of children to improve, as suggested by the study of Gittelsohn et al[24] in Nepal. In this case-control study, several caregiver behaviours were more important than intra-household food allocative behaviours in determining the child's risk for xerophthalmia. Cases were nearly two times more likely than controls to be treated with neglect or harshly, and much less likely than controls to have their health needs receive attention. In Niger, important pioneering work was carried out on promoting consumption and production of VA-rich foods, and the project which took place in Tahoua Province between 1991 and 1995[25] has to be regarded as a success story from the vantage point of communication strategies and VA-related knowledge and practices. Even in a poor country like Niger, it proved feasible to increase consumption of VA-rich foods by promoting liver and seasonal green leaves among men and women audiences using the media, village-level drama, and other communication channels.

The lack of evidence of effectiveness of food-based strategies is another negative factor that was mentioned in our studies. Trials in diverse settings confirm that provitamin A carotenoids are bioavailable, although there may be high variations according to the type of foods and plant matrix with green leaves at the bottom of the bioavailability scale and RPO at the top[26,27]. The effectiveness of dietary approaches is largely dependent upon the bioefficacy of the provitamin A carotenoids of the promoted foods. Taking account of the hierarchy of carotenoid bioavailability[19] is of

utmost importance in developing dietary diversification schemes, along with other nutritional concerns, and economic and agro-ecological considerations. Several factors other than the plant matrix also affect the absorption and conversion of carotenoids to VA, including individual nutritional status, intestinal parasites, infection, and fat intake.

While some argue that plant sources are insufficient to correct vitamin A malnutrition, there is increasing evidence to show that it should be possible for young children to derive sufficient amounts of VA activity from carotenoids. In their in vitro study on accessibility of carotenes from green leaves cooked with or without oil, Hedrén, Mulokozi and Svandberg[28] showed that a 100 g serving of greens cooked with sunflower oil provided between 89% and 157% of the recommended safe intake, as assessed by the availability of carotenes following in vitro digestion. In contrast, dried green leaves cooked without oil only provided 12% to 48% of the daily allowance. The use of stable isotopes has allowed more refined comparative studies on the absorption of VA and β-carotene, and on bioconversion of carotenoids to VA[29]. In USA, the conversion ratio was revised downward[30], with 12 μg of β-carotene regarded as the equivalent of 1 μg of retinol, rather than 6 to 1 (and 2 μg of other provitamin A carotenoids still equivalent to 1 μg of β-carotene). It is possible, however, that people who need VA absorb and bioconvert carotenoids more efficiently, as observed in VA deficient children[32], as well as in depleted laboratory animals[33], and this is considered an adaptive response. For β-carotene absorption and bioconversion to be modulated by the status of the body, however, an active transport system would have to exist, and such a mechanism is yet to be discovered. Nevertheless the possible depressing effect of VA supplements on β-carotene bioconversion should be of concern as large periodic doses may interfere with normal utilization of dietary carotenoids.

The choice of strategies appears strongly dependent upon that of donors, who are themselves little interested in food diversification, according to the respondents of Burkina Faso and Chad. This is an overriding factor of the current emphasis on supplementation at the expense of dietary strategies.

A much larger investigation on stakeholders' viewpoints was carried out by Levin et al[34] who documented viewpoints on agriculture-based approaches to nutrition in general among participants in Africa, Latin America and Asia. Based on key informant interviews, eight categories emerged and were analysed by factorial design: impact, coordination, disciplines, gender, donor support, sustainability, economic benefits, and awareness. Of the 600 participants, 52% were trained in a nutrition or health-related field, and 49%, in agriculture-related disciplines. The three factors identified in the analysis were: 1) the multi-benefit viewpoint, with support to food-based strategies and multi-outcome programs. Lack of political and administrative will is seen as the barrier; 2) the context-specific viewpoint, which considers all strategies for addressing malnutrition, and a location-specific mix. The respondents are not convinced that agriculture-based approach should be the primary focus; and 3) the sustainability-oriented viewpoint, with agriculture preferred, but along with nutrition education. There was general agreement among the three viewpoints that food-based approaches have value, but dissent regarding the extent to which food-based approaches could be relied upon to address the range of nutritional problems. Nutritionists were represented in all three viewpoints. Those trained in health sciences tended to be more represented in viewpoints 1 and 2, and those trained in agriculture, in viewpoint 2 (context-specific). Government and research sectors were heavier in viewpoint 1, academics in all 3. Donors loaded very heavily on viewpoint 2 (context-specific), and none adhered to the sustainability viewpoint (viewpoint 3). Among Africans, viewpoint 1 had the majority (59%), whereas in non-Africans, 46% loaded on the context-specific viewpoint. There was consensus on the need to link agriculture, nutrition and gender,

but less consensus and commitment on how to do it. It is interesting that even among those committed to agriculture-based approaches (viewpoints 1 and 3), the respondents indicated that donor preference may be largely responsible for the lack of substantial adoption of programs engaging in these linkages. It is reminded that donors adopted overwhelmingly the context-specific viewpoint, so that preference for direct nutrition programs such as supplementation may be funded at the expense of agriculture-based approaches. Lack of cross-disciplinary education and training is another barrier that was mentioned. Thus in both studies, the donors' preference and lack of intersectoral collaboration emerged as important deterrents to food-based approaches to nutritional problems.

EFFECTIVE APPROACHES AND PROMISING INITIATIVES

There are at this time several innovative and effective approaches to agriculture- or food-based strategies, and this is an encouragement to pursue in this direction. For instance, IFPRI (International Food Policy Research Institute) and the ICRW (International Centre for Research on Women) are currently leading a USAID-sponsored 3-year project in five African countries to promote greater linkages between agriculture and nutrition, with careful considerations of gender factors that limit the contribution of men and women to family nutrition. This initiative is expected to yield a wealth of data in support of the approach.

A promising initiative is that of VITAA (Vitamin A for Africa). Under its umbrella, 40 partner agencies from the health, agriculture and nutrition sectors have agreed to work together to extend the impact of orange fleshed sweet potatoes in seven partner countries: Ethiopia, Mozambique, Ghana, Kenya, South Africa, Tanzania and Uganda. HKI is doing similar work in Niger. The recent creation of research-focused FoodAfrica is also worthy of mention. Its purpose is to review the current research and development activities that affect food systems in sub-Saharan Africa, to identify gaps in current food and health research strategies, to recommend future research strategies, and to improve the links between researchers, in Africa and Europe. An international working meeting was held in Yaoundé in May 2003, on the theme "Food, nutrition and health: making a link".

Food-based strategies specifically aimed at improving micronutrient status, in particular VA, and which proved effective include programs focusing on women, home gardening schemes, and various approaches integrating agriculture, nutrition and health activities. These have been reviewed[35,1]. There are as yet only a few examples of processing and marketing initiatives, except for solar drying of fruits and vegetables, and for the red palm oil project in Burkina Faso[36].

The two-year programme undertaken by the ICRW with partners in Ethiopia, Kenya, Peru, Tanzania, and Thailand, explored ways to strengthen women's contribution to reducing VA and iron deficiencies by combining their production and reproduction activities[37]. Solutions were developed and implemented by community women.

Home (and community-based) gardening is a means of circumventing market failures and providing year-round fresh vegetables and fruits. The effectiveness of gardening as a nutrition or community development strategy is still controversial, in spite of its recognized potential benefits in terms of food supply and nutritional quality of diets.The number of successful gardening projects is increasing, and keys to their success are now better known[38]. Experiences of gardening projects around the world illustrate the importance of building on indigenous knowledge, of reducing biophysical, agronomic and economic constraints, of integrating nutrition education and social marketing for enhanced impact, of promoting the economic benefits of gardening, and

of understanding the roles of women and children. Gardening contributes to improving the overall quality of diet, and it may also provide additional income, as shown in Bangladesh, where the principal reported use of this extra- income was to purchase food[39]. It is often difficult to scale up pilot projects to a broader, national programmes, but Bangladesh provides an example of successful expansion of the gardening programme to a national scheme, in collaboration with some 40 NGOs.

Promising food-based interventions for micronutrients share some key features[40]: 1) Nutrition and health expertise for problem assessment and for control of related diseases, such as intestinal parasites; 2) Utilization of appropriate agricultural-horticultural technologies; 3) A social marketing/nutrition communication component; and 4) Institutional partnerships in agriculture, health and nutrition, and communications.

KEY ACTIONS FOR NUTRITIONISTS TO ENHANCE FOOD DIVERSIFICATION APPROACHES

The FAO, the World Bank, USAID and IFPRI were already promoting agriculture- or food-based strategies in the 80s. However, nutrition seems to have shifted from agriculture to health and population, and with the micronutrient movement of the 90s, supplementation and food fortification have become the preferred approaches. It is true that agriculture- and food-based interventions are more complicated, they have to be intersectoral, they take time, and they are more difficult to evaluate. Nutritionists and home economists have an important role to play in shifting back from biomedical or technological to food-based approaches to the micronutrition problems. We highlight below four priorities: better data and shared knowledge on micronutrient content of local foods and on success stories of food diversification; small-scale women's businesses around micronutrient-rich foods; the appropriate evaluation of food-based approaches; and finally, the advocacy for food-based strategies, particularly at the international level.

Better data and shared knowledge on micronutrients in foods and on successful food-based approaches

Dietary approaches require adequate data – and knowledge - on the micronutrient content of local foods as locally processed and prepared, and foraged foods in particular. We should look at the potential of under- or poorly-utilised, locally grown vegetables and fruits, but this requires data on their composition are available. Location-specific food resources that may contribute to micro-nutrition improvement need to be identified and analysed, as is done by the AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center) in Bangladesh[41], and as was done, for instance, in Mali[42] and in Niger[43]. As underlined by Rodriguez-Amaya[44], there are also several ways of enhancing the micronutrient content of existing foods, for instance, optimal storage and food technology, picking the fruit at the appropriate maturity stage, and eating the peel whenever feasible. The "right" foods to be promoted have to be identified, based on a whole range of nutritional, agro-economic, market, and social issues. Kuhnlein[45] has developed a useful protocol for the assessment of local food sources of vitamin A. The use of this tool, combined with a better knowledge of VA activity of local plant foods through laboratory analyses, and dissemination of this information, should form the foundation of food-based strategies at local and national level. Oftentimes technical knowledge on micronutrient content of foods is scanty, even among health and nutrition workers. Erroneous messages encouraging

consumption for VA of vegetables that are poor sources of, say, vitamin A, have been encountered by us on several occasions.

In addition to information on food sources of the major micronutrients, lessons learned in food-based interventions need to be better disseminated in order to intensify cross-fertilization. Not that such initiatives do not exist; several conferences, meetings, workshops, have been held, and there are some excellent newsletters and publications. However, supplementation and fortification tend to be given prominence, and additional means of sharing food diversification information would be beneficial to encourage and strengthen such approaches.

Small-scale women's businesses around micronutrient-dense local foods

Small entrepreneurship focusing on micronutrient-dense foods (and complementary foods) needs to be fostered, particularly among women, whether at the production, processing or retailing level. In several areas, such businesses can build upon what women are already active in, that is, the street food and catering trade. Better micronutrient food systems may emerge from such initiatives. It is interesting to know, based on data from Latin America that the largest market share of fresh fruit and vegetables, which are sources of carotenoids and other antioxidants, is not in the hands of growing supermarket chains, but with small shops and street fairs[46]. Small shops and street fairs fit easily in the dense urban areas, there is some evidence that prices are below those of supermarkets. Nutritionists and home economists should become more directly involved with such micro-enterprises. This approach contributes not only to nutritional improvement, but also to poverty reduction. The red palm oil project of Burkina Faso provides such an example[27,47]. A workshop was held in 2002 on small scale agro-food industries in West Africa and on their potential for nutrition[48].

Appropriate evaluation of projects and programmes

Evaluation data is critical for advocacy, and there is a dire need of data on outcomes and impact of food diversification schemes[49]. On the one hand, dietary improvement programmes are seldom evaluated for their impact on nutrition and health status, and are often satisfied with behavioural effects. On the other hand, the full impact of such programmes is seldom accounted for in evaluation designs, unless appropriate indicators of not only biological outcomes, but also income and development effects, are assessed. Benefits other than narrow nutritional impact were assessed in a few programmes and the national gardening programme in Bangladesh provides an example[39]. Income accruing to households from selling produce was estimated, as well as the use of this extra-income, which primarily went to food purchases (56% of households selling garden produce, followed with 15% spending on 'income generating activities'). Unless clearly stated in the objectives and in the evaluation plan, it is unlikely that the income generation effect of gardening or other food production/processing/marketing programmes for micronutrient nutrition will be measured.

Based on her extensive experience in implementing and evaluating dietary strategies for micronutrients, Gibson et al[50] proposed an evaluation grid (see table 1) that could help capture several aspects of the processes, outputs, and outcomes of food diversification according to the type of intervention. The income generation effects would have to be added where appropriate, and indicators of what is intended to achieve through dietary interventions beyond the described outputs and outcomes, for instance, community participation and sustainability, also need to be included among the outcomes of the evaluation scheme. In the red palm oil project in Burkina Faso, we designed an evaluation plan that takes into account the nutritional impact, the income effects among women who extract or sell the oil, as well as the indirect effects on palm

oil plantations. The evaluation scheme also encompasses the assessment of development effects, based on qualitative methods, including empowerment, partnerships, and community participation (figure 2).

Table 1: Evaluation framework for food-system based interventions for micro-nutrients[50].

Type of intervention	Process indicators	Output indicators	Outcome indicators
Agriculture	Availability of new cultivars…	Numbers of farmers adopting new cultivars	▪ Changes in knowledge, food-related behaviour, consumption of target foods; ▪ Changes in biological indicators of VA status (clinical, biochemical, histological, functional; rate of abnormal values; distribution); ▪ Changes in mortality and morbidity; indirect impact: income, expenditures, women's empowerment.
Horticulture	Distribution of seeds and plants; training	Number of community- school, home-gardens; monthly supply and prices of micronutrient-rich foods in market	
Food preparation, preservation, processing	Formation of women's groups…	Number of solar driers used; amount of solar-dried food produced	
Nutrition communication and social marketing	Development of multimedia and support; duration and frequency of communication with target groups	Media coverage; community and school participation; number and frequency of radio and TV messages…	
Community participation	Formation of village committees; use of local staff; participation in food production activities	Number of village committees, groups, and staff; linkages to other groups	

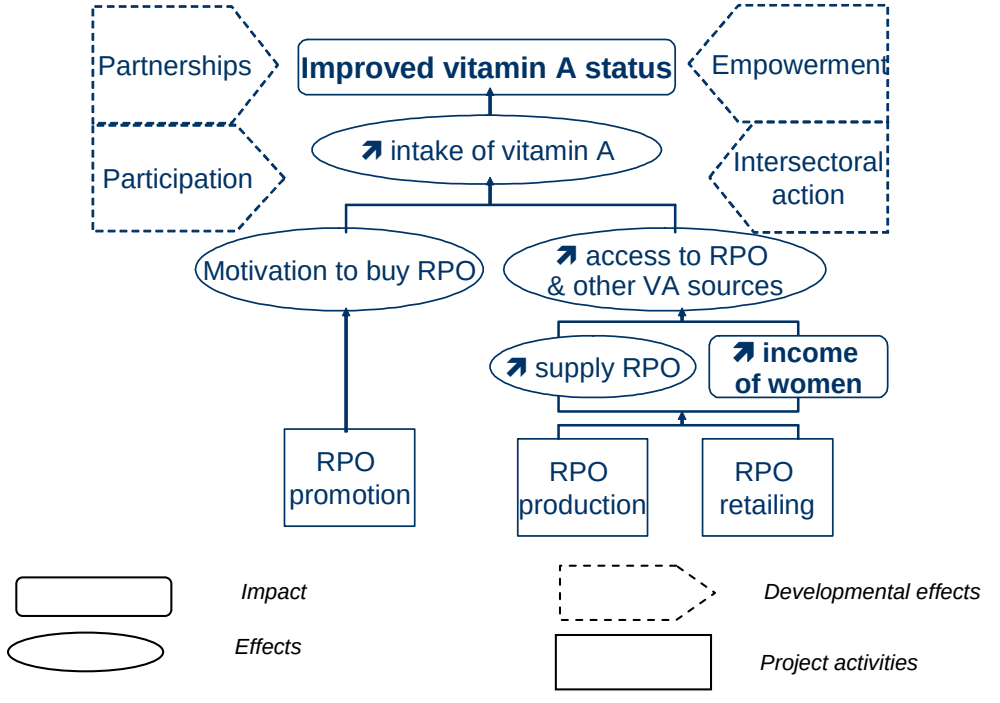


Figure 2: Evaluation scheme, food diversification project focusing on red palm oil, Burkina Faso.

Advocacy

The advocacy for micronutrient supplementation has been extremely effective and the development of tools for this purpose is much ahead with supplementation than with food diversification. Whereas food-based approaches are recognized as critical for long-term prevention of micronutrient malnutrition, they are still under-utilized in spite of growing evidence of efficacy and effectiveness, partly because they are poorly "sold" to decision makers[1]. Lack of support for this type of approach is indeed part of the problem, as our qualitative studies confirmed. Unless strongly and appropriately advocated, dietary approaches are unlikely to unfold and to take over from highly attractive supplementation schemes, particularly in the case of vitamin A, as should be done for sustainable control and prevention.

The PROFILES nutrition advocacy and policy development program has been successfully applied in several developing countries[51]. This computer software for nutrition analysis and advocacy, developed by AED (Academy for Educational Development), has been used to estimate the consequences of nutritional deficiencies, to estimate the cost-effectiveness of proposed nutrition programs, and to communicate the results to various audiences. It deals with malnutrition, low birthweights, breastfeeding, vitamin A deficiency, goitre, and iron-deficiency anaemia. The consequences that are projected are under-five mortality and morbidity, fertility, intelligence, blindness, school performance, health service costs, school costs, breastmilk volume and value, labour productivity, and livestock production. In Bangladesh, the aim was to make nutrition a national priority, and PROFILES helped gain funding for a large nutrition program. In the Philippines, PROFILES helped to promote the nutrition component of an early childhood development programme, and it is now used to strengthen national nutrition investment plans in eight Asian countries. In Ghana, the advocacy tool helped make nutrition a top priority in the new child survival strategy. Among the conditions for successful applications of PROFILES, it is stated that the models and projection data should be based on sound research.

The lack of data on the cost-effectiveness of food-based approaches other than fortification may be a limiting factor. Beyond nutrition-related outcomes, sustainability, coverage, and equity are other criteria which may be relevant in choosing the 'best' programme packages[52]. Appropriate advocacy also calls for a better understanding of decision-making processes relative to choice of intervention strategies, at the international and national level. At this time, a priority for advocating food-based approaches for micronutrients is to focus on international stakeholders, as it is observed that national programmes are strongly dependent upon strategies and resources at the international level.

CONCLUSION

Nutrition is at the interface of agriculture and health, and it has to become the "conscience" of agriculture. Finding solutions to malnutrition that encourage local agricultural production and methods of preserving food quality is indeed an interesting prospect[53], and we wholeheartedly concur with the idea of a food system paradigm whereby agriculture aims not only at productivity, but also improved health, livelihoods and well-being[54]. Gearing the agriculture sector towards nutrition remains a challenge, and the shifting emphasis of the nutrition community itself towards micronutrient supplementation does not make it simpler. The micronutrient focus could permeate the whole food system, thereby contributing to a more sustainable approach than micronutrient supplementation alone. Nutritionists should be the link between health

and agriculture towards this aim. *"The agriculture and nutrition communities are missing opportunities to more effectively reduce poverty, hunger and malnutrition by failing to combine scarce resources, to act together, and to adequately incorporate gender analysis throughout their work"*[b].

REFERENCES

1. Delisle H, Zagré N, Bakari S, Codjia P, Zendong R. Des solutions alimentaires à la carence en vitamine A. Food Nutr Agric 2003;32:40-9.
2. Dawe D, Robertson R, Unnevehr L. Golden rice: what role could it play in alleviation of vitamin A deficiency? Food Policy 2002;27:519-40.
3. Shrimpton R, Schultink W. Can supplements help meet the micronutrient needs of the developing world? Proc Nut Soc 2002;61:223-9.
4. Amoaful EF. Planning a national food-based strategy for sustainable control of vitmin A deficiency in Ghana: steps toward transition from supplementation. Food Nutr Bull 2001;22:361-5.
5. Fall CHD, Yajnik CS, Rao S, et al. Micronutrients and fetal growth. J Nutr 2003;133:1747S-56S.
6. Fawzi WW, Herrera MG, Willett WC, et al. Dietary vitamin A intake and the incidence of diarrhea and respiratory infection among Sudanese children. J Nutr 1995;125:1211-21.
7. Wieringa FT, Dijkhuizen MA, West CE, et al. Redistribution of vitamin A after iron supplementation in Indonesian infants. Am J Clin Nutr 2003;77:651-7.
8. Fawzi WW, Mbise R, Spiegelman D, et al. Vitamin A supplements and diarrheal and respiratory tract infections among children in Dar es Salaam, Tanzania. J Pediatr 2000;137:660-7.
9. West KP Jr, Katz J, Khatry SK, et al. Double-blind, cluster randomized trial of low dose supplementation with vitamin A or beta carotene on mortality related to pregnancy in Nepal. The NNIP2-Study Group. BMJ 1999;318:570-5.
10. Christian P, Khatry SK, Katz J, et al. Effects of alternative maternal micronutrient supplements on low birth weight in rural Nepal: double blind randomized community trial. BMJ 2003;326:1-6.
11. Ramakrishnan U, Gonzalez-Cassio T, Neufeld LM, Rivera J, Martorell R. Multiple micronutrient supplementation during pregnancy does not lead to greater infant birth size than does iron-only supplementation: a randomised controlled trial in semirural community in Mexico. Am J Clin Nutr 2003;77:720-5.
12. Rao S, Yajnik CS, Kanade A, et al. Intake of micronutrient-rich foods in rural Indian mothers is associated with the size of their babies at birth: Pune Maternal Nutrition Study. J Nutr 2001;131:1217-24.
13. Fawzi WW, Msamanga GI, Spiegelman D, et al. Randomised trial of effects of vitamin supplements on pregnancy outcomes and T cell counts in HIV-1-infected pregnant women in Tanzania. Lancet 1998;351:1477-82.

[b] *ICRW Information Bulletin September 2002.*

14. Pollitt E, Jahari A, Husaini M, Kariger P, Saco-Pollitt C. Development trajectories of poorly nourished toddlers that received a micronutrient supplement with and without energy. J Nutr 2002;132:2617-25.

15. Hennekens CH, Buring JE, Manson JE, et al. Lack of effect of long-term supplementation with beta-carotene on the incidence of malignant neoplasm and cardiovascular disease. N Engl J Med 1996;334:1145-9.

16. ATBC [The Alpha-Tocopherol, Beta Carotene Cancer Prevention Study Group]. The effect of vitamin E and beta-carotene on the incidence of lung cancer and other cancers in male smokers. N Engl J Med 1994;300:1029-35.

17. Omenn GS, Goodman GE, Thornquist MD, et al. N Engl J Med 1996;334:1150-5.

18. Blot WJ, Li JY, Taylor PR, et al. Nutrition intervention trials in Linxian, China: Supplementation with specific vitamin/mineral combinations, cancer incidence, and disease-specific mortality in the general population. J Natl Cancer Inst 1993;85:1483-92.

19. Underwood BA. Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: an introduction and overview. Food Nutr Bull 2000b;21:117-23.

20. Allen LH. Interventions for micronutrient deficiency control in developing countries: past, present and future. J Nutr 2003;133:3875S-3878S.

21. Zagre NM, Tarini A. L'huile de palme rouge: au-delà de la vitamine A, des antioxydants. Med Nutr 2001;37:53-8.

22. Tarwadi K, Vaishali A. Potential of commonly consumed green leafy vegetables for their antioxidant capacity and its linkage with the micronutrient profile. Int J Food Sci Nutri 2003;54(6):417-25.

23. Parlato M, Seidel R. Introduction. In: Seidel RE, ed. Strategies for promoting vitamin A production, consumption, and supplementation. Washington, DC: AED/USAID, 1996:1-5.

24. Gittelsohn J, Shankar AV, West KP, et al. Child feeding and care behaviours are associated with xerophthalmia in rural Nepalese households. Soc Sci Med 1998;47:477-86.

25. Parlato M, Gottert P. Promoting vitamin A in rural Niger: Strategies for adverse conditions. In: Seidel RE, ed. Strategies for promoting vitamin A production, consumption, and supplementation. Washington, DC: AED/USAID, 1996:7-25.

26. de Pee S, West CE, Permaesih D, Martuti S, Muhilal, Hautvast JG. Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and β-carotene in schoolchildren in Indonesia. Am J Clin Nutr 1998a;68:1058-67.

27. Zagré NM, Delisle H, Delpeuch F. L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:337-348.

28. Hedrén E, Mulokozi G, Svanberg U. In vitro accessibility of carotenes from green leafy vegetables cooked with sunflower oil or red palm oil. Int J Food Sci Nutr 2002;53:445-53.

29. Burri BJ. The formation of vitamin A from β-carotene: good, bad, and variable. Sight & Life Newsletter 2/2001:3-5.

30. National Academy of Sciences (NAS). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medecine, 2001:650.

31. Bulux J, Quan de Serrano J, Lopez CY, Perez R, Rivera C, Solomons NW. Studies on the bioconversion of β-carotene to active vitamin A in underprivileged Guatemalan children. J Nutr Biochem 1997;8:623-8.

32. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Solon MA, et al. Bioconversion of plant carotenoids to vitamin A in Filipino school-aged children varies inversely with vitamin A status. Am J Clin Nutr 2000;72:455-65.

33. Parvin SG, Sivakumar B. Nutritional status affects intestinal carotene cleavage activity and carotene conversion to vitamin A in rats. J Nutr 2000;130:573-7.

34. Levin CE, Long J, Simler KR, Johnson-Welch C. Cultivating nutrition: a survey of viewpoints on integrating agriculture and nutrition. Washington: IFPRI, FCNDP 154, 2003.

35. Ruel MT, Levin CE. Assessing the potential for food-based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: A review of recent evidence. Washington, DC: IFPRI, 2000:70.

36. Zagre NM, Delisle H, Tarini A, Delpeuch F. Evolution des apports en VA à la suite de la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cah Santé 2002;12:38-44.

37. Johnson-Welch C. Focusing on women works: Research on improving micronutrient status through food-based interventions. Synthesis Paper. USA: International Centre for Research on Women, 1999:31.

38. Marsh R. Building on traditional gardening to improve household food security. Food Nutr Agric 1998;22:4-13.

39. Talukder A, Kiess L, Huq N, de Pee S, et al. Increasing the production and consumption of vitamin A-rich fruits and vegetables: Lessons learned in taking the Bangladesh homestead gardening programme to a national scale. Food Nutr Bull 2000;21:165-72.

40. Haddad L. A conceptual framework for assessing agriculture-nutrition linkages. Food Nutr Bull 2000;21:367-73.

41. Ali M, Tsou SCS. The integrated research approach of the Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) to enhance micronutrient availability. Food Nutr Bull 2000;21:472-81.

42. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, et al. Nutritional composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. Int J Food Sci Nutr 1996;47:455-68.

43. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles du Niger. Cah Agric, 1997;6:553-60.

44. Rodriguez-Amaya DB. Enhancing the carotenoid levels of foods through agriculture and food technology. FoodAfrica, Internet Forum 31 March – 11 April 2003, Food Nutrition and Health Theme. Internet: http://foodafrica.nri.org.

45. Kuhnlein HV. Finding food sources of vitamin A and provitamin A. Food Nutr Bull 2000;21:130-4.

46. Reardon T, Berdegué JA. The rapid rise of supermarkets in Latin America: challenges and opportunities for development. Dev Policy Rev 2002;20:371-88.

47. Delisle H, Zagré N, Ouedraogo V, Tarini A. Marketing of red palm oil for vitamin A in Burkina Faso: A pilot project involving women's groups. Food Nutr Bull 2000;22:388-94.

48. Trèche S, den Hartog AP, Nout RMJ, Traoré A. Les petites industries agroalimentaires en Afrique de l'Ouest: situation actuelle et prospectives pour une alimentation saine. Cah Agr 2002;11:343-8.

49. Allen L, Gillespie S. What works? a review of the efficacy and effectiveness of nutrition interventions. Geneva: WHO, ADB, 2001:123.

50. Gibson RS, Hotz C, Temple L, Yeudall F, et al. Dietary strategies to combat deficiencies of iron, zinc, and vitamin A in developing countries: Development, implementation, monitoring, evaluation. Food Nutr Bull 2000;21:219-31.

51. Burkhalter BR, Abel E, Aguayo V, et al. Nutrition advocacy and national development: the PROFILES programme and ist application. Bull WHO 1999;77:407-15.

52. Phillips M, Sanghvi T, Suarez R, McKigney J, Fiedler J. The costs and effectiveness of three vitamin A interventions in Guatemala. Soc Sci Med 1996;42:1661-8.

53. Gopalan C. Prevention of micronutrient malnutrition. NFI Bull 2001;4:1-7.

54. Welch RM, Graham RD. A new paradigm for world agriculture: productive, sustainable, nutritious, healthful food systems. Food Nutr Bull 2000;21:361-6.

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Dietary diversity and growth: an analysis of recent demographic and health surveys

Ruel* Marie T, Arimond Mary

International Food Policy Research Institute (IFPRI) - 20006-1002 - Washington, DC, USA

*Corresponding author: *m.ruel@cgiar.org*

- Abstract -

Dietary diversity is undoubtedly a key component of healthy diets. There is still, however, a large number of unanswered questions regarding what dietary diversity really represents, and about the nature of the relationships between diversity, nutrient adequacy, and outcomes such as child growth. This manuscript first summarizes available evidence from developing countries concerning these associations. Second, it uses data from eleven recent Demographic and Health Surveys (DHS) to determine whether simple food group dietary diversity indicators derived from these data are meaningfully associated with height-for-age z-scores (HAZ) among children 6-23 months of age, at the population level, and across a range of countries with varying levels of dietary diversity. Both our review of existing literature and our new analysis of DHS data confirm that dietary diversity is generally associated with child nutritional status across a range of countries and populations with varying dietary patterns. Our analysis also shows that the magnitude and strength of the association between diversity and growth varies according to a number of factors such as children's age, breastfeeding status, area of residence and socio-economic factors. The consistent patterns of associations between dietary diversity and child growth are observed in spite of the lack of uniformity in measurement tools, food groupings or reference periods, suggesting that the associations are quite robust. Dietary diversity indicators could be promising tools to assess the quality of the diet in young children and to monitor and evaluate program success. However, before they can be recommended for widespread use for these purposes, we recommend additional, rigorous research in the following three areas: 1) research to validate whether dietary diversity is an accurate indicator of nutrient adequacy; 2) continued research on the association between dietary diversity and child growth with improving methods to control for socio-economic factors; and 3) research to improve and harmonize measurement approaches and indicators of dietary diversity.

Key words: dietary diversity – growth – infants – young children.

- Résumé -

L'importance d'un régime alimentaire varié pour la croissance des enfants: résultats d'une analyse de onze enquêtes démographiques et de santé récentes

Un régime alimentaire varié est sans aucun doute un élément important d'une alimentation saine. Cependant, plusieurs questions demeurent sans réponse au sujet de ce qui constitue un régime alimentaire varié, ainsi que sur la nature des relations entre la variété de l'alimentation, les besoins quotidiens en nutriments et les conséquences sur la santé, notamment sur la croissance des enfants. Ce document passe d'abord en revue l'évidence provenant d'études de recherche dans des pays en développement concernant ces relations. Deuxièmement, il utilise les données de onze enquêtes démographiques et de santé (EDS) récentes pour déterminer si les indicateurs simples de variété de l'alimentation sont associés de manière significative avec l'état nutritionnel (taille pour âge) des enfants de 6-23 mois au niveau des populations et dans un vaste échantillon de pays ayant des modèles alimentaires variés. L'indicateur de variété alimentaire utilisé est construit à partir des questions posées à la mère concernant la consommation de divers groupes d'aliments par l'enfant au moins trois fois au cours de la semaine précédente. Autant la revue de littérature que notre analyse des données des EDS confirme que la variété du régime alimentaire est généralement associée à un meilleur état nutritionnel des enfants dans la majorité des populations étudiées. Notre analyse démontre également que l'amplitude et la force de la relation entre la variété alimentaire et l'état nutritionnel des enfants varient en fonction de plusieurs facteurs dont l'âge des enfants, l'allaitement maternel, la zone de résidence et la situation socioéconomique. Le fait que la relation entre la variété de l'alimentation et l'état nutritionnel des enfants soit observée dans la plupart des environnements étudiés, malgré le manque d'uniformité au niveau des outils de mesure, des regroupements d'aliments et des périodes de référence utilisés, permet de supposer que cette relation est particulièrement robuste. Les indicateurs de variété du régime alimentaire sont donc des outils prometteurs pour évaluer la qualité de l'alimentation des jeunes enfants, ainsi que pour contrôler et évaluer le succès des programmes d'intervention visant à améliorer la qualité de la diète des jeunes enfants. Néanmoins, avant de les recommander pour une utilisation généralisée dans les cadres indiqués ci-dessus, nous recommandons que d'autres recherches rigoureuses soient effectuées dans les trois domaines suivants : 1) une recherche pour valider si la variété du régime alimentaire est un bon indicateur de l'apport en nutriments des enfants; 2) la poursuite de la recherche sur la relation entre la variété du régime alimentaire et la croissance des enfants avec des méthodes de contrôle des facteurs socioéconomiques encore plus rigoureuses; 3) une recherche pour améliorer et harmoniser les approches de mesure et les indicateurs de variété du régime alimentaire.

Mots-clés: diversité alimentaire – croissance – nourrissons – jeunes enfants.

INTRODUCTION

Diversity in the diet has long been recognized as key to ensuring that individuals meet their requirements for essential nutrients. Lack of diversity is a particularly severe problem among poor populations from the developing world because their diets are predominantly based on starchy staples and often include little or no animal products and few fresh fruits and vegetables. For vulnerable infants and young children, the problem is particularly critical because they need energy- and nutrient-dense foods to grow and develop. For these reasons, the importance of dietary diversity is advocated in the recently updated guidance for complementary feeding of infants and young children[1]. However, while there is consensus that dietary diversity is good, there is still a large number of unanswered questions regarding what dietary diversity really represents and about the nature of the relationship between diversity, nutrient adequacy, and outcomes such as child growth.

This manuscript has two main objectives. First, it briefly summarizes existing knowledge regarding dietary diversity, nutrient adequacy and child growth in developing countries. Second, it uses data from eleven recent Demographic and Health Surveys (DHS) to determine whether simple dietary diversity indicators derived from DHS data are meaningfully associated with height-for-age among young children at the population level, across a range of countries with varying levels of dietary diversity. Our focus is on dietary diversity and young children (6-23 months) during the complementary feeding period. In poor countries, this is the period of greatest vulnerability to infectious diseases and poor growth, which are largely due to environmental contamination and inadequate diets during the period of transition from breastfeeding to family diet.

SUMMARY OF EVIDENCE REGARDING THE RELATIONSHIP BETWEEN DIETARY DIVERSITY, NUTRIENT ADEQUACY AND GROWTH

This section provides a brief summary of studies that have tested the association between dietary diversity and nutrient adequacy or intake at the individual level, and of studies that have looked at associations between dietary diversity and child nutritional status (see Ruel et al.[2] for a more extensive review of the literature). Although these latter studies do not specifically validate dietary diversity indicators, they are useful to examine the degree of association between changes in the dietary diversity indicator and the ultimate outcome of interest—child nutrition.

Association between dietary diversity and nutrient intake or adequacy

Only two studies in developing countries have specifically validated dietary diversity against nutrient adequacy. The first one was carried out in Mali with a sample of under-five children[3], and the second one was conducted in Viet Nam using a sample of adult women[4]. Both studies used two types of diversity scores: one based on a simple count of number of foods (food variety score (FVS)) and one based on food groups (dietary diversity score (DDS)). The Mali study used 8 food groups, whereas the Viet Nam study used 12 groups. In Mali, the dietary diversity indicators were computed from quantitative dietary assessments using direct weighing for two–three days, and in Viet Nam, the dietary diversity indicators were derived from a 7-day food frequency instrument including 120 foods. In both studies nutrient adequacy was measured using the nutrient adequacy ratio (NAR) /mean adequacy ratio (MAR) method[5,6,7]. This approach consists of: 1) deriving NARs, defined as the ration of intake of a particular nutrient to its recommended dietary allowance (RDA) for each

nutrient of interest; and 2) computing an MAR – or the average of the NARs, by summing the NARs and dividing by the number of nutrients.[a]

The Mali study documents a significant association between nutrient adequacy (MAR) and both measures of dietary diversity: the correlation coefficients between nutrient adequacy and FVS and DDS were 0.33 and 0.39, respectively. Both indicators were also associated with a greater percentage of energy from fat and a higher density of vitamin C and vitamin A in the diet (expressed in terms of percentage of energy).

The findings from the Viet Nam study also confirm a positive association between the two measures of diversity and intake of energy and a variety of nutrients. Women in the highest tercile of FVS—those who had consumed 21 or more different foods in 7 days—had a significantly higher intake of most nutrients studied than those from the lowest tercile—who had consumed 15 or fewer foods. Similarly, women with a food group diversity greater or equal to eight (out of a maximum of 12 groups) had significantly higher nutrient adequacy ratios for energy, protein, niacin, vitamin C, and zinc than women with lower food group diversity. The micronutrient density of the diet among the higher diversity group was also greater for vitamin C and A and for riboflavin, but only in one of the two regions studied.

A study among young Guatemalan infants used the number of complementary foods consumed over a 12-hour period to create dietary diversity terciles[8]. Children in the upper tercile of dietary diversity consumed higher amounts of energy, protein, fat and all the vitamins and minerals examined. There was, however, no difference in nutrient density (as percentage of energy) between diversity tercile groups for any of the nutrients studied. Thus, in this sample, increased dietary diversity was associated with greater intake of energy and nutrients, but not with a greater nutrient density of the diet.

Two other studies that have looked at the association between diversity measures and nutrient intakes in children confirm the positive association between dietary diversity and intake of a variety of nutrients[9,10].

This brief overview of developing country research confirms the consistent pattern of a positive association between diversity measures and nutrient adequacy previously documented in developed countries[11]. In most studies, greater dietary diversity was associated with an increase in energy, fat, protein, carbohydrates and a number of vitamins and minerals. The studies that have looked at the nutrient density of the diet, however, show inconsistent results: some find no increase in nutrient density with higher dietary diversity, whereas others find increased density, at least for some nutrients. Thus, it appears that the specific nature of the association between dietary diversity and nutrient density varies between contexts and possibly between age groups. Because dietary diversity is usually associated with greater food intake and at least no reduction in nutrient density, greater diversity usually results in diets of higher absolute levels of energy and nutrients.

Association between dietary diversity and child nutritional status and growth

Several studies from developing countries have looked at the association between some measure of dietary diversity and child nutrition outcomes. The Mali study described above documents a strong association between dietary diversity and children's growth among children aged 6-59 months[12]; in urban areas, lower food variety (FVS) or dietary diversity scores (DDS) were associated with twice the risk of

[a] *With this method, each NAR is usually truncated at 10 percent of the RDAs to avoid high consumption levels of some nutrients compensating for low levels of others in the resulting MAR.*

being stunted or underweight, controlling for socioeconomic factors.[b] No association between diversity and growth was found in rural areas, however.

Similarly, in Kenya, diversity measured as the number of individual foods consumed in 24 hours (average of 3, 24-hour recalls) was significantly associated with five nutritional status indicators (HAZ, WAZ, WHZ, triceps skinfolds, and mid-upper arm circumference) among 12–36 month old children[9]. In this age group, diverse diets appeared to be more strongly related to nutritional status among children who were no longer breastfed. Among the non-breastfed group, the height-for-age of children with dietary diversity greater than five was 0.9 Z-scores higher than the HAZ of children with lower dietary diversity scores. The size of the difference between diversity groups among children who were still breastfed was only 0.2 Z-scores. This finding highlights the importance of diversity in complementary foods, especially among children who are no longer breastfed and therefore are entirely dependent on complementary foods for their nutrient intakes.

In rural Haiti, greater dietary diversity among children 18-47 months was associated with better nutritional status (HAZ), after controlling for several household, maternal and child characteristics, including household socioeconomic factors[14].Finally, in Guatemala, Brown and collaborators show a positive, but not statistically significant, association between dietary diversity and nutritional status[15]. Note, however, that this study included young infants within a narrow age range (9-11 months), whereas all other studies reported above used wider age ranges and generally older children.

Thus, in spite of the variety in measurement approaches and population groups, the results highlight a generally positive association between dietary diversity and growth in young children. One weakness of most studies, however, is the lack of appropriate control for socioeconomic factors. Failure to carefully control for socioeconomic factors may result in a spurious association between dietary diversity and child nutrition, because dietary diversity is known to be strongly associated with socioeconomic factors[16,17]. The specific role of dietary diversity relative to other socioeconomic factors needs to be elucidated in future research. This will require applying suitable statistical methods to accurately measure and control for socioeconomic factors in analyses of the association between dietary diversity and child outcomes.

The following sections describe our analysis of DHS data sets, which aimed at addressing some of these issues in testing the association between dietary diversity and child nutritional status in 11 countries.

METHODS

Data sets and samples used

Data from the most recent nationally representative Demographic and Health Surveys (DHS) from 11 countries were used.[c] The data sets were selected based on the three

[b] *Although the authors did control for socioeconomic factors in their analysis, we have doubts about the validity of the indicator used to reflect household socioeconomic status. Our main concern is that the indicator was based on a series of household assets, many of which were agricultural tools that may have been irrelevant to socioeconomic status in urban areas. It is well recognized that socioeconomic status indicators for urban and rural areas should be created separately (and probably based on a different set of variables) because the characteristics that define wealth in urban and rural areas are expected to be different[13].*

[c] *The DHS program is funded by the U.S. Agency for International Development (USAID) and administered by ORC Macro. Summary statistics, country reports, and datasets are all available at www.measuredhs.com.*

following criteria: 1) surveys from the most recent round (DHS+), which provides information on a larger number of liquids and food groups than previous rounds; 2) countries in Africa, South or Southeast Asia, or Latin America/Caribbean; and 3) food group recall questionnaire includes at least six of the seven food groups used to create the dietary diversity indicator (see below). Eleven data sets met these criteria (see table 1 for list of countries and sample sizes included in the analyses).

Variables

Dietary diversity

The dietary diversity indicator used in the analysis was created using the 7-day recall of foods/food groups available in the Measure DHS+ questionnaire. Mothers are asked whether or not the child consumed foods from a pre-determined list of food groups in the previous week and if so, how many *days* in the last week the child ate any item in the group. If the response for the last week is greater than zero, the mother is then asked how many *times* the child had an item in the group yesterday (during the day or at night).

For the purpose of the analysis, foods/food groups were regrouped into 7 groups and the 7-point dietary diversity index included the following groups[d]: 1) starchy staples (cereals, roots or tubers); 2) legumes; 3) dairy (milk other than breast milk, cheese or yogurt); 4) meat, poultry, fish or eggs; 5) Vitamin A-rich fruits and vegetables; 6) other fruits or vegetables (including fruit juices); 7) foods made with oil, fat or butter. Food groups that the child had consumed on 3 or more days in the previous week received a score of "1" and those that the child had consumed less than 3 times in the past week were scored "0"[e] (See[18] for more details on methodology used).

Terciles of dietary diversity were used to classify children into low, average and high diversity. The terciles were derived separately for each country, and were made age-specific within the following age ranges: 6-8 months, 9-11 months, 12-17 months and 18-23 months. The rationale for using age-specific terciles is that diversity increases rapidly with age. By using age-specific terciles, children are ranked as having low, average or high diversity compared to other children in their age range.

Proxy index for household wealth

Following the method developed by Filmer and Prichett (1998) and adapted for use with the DHS surveys by Gwatkin and colleagues 2000, we used principal components analysis as a data reduction tool to combine a large number of variables into a household-level wealth index[19]. The types of variables used included ownership of productive and domestic assets, availability of electricity, types of water and sanitation services, construction material for the house, main type of fuel used and crowding (number of household members per sleeping room)[f]. The index was derived separately for each country and for urban and rural areas within each country. Urban- and rural-specific terciles were then derived to classify households into low, average and high wealth index.

[d] *Ten of the eleven countries included all seven food groups. In Zimbabwe, the food group list did not include foods made with fats and oils, so Zimbabwe is excluded from analyses comparing levels of dietary diversity across countries.*

[e] *In Haiti, the 24-hour food/food group recall was used because the 7-day recall was not recorded in this survey.*

[f] *The variables used differed slightly between countries, depending on the information available.*

Maternal and child anthropometry

Height-for-age Z-scores (HAZ) were used as an indicator of nutritional status, and maternal height and body mass index (BMI) were used for maternal nutritional status. Data were cleaned using the "flexible criteria" recommended by WHO[20].

Analytical methods

Sample weights were used for all analyses and statistical testing was performed in Stata (version 7), which allows taking into account the cluster sample design of the surveys. Descriptive analyses are presented first, followed by bivariate analyses of the association between dietary diversity and child HAZ (differences between groups are tested using analysis of variance (ANOVA) and p values < 0.05 are considered statistically significant). Multivariate ordinary least squares (OLS) methods are then used to test whether the associations between dietary diversity and HAZ remains when controlling for several potentially confounding factors at the child (age, age squared, gender, breastfeeding status), maternal (height, BMI, education and use of prenatal care visits (a proxy for access to health care)), and household level (wealth index, urban/rural location, education of mother's partner, and number of children under five years). Least square means (adjusted for continuous variables in the model) were computed to assess the difference in HAZ by dietary diversity terciles. Two-way interactions between dietary diversity and several factors were also tested in the multivariate analyses because we hypothesized that the association between diversity and child growth might vary depending on certain child, maternal or household characteristics. Namely, we tested the two-way interactions between dietary diversity and the following plausible factors: child age, whether or not child was still breastfed, mother's education, urban/rural location and wealth index. Main effects and interactions were considered statistically significant at p-values < 0.05 and 0.20 respectively.

RESULTS

Sample characteristics

Socio-economic and demographic characteristics.

Table 1 presents key descriptive statistics for the survey households, mothers and children, by country and highlights some of the major differences between countries. In most countries, except Colombia and Peru, more than two thirds of the households live in rural areas. The proportion of female-headed households ranges from 11-22 percent in most countries, but is markedly higher in Zimbabwe (32 percent) and Haiti (37 percent). The proportion of households with piped water is lowest in Cambodia (4 percent) and Ethiopia (13 percent) and is well under 50 percent in all the other African and Asian countries. Access to sanitary facilities is extremely poor in Benin and Ethiopia as well as in the two Asian countries, but much higher in the other countries of the sample. In general, Colombia and Peru have more favorable household characteristics, while Ethiopia consistently ranks low.

The proportion of women with low BMI (< 18.5) ranges from 1%-11% in most countries, but is markedly higher in Ethiopia (26 percent) and both Asian countries (Cambodia with 20 percent and Nepal with 24 percent). At the other end of the spectrum, the highest rates of overweight and obesity (BMI ≥ 25) are found in the two Latin American countries (Colombia (38 percent) and Peru (42 percent)).

Table 1: Selected household and maternal characteristics, by country *(all households with children 6-23 months).*

Characteristics	Africa						Asia		Latin America / Caribbean		
	Benin 2001 (n=1312)	Ethiopia 2000 (n=2697)	Malawi 2000 (n=3228)	Mali 2001 (n=1136)	Rwanda 2000 (n=2110)	Zimbabwe 1999 (n=958)	Cambodia 2000 (n=2049)	Nepal 2001 (n=1809)	Colombia 2000 (n=1346)	Haiti 2000 (n=1758)	Peru 2000 (n=3662)
% rural	66	90	87	73	85	67	87	94	32	68	44
% female-headed	13	12	19	22	17	32	18	11	21	37	13
% with piped water	40	13	22	28	35	43	4	33	83	50	66
% with *no* sanitary facility	70	85	19	20	3	29	85	79	12	46	29
% with electricity	19	7	4	11	6	34	12	17	94	30	60
Maternal BMI mean (kg/m^2)	21.9	20.0	21.9	21.8	22.4	22.9	20.4	20.1	24.4	24.8	22.3
- % < 18.5	11	26	6	9	6	5	20	24	3	1	10
- % ≥ 25.0	13	3	10	13	15	20	4	3	38	42	19
Maternal education											
- % with none	71	81	31	82	32	6	32	73	3	7	38
- Some /all primary	20	14	61	11	57	43	53	14	39	38	47
- At least some 2º	9	5	8	6	11	51	15	13	58	55	15
% women with no antenatal visits for last pregnancy	9	74	5	46	6	6	54	50	9	13	20
% of women delive-ring at home	20	95	46	59	74	22	90	87	13	42	74

Maternal education and literacy varies widely between countries. In four countries, over 70 percent of women reported that they had never attended school (Benin, Ethiopia, Mali and Nepal), whereas this was reported by approximately one third of mothers in another set of four countries (Malawi, Rwanda, Cambodia, and Haiti). In the remaining countries (Zimbabwe, Colombia, and Peru) the proportion of women who had no schooling was less than 10 percent and in these same countries over 50 percent of the women surveyed had at least some secondary education. The proportion of women who reported not attending any prenatal visits is highest in Ethiopia with 74 percent, followed by Cambodia, Nepal and Mali, where approximately half of the women had not attended any prenatal visit.

Child anthropometry

Figures 1 and 2 illustrate the prevalence of stunting (HAZ < -2) and wasting (WHZ < -2) in each country. Prevalence of low HAZ is highest in Ethiopia and Malawi, and is notably lower in all three countries in the Latin America/Caribbean region. Prevalence of low WHZ is highest in Ethiopia, the West African countries (Benin and Mali) and in both Asian countries (Cambodia and Nepal), at 16-19 percent and very low (1 percent) in the two Latin American countries.

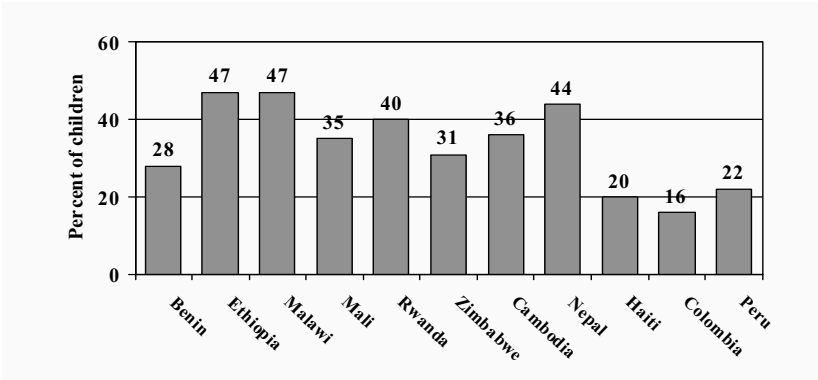


Figure 1: Prevalence of stunting *(height-for-age z-scores < - 2)* among children 6-23 months, by country *(DHS data sets).*

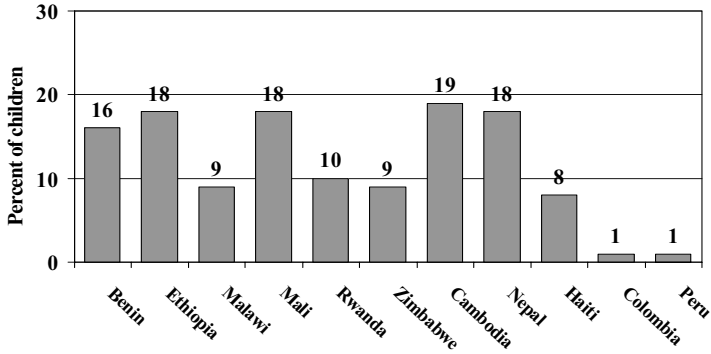


Figure 2: Prevalence of wasting *(Weight-for-height z-scores < - 2)* among children 6-23 months, by country *(DHS data sets)*

Child dietary diversity.

Descriptive data on dietary diversity are presented in table 2. Mean dietary diversity is lowest in Mali and Ethiopia and highest in Peru and Colombia. Overall, the pattern observed is relatively lower dietary diversity in Africa, intermediate diversity in the two Asian countries (Cambodia and Nepal), and higher diversity in the Latin American countries. The mean food group diversity for Haiti was 3.8, which ranks Haiti among the higher diversity countries, in spite of the fact that the indicator was computed from a 24-hour recall, as opposed to a 7-day recall, using the foods consumed on three or more days over the past week.

Similar patterns are observed when looking at the percentages of children with low, average or high dietary diversity in each country, using fixed cut-off points to define these three categories. A very high percentage of children from Mali and Ethiopia score in the lowest diversity group (having consumed only 0-2 food groups on 3 or more days in the previous week), whereas more than half of the children in the two Latin American countries (Colombia and Peru) scored in the highest diversity group (having consumed 5-7 food groups on 3+ days in the previous week).

Table 2: Average diversity of children aged 6-23 months (food groups eaten 3 or more days in the last week), by country.

	Mean diversity score (range 0-7)	% with low diversity (0-2 food groups)	% with average diversity (3-4 food groups)	% with high diversity (5-7 food groups)
Africa				
Benin	3.19	37.6	30.6	32.9
Ethiopia	2.17	61.1	32.7	6.1
Malawi	2.41	56.7	37.1	6.2
Mali	1.73	70.4	21.3	8.4
Rwanda	2.88	41.5	42.8	15.7
Zimbabwe[1]	3.07	38.2	43.8	18.0
Asia				
Cambodia	2.75	44.3	40.3	15.3
Nepal	2.75	43.1	45.3	11.7
Latin America/Caribbean				
Colombia	4.79	10.6	24.9	64.5
Haiti (24-h)[2]	(3.8)	(19)	(47)	(34)
Peru	4.53	12.8	29.2	57.9

[1] *The mean diversity score for Zimbabwe is on a scale of 0-6 because one food group was missing from the questionnaire;*
[2] *The scores for Haiti are not included because they are based on the 24-hour recall, as the 7-day recall was not available.*

Associations between child dietary diversity and nutritional status

Bivariate analyses.

Figures 3 and 4 present the bivariate associations between dietary diversity terciles and children's HAZ, by country and region. Significant bivariate associations between HAZ and dietary diversity terciles are found in nine of the eleven countries included in the analysis. Differences between extreme terciles in these nine countries range from 0.25 in Mali to 0.51 in Zimbabwe. The differences are generally in the expected direction, but in some cases are not linear.

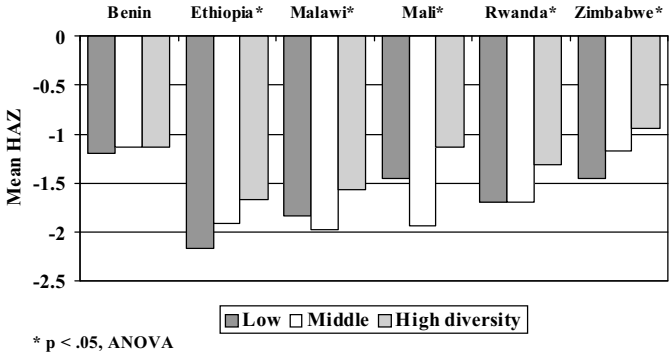


Figure 3: Mean HAZ by dietary diversity tercile in six African countries (children 6-23 months) (*DHS data sets).*

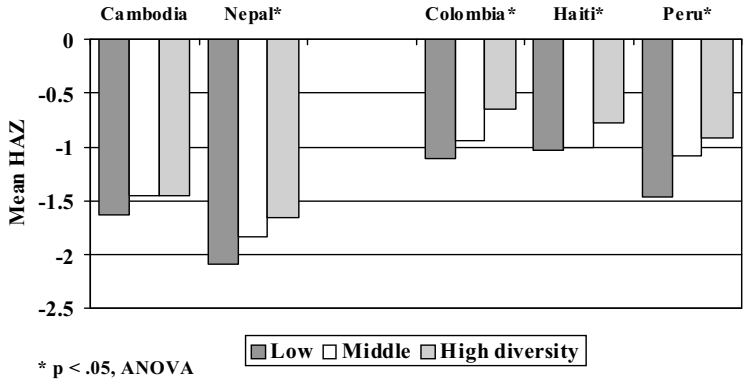


Figure 4:. Mean HAZ by diet diversity tercile in Asian and Latin American/Caribbean countries (children 6-23 months) *(DHS data sets)*.

Table 3: Summary of regression models: Significant main effects by country[1].

Characteristics	Africa						Asia		Latin America / Caribbean		
	Benin	Ethiopia	Malawi	Mali	Rwanda	Zimbabwe	Cambodia	Nepal	Colombia	Haiti	Peru
Child age	-	-	-	-	-	-		-	-		-
Child age squared	+	+	+		+			+	+		+
Sex of child[2]		-	-						-	-	
Maternal height	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Maternal BMI				+		+		+	+	+	
Maternal education											
Education of mother's partner								+			
Number of antenatal care visits					±[3]						
Urban or rural residence[4]			-	-	-		+	-			-
Asset index tercile		+	+		+			+		+	+
Still breastfed[5]	-	-	-								
Number of children < 5 years	-	-					-		-	-	-
Dietary diversity tercile		+			+	+	+	+			

[1] A "+" indicates a positive association, and a "-" indicates a negative association;
[2] A negative coefficient indicates a negative association for boys, as compared to girls;
[3] The coefficient for 1-3 visits was negative (as compared to 0 visits) while the coefficient for 4 or more visits was positive. Four or more visits are recommended by WHO for normal pregnancies (WHO, 1994);
[4] A negative coefficient indicates a negative association for rural areas, as compared to urban areas;
[5] A negative coefficient indicates a negative association with continued breastfeeding.

Multivariate analyses.

Dietary diversity remained statistically significant as a main effect in multivariate models that controlled for several potentially confounding factors in five of the countries studied (Ethiopia, Rwanda and Zimbabwe, Cambodia and Nepal) (table 3). In these countries, the size of the adjusted z-score differences between low and high diversity groups ranged from 0.40 in Nepal, to 0.53 in both Zimbabwe and Nepal. The associations found in bivariate analyses between dietary diversity and HAZ in Colombia, Peru, Malawi and Mali were no longer significant as main effects in multivariate analyses that controlled for child, maternal and household factors. However, when looking at two-way interactions (table 4), we found that dietary diversity interacted with selected characteristics in several countries, including 3 of the 4 countries where the main effect of dietary diversity was not statistically significant. Only Colombia showed no association between dietary diversity and HAZ, either as a main effect or in interaction with other factors. Thus, an association between dietary diversity and child HAZ was confirmed in 10 of the 11 countries studied, either as a main effect or in interaction with socio-demographic or biological factors.

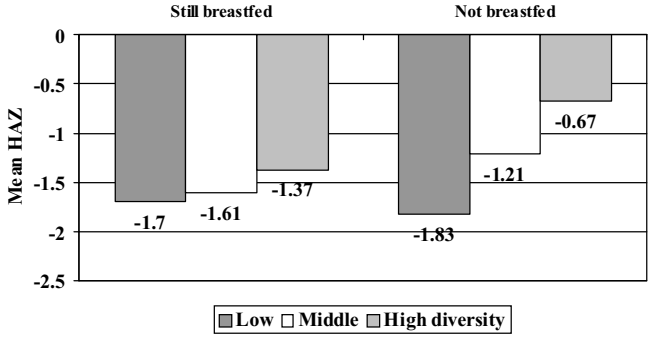
Table 4: Summary of regression models: Significant interactions[1] with dietary diversity, by country.

Characteristics	Africa						Asia		Latin America / Caribbean		
	Benin	Ethiopia	Malawi	Mali	Rwanda	Zimbabwe	Cambodia	Nepal	Colombia	Haiti	Peru
Age category of child			X		X					X	X
Mother's education			X								
Urban/rural location	X			X		X		X		X	
Asset index tercile	X						X				X
Still breastfed	X		X	X		X	X	X			

[1] *An "X" indicates a statistically significant interaction term between dietary diversity and this characteristic.*

The most common interactions found between dietary diversity and the characteristics studied, were with the age of the child, the urban/rural location of the household, and whether the child was still breastfed or not. The existence of statistically significant interactions means that dietary diversity is more important for child HAZ among some subgroups of the population. For example, in four of the six countries where dietary diversity interacted with the child's breastfeeding status (Benin, Mali, Cambodia and Nepal, Malawi), the findings showed that dietary diversity was more strongly associated with HAZ among children who were no longer breastfed (see figure 5 for example from Cambodia). These results confirm findings from previous studies, which documented that dietary diversity and/or intake of animal source foods were more important for growth among children who no longer received breast milk[9,21]. The direction of the interactive effects between dietary diversity and other factors, however, was not fully consistent across countries. For instance, in Zimbabwe, where an interaction between diversity and breastfeeding status was also observed, differences in HAZ between diversity groups were larger among children who were

breastfed[9]. Similarly, in some countries dietary diversity was more strongly associated with HAZ in younger children, whereas in other countries, the association was stronger among older children.



[a]Means were adjusted for child age, age squared, maternal height and BMI, partner's years of schooling, the household's asset score, and the number of children under five years of age in the household;
** p < .05, test of significance of interaction.*

Figure 5: Cambodia: Interaction between breastfeeding status and dietary diversity *(DHS+ 2000[a]).*

DISCUSSION

Both our review of existing literature and our new analysis of DHS data confirm that dietary diversity is generally associated with child nutritional status across a range of countries and populations with varying dietary patterns. Our analysis showed that the magnitude and strength of the association between diversity and growth varies according to a number of factors such as children's age, breastfeeding status, area of residence and socio-economic factors. No consistent pattern emerges across countries, however, with respect to the direction of these effects, or in identifying specific subgroups where the association between diversity and child nutrition is stronger. While diversity seemed more strongly associated with child HAZ among older children in more than half of the countries analysed, there were still several countries in which the association was stronger among younger children. The same was true for urban/rural differences, which did not show any systematic patterns between countries. A clearer pattern emerges with respect to breastfeeding status, however, and a stronger association between diversity and growth was found among non breastfed, compared to breastfed children, in 4 of the 6 countries where this interaction was significant. Similar findings were also documented previously in Kenya[9] and Peru[21].

It is worth noting that overall, the consistent pattern of an associations between dietary diversity and child growth has been observed in spite of the lack of uniformity in measurement tools, food groupings or reference periods used to assess dietary diversity. Thus, it appears that the association between diversity and child nutrition is quite robust.

[9] *It is important to note that in some countries (Benin, Mali and Nepal in particular), there were few non-breastfed children in the lowest diversity group, and therefore these findings must be viewed more cautiously.*

Information regarding potential mechanisms by which dietary diversity affects growth, however, remains scant. There is some evidence from the literature that dietary diversity is associated with an increased likelihood of meeting nutrient requirements. The mechanism seems to be more through an increase in food intake, which results in increased energy and other nutrients, rather than through an increase in nutrient density of the diet. Few studies examined these aspects, however, and more research is needed to determine whether dietary diversity is mainly associated with increase in quantity (food/energy intake), or quality (greater nutrient density of the diet), or a combination of both. These questions have important programmatic implications because they will help determine which aspects of dietary improvements are likely to have a greater impact on children's nutrition. An additional and related question that needs to be addressed in future research is whether increased dietary diversity is associated with greater bioavailability of key micronutrients such as vitamin A, iron and zinc, which could occur through higher intakes of animal source foods, for instance. This aspect was not examined in any of the studies reviewed and the DHS surveys do not have the necessary information to examine this issue.

Another aspect that complicates interpretation of the association between dietary diversity and growth is the fact that both are strongly associated with household socio-economic factors. Families with greater income tend to have more diverse diets, and they also have better nourished children due to a combination of more favourable economic and environmental conditions. Household socio-economic status (proxied by a wealth index in our analyses) was associated with HAZ in five of the DHS countries studied. Household dietary diversity was also found to be associated with income and food security in a previous multi-country analysis of data from 11 countries[16]. The Mali study included in our review of the literature also documented an association between household level dietary diversity and socio-economic status[12]. Thus, the link between dietary diversity and socio-economic factors is well established. A key question that is yet to be answered is whether dietary diversity is associated with better child nutrition because if accurately reflects nutrient adequacy, or whether the association is found because dietary diversity is a good proxy for household socio-economic status, or some elements of both. Again, this question is key to enhancing our understanding of the potential of dietary diversity indicators for programmatic purposes. If dietary diversity is merely a proxy for socio-economic status, efforts to improve the quality of diets without improvements in socio-economic conditions may be fruitless.

Our analysis of the DHS data sets attempted to control for socio-economic factors while testing the association between dietary diversity and child growth. Many of the studies described in the review of the literature had not done so and thus, our analysis was a step forward in terms of trying to disentangle the individual effects of diversity and socio-economic factors on child growth. The findings suggest that in most countries the association between diversity and growth remains when these factors are controlled for in multivariate analyses. However, the DHS have limited data on socio-economic factors, and the methodology developed by Gwatkin and colleagues (2000) to derive a wealth index using these data sets needs to be strengthened and better adapted to individual countries. The wealth indices derived using this methodology in our analysis explained too little of the variability in the variables included in the models to feel confident that conclusive control for socio-economic factors was achieved. We are currently conducting follow-up analyses of the data using a more country-specific approach to derive the socio-economic index to control more effectively for these factors in the analysis and to confirm that the results still hold[18].

Overall this study confirms the potential usefulness of dietary diversity indicators to assess dietary quality in young children and to monitor and evaluate program success in improving complementary feeding of young children. Clearly, the main rationale for the pursued interest in dietary diversity indicators is their simplicity relative to other dietary assessment methods. Before these indicators can be recommended for widespread use, however, additional research to confirm that diversity is meaningfully associated with nutrient adequacy in different population groups and in countries with varying dietary patterns, is essential. Current information on the interrelationships between dietary diversity, nutrient adequacy and growth is suggestive of an important association, but as emphasized throughout this document, additional research is needed to confirm that the associations are not due mostly to socio-economic factors.

In summary, research using several data sets from a number of countries confirms that dietary diversity is strongly associated with HAZ in bivariate associations. In our analysis of DHS data sets from 11 countries, the association remained while controlling for a number of potentially confounding factors, either as a main effect or in interaction with some of the biological or socio-economic factors included in the models. While these findings appear robust, additional research is needed to determine whether the association between diversity and growth operates mainly through improved dietary quality (nutrient adequacy) or whether it is due to the fact that diversity is a particularly good proxy for household socio-economic status. If research does establish that indicators of dietary diversity are good predictors of nutrient adequacy, these indicators could become invaluable tools to assess dietary quality (as it relates to nutrient deficiencies) and to monitor and evaluate progress aimed at improving diet quality. Additional research will also be needed, however, to address a number of methodological aspects related to the construction of dietary diversity indicators and to try to harmonize measurement tools and indicators for universal use.

REFERENCES

1. PAHO/WHO. Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child. Washington, DC: Pan American Health Organization/World Health Organization, 2003.
2. Ruel MT. Operationalizing dietary diversity: a review of measurement issues and research priorities. J Nutr 2003;133:3911S-26S.
3. Hatloy A, Torheim LE, Oshaug A. Food variety -- a good indicator of nutritional adequacy of the diet? A case study from an urban area in Mali, West Africa. Eur J Clin Nutr 1998;52:891-8.
4. Ogle BM, Hung PH, Tuyet HT. Significance of wild vegetables in micronutrient intakes of women in Vietnam: an analysis of food variety. Asia Pac J Clin Nutr 2001;10:21-30.
5. Guthrie H, Scheer J. Validity of a dietary score for assessing nutrient adequacy. J Am Diet Assoc 1981;78:240-5.
6. Krebs-Smith S, Smiciklas-Wright H, Guthrie H, Krebs-Smith J. The effects of variety in food choices on dietary quality. J Am Diet Assoc 1987;87:897-903.
7. Schuette L, Song W, Hoerr S. Quantitative use of the Food Guide Pyramid to evaluate dietary intake of college students. J Am Diet Assoc 1996;96:453-7.

8. Brown KH, Peerson JM, Kimmons JE, Hotz C. Options for achieving adequate intake from home-prepared complementary foods in low income countries. In: Black RE, Fleischer Michaelsen K, eds. Public health issues in infant and child nutrition. Philadelphia, PA: Nestec Ltd. / Lippincott Williams & Wilkins, 2002.

9. Onyango A, Koski KG, Tucker KL. Food diversity versus breastfeeding choice in determining anthropometric status in rural Kenyan toddlers. Int J Epidemiol 1998;27:484-9.

10. Tarini A, Bakari S, Delisle H. The overall nutritional quality of the diet is reflected in the growth of Nigerian children. Sante 1999;9:23-31.

11. Kant A. Indexes of overall diet quality: a review. J Am Diet Assoc 1996;96:785-91.

12. Hatloy A, Halland J, Diarra M, Oshaug A. Food variety, socioeconomic status and nutritional status in urban and rural areas in Koutiala (Mali). Public Health Nutr 2000;3:57-65.

13. Ruel MT, Menon P. Child feeding practices are associated with child nutritional status in Latin America: innovative uses of the Demographic and Health Surveys. J Nutr 2002;132:1180-7.

14. Ruel MT, Menon P, Arimond M, Frongillo E. Food insecurity: an overwhelming constraint for child dietary diversity and growth in Haiti (abstract # 104.3). Faseb J 2004;18:A106.

15. Brown KH, Peerson JM, Allen LH. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr 2002;75:1062-71.

16. Hoddinott J, Yohannes Y. Dietary diversity as a food security indicator. Food Consumption and Nutrition Division Discussion Paper No. 136. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2002.

17. Hatloy A, Halland J, Diarra M, Oshaug A. Food variety, socioeconomic status and nutritional status in urban and rural areas in Koutiala (Mali). Public Health Nutr 2000;3:57-65.

18. Arimond M, Ruel M. Dietary Diversity is Associated with Child Nutritional Status: Evidence from Eleven Demographic and Health Surveys. J Nutr 2004;134:2579-2585.

19. Gwatkin D, Rutstein S, Johnson K, Pande R, Wagstaff A. Socioeconomic differences in health, nutrition, and population in Mozambique. HPN/Poverty Thematic Group of the World Bank. Washington, DC: World Bank, 2000.

20. WHO. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO 1995. [Technical Report Series, 854]

21. Marquis G, Habicht J, Lanata C, Black R, Rasmussen K. Breast milk or animal-product foods improve linear growth of Peruvian toddlers consuming marginal diets. Am J Clin Nutr 1997;66:1102-9.

Acknowledgements: *This research was supported by the United States Agency for International Development through the Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA) Project and by the International Food Policy Research Institute (IFPRI). The authors wish to thank Wahid Quabili for his help with data processing and analysis.*

Identification des principaux aliments sources de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 ans dans l'aire sanitaire de Ouarégou *(Burkina Faso)*

Avallone[1,2*] Sylvie, Brault[2] Sophie, Mouquet[2] Claire, Trèche[2] Serge

[1] ENSIA SIARC, 1101 Avenue Agropolis, CS 24501, 34093 Montpellier cedex 5, France.
[2] UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *avallone@mpl.ird.fr*

- Résumé -

Dans les pays en développement, les carences en fer, zinc et vitamine A constituent un facteur étiologique important de la mortalité et de la malnutrition chronique chez le jeune enfant. Les teneurs en micronutriments des aliments traditionnels ainsi que l'effet des préparations sur leur biodisponibilité sont peu connus. L'objectif de l'étude était d'identifier, dans l'alimentation des enfants, les aliments sources de fer, zinc et vitamine A ainsi que leurs modes de préparation.

Un recensement des enfants de Ouarégou a été réalisé et 200 enfants ont été tirés au sort. Lors de l'enquête, les mères ont répondu à un questionnaire et à un rappel de 24h visant à répertorier la nature et les quantités des aliments ingérés la veille par l'enfant.

Au moment de l'enquête, les composants de plat fréquemment consommés par les enfants de 12-23 et 24-59 mois étaient, respectivement, le *tô* de mil (76 et 98%), la sauce à base de gombo séché (70 et 88%), les bouillies (50 et 32%), le riz (48 et 34%), la sauce arachide (47 et 34%), la sauce à base d'oseille (14 et 28%) et la mangue (7 et 32%). Beaucoup d'enfants avaient consommé, au moins deux fois dans la journée, le *tô* de mil (27 et 70%) et la sauce à base de gombo séché (19 et 43%) alors que ceux qui avaient consommé des produits animaux étaient très peu nombreux.

Les ingérés en matière brute par repas ont été, respectivement pour les 12-23 et 24-59 mois: 102 et 188 g pour le *tô* de mil; 52 et 96 g pour la sauce à base de gombo séché; 130 et 225 g pour les bouillies; 90 et 178 g pour le riz; 57 et 94 g pour la sauce arachide; 54 et 95 g pour la sauce à base d'oseille; 46 et 80 g pour la mangue. Les quantités consommées de composants de plats riches en amidon sont 2 à 3 fois plus importantes que celles des sauces. Toutefois, les sauces et mangues constituent des apports importants en fer, zinc et vitamine A.

Parallèlement, des observations de préparations traditionnelles ont été réalisées. L'analyse des données permettra d'identifier les potentialités nutritionnelles de chaque composant de plat et les étapes unitaires de leur préparation auxquelles des améliorations pourraient être apportées.

Mots-clés: Rappel de 24 h – Aliment traditionnel – Enfant – Biodisponibilité – Micronutriments.

- Abstract -

Identification of the main food sources of iron, zinc and vitamin A in food consumption of the 1-to-5-year-old children of Ouarégou sanitary area *(Burkina Faso)*

In many developing countries, iron, zinc and vitamin A deficiencies constitute an important etiologic factor of the mortality and chronic malnutrition of young children. Micronutrient content of traditional foods as well as the effect of preparations on their bioavailability are not well known. These data are necessary to select, and, eventually, improve the nutritional quality of food. The purpose of the present study was to identify food potentially sources of iron, zinc and vitamin A for the 1-to-5-year-old children and their recipes.

A census of the children of the Ouarégou sanitary area was realised and 200 children (100 of each age classes of 12-23 and 24-59 months) were randomly selected. During the survey (April to June 2003), the mothers were submitted to a questionnaire survey and a 24h dietary recall to index the type and the ingested quantities of the food consumed by the child the day before. Data allowed calculating the dish consumption frequencies, and taking into account food compositions and ingested quantities, the average intakes in raw matter, iron, zinc and vitamin A were estimated in each age classes.

During the survey, the main dish components consumed at least one time per day by the children of 12-23 and 24-59 months were, respectively, the millet-based *tô* (76 and 98%), the dried okra sauce (70 and 88%), the gruels (50 and 32%), the white rice (48 and 34%), the groundnut sauce (47 and 34%), the "*oseille*" *(Hibiscus sabdariffa)* sauce (14 and 28%) and mango (7 and 32%). An important number of the children of both age classes have consumed at least 2 times per day the millet based *tô* (27 and 70%) and the dried okra sauce (19 and 43%). Whatever their age classes, very few children have consumed animal products: smoked carp (1 and 2%); goat meat (1 and 1%); pork (2 and 1%) and beef (3 and 2%).

For the dish components most frequently consumed, ingested raw matter during a meal for the children of 12-23 and 24-59 months was, respectively: millet based *tô* (102 and 188 g); dried okra sauce (52 et 96 g); gruels (130 and 225 g); white rice (90 and 178 g); groundnut sauce (57 and 94 g); *"oseille"* sauce (54 et 95 g); mango (46 and 80 g). Consumed quantities of starchy dish components were 2 or 3 folds higher than the sauces ones. However, the sauces and mangoes, taking into account their high vitamin and mineral contents, were the most important sources of iron, zinc and vitamin A.

This survey allows to identify interesting nutritional potentialities of dish components according to several criteria *(i)* their high consumption frequencies (millet-based *tô*, dried okra sauce, rice, …) *(ii)* their high content in one micronutrient (millet-based *tô*, dried okra sauce, …) or several micronutrients *("oseille"* sauce) *(iii)* their high consumed quantities (millet-based *tô*).

In parallel, precise observations of traditional recipes of dish components were realised. The analysis of the whole data should allow identifying the nutritional potentiality of each dish component and the unit operations of their preparation where improvements could be brought.

Key words: 24h dietary recall – Traditional food – Child – Bioavailability – Micronutrients.

INTRODUCTION

Dans un monde d'abondance alimentaire, 840 millions de personnes souffrent de malnutrition, dont 799 millions dans les pays en développement[1]. Les groupes les plus vulnérables sont les enfants d'âge préscolaire et les femmes en âge de procréer. En 2000, 182 millions d'enfants ont été touchés par un retard de croissance dont 26% des cas en Afrique. Malgré une baisse globale, l'évolution est très inégale selon les pays. Sur le continent africain, de 1980 à 2000, la prévalence des retards de croissance a diminué de 40,5% à 35,2% mais l'accroissement de la population a entraîné une augmentation du nombre de cas de plus du tiers[2]. Par ailleurs, les carences en fer, zinc et vitamine A, problèmes de santé publique dans de nombreux pays, ont un rôle important dans la mortalité et la malnutrition chronique des jeunes enfants.

Au Burkina Faso, ces dernières années, l'état nutritionnel des enfants de moins de 5 ans s'est détérioré. Entre 1995 et 2001, le retard de croissance et l'insuffisance pondérale ont augmenté, respectivement, de 29 à 37% et de 30 à 34% chez les enfants d'âge préscolaire alors que l'émaciation est restée proche de 13%[2]. L'anémie ferriprive et la carence en vitamine A (~3,3% de xérophtalmie)[3] sont des problèmes de santé publique pour ce pays. L'ampleur de la prévalence de la carence en zinc est mal connue bien qu'elle participe au retard de croissance du jeune enfant.

Les pratiques alimentaires amènent le jeune enfant à consommer très tôt les plats familiaux composés d'un aliment de base (céréale, tubercule) riche en énergie et d'une sauce; pour autant, cette alimentation, souvent inadaptée aux besoins spécifiques des jeunes enfants, ne suffit pas à couvrir les besoins en nutriments[4]. Dans un contexte de lutte contre les carences par voies alimentaires, il est important d'estimer la nature et les quantités de micronutriments ingérés par les enfants à partir des aliments traditionnels. Les objectifs de la présente étude étaient *(i)* d'identifier les sources potentielles de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 en milieu rural au Burkina Faso et *(ii)* d'estimer les ingérés en micronutriments par composant de plat.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La zone d'étude correspond au village de Ouarégou (province du Boulgou) au sud est de Ouagadougou dont la population, majoritairement Bissa, atteint environ 8000 personnes. La base de sondage a été élaborée par un recensement (avril 2003) des enfants de 9 à 60 mois du village. Un tirage aléatoire simple et une stratification ont permis d'identifier 100 enfants de 12-23 mois et 100 enfants de 24-59 mois. Le rappel de 24 h, réalisé avec la mère en présence d'une enquêtrice traductrice, a permis de recenser les aliments consommés par l'enfant la veille de l'enquête.

Un composant de plat correspond à une préparation culinaire spécifique nécessitant un ou plusieurs ingrédients. Un repas peut comporter plusieurs plats eux-mêmes constitués de plusieurs composants de plats consommés en même temps (par exemple, *tô* et sauce gombo séché). Les quantités d'ingrédients et de composants de plat consommées à chaque repas ont été estimées à partir des réponses données par les mères sur les volumes (exprimés en unités ménagères) d'ingrédients utilisés pour la préparation des composants de plat et les volumes de ces composants de plat consommés la veille de l'enquête.

Des prélèvements des différents composants de plat ont été réalisés pour en déterminer la teneur en matière sèche (dessiccation en étuve à 105°C jusqu'à poids constant).

L'analyse des données a été effectuée à l'aide des logiciels Excel et Epi-info. Les fréquences de consommation et les ingérés en matière sèche, énergie, fer, zinc et vitamine A ont été calculés par composant de plat en utilisant les compositions des aliments issues de tables[5,6,7,8] ou quelques déterminations en laboratoire pour les aliments peu connus. La composition d'un composant de plat composite a été déterminée par calcul en tenant compte des proportions des différents ingrédients (relevées lors de l'enquête) et de leurs compositions. Le coefficient de biodisponibilité du fer a été estimé à 5 ou 25%, respectivement, dans les ingrédients d'origine végétale ou animale. Le coefficient de biodisponibilité globale de cet élément dans les composants de plat a été calculé en faisant la moyenne des quantités de produits animaux et végétaux pondérées par les biodisponibilités correspondantes. Le coefficient de biodisponibilité du zinc a été considéré égal à 10, 30 ou 50% en fonction de la composition globale du repas[9]. Le taux de conversion des caroténoïdes en rétinol a été considéré égal à 1/12 pour le β-carotène et 1/24 pour les autres provitamines A[10].

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Recensement des composants de plat

En dehors de l'allaitement maternel pratiqué par 93% des mères d'enfants de 12-23 mois et 10% des 24-59 mois, l'enquête a recensé 29 composants de plat différents (tableau 1). Ces données qualitatives montrent que la diversification de l'alimentation du jeune enfant est importante dès le 13ème mois. Les pratiques alimentaires associent, en général, un composant de plat à base de céréales et une sauce élaborée à partir de feuilles et/ou légumes. Au total, 6 composants de plat à base de céréales et 8 sauces ont été recensés. Les réponses des mères sur la variabilité saisonnière des ingrédients ont permis de constater que la diversité de sauces aurait été plus importante si l'enquête s'était déroulée en saison humide. Les ingrédients des sauces sont des végétaux frais disponibles au moment de l'enquête (avril à juin 2003) ou stabilisés par séchage (gombo, baobab). L'enquête se déroulant à la saison des mangues, ces fruits sont apparus dans l'alimentation des enfants. Les bouillies qualifiées d'« enrichies » sont celles d'un projet[11] démarré un an plutôt dans la même zone et ciblé sur les enfants de 6 à 12 mois; elles contiennent un complément minéral et vitaminique. Les bouillies qualifiées de « commerciales » sont celles préparées à partir de farines infantiles importées.

Fréquence de consommation des composants de plat

Les composants de plat sont consommés à des fréquences variables certains apparaissant comme des aliments de base et d'autres comme des aliments plus occasionnels (tableau 2). De manière générale, 7 composants de plat sont consommés très fréquemment; ils correspondent à 2 aliments de base (*tô*, riz), à des bouillies de mil, à 3 sauces (gombo séché, feuille fraîche d'oseille de Guinée, arachide) et à un fruit (mangue). En général, le *tô* et le riz sont accompagnés, pour le premier, par une sauce gombo séché ou une sauce feuille d'oseille, et, pour le second, par une sauce arachide.

Au cours de la période de soudure, le gombo séché et les mangues, disponibles et bon marché, apparaissent fréquemment dans l'alimentation du jeune enfant. La bouillie locale à base de mil est consommée par 50% des enfants de 12 à 23 mois au moins une fois par jour et elle reste présente dans l'alimentation des 24-59 mois, mais dans une moindre mesure. Le *tô* est consommé 2 fois/jour par 27 et 70% des enfants

des deux classes d'âge et son association avec la sauce gombo séché est significativement plus fréquente dans l'alimentation des 24-59 mois.

Il est intéressant de noter que la consommation d'aliments solides (*tô* de mil, p<0,001) et semi solides (sauce gombo séché, p<0,001; sauce à base de feuilles d'oseille de Guinée, p<0,05) augmente significativement avec l'âge au détriment des bouillies (p<0,025).

Tableau 1: Les composants de plat recensés à Ouarégou par classe d'âge.

	12-23 mois	24-59 mois
Composants de base		
Tô de mil	+++	+++
Riz	+++	+++
couscous de mil	-	+
attiéké de manioc	-	+
boule d'akassa	-	+
Riz gras	+	+
Bouillies		
bouillie locale	+++	+++
bouillie enrichie	+	-
bouillie commerciale	+	-
Sauces		
gombo séché	+++	+++
arachide	+++	+++
feuille fraîche d'oseille de Guinée	++	+++
feuille fraîche d'oseille sauvage	-	+
feuille séchée de baobab	-	+
feuille fraîche de haricot	-	+
feuille fraîche de morelle noire	+	+
soupe de poisson	+	+
Produits carnés		
viande de bœuf	+	+
viande de porc	+	+
Viande de chèvre	+	+
Poisson fumé	+	+
Gâteaux		
tourteau d'arachide	+	+
Gâteau de blé	+	-
Fruits		
mangue	++	+++
Boissons		
café au lait	+	+
Dolo	++	++
Bissap	+	+
jus d'orange	+	-
eau farineuse	+	-

+++: consommé au moins une fois par jour par plus de 25% des enfants
++: consommé au moins une fois par jour par par 5 à 25% des enfants
+: consommé au moins une fois par jour par moins de 5% des enfants
-: Consommation non rencontrée pendant l'enquête

Tableau 2: Fréquence de consommation des principaux composants de plat par classe d'âge *(%)*.

	12-23 mois	24-59 mois	NdS
***Tô* de mil**			
0 fois/jour	24	2	
1 fois/jour	49	28	p<0,001
2 fois/jour	20	55	
3 fois/jour	7	15	
Sauce gombo séché			
0 fois/jour	30	12	
1 fois/jour	51	45	p<0,001
2 fois/jour	14	34	
3 fois/jour	5	9	
Bouillie locale			
0 fois/jour	50	68	
1 fois/jour	39	28	p<0,025
>2 fois/jour	11	4	
Riz			
0 fois/jour	52	66	
1 fois/jour	48	34	ns
>2 fois/jour	0	0	
Sauce arachide			
0 fois/jour	53	66	
1 fois/jour	47	33	ns
>2 fois/jour	0	1	
Sauce feuille fraîche d'oseille de Guinée			
0 fois/jour	86	72	
1 fois/jour	13	23	p<0,05
>2 fois/jour	1	5	
Mangue			
0 fois/jour	93	68	
1 fois/jour	7	27	p<0,001
2 fois/jour	0	5	

NdS: Niveau de signification (test du Chi2) des différences de fréquence d'utilisation entre les deux classes d'âge. - ns: non significatif.

Caractéristiques nutritionnelles des composants de plat

Les teneurs moyennes en matière sèche les plus importantes correspondent, par ordre décroissant, aux gâteaux, aux composants de base (*tô*, riz…), aux produits carnés puis aux sauces (tableau 3). Le *tô* et le riz contiennent environ 20 g de MS pour 100 g de MB alors que la bouillie locale, malgré l'ajout de sucre, ne dépasse pas 9,9 g de MS/100 g MB. Parmi les sauces, les teneurs en matière sèche varient de 9,4 à 18,5 g/100 g MB en fonction des ingrédients utilisés.

Les teneurs moyennes en énergie sont comprises entre 361 et 453 kcal/100 g MS pour les composants de base, entre 344 et 646 kcal/100 g MS pour les sauces et sont supérieures à 400 kcal pour les produits carnés. Les composants de plats riches en matière grasse (riz gras, sauce arachide) ont les teneurs en énergie les plus élevées. La sauce de la soupe de poisson se distingue par une faible teneur en énergie et matière sèche. Des écarts importants de densités énergétiques sont observés pour un même composant de plat lorsque la recette fait intervenir des ingrédients de nature et quantité variables (poisson séché, huile, …).

Tableau 3: Teneurs en matière sèche *(g/100 g MB),* énergie et nutriments *(/100 g MS)* des composants de plat *(moyennes calculées pour les n plats enquêtés ± écart-type).*

	N	MS	Energie (kcal)	Fer^{Ing} (mg)	Fer^{Biod} (mg)	$Zinc^{Ing}$ (mg)	$Zinc^{Biod}$ (mg)	Vit. A (µgEAR)
Composant de base								
tô de mil	293	21,2	382	10,9	0,5	3,3	0,5	2,3
riz	81	28,3	395	0,5	0,0	0,4	0,1	0,0
couscous de farine de mil	2	73,9	388	10,8	0,5	3,3	0,5	2,3
attiéké de manioc	2	52,4	361	5,0	0,3	1,4	0,4	6,6
boule d'*akassa*	1	53,3	396	8,6	0,4	2,4	0,4	2,6
riz gras	6	31,7	453	7,9±7,2	0,4±0,3	1,2±0,5	0,3±0,1	46,5±41
Bouillies								
b. locale	95	9,9	390	7,2	0,4	2,1	0,6	4,4
b. enrichie	6	9,9	399	33,7	1,7	6,7	2,0	31,4±0,6
b. commerciale	2	24,2	430	7,7	1,9	0,0	0,0	155,0
Sauces								
gombo séché	235	11,6	344±36	31,3±4,1	2,2±0,4	6,0±0,7	1,8±0,2	30±64
arachide	81	18,5	646±79	3,6±0,9	0,2±0,1	2,2±0,4	0,7±0,1	136±73
f. fraîche d'oseille de Guinée	48	15,4	460±149	14,7±7,7	0,8±0,4	5,8±1,6	1,7±0,5	703±372
f. fraîche d'oseille sauvage	2	14,8	490±19	13,4±0,7	0,7	3,4±0,1	1,0	176±10
f. séchée de baobab	5	10,8	355±62	28,9±9,0	1,5±0,5	3,9±1,0	1,2±0,3	33±11
f. fraîche de haricot	1	17,9	347	24,8	1,7	3,6	1,1	90
f. fraîche de morelle noire	2	16,2	560±119	4,7±0,9	0,3±0,1	3,0±0,3	0,9±1,4	604±277
soupe de poisson	3	-	417	1,2	0,1	1,1	0,3	102
Produits carnés								
v. de bœuf	5	25,9	417	8,1	2,0	16,6	8,3	77
v. de porc	3	25,3	415	4,0	1,0	9,5	4,8	16
v. de chèvre	3	30,0	497	7,7	1,9	14,3	7,2	120
Poisson fumé	4	92,0	406	12,8	3,2	6,1	3,0	34
Gâteaux								
tourteau d'arachide	2	91,3	404	20,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Gâteau de blé	2	97,0	437	1,8	0,1	0,7	0,1	25,5
Fruits								
mangue	46	18,0	317	2,2	0,1	0,7	0,1	558
Boissons								
café au lait	8	9,8	411±19	0,5±0,2	0,1±0,1	1,6±0,9	0,4±0,3	133±77
dolo fermenté/non fermenté	13	5,1	378±2	17,7	0,9	2,8±0,1	0,4	8±0
Bissap	5	19,1	379	1,9	0,1	0,8	0,1	81
jus d'orange	1	11,2	1518	3,7	0,2	0,0	0,0	312
eau farineuse	1	9,9	387	11,1	0,6	3,3	0,5	7

N: Nombre de composants de plat décrits - b.: Bouillie - f.: Feuille - v.: Viande.

Les teneurs en fer, très variables selon la catégorie d'aliments et à l'intérieur d'une catégorie, sont élevées dans les bouillies enrichies, les sauces de gombo séché, de feuilles séchées de baobab et de feuilles fraîches de haricot. Les composants de plat élaborés à partir de mil (*tô*, couscous, bouillie locale) et les produits carnés ont des teneurs en fer non négligeables (~ 10 mg /100 g MS). Une fois prise en compte les coefficients de biodisponibilité du fer (5 à 25%), la sauce gombo séché, composée de deux ingrédients riches en fer total (gombo séché) et biodisponible (poisson séché), constitue, après la bouillie enrichie et le poisson, la source de fer biodisponible (2,2 mg /100 g MS) la plus élevée de tous les composants de plat recensés dans l'alimentation des jeunes enfants. De plus, d'autres sauces feuilles (haricot, baobab séché) ont des teneurs en fer biodisponible 3 fois supérieures à celles des

composants de base (riz, *tô*) estimées à 0,5 mg /100 g MS. Les produits carnés ont des teneurs en fer biodisponible du même ordre de grandeur que celles de certaines sauces.

Les teneurs en zinc les plus élevées sont rencontrées, par ordre décroissant, au niveau des produits carnés, des bouillies enrichies et des sauces (gombo séché, feuille d'oseille de Guinée). Les composants de plat à base de mil ont des teneurs proches de celles de certaines sauces. En appliquant un coefficient de biodisponibilité du zinc de 50% pour les produits animaux et 30% pour les produits végétaux, la teneur en zinc biodisponible est de l'ordre de 5 à 8 mg /100 g MS pour les viandes et 0,7 à 1,8 mg /100 g MS pour les sauces. La sauce gombo séché est riche en zinc biodisponible avec une composition relativement constante d'une préparation à l'autre. Cette sauce a le double avantage d'être très fréquemment consommée par la population étudiée et d'être une bonne source de minéraux d'intérêt (fer et zinc). Les composants de plat à base de mil ont des teneurs en zinc biodisponible faibles à cause de la présence de phytates.

Les teneurs en vitamine A, très variables, sont presque nulles pour les produits céréaliers et très importantes pour les mangues et sauces feuilles. Les sauces à base de feuille d'oseille de Guinée et morelle noire ont une teneur moyenne supérieure à 600 µg EAR /100 g MS, mais une variabilité importante est observée, au sein d'une même sauce, selon la quantité de feuilles utilisée et la nature des autres ingrédients. La sauce feuille de baobab a une teneur faible en provitamine A car elle est élaborée à partir de feuilles séchées dont les provitamines sont déjà partiellement dégradées. En effet, des études[6] ont montré que le séchage pouvait entraîner une déperdition de provitamines de l'ordre de 50%. La sauce gombo séché ne semble pas être une bonne source de vitamine A (~ 30 µg EAR /100g MS).

Ingérés en matière brute, énergie et micronutriments par composant de plat

Les quantités ingérées ont été estimées en prenant en compte les quantités de matière brute consommée (par repas et par enfant) et les compositions en énergie et nutriments précédemment estimées pour les différents composants de plat.

Il apparaît que les apports en matière brute des composants de plat les plus fréquents sont en moyenne, respectivement, pour les 12-23 et 24-59 mois de l'ordre de 102 et 188 g pour le *tô* de mil; 52 et 96 g pour la sauce à base de gombo séché; 130 et 225 g pour les bouillies de mil; 90 et 178 g pour le riz; 57 et 94 g pour la sauce arachide; 54 et 95 g pour la sauce feuilles fraîches d'oseille de Guinée; 46 et 80 g pour la mangue (tableau 4). Une forte variabilité individuelle des quantités ingérées est observée. L'association du *tô* de mil et de la sauce gombo séché, très fréquemment recensée au cours de l'enquête, apporte aux enfants de 12-23 et 24-59 mois environ 154 g et 284 g de MB. Les sauces apportent de 50 à 97 g de matière brute dans les deux classes d'âge. Il est intéressant de noter que certains composants de plat (gâteau de blé, poisson), peu fréquents dans l'alimentation des jeunes enfants, peuvent correspondre lorsqu'ils sont consommés à des apports importants de matière brute par prise alimentaire (50 g; 15 et 17 g).

De manière générale, il apparaît que les apports en fer biodisponible sont faibles et ne dépassent pas 0,51 mg par prise alimentaire. Le *tô* de mil apporte en moyenne 0,1 et 0,2 mg de fer biodisponible aux enfants de 12-23 et 24-59 mois, respectivement (tableau 5). Les bouillies locales ne sont pas de bonnes sources de fer compte tenu des faibles quantités ingérées et de leur teneur en matière sèche peu élevée (9,9%). La sauce gombo séché, les sauces à base de feuilles d'oseille de Guinée, baobab et haricot apportent au maximum, respectivement, 0,14 mg et 0,25 mg de fer aux enfants de 12-23 et 24-59 mois. Dans les sauces, le fer biodisponible ingéré dépend

de la proportion de poisson séché à haute biodisponibilité en fer qui est incorporée. Ces résultats sont, toutefois, à prendre avec précaution, car le facteur de biodisponibilité utilisé correspond à une moyenne pondérée; il a été démontré que la biodisponibilité globale du fer d'un aliment composite dépendait, en plus du ratio produits animaux/ produits végétaux, des teneurs en acide phytique et ascorbique[12].

Tableau 4: Matière brute et énergie ingérées à chaque prise alimentaire par composant de plat *(moyennes calculées pour les n plats enquêtés ± écart-type).*

	12-23 mois			24-59 mois		
	N	**MB** (g)	**Energie** (kcal)	**N**	**MB** (g)	**Energie** (kcal)
Composants de base						
tô de mil	110	102 ± 40	82 ± 32	183	188 ± 51	152 ± 41
riz	46	90 ± 49	101 ± 54	35	179 ± 40	200 ± 45
couscous de mil	0	-	-	2	71 ± 11	205 ± 32
Attiéké de manioc	0	-	-	2	120 ± 42	227 ± 80
boule d'*akassa*	0	-	-	1	75	158
riz gras	5	119 ± 47	174 ± 83	1	156	224
Bouillies						
b. locale	56	130 ± 52	50 ± 20	39	225 ± 51	87 ± 20
b. enrichie	6	108 ± 49	43 ± 19	0	-	-
b. commerciale	2	100	104	0	-	-
Sauces						
Gombo séché	94	52,1 ± 20,7	22 ± 9	141	96,1 ± 30,0	38 ± 12
arachide	46	56,8 ± 27,7	67 ± 32	35	94,2 ± 22,7	112 ± 32
f. fraîche oseille Guinée	15	54,3 ± 20,8	38 ± 17	33	95,4 ± 34,1	71 ± 36
f. fraîche oseille sauvage	0	-	-	2	96,8 ± 0,0	70 ± 3
f. séchée de baobab	0	-	-	5	72,5 ± 24,8	27 ± 9
f. fraîche de haricot	0	-	-	1	50,0	31
f. fraîche de morelle noire	1	53,5	47	1	50,0	45
soupe de poisson	2	55,0 ± 0,0	5	1	55,0	8
Produits carnés						
v. de bœuf	3	5,7 ± 0,0	6	2	8,6 ± 4,0	9 ± 4
v. de porc	2	8,5 ± 3,9	9 ± 4	1	17,0	18
v. de chèvre	1	17,0	25	2	5,7 ± 0,0	8
poisson fumé	2	15,2 ± 0,0	57	2	17,3 ± 3,0	65 ± 11
Gâteaux						
tourteau d'arachide	1	19,0	73	1	38,0	134
Gâteau de blé	2	50,0	212	0	-	-
Fruits						
mangue	7	46,4 ± 15,8	23 ± 10	39	80,2 ± 41,7	46 ± 24
Boissons						
café au lait	3	76 ± 25	31 ± 10	5	120 ± 27	48 ± 10
Dolo	6	44 ± 29	9 ± 5	7	126 ± 51	24 ± 10
Bissap	4	110 ± 33	80 ± 24	1	136	98
jus d'orange	1	20,0	34	0	-	-
eau farineuse	1	50,0	19	0	-	-

N: Nombre de composants de plat décrits - b.: Bouillie - f.: Feuille - v.: Viande.

Les ingérés en zinc biodisponible sont faibles et ne dépassent pas 0,45 mg par prise alimentaire. Le *tô* de mil apporte en moyenne 0,1 et 0,2 mg de zinc biodisponible aux enfants de 12-23 et 24-59 mois, respectivement (tableau 5). La sauce gombo séché et les sauces à base de feuilles d'oseille de Guinée apportent au maximum, respectivement, 0,12 mg et 0,25 mg de zinc aux enfants de 12-23 et 24-59 mois. Bien que les viandes soient consommées en très petites quantités, elles apportent une

quantité non négligeable de zinc biodisponible (0,10 à 0,20 g) grâce à la haute biodisponibilité de cet élément dans les produits animaux.

Tableau 5: Quantités ingérées de fer, zinc et vitamine A biodisponibles à chaque prise alimentaire par composant de plat *(moyennes calculées pour les n plats enquêtés ± écart-type).*

	12-23 mois				24-59 mois			
	N	**Fer** (mg)	**Zinc** (mg)	**Vit A** (µg EAR)	**N**	**Fer** (mg)	**Zinc** (mg)	**Vit A** (µg EAR)
Composants de base								
tô de mil	110	0,11±0,04	0,12±0,04	0,5±0,2	183	0,20±0,06	0,20±0,06	0,9±0,2
riz	46	0,00±0,00	0,00	0,0±0,0	35	0,00	0,00	0,0±0,0
couscous de mil	0	-	-	-	2	0,30±0,00	0,25±0,07	1,2±0,2
attiéké de manioc	0	-	-	-	2	0,15±0,07	0,25±0,07	4,1±1,4
boule d'*akassa*	0	-	-	-	1	0,20	0,10	1,0
riz gras	5	0,22±0,18	0,10±0,07	20,7±27,0	1	0,00	0,10	20,6
Bouillies								
b. locale	56	0,05±0,05	0,09±0,04	0,6±0,2	39	0,10±0,05	0,17±0,05	1,0±0,2
b. enrichie	6	0,22±0,10	0,22±0,10	3,3±1,5	0	-	-	-
b. commerciale	2	0,50±0,00	Nd	37,5	0	-	-	-
Sauces								
gombo séché	94	0,14±0,08	0,12±0,04	3,3±12,0	141	0,25±0,09	0,20±0,07	2,3±1,0
Arachide	46	0,00±0,00	0,07±0,05	14,5±12,9	35	0,01±0,01	0,10±0,05	23,7±14,2
f. fraîche oseille Guinée	15	0,04±0,05	0,13±0,07	56,0±27,4	33	0,12±0,07	0,25±0,09	105,9±61,3
f. fraîche oseille sauvage	0	-	-	-	2	0,10±0,00	0,10±0,00	25,1±1,5
f. séchée de baobab	0	-	-	-	5	0,10±0,00	0,10±0,00	2,7±1,5
f. fraîche de haricot	0	-	-	-	1	0,10	0,10	7,9
f. fraîche morelle noire	1	0,00	0,10	79,1	1	0,00	0,10	28,5
soupe de poisson	2	0,00	0,00	1,0	1	0,00	0,00	2,1
Produits carnés								
v. de bœuf	3	0,00	0,10±0,00	0,9±0,0	2	0,05±0,07	0,15±0,07	1,4±0,6
v. de porc	2	0,00	0,10±0,00	0,4±0,2	1	0,00	0,20	0,8
v. de chèvre	1	0,10	0,40	4,9	2	0,00	0,10±0,00	1,6±0,0
poisson fumé	2	0,45±0,00	0,42±0,00	3,8±0,0	2	0,51±0,09	0,45±0,08	4,9±1,6
Gâteaux								
tourteau d'arachide	1	0,20	Nd	0,0	1	0,30	Nd	0,0
gâteau de blé	2	0,00	0,10±0,00	12,4±0,0	0	-	-	-
Fruits								
Mangue	7	0,00	0,00	41,4±17,6	39	0,00	0,01±0,01	80,6±41,9
Boissons								
café au lait	3	0,00	0,07±0,06	13,2±4,8	5	0,00	0,02±0,04	11,5±8,8
dolo	6	0,00	0,00	0,2±0,1	7	0,00	0,00	0,5±0,2
bissap	4	0,00	0,00	16,9±5,0	1	0,03±0,04	0,00	20,9
jus d'orange	1	0,00	Nd	7,0	0	-	-	-
eau farineuse	1	0,00	0,00	0,3	0	-	-	-

N: Nombre de composants de plat décrits - Ing: Ingéré - Biod: Biodisponible - b.: Bouillie - f.: Feuille - v.:Viande.

Les composants de plat à l'origine d'un apport notable en vitamine A sont les mangues, les sauces, certaines boissons et, en plus faible proportion, les viandes. Les sauces feuilles et les mangues, sources importantes de caroténoïdes provitaminiques[13] apportent les ingérés les plus importants en équivalents activité rétinol (EAR) pour les deux classes d'âges. Par prise alimentaire, ces apports sont, respectivement, pour les 12-23 et 24-59 mois de l'ordre de 56 et 106 µg EAR pour la sauce feuilles fraîches d'oseille de Guinée et 41 et 81 µg EAR pour la mangue. Certaines sauces élaborées à base de feuilles fraîches, très consommées en zone rurale, sont donc des aliments importants pour la couverture des besoins en vitamine A de la population étudiée. Les produits carnés, consommés en faible quantité et ponctuellement, contribuent peu aux apports en vitamine A. Les composants de plat à

base de céréales, très présents dans l'alimentation des jeunes enfants, ne participent pas, non plus, à la couverture des besoins en vitamine A à cause de leur teneur négligeable en provitamine A (à l'exception du riz gras élaboré, selon les ménages, à partir de légumes feuilles et/ou de poissons séchés). Parmi les boissons, le *bissap* contenant des fleurs d'oseille rouge de Guinée peut constituer un apport d'environ 20 µg EAR à chaque consommation.

CONCLUSION

Ces travaux ont permis d'identifier les potentialités nutritionnelles intéressantes de certains composants de plat dans la perspective de lutter contre les carences en micronutriments *(i)* soit par leur haute fréquence de consommation (*tô*, sauce gombo séché, riz, …) *(ii)* soit parce qu'ils ont une teneur élevée en un micronutriment (*tô*, sauce gombo séché, sauce feuille morelle noire) ou plusieurs micronutriments (sauce feuille oseille de Guinée) *(iii)* soit parce qu'ils sont consommés en quantité importante (*tô*).

Compte tenu de la variabilité importante des estimations de quantités ingérées de micronutriments biodisponibles consommés par repas, non seulement entre les différents composants de plat mais aussi pour un même composant de plat, il apparaît prioritaire d'étudier les déterminants de cette variabilité et, notamment, les effets des modalités de préparation des aliments composites sur la biodisponibilité des nutriments.

A terme, une meilleure maîtrise des transformations permettrait d'assurer une meilleure qualité nutritionnelle de ces aliments traditionnels et, dans le cadre d'une stratégie alimentaire durable, d'améliorer les couvertures des besoins journaliers en micronutriments des jeunes enfants tout en respectant les préférences alimentaires de la population.

RÉFÉRENCES

1. De Onis M, Frongillo EA, Blössner M. Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980. Bull World Health Organ. Geneve: WHO, 2000;78:1222-33.
2. Institut national des statistiques et de la démographie (INSD). Enquête Démographique et de Santé (EDS). Burkina Faso: Macro International Inc, 2000:121-34.
3. Atelier OMS inter-pays sur les carences en micronutriments pour les coordonnateurs nationaux de programmes. OMS/UNICEF/ICCIDD. Geneva: AFRO/NUT/97.3, 1997.
4. Mathieu-Daudé C, Barrot L, Chevalier P. Produits végétaux riches en carotènes: fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays sahéliens. IRD/OMS. WHO/NHD/01.6, 2001.
5. Smith GC, Clegg MS, Keen CL, Grivetti LE. Mineral values of selected plant foods common to southern Burkina Faso and to Niamey, Niger, West Africa. Int J Food Sci Nutr 1996;47(1):41-53.
6. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles du Niger. Cah Agric 1997;6:553-60.

7. Nordeide MB. Table de composition d'aliments du Mali. Projets de recherche SSE, environnement et développement au Mali. Mali/ Norvège, 1997.

8. Souci SW, Fachmann W, Kraut H. La composition des aliments: Tableaux des valeurs nutritives. 6ème édition. Boca Raton: CRC Press, 2000:1182.

9. WHO. Trace elements in human and health. Geneva: WHO, 1996.

10. Institute of Medecine. Dietary reference intakes. Vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

11. Traoré T, Zagré N, Traoré AS, Trèche S. Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et le statut en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes. In: Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:539-552.

12. Reddy MB, Hurrell RF, Cook JD. Estimation of non-heme iron bioavailability from meal composition. Am J Clin Nutr 2000;71:937-43.

13. De Pee S, West CE. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: A review of the literature. Eur J Clin Nutr 1996;50S:38-53.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Amélioration de l'alimentation burkinabè avec des aliments riches en caroténoïdes

Ayassou Kossiwavi, Ouedraogo Marceline, Mathieu-Daudé Claire, Bambara Alain, Chevalier* Philippe

Centre IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso.

***Auteur correspondant: *chevalph@mpl.ird.fr*

- Résumé -

Introduction: Au Burkina Faso, l'alimentation, composée d'un plat à base de céréales et d'une sauce de légumes ou de feuilles fraîches ou sèches, a une faible teneur en carotènes. L'objectif était d'estimer l'effet d'une supplémentation des sauces avec des produits riches en carotènes.

Méthodologie: La supplémentation a été réalisée à la saison sèche sur une période de 2 mois, 150 ménages d'un village ont été tirés au sort parmi ceux volontaires; 30 ont reçu de l'huile de palme rouge (HPR) du Togo, 60 ont reçu des feuilles vertes fraîches (FVF) d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*) produites localement et 60 autres ont servi de témoins (TEM). Avant et en fin de supplémentation, tous les ingrédients des repas ont été pesés et les apports en Equivalent Rétinol (ER) calculés pour chacune des sauces, pour tous les ménages.
La fréquence, sur 2 mois, des principales sauces consommées par chaque ménage a été calculée, puis redéterminée un an après.

Résultats: La *sauce gombo* (*Abelmoschus esculentus*) (teneur en rétinol: 17 µg ER/100g), est la sauce la plus consommée par tous les groupes (45-55%). La fréquence de consommation de la *sauce oseille* (teneur en rétinol: 280 µg ER/100g) est de 29% chez le groupe FVF et de 15% chez les groupes HPR et TEM (p<0,05). La teneur en rétinol des sauces supplémentées avec de l'huile de palme rouge est de 350 µg ER/100g. Sur une période de 2 mois, la densité moyenne en rétinol des sauces consommées est respectivement de 72, 110 et 253 µg ER/100g, pour les groupes TEM, FVF et HPR. Un an après, il existe une augmentation significative de la consommation de feuilles vertes fraîches par l'ensemble des ménages des 3 groupes.

Conclusion: Les groupes FVF et HPR consomment des sauces à forte teneur en rétinol, mais compte tenu des quantités consommées par les jeunes enfants (2 repas /jour, 30 à 50 g de sauce par repas), seul le groupe HPR peut couvrir ses besoins. Les sauces à base de gombo doivent être systématiquement supplémentées avec de l'huile de palme rouge et la consommation de feuilles vertes fraîches augmentée pour améliorer la teneur en carotènes de l'alimentation.

Mots-clés: Vitamine A – Carotènes – Supplémentation – Enquête de consommation.

- Abstract -

Improvement of Burkinabe diet with carotenoid-rich foods

Introduction: In Burkina Faso, the diet is based on a thick cereal porridge (*tô*) with a sauce based on fresh or dried leaves and vegetables. The carotene content of this diet is very low, mainly during the dearth season. The aim of the study was to estimate the impact of a regular consumption of carotenoid-rich sauces to increase the carotene content of meals prepared in the households.

Methods: A food-based intervention has been conducted for a 2-month supplementation during the dearth season in a rural area of Burkina Faso. Households were sampled among volunteers. The group "RPO" (30 families) received a weekly quantity of red palm oil from Togo. Oil must to be incorporated in the sauce at the end of preparing in order to benefit from the total carotene supplies. The group "DGL" (60 families) received locally-produced dark green leaves at intervals corresponding to market day frequencies (each 3 days). The quantities of sorrel leaves (*Hibiscus Sabdariffa*) distributed were that usually bought by housewives. The 3rd group "CTL" (60 families) without any carotene supplement was taken as control.

Before supplementation and during the last week of supplementation, all the meal-components were weighed and the carotene supplies calculated for all households. The retinol equivalent (RE) content of each sauce (µg RE /100g sauce) was computed.
During the 2-month period, the main sauces consumed each day by each family were reported on a special weekly calendar adapted to illiterate people and the frequency of consumption of main sauces calculated. To estimate a behavioural change, one year after, at the same period, a new consumption frequency survey of the main sauces was conducted during 6 weeks among the families of the 3 groups.

Results: The sauce prepared with dry okra (*Abelmoschus esculentus*) was the most frequently consumed (45-55%) by all households. The okra sauce was characterized by its very low retinol level (17 µg RE/100g). The retinol content of the sorrel sauce was 280 µg RE/100g and its frequency of consumption was 15% and 29%, respectively for CTL and DGL groups (p<0.05). The retinol content of RPO supplemented sauces was 350 µg RE/100g. On the 2-month period, the average retinol content of sauces were 72, 110 and 253 µg RE/100 g respectively for CTL, DGL and RPO groups. One year after, we observed a significant increase of the sorrel sauce consumption among the 3 groups, independantly of the initial group of supplementation or not.

Conclusion: DGL and RPO groups consumed higher RE from sauces but only the RPO group met the basal requirements for children because of the low amounts of sauces consumed (children under-6-years-old consumed 30 to 50 g of sauce per meal, twice a day). The sauces with dried products such as okra must be systematically supplemented with RPO. The 1-year after survey proved that the consumption of DGL sauces must be easily increased to improve the carotene content of the diet.

Key words: Vitamin A – Carotene – Supplementation – Dietary survey.

INTRODUCTION

La carence en vitamine A est un problème majeur de santé publique en zone sahélienne. Au Burkina Faso, l'alimentation est composée d'une pâte épaisse à base de mil, sorgho ou maïs, le *tô,* accompagné d'une sauce de feuilles ou de légumes, le riz étant consommé en période festive. En milieu rural, deux repas similaires sont préparés et consommés le matin et le soir. Le poisson et la viande sont rarement consommés et plutôt utilisés comme condiments.

Durant la saison sèche, la sauce constitue la seule source de vitamine A ou de carotènes de l'alimentation. Pendant cette période, la sauce est préparée avec des légumes ou feuilles sèches caractérisés par leur faible teneur en carotènes. Cette carence d'apports se traduit par une forte prévalence de l'héméralopie qui peut atteindre 4% dans la zone étudiée[1].

Une étude antérieure a révélé l'insuffisance des apports en carotènes[2] et la nécessité de recourir à des aliments riches en vitamine A ou en carotènes jusqu'à l'apparition des mangues fin mars - début avril.

Notre objectif était d'augmenter la teneur en carotènes des sauces préparées au sein des ménages pendant la période avec des produits riches en carotènes disponibles localement telles que les feuilles vertes fraîches ou l'huile de palme rouge.

MÉTHODOLOGIE

Période. Cette étude a été réalisée de début janvier 1999 à début avril en pays Bissa (Centre-Sud du Burkina Faso) dans un village d'environ 2000 habitants vivant en majorité de la culture maraîchère (oignons essentiellement) grâce à la proximité d'une boucle du Nakambé (ex-Volta Blanche) assurant l'approvisionnement en eau. Cette période est considérée comme la période la plus propice à l'apparition de carences car les ménages ne disposent plus de feuilles fraîches pour la préparation des sauces et les mangues (source importante de carotènes) ne sont pas encore disponibles.

Ethique. Après l'accord des autorités régionales administrative et médicale, du Médecin-Chef du District Médical et des responsables administratifs et religieux du village, les grandes lignes du projet et ses contraintes ont été exposées à l'ensemble des ménages (unité alimentaire). Les 232 ménages du village ont été contactés individuellement et seuls les ménages ayant donné leur consentement pour participer à cette étude ont été retenus (207 ménages volontaires).

Modalités de l'intervention. L'intervention a porté sur une période de 8 semaines en continu et a été réalisée sur 150 ménages tirés au sort et répartis en 5 blocs de 30 ménages.
Un groupe de 30 ménages (HPR) a reçu de l'huile de palme rouge. Cette huile de palme, en provenance du Togo, a été produite à partir des fruits frais de palmier (*Eleais guineensis).* Sa teneur moyenne en rétinol était de 284µg ER/g. Cette huile a été distribuée de façon hebdomadaire. L'utilisation de cette huile a été laissée au choix de la ménagère, la seule consigne était de l'incorporer au plat de sauce après cuisson afin de bénéficier de la totalité des apports en carotènes.
Un groupe de 2 fois 30 ménages (FVF) a reçu des feuilles fraîches d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) selon un rythme correspondant à celui des marchés (1 jour sur 3). Les quantités d'*oseille* distribuées correspondent aux quantités habituellement achetées par les ménages sur le marché local. Ces feuilles vertes fraîches d'oseille, produites localement ont une teneur moyenne en rétinol de 14 µg ER/g. Un groupe de 2 fois 30 ménages (TEM) a servi de contrôle.

Enquêtes. Une enquête alimentaire transversale a été réalisée avant le démarrage et durant la dernière semaine de l'intervention. Tous les ingrédients entrant dans la préparation des sauces et du *tô* ont été pesés. Les apports alimentaires en carotènes, exprimés en Equivalent-Rétinol (ER) ont été estimés par compilation de données existantes sur les teneurs dans les aliments[3-5] et comparés aux données de carotènes de différentes sauces collectées lors d'une étude précédente et dosées par HPLC[6]. La densité moyenne en rétinol des sauces a été calculée pour chaque groupe et exprimée en teneur moyenne en rétinol / 100 g de sauce.

Au cours des 8 semaines de supplémentation, un relevé des sauces préparées et consommées chaque jour au sein de chaque ménage a été effectué. Ces informations ont été recueillies à l'aide d'un calendrier hebdomadaire conçu à partir de la représentation iconographique de l'ingrédient principal de chacune des principales sauces. La fréquence de consommation des principales sauces a été calculée pour les deux mois de supplémentation. A partir de cette fréquence de consommation et de la teneur moyenne en rétinol des principales sauces, ont été calculés les apports moyens en rétinol provenant des sauces consommées au cours des deux mois de supplémentation.

Un an après cette intervention, la technique de relevé des sauces a été reprise pendant 6 semaines et à la même période pour évaluer l'impact de l'intervention sur les habitudes alimentaires des ménages.

RÉSULTATS

Pendant les deux mois de supplémentation, les 5 principales sauces préparées et consommées par les ménages ont été: les sauces à base de gombo sec (*Abel moschus esculentus*), d'oseille fraîche (*Hibiscus sabdariffa*), de *bulvaka* ou corète (*Corchorus olitorius*), de feuilles de baob*ab* (*Adansonia digitata*) et de *yinkun* ou morelle noire (*Solanum nigrum*) (tableau 1).

Tableau 1: Fréquence de consommation des sauces selon le groupe (%).

Ingrédient principal des sauces	Groupes		
	TEM	FVF	HPR
Gombo (*Abelmoschus esculentus)*	53	46	47
Oseille (*Hibiscus sabdariffa*)	15	28	14
Baobab (*Adansonia digitata)*	6	6	9
Bulvaka (*Corchorus olitorius*	6	6	8
Yinkun (*Solanum nigrum*)	5	6	6

La consommation de sauces à base de feuilles vertes fraîches était deux fois plus élevée chez le groupe spécifiquement supplémenté avec les feuilles d'oseille (FVF). Par rapport au groupe témoin (TEM), cette surconsommation de feuilles s'est effectuée en grande partie aux dépens de la consommation de la sauce à base de gombo. Chez le groupe ayant reçu de l'huile de palme rouge (HPR) ce sont les sauces à base de *bulvaka*, de feuilles de baobab et de *yinkun* qui ont été davantage consommées aux dépens de la sauce à base de gombo.

Quel que soit le groupe, même chez les groupes supplémentés (FVF et HPR), les sauces à base de gombo sec ont été les plus consommées Ces sauces sont caractérisées par la faible teneur en carotènes du gombo (tableau 2). Lorsque les familles ajoutent de l'huile de palme rouge (HPR) à la sauce à base de gombo sec, la teneur en carotènes est alors 20 fois plus élevée que celle de la même sauce sans huile de palme rouge (tableau 2).

Tableau 2: Teneur moyenne en Equivalent Rétinol (ER) (µg /100 g).

Sauces	ER
Gombo (*Abelmoschus esculentus)*	17
Oseille (*Hibiscus sabdariffa*)	280
Baobab (*Adansonia digitata)*	68
Bulvaka (*Corchorus olitorius*	132
Yinkun (*Solanum nigrum*)	178
Gombo avec HPR (*Eleais guineensis*)	350

Les apports moyens en rétinol, provenant des sauces consommées pendant les 2 mois de supplémentation, ont été calculés à partir des tableaux 1 et 2, donnant la fréquence de consommation des principales sauces et leur teneur respective en rétinol. Cet apport moyen en rétinol était de 70, 110 et 250 µg ER / 100 g de sauce, respectivement, pour les groupes TEM, FVF et HPR.

L'analyse des données des enquêtes alimentaires transversales initiale et finale indiquaient une consommation moyenne de 50 g de sauce par repas lors des deux repas journaliers chez les enfants de moins de 6 ans (tableau 3). Cette consommation varie en fonction du type de sauce, les sauces mucilagineuses comme celles à base de gombo ou de feuilles de baobab étant moins consommées que celles à base de feuilles fraîches.

Tableau 3: Apports moyens en rétinol des sauces et couverture des besoins.

Groupe	**TEM**			**FVF**		
Classe d'âge	<6a	6-9a	≥10a	<6a	6-9a	≥10a
Quantité de sauce consommée/repas (g)	49	92	127	49	92	127
Nombre de repas/jour	2	2	2	2	2	2
Quantité de sauce ingérée/jour (g)	98	184	254	98	184	254
Densité moyenne en rétinol (µg ER/100 g)	72	72	72	110	110	110
Apports moyens en rétinol (µg ER)	71	133	183	108	202	279
*Besoins de base en vit A (µg ER)**	200	250	300	200	250	300
*Besoins de sécurité (µg ER)**	350	500	600	350	500	600
Taux de couverture besoins de base (%)	35	53	61	54	81	93

**Les besoins de base et de sécurité sont adaptés de Olson[7] et McLAren [8]*

Compte tenu des quantités de sauces ingérées par les enfants de moins de 6 ans, les enfants du groupe TEM ne couvraient pas leurs besoins de base en rétinol (tableau 3). A raison d'un repas avec une sauce à base de feuilles vertes fraîches tous

les 3 jours, les enfants de moins de 6 ans du groupe FVF ne couvraient pas non plus leurs besoins de base en rétinol (tableau 3). Seules les sauces supplémentées avec de l'huile de palme rouge (cf. tableau 2) fournissaient des apports suffisants en rétinol (350 µg ER/100g de sauce) pour couvrir les besoins des jeunes enfants.

Un an après l'intervention et à la même période, le relevé hebdomadaire effectué durant 6 semaines auprès des 150 ménages de l'étude a confirmé que les cinq sauces précitées constituaient toujours les principales sauces consommées pendant cette période (tableau 4). La fréquence de consommation des sauces à base de gombo demeure élevée. Celle des sauces à base d'oseille a augmenté pour les groupes TEM et HPR et s'est stabilisée au niveau du groupe FVF.

Tableau 4: Evolution des fréquences de consommation des principales sauces à un an d'intervalle.

Sauces	**Oseille**		**Gombo**		**BBY***	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
Groupe TEM	56	52	17	26	16	12
Groupe FVF	50	54	28	26	17	11
Groupe HPR	50	46	16	24	21	18

** Baobab + Bulvaka + Yinkun.*

DISCUSSION ET CONCLUSION

La sauce à base de gombo sec, très appréciée par les populations de cette zone (ethnie Bissa), est consommée pratiquement chaque jour (environ 50% des repas soit 1 repas sur 2). Cette sauce rapidement préparée par les mères de famille a comme inconvénient majeur d'être élaborée avec un produit, le gombo sec, caractérisé par une très faible teneur en carotènes.

La sauce à base de feuilles fraîches d'Oseille de Guinée a une teneur élevée en carotènes, mais sa fréquence de consommation est de l'ordre de 15% ce qui représente un repas sur 6, autrement dit un des deux repas journaliers, un jour sur trois (rythme des marchés). Cette fréquence de consommation est insuffisante pour couvrir les besoins de base en vitamine A des jeunes enfants, compte tenu des faibles quantités qu'ils sont capables d'ingérer.

Seules les sauces contenant de l'huile de palme rouge (HPR) présentent une densité en rétinol suffisante pour couvrir les besoins journaliers des enfants de moins de 6 ans.

A cause de la très faible teneur en carotènes du gombo et a fortiori du gombo sec, la sauce à base de gombo sec devrait être systématiquement supplémentée en huile de palme rouge (HPR). Cette supplémentation systématique en HPR pourrait être une alternative à la distribution de capsules de vitamine A, mise en place pour lutter contre la carence en vitamine A. Cette huile provenant généralement des pays côtiers voisins (Ghana, Togo) est aussi produite dans le sud-ouest du Burkina Faso et vendue sur les marchés locaux à un prix compétitif et accessible aux populations rurales (50 francs CFA / 50 ml). Compte tenu de sa teneur très élevée en carotènes (255 µg ER /ml), il suffit d'un très faible apport journalier pour couvrir les besoins[9].

La consommation importante de feuilles vertes fraîches d'oseille par le groupe supplémenté FVF a permis d'augmenter les apports en carotènes de ce groupe,

même si ces apports restent inférieurs à ceux du groupe recevant de l'huile de palme rouge.

La supplémentation en feuilles vertes fraîches d'une partie de la population étudiée a été réalisée avec l'aide de maraîchers du village, spécialement contractés pour cette production en lieu et place de la culture de rente habituelle (oignons). Cette dotation régulière en feuilles fraîches d'oseille produites localement a fortement modifié le comportement alimentaire de la population étudiée. En effet, l'enquête de consommation alimentaire réalisée un an plus tard et à la même période a montré que les feuilles vertes fraîches d'oseille ont été cultivées spontanément par de nombreux ménages et que la consommation de sauces à base de feuilles fraîches d'oseille a significativement augmenté au sein de tous les ménages y compris ceux non supplémentés l'année précédente.

Parallèlement à l'utilisation systématique d'huile de palme rouge pour enrichir les sauces "gombo", il semble donc opportun de promouvoir la culture dans les bas-fonds des feuilles vertes à consommer fraîches qui permettent de couvrir une partie non négligeable des besoins en carotènes.

RÉFÉRENCES

1. Meda N, Chevalier Ph, Mathieu-Daudé C. Manifestations oculaires liées à la carence en vitamine A en zone rurale du Burkina Faso. Med Trop 2000;60:57-60.
2. Mathieu-Daudé C. Incidence des ingérés en carotènes sur la prévalence de la cécité crépusculaire en zone rurale au Burkina Faso. Mémoire DESS. Montpellier: Université de Montpellier II, 1998:67.
3. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, Lied E, Oshaug A. Nutrient composition and importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, in Southern Mali. Int J Food Sci Nutr 1996;47:455-68.
4. Smith GC, Dueker SR, Clifford AJ, Grivetti LE. Carotenoid values of selected plant food common to southern Burkina Faso, West Africa. Ecol Food Nutr 1996;35: 43-58.
5. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A de feuilles traditionnelles du Niger. Cah Agric 1997;6:553-60.
6. Kangambega M. Contrôle des apports en carotènes au cours d'une supplémentation en milieu rural. Mémoire DEA. Ouagadougou : CRSBAN, Université de Ouagadougou, 2000:76.
7. Olson JA. Needs and sources of carotenoids and vitamin A. Nutr Rev 1994;52(2):S67-S73.
8. Mc Laren DS Frigg M. Sight and Life Manual on Vitamin A Deficiency Disorders (VADD). Basel: Sight and Life, 2002.
9. Ayassou K. Mise en œuvre d'une supplémentation en carotènes en milieu rural. Mémoire DEA. Ouagadougou : CRSBAN, Université de Ouagadougou, 2000:74.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Weaning practices in rural and urban Côte d'Ivoire and its implication for iron bioavailability

Camara[1,2] F, Staubli[2,3] F, Gnakri[1] D, Hurrell[2,3] R.

[1] UFR Sciences et Technologies des Aliments, Université d 'Abobo-Adjamé 02 BP 801 Abidjan 02, Côte-d'Ivoire.
[2] Centre Suisse de Recherches Scientifiques, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte-d'Ivoire.
[3] Laboratoire de Nutrition Humaine, Institut Fédéral de Technologie, PO Box 474, 8803 Rüschlikon, Suisse.

- Abstract -

Anaemia due to iron deficiency during infancy can cause irreversible damage to brain and body. The introduction of varied diet during first two years of life appears to play a central role in the iron supply. The present study aimed to describe weaning foods and quantify iron intake and dietary factors that modulate its absorption for weanlings in an anaemic population in a sub-Saharan setting. In this context, a food intake survey was made with infants (N=429) aged 4 to 24 months in socio-economically poor zones of Côte d'Ivoire, namely in two rural areas (Bouaké and Boundiali) and an urban area (Abidjan). All infants were breast-fed but received complementary foods at the time of the survey. According to anthropometric indicators, malnutrition increased steadily with age, parallel with decreasing breast-milk intake. Weaning was achieved with the normal family meal.

A 3-days weighed record was done for 63 infants, and all consumed food items were analysed for iron, ascorbic acid, energy, polyphenol and phytic acid. The iron intake ranging from less than 1 mg/d to 5.3 mg/d and the energy intake from 400 to 800 kcal/day were well below WHO recommendations (7-10 mg/day and 682-1350 kcal/day respectively) for all age groups and areas. Ascorbic acid intake (8 – 23 mg/d) was also below standards, and phytic acid intake (27 – 222 mg/d) was particularly high in cereal based diets in the North. Polyphenol uptake (16 – 80 mg/d) was considerable. Using established estimation algorithms for iron bioavailability, absorption should have been 6-7% in the studied infants. The cereal based diets provided more food and more iron than tuber crop based diets.

The nutritional deficiency of iron observed in the studied population is severe, owing partly to the fact that no special weaning food was prepared. It appears highly probable that anaemia is widespread already among the studied weanlings. Sensitization programs should be launched and simple, inexpensive weaning foods developed, which respects the particular necessities of infants.

Key words: Iron – Ascorbic acid – Energy – Phytic acid and polyphenol.

- Résumé -

Les pratiques de sevrage en zones rurale et urbaine de Côte d'Ivoire et leurs implications sur la biodisponibilité du fer dans les aliments

L'anémie ferriprive durant la petite enfance peut provoquer des dégâts irréversibles au niveau du cerveau et de l'organisme. L'introduction d'aliment de complément durant les deux premières années semble jouer un rôle capital dans l'approvisionnement en fer. La présente étude a eu pour but de décrire les aliments de complément et de quantifier la consommation de fer et les concentrations des facteurs agissant sur son absorption en période de sevrage dans une zone Sub-saharienne anémique.

C'est dans ce contexte, qu'une enquête de consommation alimentaire a été réalisée chez les enfants (N=429) âgés de 4 à 24 mois parmi les populations socio-économiquement faibles de Côte d'Ivoire, notamment en zones rurales (Bouaké et Boundiali) et urbaine (Abidjan). Lors de l'enquête, tous les enfants tétaient et recevaient l'aliment de complément. Le lait et les aliments consommés par les enfants (N=63) pendant trois jours successifs ont été mesurés puis analysés pour connaître leurs contenus en fer, en vitamine C, en énergie, en polyphénols et en acide phytique.

Selon les mesures anthropométriques, la prévalence de la malnutrition augmentait avec l'âge (18-24 mois) et parallèlement la quantité de lait maternel consommée diminuait. Dans tous les cas, le sevrage se faisait avec le plat familial.

Les consommations de fer (1 à 5,3 mg/jour) et d'énergie (400 à 800 kcal/jour) étaient inférieures à celles recommandées respectivement (7-10 mg/jour) et (682-1350 kcal/jour) pour toutes les classes d'âges établies dans ces localités. La vitamine C (8 à 23 mg/jour) existait en petite quantité dans les aliments consommés par les enfants. Par contre la consommation de polyphénols (16-80 mg/jour) était considérable et l'acide phytique (27-222 mg/jour) était particulièrement élevé dans les aliments à base de céréale au Nord (Boundiali) par rapport au seuil (10 mg/repas/jour). En utilisant l'estimation logarithmique de la biodisponibilité du fer, l'absorption du fer contenue dans ces aliments était autour de 6-7% dans la population d'étude. Les aliments à base de céréale ont procuré aux enfants plus de fer que les aliments à base de tubercules.

La carence en fer observée dans la population d'étude est sévère et cela est dû en partie au fait qu'il n'existe pas d'aliment de sevrage type pour ces enfants, il est donc fortement probable que la population d'étude soit anémiée. Pour corriger cette anémie, une farine de complément à la portée de tous et respectant les besoins nutritionnels de ces enfants a été élaborée et pour une meilleure adoption, un programme de sensibilisation des mères est nécessaire.

Mots-clés: Fer – Vitamine C – Energie – Acide phytique – Polyphénols.

INTRODUCTION

In developing countries, between 40 and 50% of children under five years of age are anemic. Iron deficiency anemia during infancy severely hampers the future of the concerned because of its long-term effects on psychomotor and mental development and on immunity. Such irreversible damage occurs because early iron deprivation coincides with the critical growth period of the brain. Iron-deficient infants show problems with coordination and balance, appear more withdrawn, have a short attention span, are irritable, and have a reduced ability to learn[1-7].

Epidemiological evidence on the prevalence of iron deficiency and its associated anemia are scarce for Africa. A review of the available literature by Hercberg et al.[4] found an overall prevalence of 56% in African children (0-4years). In the Ivory Coast, the prevalence of iron deficiency anemia aged 2 to 5 years was 38% in urban and 63% in rural areas respectively. Iron deficiency and malaria were identified as the major causes[8].

Sole breast-feeding generally allows for an adequate iron status during the first few months of live. By the age of 5 to 6 months, the continuous growth of the infant and the massive expansion of the red cell mass exhaust the placentally transferred iron, and iron stores become depleted. Neither human nor cows milk are then able to satisfy the infant's need for iron due to their low iron concentration (0.3 – 0.5 mg/l for human milk)[4,9]. Complementary foods that offer better iron sources must be offered to prevent iron deficiency. Higher iron intake may not be sufficient enough, because its absorption is modified substantially by dietary factors. Iron absorption is enhanced if Vitamin C is present, but inhibited by concomitant intake of phytic acid and polyphenols[10-13]. Several studies have so far reported intakes of energy and nutrients from complementary foods of weanlings, estimated contents of absorption modifying substances for zinc and iron, and commented the consequent impact on the nutritional status[14-16]. This information is valuable and helps to develop suitable strategies to mitigate the burden of infant malnutrition. The above cited studies have been carried out in countries where cereal based diets are dominant and little information about both weaning foods and the respective contents of micronutrients plus absorption modifiers is available for root and tuber crop based.

The present study inscribes itself in the necessity to increase detailed knowledge on supplementary foods given to infants, which as shown on the example of iron, appear to play a central role in the infant's future development. Specifically, it was aimed to study iron bioavailabilty for infants in rural and urban zones of poor socioeconomic status in the Ivory Coast being zones where actions are presumably most urgent.

MATERIALS AND METHODS

Sites and subjects

Ethical approval for the study was obtained in collaboration with the National Institute of Public Health (INSP) from the Ministry of Health of Ivory Coast. Informed consent was obtained from all participating mothers. The study was carried in three sites characterized by poor socio-economic status of the inhabitants, moderate malnutrition and simple diets but with different alimentary habits. A survey that had started two years earlier found 45% of the female adults and 50% of 2-5 year old children to be anaemic, concluding that nutritional deficiencies were responsible rather than gastrointestinal infections or malaria[8]. This study was carried out in exactly the same locations, allowing us to assume that anaemia was a true problem in the sites. In Northern Ivory Coast, three rural villages (Maranama, Koro and N'déou) were selected

within 30 – 40km of the provincial town of Boundiali. There, the diet consists essentially of cereals, i.e. maize, millet, sorghum, and rice and the ethnic groups of Senoufo and Djoula are predominant. In Central Ivory Coast, further three rural villages were selected (Akanzakro, Kolongonouan and Bamoro-gare) within 20-30km of the city of Bouaké. Their inhabitants are by majority of the ethnic group Baoulé and their diet consists of yam and plantain. Thirdly, an urban setting was chosen in the city of Abidjan. In the district of Koumassi, the selected households were characterised by a very mixed ethnic background and diet. In the Northern rural and the urban zone, the surveyors had a command of the common languages. In the Central zone, local interpreters were used where French proved to be insufficiently useful.

429 mother-child pairs were selected randomly, 266 in Abidjan and 99 and 64 in the two rural zones respectively. Babies aged 4-24 months and eating solid or semi-solid foods to complement breast milk were eligible. Younger infants were solely breast-fed and therefore excluded from the survey. Age could in all cases be determined with sufficient precision, using either government issued birth certificates, or, if missing, the mother's memory of a near-simultaneous birth in the village, where a government record existed. In rural zones, the mothers' main occupations were field and household work, whereas mothers in urban zones were following primarily small commercial activities, cleaning jobs, or housework. The socio-economic status of rural and urban households appeared comparable across all subjects, although this was not particularly surveyed.

Anthropometric and nutritional survey

The survey was carried out by the first author and two trained assistants from December 1998 – March 1999. Mothers were asked about the detailed daily or weekly eating habits of the infant and which special food was prepared for the infant. Records of height and weight were taken according to standardized techniques with a Salter Weigh-Tronix scale (model 235 6S, Salter, George Street West Bromwich, West Midlands, B706AD, UK) accurate to ±2g and a 1m calibrated wooden length board accurate to 0,5cm. A milk sample (5-10ml) was taken from every mother and analysed for vitamin C as described below.

Three day weighed food records

Infants were randomly chosen for a three day weighed food record during the same period as the anthropometric survey, numbering 19 in the zone Bouaké, 21 Boundiali and 23 Abidjan. The same investigators stayed with the family for 3 days from 6am to 8 pm. Measurements were made as described in Hess et al.[17]. For each meal, raw ingredients including salt and water before cooking, and the entire prepared meal were weighed using a kitchen scale (HR 2385, Phillips) accurate to ±1g. The weight of each food item (e.g. sauce, staple, water) served to the infant prior to eating and the uneaten rests were recorded. The precise composition of the meal could thus be calculated. As a control, the weight difference of the infant before and after the meal was measured using a KERN UB30K10 scale (Kern & Sohn GmbH, 72458 Albstadt, Germany). The same weight difference was used to estimate milk intake from breastfeeding. Milk energy was calculated using a mean of 747 kcal/l[18] while food energy was calculated using tables published in Souci[19].

Biochemical analysis

From each food item consumed by the infant during the three day weighed record survey, a sample of 5-10g (A) and one sample of 15-30g (B) were taken for analysis. Sample A was immediately mixed with 2.5 times (w/v) metaphosphoric acid (0.5M) to stabilize Vitamin C. Samples A and B were transported in an icebox and stored at -

18ºC until analysis. Staples were sampled once during the whole period even if the staple appeared in several meals, because their composition is homogenous and stable over the short period of the survey. In contrast, samples of sauces were taken at every occurrence. 360 samples were collected in total. In the laboratory of the CSRS (Abidjan, Côte d'Ivoire), sample B was lyophilised and divided into three equal parts to be analysed for polyphenols, phytic acid, and iron respectively.

Vitamin C in breast milk was analysed using titration by 2.6-dichlorophenol-indophenol (DI). 3ml of sample A was mixed with 17ml of metachloric acid (0.5M) and titrated with DI until colour change occurred. Vitamin C concentration was then calculated using values of previously measured standard and blank solutions. For Vitamin C in food, analysis was carried out as recommended by AOACI (1994). Polyphenol was analysed using the Folin-Ciocalteu reaction and phytic acid was measured according to Makower's method (1970). Exact sample preparation and measurements are described in Staubli[8]. These analyses were carried out in the laboratory of human nutrition of the ETHZ (Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland).

For the analysis of iron, 1g of lyophilised sample was mixed with 5.5ml of $NaNO_2$ (3N) and 0,5ml of Pectinex Ultra SP-1 (Novo Nordisk Ferment Ldt., Dittingen, CH) and incubated at 37ºC for 1h with vigorous shaking. After the addition of 15ml acid solution (HCl (6N) and trichloro acetic acid (40%) 1:1 (v/v)), incubation continued for 20h at 65ºC. Samples were then centrifuged at 1000rpm (Mistral Labofuge 200, Heraeaus Sepatech, D-37530, Osterode, Germany) for 5min. 1ml of the supernatant was mixed with 5ml of colorant (5ml of the bisulfate of bathophenantroline in 200ml of 14.5 M sodium acetate) and absorption is measured at 540nm using a spectrophotometer (Model DU-7, Beckman Instruments, Fullerton, CA 92634, USA). Values were compared to a linear standard made with standard iron (Titrisol Merck, Dietikon, CH).

Statistical analysis and calculation of bioavailability of iron

All statistical operation were carried out using the statistical package SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC, USA). Descriptive statistics were presented as medians and 25th and 75th percentiles (1st and 3rd quantile) where normality of distribution was not given according to Kolmgorov-Smirnov's test, or else using means and standard errors. Anthropometric indicators were calculated using the Anthro software.

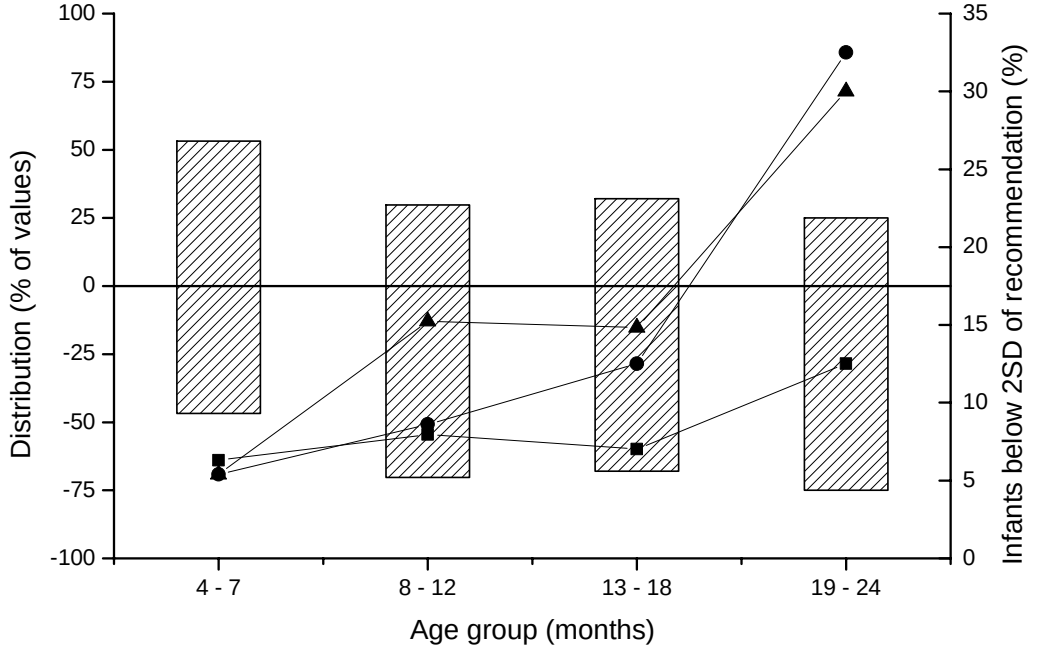
Iron bioavailability was estimated using a formula forwarded by Reddy et al.[20], which is based on iron absorption rates from known composition, using subjects of 30µg/l serum-ferritin levels. Children aged 2-5years of the study sites had similar serum-ferritin levels[8], allowing us to use the formula without modification. Log iron absorption was estimated as [units]: 1.9786+(0.0123 x animal tissue[g]) – (0.0034 x phytic acid[mg]) + (0.0065 x ascorbic acid[mg]). Bioavailable iron was then calculated per meal and quartiles were calculated using the sums of bioavailable iron per day.

RESULTS AND DISCUSSION

Anthropometric survey

In this study, among the 429 infants, 46% were girls and 54% boys. Wasting was defined as weight-for-height scores below -2 standard deviations from the mean of the reference population. As shown in figure 1, wasting stayed stable at 5% for the less than 18 months old and increased to 12% in the oldest age group. The portion of infants below the median of the reference population increased from a balanced 50% for the youngest infants to 70% for the over 8 months old infants. A similar trend was observed for low (<-2SD) weight-for-age and height-for-age scores, increasing up to

30% of the observations for the oldest infants. Low scores were more abundant in the rural zones. As interpreted by Waterlow[21], the current nutritional status is not critical in the study population, though a moderate malnutrition seems to evolve with increasing age, especially for 18-24 months old infants. Another survey in the same region showed that wasting ranged from 8-30% in the age group 2-6 years, confirming the tendency observed in our younger population segment[8]. The tendency to increased malnutrition with increasing age is suggestive of the incomplete role supplementary foods are playing.



Distribution of weight-for-length indices (box) below and above recommended median, and prevalence of low weight-for-length (■)*, weight-for-age* (●)*, and height-for-age* (▲) *Z-scores by age group of 429 infants in Ivory Coast.*

Figure 1: Survey of food intake and nutritional state of infants from 4 to 24 months in rural and urban areas in Côte d'Ivoire.

Milk consumption and complementary food for infants

The nutritional survey showed that breast feeding initiation was 100% and that, except in Bouaké, nearly all infants were breastfed up to an age of 24 months which corresponds to an earlier finding of Clayton et al.[22]. A study by Paul et al.[16] reported, however, that Gambian infants stopped breastfeeding at the age of 18 months. The volume of breast-milk ingested for the youngest infants was about 450 – 480ml/d in rural and urban zones as measured in the 3 day weighed food record (table 1). The milk intake dropped rapidly after an age of 8 months for rural infants to about 100ml/d for the oldest age group. This drop was considerably slower for urban infants, where 19-24 months old infants still received about 200ml/day. Butte[23] noticed that the volume of ingested milk varies according to the demand of the infant, the frequency of sucking, the stage of lactation and the mother's glandular capacity. The observed difference was probably related to the professional activity of the concerned mothers (field work vs. lighter, economic activities), which allowed urban women to give milk more frequently. Our reported figures are considerably lower than the average of the Gambian and English infants which was 750 ml/d[24].

Table 1: Consumption of maternal milk (ml/day) of 64 infants in Ivory Coast in a three days weighed record survey (median and 1st, 3rd quartiles). Vitamin C of milk content was measured on 429 samples in all zones *(last lines, mean ± standard error).*

Age group	Boundiali	Bouaké	Abidjan
4 – 7 months	460 (495, 410)	480 (495, 460)	480 (500, 460)
8 – 12 months	300 (330, 285)	290 (305, 285)	400 (410, 390)
13 – 18 months	210 (230, 185)	210 (225, 195)	330 (360, 300)
19 – 24 months	90 (110, 85)	100 (120, 90)	200 (210, 190)
Mean Vitamin C content (mg/l)	*40 ±1.5*	*47 ±1.2*	*39 ±1*

Mothers informed us that weaning had started at an age of 4 – 6 months because the baby appeared hungry or because traditionally this was the age of introducing complementary foods. Starting from an early age, cereal preparations were fed to the infants about 1.5 to 2.3 times per day. Cereal gruel is fed to nearly all infants in Boundiali, where this dish is a common meal for adults. In Abidjan, 13% of the mothers prepared commercial baby food, whereas the rest used exclusively cereal gruel. The lower percentage of cereal-based meals observed in Bouaké (80% of all infants) is certainly due to the fact that gruel is not a common food for the prevailing ethnic group. In contrast to as reported for Malawi and Nigeria[15], cereal preparations were not prepared especially for the infants with a thinner consistence and lower energy density; gruels in our study had an average density of 1.47 kcal/g regardless of the age of the infants it was fed to. In all regions, the family meal consisting of a staple and sauce was fed to over 50% of the infants already in the age group of 4-7months once every 1 – 2 days, increasing to 2 – 3 times per day for all more than 8 months old children. The use of fruits in the infant's diet is relatively high in rural areas compared to Abidjan, though this might be an effect of the time of sampling, which was in mango season. Generally, older infants were more likely to get fruit than younger ones. Of those who ate fruits, infants had fruit every day in town, whereas rural infants were fed fruits 2 out of 3 days.

These results show that in the socio-economic settings in which the study was carried out, no special weaning food was prepared or purchased for the infants, with few exceptions in urban Abidjan. Infants are weaned using the family's normal diet.

Energy consumption

George & DeFrancesca[18] showed that mature milk offers on average 747 kcal/l of energy to the infant. Using this value, the volumes of milk consumed here can be estimated to have contained 74-353 kcal/day in rural zone depending on age and between 148-360 kcal/day in urban area (table 2). For infants older than 1 year, these intakes are considerably lower than described by Hotz & Gibson[15]. These quantities remain very insufficient if the infants do not receive additional food. Our estimates should be taken with caution, as milk energy density was not measured directly but can vary strongly[25]. Average energy intake from complementary food was 198-486 kcal/day, which corresponds to findings of a similar study in rural Malawi[15]. The total energy uptake was sufficient for small infants (4-7 months old) owing to a relatively high milk intake. The older age groups were increasingly malnourished. The lowest value of 35% of recommended energy intake was found in rural Bouaké for 13-24 months old infants. However, only main meals were considered in view of the main

interest in iron supply. Therefore, small snacks such as fruit, yoghurt in Abidjan and fritters in villages that can contribute to calorie but not to iron supply were not taken into account. Furthermore, an "instrument effect" of the multiple day weighed record has been put into evidence, showing that food intakes are underestimated with this method by 8% for milk and 15% for solid foods[26]. Nevertheless, the moderate malnutrition as exhibited by the anthropometric survey seems to be confirmed by the low energy availability to the studied infants. In a three day weighed food record carried out in Europe, infants (3-24months) received 111 kcal/kg bodyweight per day[27], which is two to three times higher than the corresponding value of 33-52 kcal/kg here. The food density in our study was sufficiently high (1.33 kcal/g on average) to allow the intake of enough calories in 3 – 4 meals[28]. The food density of weaning food reported here is considerably higher than the one found in rural Malawi of 0.6 – 0.78 kcal/g[15]. Our data suggested that the quantity of food intake was the limiting factor. In Boundiali, the consumed quantities were considerably higher but still insufficient. The rural-urban difference in malnutrition observed in the anthropometric survey appeared less pronounced using the energy intake as an indicator. Over 90% of the energy originated from cereals, except in Bouaké, where yam contributed a third of the energy.

Table 2: Energy intake during main meals (median, 1st and 3rd quartile in brackets) and sucking (median) of 64 infants in Ivory Coast in a three days weighed record survey. *Milk energy was calculated using an average energy density of 747 kcal/l. Recommendations are based on WHO[28]*.

Age group	Boundiali	Bouaké	Abidjan	Recom-mendation
Energy milk				
4 – 7 months	337	353	360	
8 – 12 months	223	218	298	
13 – 18 months	152	159	249	
19 – 24 months	74	77	148	
Energy food				
4 – 7 months	n.a.	246 (96, 253)	217(190, 271)	
8 – 12 months	436 (334, 504)	250 (198, 402)	274 (181, 349)	
13 – 18 months	471 (282, 651)	223 (159, 346)	473 (307, 647)	
19 – 24 months	772 (424, 980)	324 (229, 561)	398 (391, 532)	
Energy total				
4 – 7 months	n.a.	599	577	682
8 – 12 months	659	468	572	950
13 – 18 months	623	382	722	1092
19 – 24 months	846	401	546	1350

Iron consumption and iron absorption modifiers

Iron consumption was highest in Boundiali (3.4 – 5.3 mg/day), and slightly lower in Bouaké (table 3). In urban Abidjan, extremely low values were obtained for the youngest age group (<1 mg/d), whereas the two older age groups rejoined their rural

counterparts. Advised iron intake ranges from 7 – 9 mg/d for infants from 3 to 18 months and 10 mg/d for infants from 18 to 24 months[18]. The measured iron intake was therefore insufficient in all cases, generally covering only 20 – 50% of the RDA, and in the case of 3-7 months old infants in Abidjan, less than 10% of RDA. The number of the latter infants (2) in our study is, however, too small to allow a generalisation for this specific age group. Furthermore, milk iron was not taken into account for these calculations, because, being at about 0.3 – 0.5 mg iron per l of milk[4], its contribution was minimal for infants with low milk consumption. However, for the youngest age group, milk iron may significantly increase iron intake and reduce iron deficiency.

Table 3: Iron consumption, bioavailability and concomitant intake of iron inhibitors (polyphenols and phytic acid) in 64 infants in 3 geographic regions in the Ivory Coast (median and 1st, 3rd quartiles in brackets). *Recommended intakes are shown*.

Age (months)	Boundiali	Bouaké	Urban area	Recom-mendation [b]
	Iron consumption (mg/day) % iron bioavailability [a] % of absorbed iron requirement [c]			
4-7	n.a. n.a. n.a.	1.9 (0.8, 2.1) 6.9 (6.7, 7.1) 26 (11, 28)	0.4 (0.2, 0.9) 6.4 (6.4, 6.4) 6 (3, 13)	7-9 (1)
8-12	3.3 (1.6, 4.7) 6.5 (6.4, 6.8) 44 (22, 61)	2.8 (2.2, 3.3) 7.1 (6.9, 7.2) 40 (32, 48)	1.0 (0.8, 1.4) 6.6 (6.4, 6.9) 15 (11, 25)	7-9
13-18	4.4 (3.6, 5.3) 6.5 (6.4, 6.8) 58 (40, 70)	1.8 (1.3, 2.5) 7.1 (6.8, 7.2) 26 (18, 36)	2.4 (2.0, 4.1) 6.6 (6.2, 6.9) 42 (28, 57)	7-9
19-24	5.3 (4.1, 6.9) 6.4 (6.4, 6.7) 63 (52, 86)	2.5 (1.6, 5.2) 6.9 (6.8, 7.2) 33 (22, 48)	2.1 (1.6, 3.0) 6.7 (6.4, 7.2) 52 (40, 73)	10
	Polyphenol consumption *(mg/day)*			**% of inhibition**
4-7	n.a.	12 (6, 21)	25 (19, 29)	50-70 (2)
8-12	28 (20, 48)	57 (18, 114)	27 (18, 33)	50-70
13-18	36 (30, 63)	31 (19, 41)	47 (36, 73)	50-70
19-24	81 (54, 101)	33 (24, 56)	38 (29, 67)	50-70
	Phytic acid consumption *(mg/day)*			**Phytic acid limit**
4-7	n.a.	36 (17, 44)	64 (42, 73)	10 (3)
8-12	81 (62, 125)	38 (23, 55)	66 (36, 92)	10
13-18	122 (93, 161)	25 (18, 61)	104 (60, 180)	10
19-24	216 (127, 308)	51 (26, 81)	84 (58, 143)	10

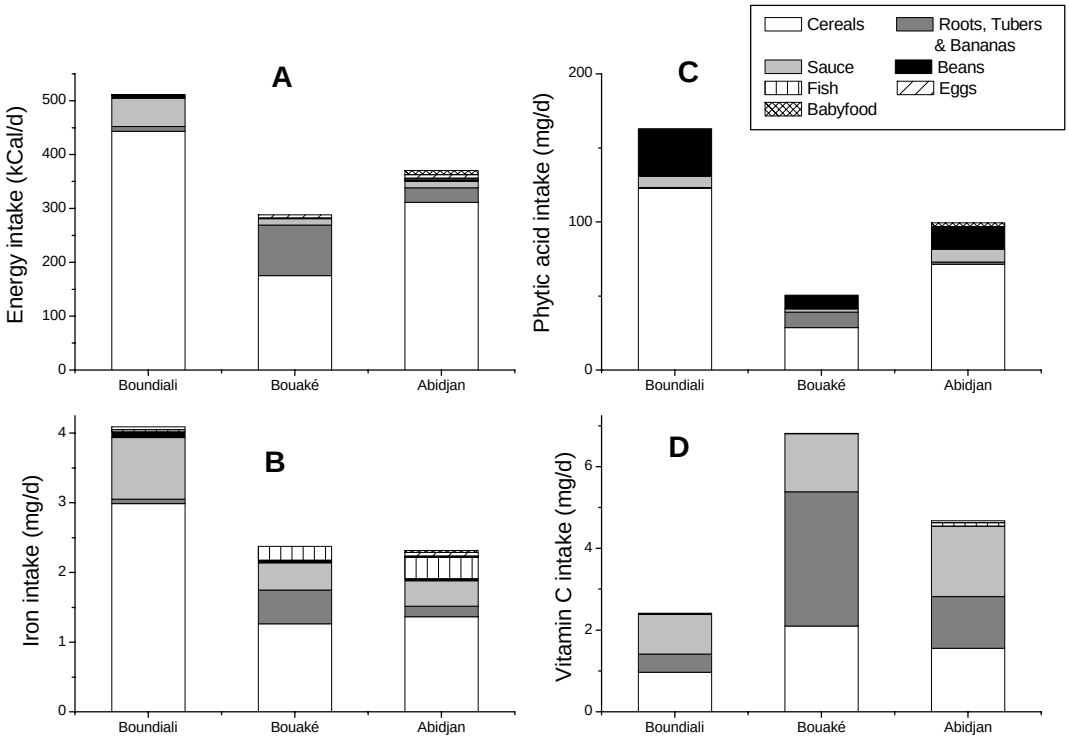
[a] *Absorption rate was calculated with the formula forwarded by Reddy, Hurrell, and Cook[20], using animal tissue, phytic acid, and Vit.C uptake per meal, and multiplied by the iron content of the meal.*

[b] *(1) Boggio, Lestradet, Astier-Dumas, Machinot, Suquet, & Klepping[27]; (2) Hurrell et al. 1999a[29]; (3) Hurrell, Juillerat, Reddy, & Lynch[12].*

[c] *set at 0.5 mg/d.*

Our results indicate that about 75% of the iron intake originated from the staple food, and the remaining 15-20% from the sauces (figure 2). This is in agreement with previous findings on iron sources in the Ivory Coast[8] where staples were the major source of iron. Heme and nonheme iron are absorbed independently and are affected by different dietary factors. In our study, no relevant amounts of heme iron were detected, because hardly any meat or fish was fed to the infants, amounting to near nil in Boundiali to a maximum of 13% of available iron in Abidjan. Similar findings indicating that weaning foods do not contain animal protein in poor socioeconomic setting have been reported previously[15]. Heme iron that leaked from fish into the sauce was judged minimal and not taken particularly into account, although it was detected by the biochemical analysis. It is safe to conclude from figure 2 that nonheme iron constituted the majority of the available iron. The absorption of nonheme iron is, among other factors, impaired by concomitant intake of polyphenols and phytic acid[30].

Intake of polyphenols ranged from 16 – 79 mg/d and varied little between rural and urban zones and age groups. The major sources of polyphenols were the vegetable sauces served to the infants. Total polyphenol content was 7.21 mg/g for *Klala* sauce (main ingredient: *Corchorus olitorus*), 1.09 mg/g for *sauce graine* (puree of *Elaeis guineensis*), 0.95 mg/g for *collogui* sauce (*Sesamum radiatum*), 0.65 mg/g for groundnut sauce (*Arachis hypogea*), 0.38 mg/g for okra soup (*Abelmoschus esculentus*) and 0.92 mg/g for green beans (*Phaseolus spp.*). Staples contributed to a lesser extent to polyphenol intake, although they were consumed in larger quantities.



Contribution of food groups to intake of energy (A), iron (B), phytic acid (C), and Vitamin C (D) (N=64).

Figure 2: Survey of food intake and nutritional status of infants from 4 to 24 months in rural and urban areas in Côte d'Ivoire.

Intake of phytic acid by the infants varied between 26 and 222 mg/d. A significantly higher intake was noted in Boundiali, where infants of more than 1 year consumed

over 200 mg/d. This is partly due to the generally higher food intake of these infants (table 2), but mostly due to the nature of their diet. Cereals (maize, rice, sorghum, millet) were the main sources of phytic acid, and all of those were consumed regularly and in relatively large quantities in Boundiali. Phytic acid contents were 0.28 to 0.59 mg/g for these cereal preparations, except for boiled rice (0.18 mg/g). Other important sources were groundnut sauce (1 mg/g), bread (1.3 mg/g), doughnuts (2.3 mg/g), and boiled green beans (11.6 mg/g), all of which were, however, consumed in much lower quantities (figure 2). Even higher phytic acid intakes were measured for rural weanlings on a maize diet in another study, in particular for infants younger than 1 year[15].

In order for phytic acid to have a iron absorption reducing effect, more than 10 mg must be consumed per meal[12]. The measured quantities here are far superior to this threshold, and it is likely that phytic acid was a potent inhibitor of iron absorption in our study group

Table 4: Vitamin C intake during main meals and sucking of 64 infants in Ivory Coast in a three days weighed record survey. Vitamin C content of milk was analysed for samples pooled per region. For food Vitamin C, values are given as median (1st, 3rd quartiles). Recommendations are based on George & Defrancesca[18].

Age group	Boundiali	Bouaké	Abidjan	Recom-mendation
Milk Vitamin C				
4 – 7 months	18	23	19	
8 – 12 months	12	14	16	
13 – 18 months	8	10	13	
19 – 24 months	4	5	8	
Food Vitamin C				
4 – 7 months	n.a.	2.3 (0, 4.9)	0 (0, 1.2)	
8 – 12 months	0.8 (0, 1.8)	7.8 (3.3, 15.2)	1.6 (0.9, 5)	
13 – 18 months	1.4 (0.7, 2.3)	5.3 (3.2, 12.7)	6 (1.4, 9.9)	
19 – 24 months	3.9 (1.1, 7.4)	5.1 (3.2, 7.8)	5.8 (5, 7.3)	
Total Vitamin C				
4 – 7 months	n.a.	25.3	19	55
8 – 12 months	12.8	21.8	17.6	76
13 – 18 months	9.4	15.3	19	87
19 – 24 months	7.9	10.1	13.8	108

Vitamin C is an enhancer of iron absorption, and the infants in our study obtained it from mother's milk and complementary food. The vitamin C content of maternal milk was measured directly on 429 samples, and varied from 40±1.5 mg/l in Abidjan and rural Bundiali to 47±1.2 mg/l in Bouaké (table 4). Using these values, breast-milk provided about 18 - 23 mg/d of vitamin C for the youngest age group, but intake decreased strongly to less than 10 mg/day for the oldest age group. Contribution from food was very small, ranging from 0 to 8.4 mg/d, being generally higher in Abidjan and around Bouaké. The structure of the diet, cereals, was again responsible for the low

Vitamin C consumption from complementary food in Boundiali. In Bouake and Abidjan, the common staples (plantain, yam) contained more Vitamin C whereas in Boundiali, it originated generally from sauces and from vegetables. Overall Vitamin C intake varied from 8.3 to 23 mg/d, originating primarily from mother's milk, and a strong decrease was observed with increasing age, corresponding to the decrease of mother's milk intake. The recommendation for Vitamin C intake is 8 mg/100 kcal/d[18], which is considerably higher than the observed values, ranging from 0.4 mg/100 kcal/d for the youngest age group up to a maximum 3.5 mg/100 kcal/d. The conclusion that the infants were severely Vitamin C deficient is, however, premature, because as mentioned previously only major meals were taken into account in view of the main focus of the study, namely iron absorption. Fruits eaten in between the meals may have significantly improved Vitamin C supply, but could not have influenced iron absorption. Vitamin C must be consumed simultaneously with the iron source to act as enhancer.

Iron bioavailability

In order to quantify the inhibitory role of phytic acid, and the enhancing one of Vitamin C, simple empirical models have been developed, for example by Reddy et al.[20]. Polyphenols were not included in this model, because their inhibitory role appeared ambiguous in presence of other inhibitors and enhancers. In complex meals, the inhibition only due to polyphenols was minimal, in contrast to findings of another study, where polyphenols from beverages combined to a simple bread meal resulted in a drastic reduction of iron absorption[13]. Important quantities of polyphenols were consumed by the infants in our study, but in complex meals and in presence of other major iron absorption modifiers. Consequent to the current scientific knowledge, it was assumed that they played a minor role regarding iron bioavailability.

Animal tissue, phytic acid and Vitamin C intakes per meal were used to calculate the iron absorption, using a formula adjusted to 30µg serum ferritin, and obtained from a study with adult subjects and a Western diet[20]. The application of this formula to weanlings receiving a significantly different diet in all respects is questionable, and the formula's authors stated that iron absorption variation is only poorly explained by the dietary factors. Nevertheless, it is currently the best solution available to estimate iron bioavailability for the study population, and it has been applied previously to similar data[8]. The calculated absorption rates were low (6-7%) and varied little across age groups and study areas. The minimal variation is astonishing if compared to figure 2, where the principal variables, iron, Vitamin C, and phytic acid vary considerably among the study sites. The detrimental impact of increased phytic acid intake in Boundiali appears small, and the higher intake of Vitamin C in Bouaké appears to have no beneficial effect. This is understandable, since mean phytic acid contents across all meals are relatively modest and decrease iron bioavailability only by 0.7% in Boundiali and Bouaké. Likewise, the relatively high Vitamin C intake in Bouaké raises the iron absorption rate only by 0.2% across all meals, simply because, though intakes are higher in Bouaké, they even there remain very low compared to absolute requirements.

Using these absorption rates, actual iron intake can be estimated and compared to absorbed iron requirement (estimated at 0.5 mg/d). As already indicated above on total iron intake, also daily recommended absorbed iron intakes were very low, ranging from 26-58% in rural zones, and from 6-52% in the urban zone. Although absorption varied little, absolute iron intakes were superior in Northern Ivory Coast as shown above. Therefore, these infants had a higher coverage of their iron needs. The same calculations were carried out with values of isolated meal containing fish during the survey (19 meals of 647 surveyed), and even small quantity of animal tissue (10-

20g per meal) increased iron absorption rate by about 1-2%. With a range of animal tissue from 6 – 61g per meal, the concerned infants covered 20 to 200% of their RDA with a single meal.

CONCLUSION

Within the studied population of poor socioeconomic status, malnutrition for 6-24 months old infants was pronounced, and increasing with age. No special weaning food was prepared, and even the youngest infants received immediately the normal family meal as complementary food. This food intended for adults appeared insufficient for the needs of the studied babies, as energy and other nutritional needs were not met, probably due to too small food intake. In particular, iron bioavailability was very low following the analysis of the consumed iron, and its absorption enhancers/inhibitors. This allows the conclusion that anaemia due iron deficiency is high among the studied subjects, and more so in urban zones. Cereal based diets in the North provided more calories and iron, presumably due facility to eat more, than root and tuber diets. Cereal diets also contained more iron and phytic acid, but less Vitamin C, than root and tuber diets. However, in the surveyed range of weaning foods, these factors modulate iron bioavailability only slightly, and solely animal tissue appeared to have a major impact on iron supply. Generally low intake of food and particularly of animal tissue appears to be responsible for the shortage of food iron rather than specific iron absorption modifiers. As shown previously[8], iron bioavailability must be raised considerably in order to satisfy absorbed iron requirements without changing total iron availability. The feasibility to modify iron bioavailability appears small in view of its modelled variation in the present study. This defies to a certain extent knowledge on iron bioavailability, and the modelled iron bioavailability must therefore be taken with great caution.

We recommend that parents in such poor socioeconomic settings, which unfortunately prevail in large parts of the Ivory Coast and Africa, should be sensitised on the subject of child nutrition, with special emphasis on iron availability. Special weaning foods should be cooked for infants, which need not necessarily be complicated or expensive, so that infants eat more. Fermented cereals, combined with fresh fruits, could in theory greatly increase iron bioavailability for infants. More importantly, the tradition, where men receive preferentially meat and fish[8], and established taboos of particular foods which are not fed to infants (bushmeat, eggs), must be sociologically understood and tackled with, so that women and infants obtain more of the rare animal protein and iron share.

REFERENCES

1. Allen LH. The nutrition CRSP: What is marginal malnutrition, and does it affect human function? Nutr Rev 1993;51:255-67.
2. Barnes LA, Dallman PR, Anderson H, et al. On the feeding of supplemental foods to infants. Pediatrics 1980;65:1178-81.
3. Dallman PR. Iron deficiency in the weanling: a nutritional problem on the way to resolution. Acta Paediatr Scand 1986;323:59S-67S.
4. Hercberg S, Galan P, Dupin H. Iron deficiency in Africa. World Rev Nutr Diet 1987;54:201-36.
5. Hervada AR, Newmann DR. Weaning: Historical perspectives, practical recommmendations, and current controversies. Curr Probl Pediatr 1992;5:223-40.

6. National Research Council (NRC). Recommended dietary allowances. 10th ed. Washington (USA): National Academy press, 2000.

7. UNICEF. The state of the world's children. Report focusing on malnutrition. 1998.

8. Staubli AF. Development of a food fortification strategy to combat iron deficiency in the Ivory Coast. Thesis n°13730. ETH Zürich, Switzerland, 2000:1-220.

9. Fomon SJ. Reflections on infant feeding in the 1970s and 1980s. Am J Clin Nutr 1987;46:171-82.

10. Davidsson L, Galan P, Kastenmayer P, et al. Iron bioavailability studied in infants: the influence of phytic acid and ascorbic acid in infant formulas based on soy isolate. Pediatr Res 1994;36:816-22.

11. Gilloly M, Bothwell TH, Torrance JD, et al. The effects of organic acids, phytates and polyphenols on iron absorption from vegetables. Br J Nutr 1983;49:342.

12. Hurrell RF, Juillerat MA, Reddy MB, Lynch SR. Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. Am J Nutr 1992;56:578.

13. Hurrell RF, Reddy MB, Cook JD. Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. Br J Nutr 1999b;81:289-95.

14. Hautvast JL, Van der Heijden LJM, Luneta AK, et al. Food consumption of young stunted and non-stunted children in rural Zambia. Eur J Clin Nutr 1999;53:50-9.

15. Hotz C, Gibson RS. Complementary feeding practices and dietary intakes from complementary foods amongst weanlings in rural Malawi. Eur J Clin Nutr 2001;55:841-9.

16. Paul AA, Bates CJ, Prentice AM, Day KC, Tsuchiya H. Zinc and phytate intake of rural Gambian infants: contributions from breastmilk and weaning foods. Int J Food Sci Nutr 1998;49:141-51.

17. Hess S, Zimmermann MB, Staubli-Asobayire F, Tebi A, Hurrell R. An evaluation of salt intake and iodine nutrition in a rural and urban area of the Côte d'Ivoire. Eur J Clin Nutr 1999;53:680-6.

18. George DE, de Francesca BA. Human milk in comparison to cow milk: In: Lebenthal E. Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy. 2nd ed. New York: Raven Press, 1989:239-61.

19. Souci SW, Fachmann W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. 5th ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishing, 1994:1-1091.

20. Reddy MB, Hurrell RF, Cook JD. Estimation of nonheme iron bioavailability from meal composition. Am J Clin Nutr 2000;71:937-43.

21. Waterlow JC. Classification and definition of protein-calorie malnutrition. Br Med J 1972;3:566-9.

22. Clayton D, Orwell S, Dugdale AE. Infant feeding in the Ivory Coast. Food Nutr Bull 1984;6:2-6.

23. Butte NF, Garza C, Smith EO, Nichols BL. Human milk intake and growth in exclusively breast-fed infants. J Pediatr 1984;104:187-95.

24. Montandon CM. Formula intake of one-and four month-old infants. J Pediatr Gastroenterol Nutr 1986;5(3):434-8.

25. OMS. Besoins énergétiques et besoins en protéines: Rapport d'une consultation conjointe d'experts. Geneve: FAO/OMS/UNU, 1986.

26. Dop MC, Milan C, N'Diaye AM, Milan C. Use of the multiple-day weighed record for Senegalese children during the weaning period: a case of the "instrument effect". Am J Clin Nutr 1994;59:266S-8S.

27. Boggio V, Lestradet H, Astier-Dumas M, et al. Caractéristiques de la ration alimentaire des enfants français de 3 à 24 mois. Arch Fr Pediatr 1984;41:499-505.

28. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO, 1998:1-213.

29. Hurrell RF, Reddy MB, Cook JD. Inhibition of Non-haem Iron Absorption in Man by Polyphenolic-Containing Beverages. Br J Nutr 1999a;81:289-95.

30. Fairweather-Tait S, Hurrell RF. Bioavailability of minerals and trace elements. Nutr Res Rev 1996;9:295-324.

Acknowledgements: *The authors express their gratitude to the INSP (Institut National de la Santé Publique, Côte d'Ivoire) for providing equipment, the laboratory of human nutrition under Prof. Hurrel of the ETHZ (Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland) for expertise and use of the laboratory. Special thanks are due to the KFPE (Commission for Research Partnerships with Developing Countries, Switzerland), the ZIL (Swiss Centre for International Agriculture) and the CSRS (Centre Suisse de Recherches Scientifiques) for financial and administrative support. We also thank A. Tschannen for his considerable help with the manuscript.*

Contribution a l'étude de la valeur nutritive des repas de rue dans la ville de Conakry

Diallo[1*] Amadou S, Bah[2] Mamadou K, Baldé[2] Saïdouba, Bah[1] Ousmane, Keita[1] Mohamed K, Barry[1] Alpha A

[1] Laboratoire de Biochimie, Fac Sciences, Université de Conakry, BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée.
[2] Laboratoire de Chimie Organique, Fac Sciences, Université de Conakry BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée.

*Auteur correspondant: *dasgobicko@yahoo.fr*

- Résumé -

L'urbanisation en Afrique a engendré de nouveaux modes de vie dont l'alimentation de rue est une conséquence. La qualité nutritionnelle et les risques liés à la santé que posent ces plats consommés dans la rue constituent un défi majeur.

Des enquêtes ont été réalisées dans la ville de Conakry auprès de 297 consommateurs et 300 préparateurs/vendeurs de repas de rue. Les apports nutritionnels à partir des portions servies ont été estimés à partir des recettes fournies et des données de tables de composition des aliments.

Au total 13 types de plats ont été recensés dont 93% sont à base de riz. La variété des plats n'est liée qu'aux types de sauces dont 10 ont été identifiées. Les consommateurs étaient répartis en 8 catégories socioprofessionnelles dont 33% d'élèves et étudiants, 30% d'ouvriers, 22% de commerçants.

Les portions servies apportaient en moyenne 710 kcal (de 497 à 936 kcal), 18,3 g de protéines, 21,6 g de lipides, 74 mg de calcium, 6,2 mg de fer et 550 µgER. Les aliments d'origine végétale (riz, arachide, feuilles) constituaient les principales sources de protéines. L'huile de palme était présente dans 50 à 60% des repas; elle contribuait en combinaison avec l'arachide à la teneur en lipides des repas. Les feuilles de patate douce et de manioc ainsi que l'huile de palme, riches en caroténoïdes, étaient les principales sources de provitamine A dans les aliments de rue.

La couverture des besoins nutritionnels à partir des aliments de rue variait principalement avec le nombre de repas pris dans la rue. Selon les groupes socioprofessionnels, elle se situait entre 43 et 54% pour l'énergie, 48 à 60% pour les protéines, 65 à 80% pour le fer. Elle était inférieure à 15% pour le calcium et supérieure à 100% pour la vitamine A.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer pour la première fois les potentialités de couverture des besoins en nutriments à partir des aliments de rue en Guinée. Ils montrent que les repas de rue constituent une opportunité pour améliorer à moindre coût la situation nutritionnelle des populations. Cependant, des risques de carence en fer et en calcium peuvent apparaître en raison de leur faible disponibilité.

Mots-clés: Repas de rue – Energie – Fer – Calcium – Vitamine A.

- Abstract -

Contribution to the study of the nutritive value of street foods in Conakry

All the developing countries have policies for the food self-sufficiency of their population. With the development of the towns, street food takes more and more importance in African capitals. One of the major problems is the nutritive quality and the sanitary risks of the meals consumed in the street.

This study has tried to estimate the energy and nutrient intakes from the street foods sold in the town of Conakry from a survey among 300 manufacturers and 297 consumers. Data on nutritive values of the foods have been treated with Access and Excel 2000 from recipes and available food composition tables.

In total, 13 sorts of foods have been identified and about 93% were rice-based. The variety of foods has been associated with the kinds of sauce of which 10 have been identified.

Consumers belonged to 8 socio-professional categories with 33% of pupils and students, 30% of workers and 22% of traders.

The order of preference given by the consumers is the following: rice leafy sauce > rice soup sauce > rice groundnut sauce > rice *maganyi* sauce > rice gombo sauce> to groundnut sauce > fatty rice > rice *Marakhoulanyi* sauce > fonio-based foods.

The energy contained in the served portions varied from 497 to 936 kcal with an average of 710 kcal. Rice, groundnut and leaves are the main sources of proteins. The portions served brought in average 18.3 g of proteins, 21.6 g of lipids, 74 mg of calcium, 6.2 mg of iron and 550 μg equivalent retinol. There is a high variation in the nutrient contents between the recipes. Foods from plants are the main sources of nutrients contained in street foods. Palm oil is present in 50 to 60% of foods and widely contributed, with groundnut, to the lipid content of meals. Sweet potato and cassava leaves, and palm oil contributed notably to enrich street foods in vitamin A and carotenoids.

The cover of nutritional requirements varied with the consumption frequencies of street foods (from 1 to 3 times/day) and the socio-professional categories. The average values obtained for the three main socio-professional categories were from 43 to 54% for energy, 48 to 60% for protein, 65 to 80% for iron and till 350% for vitamin A. But it did not reach 15% for Calcium.

These results allowed evaluating for the first time the nutritive potentialities of Guinean traditional foods. They show that street foods are a cheap opportunity to improve the nutritional situation of urban dwellers. However, risks appear that must be faced by the technologists, the nutritionists and the authorities.

Key words: Street foods – Energy – Iron – Calcium -Vitamin A.

———————————

INTRODUCTION

La vente et la consommation d'aliments de rue dans les capitales africaines ne sont pas des phénomènes récents[1], elles résultent de plusieurs autres phénomènes: l'exode rural, l'urbanisation des villes, l'insécurité alimentaire des ménages, l'accès à des goûts et/ou saveurs indisponibles dans les ménages, les contraintes professionnelles et le faible pouvoir d'achat de la majeure partie des citadins[2-4].

Plusieurs études attestent l'importance de la consommation alimentaire de rue en Afrique[1,3]. En Côte d'Ivoire, la part de la consommation hors domicile représentait 23% du budget alimentaire des ménages en 1989. A Bamako en 1994, le pourcentage d'individus qui consommaient au moins un aliment dans la rue était de 65% dans un quartier pauvre et de 76 % dans un quartier riche. Tant à Bamako qu'à Cotonou, 98 % des enfants qui fréquentent l'école primaire disposent d'argent de poche destiné à acheter les aliments de rue[5-8]. L'alimentation de rue devient irremplaçable dans le système d'approvisionnement des villes africaines et offre à cet effet une gamme variée d'aliments répondant aux différentes préoccupations des populations urbaines notamment celles à faible pouvoir d'achat[2,3,7].

Du point de vue nutritionnel, plusieurs études ont montré la bonne qualité nutritionnelle et la diversité des aliments de rue. Cette diversité semble favoriser la couverture des besoins nutritionnels des consommateurs et diminuer les risques de carences nutritionnelles[7]. Cependant, dans certains cas, la réduction, voire l'omission, d'ingrédients essentiels dans la préparation des plats de rue, peut diminuer leur valeur nutritionnelles[1].

En République de Guinée l'absence d'études concernant l'alimentation de rue ne permet pas de juger de son état actuel. Cependant la ville de Conakry se développant au même rythme que les autres capitales Ouest africaines, les consommateurs d'aliments de Conakry sont confrontés aux mêmes problèmes. C'est pourquoi un intérêt particulier doit être accordé à ce secteur à travers une approche multidisciplinaire et multisectorielle. Une composante de cette approche est la détermination de la qualité nutritionnelle des aliments préparés et consommés dans la rue dans le but de protéger les intérêts des prestataires et la santé des consommateurs. L'objectif principal de notre travail a donc été de déterminer la qualité des plats proposés dans les rues de Conakry et leur importance pour la couverture des besoins nutritionnels de la clientèle. Les objectifs spécifiques étaient de:

- déterminer la typologie des préparateurs et consommateurs des plats de rue;
- déterminer la typologie des plats préparés et vendus dans la rue;
- évaluer les potentialités de couverture des besoins en nutriments à partir des plats servis.

MÉTHODOLOGIE

Enquêtes nutritionnelles

Deux enquêtes indépendantes ont été réalisées dans la ville de Conakry au niveau des 5 communes urbaines: l'une auprès d'un échantillon de 297 consommateurs pris au hasard dans la rue sur les lieux de vente par interview (rappel de 24 h)[2,9-11] et l'autre auprès de 300 préparateurs/vendeurs par pesée des différents ingrédients des recettes culinaires et de la portion servie[12]. Deux types de questionnaire ont été élaborés à cet effet, avec standardisation des modes d'interrogation des personnes ciblées (préparateurs et consommateurs) et enregistrement des réponses (questionnaire écrit en français, consensus sur sa traduction dans les langues

nationales). Le questionnaire «préparateur» a porté sur des questions ayant trait aux données culinaires (mode de préparation, nature et quantité des ingrédients) et sur le statut des préparateurs (sexe et résidence). Le questionnaire «consommateurs» a concerné les données générales sur les consommateurs de rue (sexe, âge, profession, statut matrimonial) et la fréquence journalière de consommation des plats de rue.

Traitement des données de l'enquête

Les données, après vérification et validation, ont été saisies et traitées sous Access et Excel 2000. Les valeurs nutritives des différents plats ont été déterminées sur la base du poids des ingrédients qui entrent dans la composition de chaque recette, de leur teneur en eau, du poids de la portion servie aux clients et des données des tables de composition disponibles[13-16]. La couverture des besoins journaliers a été estimée selon les normes recommandées d'apport nutritionnel en fonction de l'âge, du sexe et en considérant que les personnes effectuent un travail modéré[11,17-22].

RÉSULTATS

Typologie des plats de rue

L'enquête auprès des 297 consommateurs a permis d'identifier 13 types de préparations correspondant à trois produits de base (le riz poli - *Oriza sativa* -, le fonio poli - *Digitaria exilis* - et le manioc - *Manihot esculenta* -) et onze sauces (tableau 1) avec une prépondérance de plats contenant du riz (94%) le plus souvent accompagnés de sauces «soupe poisson» (21,5%), «feuille manioc» (19,2%), «feuille patate douce» (15,5%) ou «arachide poisson» (13,5%).

Tableau 1: Fréquence de consommation des produits de base et des sauces par les consommateurs de rue à Conakry.

Type	**Riz**	**Fonio**	**Manioc**	**Total**	**%**
au gras	11			11	3,7
Sauce arachide		9	8	17	5,7
Sauce arachide	40			40	13,5
Sauce arachide	3			3	1,0
Sauce feuille manioc	57			57	19,2
Sauce feuille patate	46			46	15,5
Sauce gombo	14	1		15	5,1
Sauce *Maganyi*[a]	22			22	7,4
Sauce *Marakhoulanyi*[b]	1			1	0,3
Sauce soupe viande	21			21	7,1
Sauce soupe poisson	64			64	21,5
Total	279 *(93,9%)*	10 *(3,4%)*	8 *(2,7%)*	297	

[a] *riz consommé avec une sauce composée de sumbara et de poisson chauffés dans de l'huile.*
[b] *riz assaisonné d'huile de palme et de sumbara.*

Chez les 300 préparateurs-vendeurs, 10 sauces différentes préparées à partir d'un total de 21 ingrédients ont été identifiées. Les ingrédients recensés et la fréquence de leur inclusion dans les différentes sauces sont indiqués figure 1.

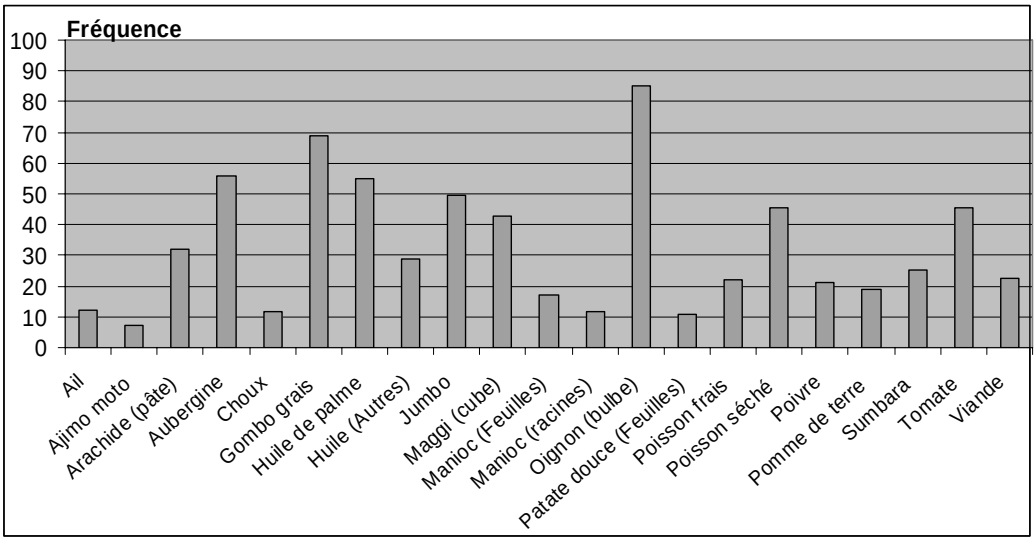


Figure 1: Fréquence d'utilisation de différents ingrédients dans la préparation des plats proposés par les préparateurs/vendeurs d'aliments de rue à Conakry.

On constate que les ingrédients les plus courants sont l'oignon, le gombo frais, l'aubergine, l'huile de palme, le jumbo, la tomate, poisson séché et le cube *Maggi*. Viennent ensuite la pâte d'arachide, le poisson frais, le *sumbara* (grains fermentés de *Parkia biglobosa*) et la viande. Les ingrédients communs aux trois plats de base sont l'oignon, le gombo, l'aubergine, le poisson séché, les condiments industriels (*Jumbo* et *Maggi*), la pâte d'arachide, la tomate et le *sumbara*. L'huile de palme, les huiles végétales importées, la viande de bœuf et le poisson frais se retrouvent dans les plats à base de riz et de fonio. Les feuilles de manioc et de patate douce (*Ipomea batata*) sont spécifiques aux plats de riz. Le *sumbara* traditionnel est moins fréquemment utilisé dans les recettes que les condiments industriels (*Jumbo* ou *Maggi*). Les recettes des plats à base de manioc sont moins variées que celles de plats à base de fonio et de riz.

Les proportions de repas à base de riz, fonio et manioc proposés par les vendeurs sont respectivement de 81%, 10% et 9%. Le rapport ingrédients d'origine animale / ingrédients d'origine végétale dans ces trois types de plats sont très faibles (respectivement 0,07, 0,2 et 0,08). Les ingrédients d'origine végétale sont donc prédominants dans toutes les recettes et constituent les sources essentielles de nutriments des préparations proposées aux clients dans la rue. Le même constat a été fait en ce qui concerne le régime alimentaire en milieu rural en Gambie[23].

La clientèle des repas de rue

La clientèle de rue est composée en majorité d'élèves et d'étudiants (33%), d'ouvriers (31%) et de commerçants (22%)**.** Les personnels de l'administration (5%), de l'enseignement (1%), de la santé (2%), de sécurité (2,0%) constituent la majeure partie du reste de la clientèle tandis que, contre toute attente, les chauffeurs ne représentent que 5% de l'échantillon. Cette clientèle est principalement constituée de personnes à faible pouvoir d'achat. La presque totalité de cette clientèle, masculine à

70% et composée de 66% de célibataires, a un âge compris entre 15 et 50 ans (49% entre 15 et 24 ans et 46% entre 25 et 50 ans).

Pour les consommateurs interrogés, les fréquences journalières déclarées de consommation de repas de rue varient entre 1 et 3 avec 21% de consommateurs prenant trois repas dans la rue et une majorité de personnes prenant deux repas de rue. 93% des consommateurs déclarent manger quotidiennement au moins un repas à base de riz.

Apports nutritionnels des plats proposés dans la rue

Les apports nutritionnels moyens des différentes préparations rencontrées ont été obtenus à partir de l'estimation des quantités servies, de la teneur finale en matière sèche des plats cuisinés et en utilisant la composition des ingrédients donnés dans des tables de composition chimique (tableau 2). Les pertes en nutriments liées aux différentes étapes des technologies culinaires ont été négligées.

Tableau 2: Quantité et apports nutritionnels des portions servies pour les différentes préparations rencontrées.

Type de plat	Quantité (g)		Energie (kcal)	Protéine (g)	Lipides (g)	Calcium (mg)	Fer (g)	Vit A µg ER
	brute	sèche						
Riz								
sauce gombo	549	156	734	15,5	24,0	56	3,4	899
sauce feuille patate	615	171	845	18,9	31,4	146	7,3	1710
sauce feuille manioc	597	171	697	16,8	25,5	116	4,9	1169
sauce arachide viande	575	161	650	17,7	23,4	38	3,8	12
sauce arachide poisson	498	149	497	12,6	15,2	30	0,7	6
sauce soupe viande	595	155	733	16,9	17,9	23	4,0	16
sauce soupe poisson	521	135	682	15,4	17,2	27	2,9	817
au gras	539	183	820	22,7	17,2	35	3,8	15
sauce *Marakhoulanyi*	634	178	713	11,1	28,0	41	4,3	1286
sauce *Maganyi*	703	183	936	19,1	31,0	57	5,5	1113
Fonio								
sauce gombo	502	136	597	16,7	20,7	48	11,2	889
sauce soupe viande	449	99	637	16,5	26,4	14	10,8	285
sauce arachide	507	142	603	24,8	13,5	48	11,9	13
Manioc (*Tô*)								
sauce arachide	715	100	642	21,6	17,8	167	8,3	9
sauce gombo	788	118	859	27,9	15,2	265	10,8	28

L'énergie d'une portion servie varie de 497 kcal à 936 kcal pour une moyenne de 710 kcal. Le riz à la «sauce arachide poisson», consommé par 13% des clients présente la plus faible valeur énergétique tandis que le riz «sauce *Maganyi*, consommé par 7% des clients est le plat qui apporte le plus d'énergie. Les protéines, les lipides et les glucides contribuent respectivement en moyenne pour 10,6%, 27,6% et 60,2% aux apports énergétiques.

Les portions servies des différents plats apportent en moyenne 18,3 g de protéines. Les plats à base de manioc, le fonio «sauce arachide» et le riz «au gras» apportent des quantités de protéines supérieures à 20 g.

Les lipides des plats de rue sont essentiellement d'origine végétale: huile de palme, huiles végétales d'importation et pâte d'arachide. La teneur moyenne en lipides est de 21,6 g dans une portion servie avec des valeurs allant de 13,5 à 31,4 g.

On constate une très grande disparité au niveau de la quantité de calcium apportée par les différents plats. Les préparations à base de manioc et celles qui contiennent des quantités importantes de feuilles sont les plus riches en calcium. Le *tô* de manioc «sauce gombo» contient plus de 250 mg de calcium par portion servie.

Les plats à base de fonio et de manioc se distinguent des plats à base de riz par le fait qu'ils permettent l'ingestion d'une quantité plus importante de fer. Cependant la faible biodisponibilité du fer d'origine végétal (de 1 à 5%) diminue l'intérêt de ces apports dans l'ensemble de ces plats.

Le déterminant principal de la richesse en vitamine A des différents plats est la présence de l'huile de palme et de feuilles de patate douce ou de manioc dans les recettes. Ces plats peuvent potentiellement satisfaire les besoins quotidiens de l'adulte en une seule prise.

Couverture des besoins des clients par les repas pris à l'extérieur

Les pourcentages de couverture des besoins en énergie, protéines, fer, calcium et vitamine A à partir des repas de rue ont été estimés (tableau 3) en tenant compte des besoins spécifiques des consommateurs en fonction de leur âge et de leur sexe et du nombre de repas pris dans la rue pour 3 groupes socioprofessionnels (élèves et les étudiants; ouvriers; commerçants).

Tableau 3: Pourcentage de couverture des besoins nutritionnels à partir des repas de rue par groupe socioprofessionnel (moyenne ± écart-type).

	Elèves/Etudiants	Ouvriers	Commerçants	Niveau de signification
Energie	54±24	43±18	50±20	P < 0,05
Protéines	60±25	48±20	57±25	P < 0,05
Fer	71±45	65±48	80±64	Ns
Calcium	14±12	13±13	15±12	Ns
Vitamine A	184±104	147±120	162±137	Ns

Les calculs indiquent que les repas pris dans la rue ne couvrent que partiellement les besoins en énergie (de 43 à 54% en moyenne selon les groupes socioprofessionnels), protéines (de 48 à 60%), fer (de 65 à 80%) et en calcium (moins de 15%). La couverture des besoins en calcium est très faible et constitue un problème majeur de l'alimentation de rue. Cette situation, bien connue dans les pays en développement[24], peut être améliorée par la fortification des céréales[25] ou par augmentation des aliments d'origine animale dans la composition des plats de rue. La couverture des besoins en vitamine A par les repas de rue est assurée pour plus de 70% des consommateurs des trois groupes socioprofessionnels.

L'analyse de la variance montre que la couverture des besoins en fer, calcium et vitamine A des trois groupes socioprofessionnels ne diffère pas de manière significative (P<0,05) mais que, en revanche, les élèves/étudiants et des commerçants couvrent une plus grand partie de leurs besoins en énergie et en protéines que les ouvriers à partir des repas de rue.

Cependant, la fréquence de consommation, le choix du type de repas et les différences de besoins spécifiques des consommateurs sont à l'origine d'une forte variation de couverture des besoins nutritionnels à l'intérieur de chaque groupe socioprofessionnel.

CONCLUSION

L'étude réalisée montre que l'alimentation de rue prend de l'essor à Conakry, à l'image de toutes les capitales africaines. Elle a permis de préciser les apports nutritionnels correspondant à la consommation des plats proposés aux consommateurs et d'identifier les principales catégories socioprofessionnelles clientes de l'alimentation de rue.

Les ouvriers, les élèves/étudiants et les commerçants de 19 à 50 ans constituent les principaux clients des préparateurs/vendeurs d'aliments de rue. La restauration de rue intervient pour une part importante dans le régime alimentaire, car nombreux sont ceux qui s'alimentent au moins deux fois par jour dans la rue. Les produits végétaux prédominent sur les produits animaux dans les différentes recettes culinaires et sont donc les principales sources de nutriments. Les condiments industriels *(Jumbo et Maggi)* sont présents dans la grande majorité des recettes au détriment du *sumbara* traditionnel.

En ce qui concerne la couverture des besoins nutritionnels, les repas pris dans la rue contribuent pour une part importante aux besoins en vitamine A et pour une part assez importante aux besoins en énergie et en protéines. En revanche, ils ne permettent de couvrir qu'une faible part des besoins en fer et en calcium. Ces constats devraient être pris en compte pour améliorer l'éducation nutritionnelle des prestataires d'alimentation de rue et des consommateurs et introduire des technologies d'enrichissement et de complémentation des produits alimentaires au niveau des PME à travers une collaboration entre scientifiques, technologues et opérateurs économiques.

RÉFÉRENCES

1. Canet C. Alimentation de rue en Afrique. Revue «Aliment dans les villes». Rome: FAO, 1997: DT/25-97F.
2. Ag Bendech M, Chauliac M, Gerbouin-Rérolle P, Kanté N, Malvy DJM. Les enjeux de la consommation alimentaire en milieu urbain à Bamako. Santé publique 2000;12:45-63.
3. Ag Bendech M, Gerbouin-Rérolle P, Chauliac M, Malvy D. Approche de la consommation alimentaire en milieu urbain. Le cas de l'Afrique de l'Ouest. Cah Santé 1996;6:173-9.
4. Egal F. Le comportement alimentaire des consommateurs urbains défavorisés en Afrique Francophone: un rôle pour les SADA. Revue «Aliments dans les villes». Rome : FAO, 1997: DT/27-97F.
5. Ag Bendech M, Chauliac M, Malvy D. Proposition de méthodes d'estimation d'apport nutritionnel des plats vendus dans la rue. Med Trop 1996;56:361-6
6. Ag Bendech M, Chauliac M, Malvy D. Alimentation de rue, mutations urbaines et différentiations sociales à Bamako (Mali). Sci Soc Sante 1998;16:33-59

7. Ag Bendech M, Chauliac M, Gerbouin-Rérolle P, Malvy DJM. Complémentarité des aliments à et hors domicile à Bamako (Mali): Aspects nutritionnels et économiques. Quelle rationalité dans le choix des consommateurs? Rev Epidemiol Sante 1999;47:151-64.
8. Chauliac M, Monnier T, Ag Bendech M. Les écoliers de Bamako et l'alimentation de rue. Cah Santé 1994;4:413-23.
9. Ag Bendech M, Chauliac M, Malvy DJM. Assessment of dietary intake at home and outside the home in Bamako. Ecol Food Nutr 1997;37:135-62.
10. Van Schaik IT, Den Hartog C. Enquête alimentaire, ses diverses méthodes et techniques, leurs valeurs et leur application. Aliment Vie 1970;58:188-201.
11. Pequignot G. Qualités et défauts des enquêtes alimentaires chez l'homme. Cah Nutr Diet 1991;16:241-5.
12. Pequignot G, Cubeau J. Enquêtes méthodologiques chez les mêmes sujets sur la consommation alimentaire appréciée par pesée. Rev Epidemiol Med S 1973;25:385.
13. FAO. Food composition table for use in Africa. Rome: FAO, 1968.
14. United States Department of Agriculture. Composition of foods: raw, processed and prepared; USDA National Nutrient database for standard reference. Release 15. Beltsville: USDA/ARS, 2002.
15. Souci SW, Fachman W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. 5th ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publisher, CRC Press, 1994.
16. Willett W. Nature of variation in diet. In: Willett W, ed. Nutritional epidemiology. New York: Oxford University Press, 1990:34-51.
17. Food and Nutrition Board. Recommended dietary Allowances. 10th ed. Washington DC: National Academy Press, 1989.
18. FAO/WHO. Human Vitamin and Mineral Requirements. Preliminary Report of an expert consultation on Recommended Nutriment Intakes. Bangkok, Thailand: FAO, 1998.
19. Brody T. Nutritional Biochemistry. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1999.
20. Vis HL. Elément de nutrition et de diététique (tome 1). Bruxelles: Guigoz ed, 1984.
21. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Geneva: WHO, 1985. [WHO Tech Rep Ser No 724.]
22. FAO. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. Report of a joint FAO/WHO expert committee. Rome: FAO, 1988. [FAO Food and Nutrition Series N°23.]
23. Prynne CJ, Paul AA, Dibba B, Jarjou LMA. Gambian food records: a New Framework for Computer Coding. J Food Compost Anal 2002;15:349–57.
24. Boukari I, Shier NW, Fernandez R XE, et al. Calcium analysis of Selected Western African Foods. J Food Compost Anal 2001;14:37-42.
25. Tobelmann R. Implementing calcium fortification: An Industry Case Study. J Food Compost Anal 2001;14:241-4.

Are street foods safe? A critical analysis of hygienic and sanitary practices of street food vendors in Nairobi

Kilungu Onesmus M

Department of Foods, Nutrition and Dietetics, Kenyatta University, PO BOX 43844, Nairobi, Kenya.

Corresponding author: *Onesmusmuinde@yahoo.com*

- Abstract -

Introduction: The street food industry has an important role in the cities and towns of many developing countries in meeting the food demands of the urban dwellers. It feeds millions of people daily with a wide variety of foods that are relatively cheap and easily accessible. Street food sector symbolises the street life in Africa and it operates in an unstable and precarious state because the sector lacks legal recognition.

There have been noticeable increases of food vendors in Nairobi, who sell both raw and cooked food items. They are not regulated, they operate haphazardly without any monitoring of what they prepare and how they do it.

Methodology: A study to determine hygienic and sanitary practices of vendors of street foods in Nairobi was carried out using a descriptive survey design. A sample size of 80 street food vendors selling commonly consumed foods was selected. Data was collected using in-depth interview schedules and observation checklists.

Results: Information received from the study shows that vendors lacked training on food preparation. About 62% obtained food preparation skills through observation while 33% were taught by their parents. The preparation surfaces used for the preparation of raw foods were not washed regularly. Cooked foods were stored at ambient temperature in cupboards; plastic bowls and others were just left in the open uncovered. Eighty-five percent of the vendors had garbage and waste dirty beside the food stalls. Personal hygiene was also not observed, as the vendors never covered their heads, handled money and food at the same time, did not wear an overcoat/aprons and handled food with bare hand.

Conclusion: Street food vendors were not aware of hygienic and sanitary practices. This study recommends the establishment of street food centres by the city council, the training of street food vendors on hygiene, sanitation and the establishment of a code of practice for the street food industry and the empowerment of Public Health Officers.

Key words: Street foods - hygiene and sanitation.

- Résumé -

Les aliments de rue sont-ils salubres? Analyse critique des pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi

Les activités relatives à l'alimentation de rue jouent un rôle important dans les villes et provinces de nombreux pays en développement en répondant à la demande en aliments des citadins. Elle nourrit quotidiennement des millions de personnes avec une large variété d'aliments relativement bon marché et facilement accessibles. Cette activité agroalimentaire fournit du travail à de nombreux citadins, en particulier à ceux qui sont sans instruction et aux femmes. Le secteur de l'alimentation de rue symbolise la vie de la rue en Afrique, mais son existence est instable et précaire par manque de reconnaissance légale. Sa croissance sans aucune limite et non-réglementée occasionne une forte tension sur les ressources de la ville telles que l'eau et les systèmes d'égout. Le nombre des vendeurs d'aliments de rue, qui proposent à la fois des produits crus et cuisinés, s'est accru de façon notable à Nairobi. Les produits alimentaires sont vendus au bord des routes, à proximité des égouts et des ordures. Leur activité n'est réglementée et ils opèrent n'importe comment sans aucun contrôle de ce qu'ils préparent ni de comment ils le font. Il y a eu des cas d'empoisonnement alimentaire attribués à l'alimentation de rue dans les principales villes du Kenya.

Une enquête descriptive a été menée pour déterminer les pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi. Un échantillon de 80 vendeurs d'aliments de rue proposant des aliments couramment consommés (*mutura*, maïs grillé, chips, *mandazi*, salades de fruit, *githeri*, poisson et saucisses) a été choisi. L'échantillon représente 20% des vendeurs d'aliments de rue de deux quartiers de Nairobi nommés Kayole et Dandora où l'on trouve environ 400 vendeurs commercialisant les aliments mentionnés ci-dessus. Les données ont été collectées à partir d'entretiens approfondis programmés et d'observations ciblées.

Il ressort de cette étude que les vendeurs manquent de formation sur la préparation des aliments. Environ 62% tirent leur savoir-faire pour la préparation d'aliments de l'observation tandis que 33% ont appris auprès de leurs parents. Les surfaces de travail utilisées pour la préparation des aliments crus ne sont pas lavées régulièrement. Les aliments cuits sont stockés à température ambiante dans des placards; les bols en plastique et autres récipients sont laissés à l'extérieur et non couverts. Les vendeurs lavent les ustensiles à l'eau dans des seaux. Ils sont rincés une seule fois et l'eau de rinçage est recyclée avant remplacement. 85% des vendeurs gardent des ordures et des déchets sales à côtés des stands de nourriture. L'hygiène personnelle n'est pas non plus observée car les vendeurs ne couvrent jamais leur tête, manipulent simultanément l'argent et la nourriture, ne portent pas de blouses/tabliers et prennent la nourriture à mains nues. Les vendeurs d'aliments de rue ne sont pas informés des pratiques hygiéniques et sanitaires. Cette étude recommande l'établissement de centres d'aliments de rue par le conseil municipal, la formation des vendeurs d'aliments de rue à l'hygiène et l'assainissement, l'établissement d'un code de bonnes pratiques pour les activités d'alimentation de rue et la responsabilisation des agents de santé publique. L'étude a également mis en évidence que la majorité des consommateurs ne sont pas bien informés sur la salubrité des aliments, ce qui témoigne de la nécessité, pour les agents de santé publique et les organisations de consommateurs, de les éduquer.

Mots-clés: Aliments de rue – Hygiène – Assainissement.

INTRODUCTION

The street food industry plays an important role in developing countries in meeting the food demands of the urban dwellers. Street foods feed millions of people daily with a wide variety of foods that are relatively cheap and easily accessible. The street food industry offers a significant amount of employment, often to persons with little education and training[1]. FAO reports that street foods have significant nutritional implications (nutritionally balanced diets, sufficient in quantity and presenting options for variety and choice) for consumers, particularly from middle and low-income sectors of the population who depend heavily on them[2]. Mwangi[3] asserts that street foods in Nairobi provide a substantial amount of income for most vendors, with most of them earning an income above the official minimum wage while some of them earn twice or more of this amount. Although the contribution to the daily food intake of poor urban dwellers is not quantified in energy and nutrients, street foods are important in the diet of the urban poor[4].

According to studies done in Africa on street foods, their tremendous unlimited and unregulated growth has placed a severe strain on city resources, such as water, sewage systems and interfere with the city plans through congestion and littering adversely affecting daily life[5,6]. FAO further stipulates that street foods raise concern with respect to their potential for serious food poisoning outbreaks due to improper use of additives, the presence of adulterants and environmental contaminants and improper food handling practices amongst street food vendors[7]. Street food vendors are frequently unlicensed, vendors are often untrained in food hygiene or sanitation, and are working under very crude and unsanitary conditions[8].

There is a noticeable increase of food vendors in Nairobi, who are selling both raw and cooked food items along the streets of Nairobi. It has been instigated by rapidly growing and changing food demands along side the need to diversify and/or employ income sources in the face of declining incomes[3]. Due to this increase and the related danger for food, the present study was carried out to determine the hygienic and sanitary practices of vendors of street foods in Nairobi, Kenya. This paper addresses various aspects of hygienic practices like preparation skills, place of preparation, location of street food vendors, handling, storage, personal hygiene and storage of leftovers.

METHODOLOGY

A descriptive survey design was used to answer questions concerning the current status of the food hygiene and sanitation practised by vendors of street foods[9]. Hygiene and sanitation were determined by the use of structured interviews and through observations. Hygienic and sanitary practices such as acquisition of cooking skills, place of preparation, environmental conditions, methods of washing utensils and preservation methods were studied. Location of the street vendor, utensils used, environment surrounding the street food vendors, general processing of the food and hygienic practices were observed and recorded through an observation checklist

The target population constituted all street food vendors in Nairobi. The accessible population was all street food vendors in Dandora and Kayole estates. Vendors preparing and selling the commonly consumed foods in the two estates were purposively selected based on a list of street food vendors compiled before the actual data collection. The street foods that are commonly sold in the two estates were *Mutura*, sausages, *githeri*, fish, chips, roasted maize, *mandazi* and fruit salads. Five street food vendors selling each of these foods were purposively selected for the study. The total number of street food vendors included in the study was forty in each

estate giving a total of 80 street food vendors who represented 20% of the total population of street food vendors in the two locations. Data was analysed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) program[10]. Descriptive statistics such as means and frequencies were used to present the findings.

RESULTS

Over thirty-five percent of the vendors belonged to the age category of 20-25 years. Sixty percent of the vendors were male while 40% were female, slightly over half of the vendors 57.5% were married. Sixty-two percent of the vendors interviewed had primary education and below, 36.3% had secondary education while only 1.3% had college (post secondary education) education.

Acquisition of knowledge on Food preparation

It was important to know how the vendors acquired their cooking skills to establish their knowledge in handling street food. Sixty percent of the vendors acquired cooking skills from observation, 33.3% were taught by their parents while 6.3% gained the skills by trial an error (figure 1)

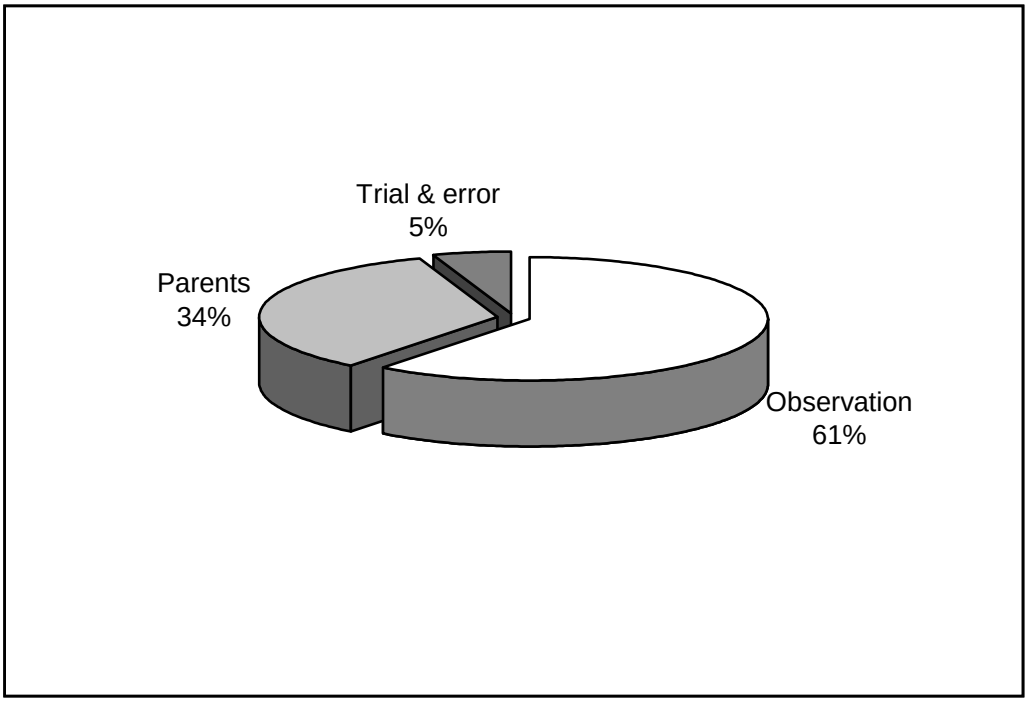


Figure 1: Acquisition of food preparation skills in Kayole and Dandora estates.

Place of preparation of street foods

Findings show that vendors prepared the foods either at home or at the stalls, which were located by the roadsides. Most of the stalls were made of polythene bags and wood. Vendors selling *mutura, fish,* fruit salad, roasted maize, *mandazi* and chips prepared their foods in the stalls. Sixty percent of the vendors of the sausages prepared them in the stalls while 82% of vendors of *githeri* prepared it at home. The results are shown in figure 2.

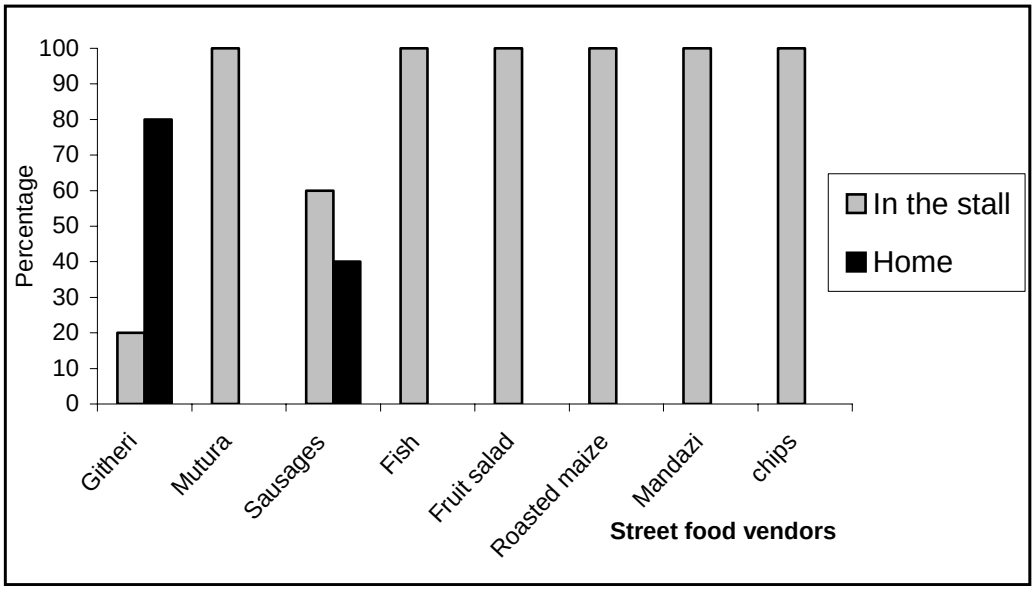


Figure 2: Place of food preparation.

Physical location of the vendors

Based on observation, about 85% of the vendors interviewed prepared their foods in dirty stalls because garbage and waste dirty were conspicuous beside the stalls. Of the vendors interviewed, 92.5% did not have garbage receptacles hence they disposed their garbage just near the stalls. Ninety-two percent of the vendors threw wastewater just beside the stalls making the environment surrounding the eateries quite filthy.

Based on observations, houseflies were present in most of the stalls (figure 3). Flies were present with all vendors selling *Mutura*, fish and fruit salad. With about 80% of vendors of roasted maize, flies were not present. With most of the vendors selling *Mandazi* (80%), chips (70%) and *githeri* (90%), flies were not present.

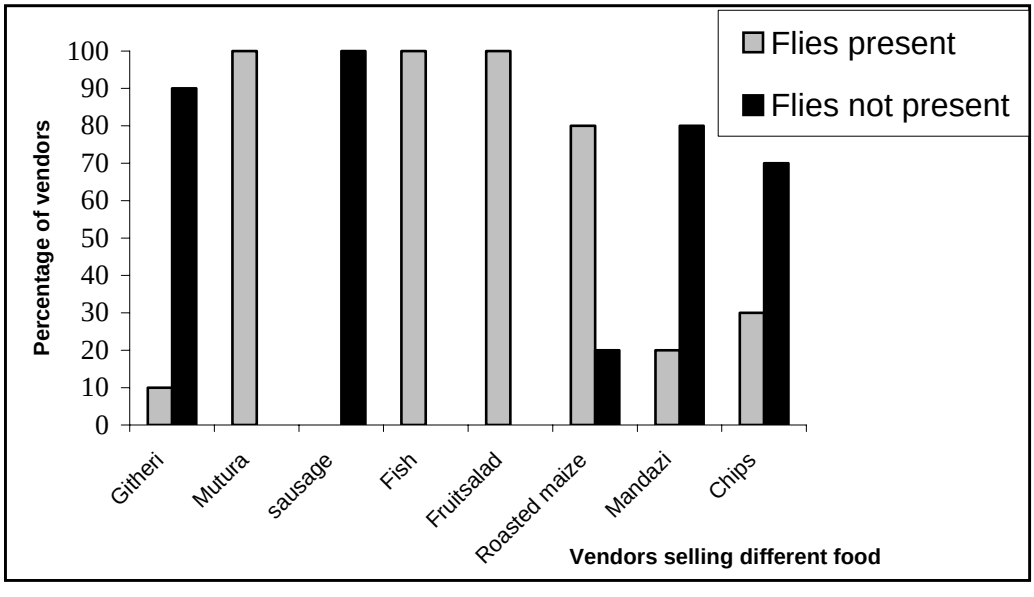


Figure 3: Presence of flies on different street foods.

Handling of street foods

Hygiene during handling and cooking street foods was observed. It was found that vendors did not wash fresh foods properly. Vendors who sold fish and chips washed their raw foodstuff only once because they did not have enough water. Vendors selling fruit salads prepared the fruit salads without washing them; they did not have any water to wash their fruits.

It was observed that the preparation surfaces used by the vendors had remains of foods prepared earlier. Different foods were prepared at the same surfaces and these could promote cross contamination. Observation revealed that the oil used for deep-frying fish, chips, *mandazi* and sausages was re-used for a long time. The colour of the oil was dark and the vendors did not replace it with fresh oil. The use of the recycled oil made the *madazis*, chips, and fish to have an unusual dark colour and unpleasant odour.

Storage of prepared street foods before selling

Cooked foods were kept in different ways before they were sold. Fish vendors placed them openly on their stalls, chips vendors kept chips in cupboards next to their stalls. Fruit salad was kept in open plastic bowls on the wheelbarrows in which other foodstuffs were carried. Roasted maize was kept at the end of the *jiko* were there was less heat, *mandazis* were kept in the cupboard. Sausages were kept in a *jua kali* made pushing cart and lastly *githeri* was kept in big *sufurias* and placed on *jikos* on low heat. Most of the foods were not covered and were exposed to flies and dust.

Results showed that vendors after preparing their foods kept them at ambient temperatures and served them at these temperatures. Food was not heated at high temperatures before serving. Food to be eaten raw like fruit salads were not kept under cold temperatures, fruit salad was kept in plastic bowls and it was sold from there.

Water supply

Water was ferried from homes of the street food vendors because no potable water was available for them in the area of operation. It was observed that the vendors carried water to their business premises in containers in amounts ranging from 5 to 20 litres. However, this water was not enough for washing utensils and preparing the food.

Cooking and serving utensils

Utensils used by the vendors were made from plastic, metal, enamel and disposable polythene bags. Methods of washing utensils was observed and figure 4 shows different methods vendors used to clean utensils in Kayole and Dandora estates, being washing with warm soapy water, with cold soapy water or with cold water alone. Most of the vendors washed their utensils in cold water 70%(*githeri*), 100% (fruit salad), 72% fish, 55% (*mandazi*) and 66% (chips).

The utensils were washed using water in buckets, they were rinsed only once and the water was used for a long time before it was replaced. The water for washing and rinsing the utensils was observed to be dirty.

Personal hygiene of the vendors

Personal hygiene of the vendors was observed. It was found that 81.3% of the vendors did not use aprons, 60% handled food with their bare hands, 87.7% had short

nails, which were not polished and 65% had their hair not covered. All the vendors handled money while serving food and only 10% of them wore jewellery.

Most of the vendors who sold chips, *mandazi*, *githeri* and fish packed the foods in polythene bags for their customers. When packing these foods they blew air into the polythene bags to open them so that they can put the food in the bags.

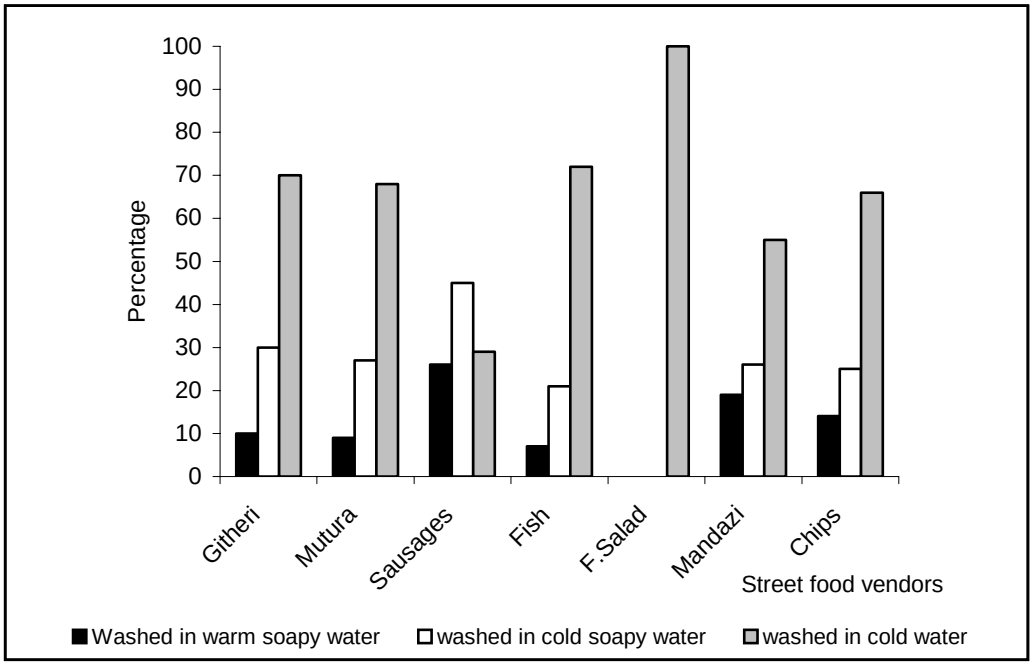


Figure 4: Methods of washing utensils used by different street food vendors.

Methods for packaging and storage of leftovers

Thirty-five percent of the vendors interviewed said that they usually have leftovers. Out of those, 32.1% ate them and the rest stored them for sale the following day. Vendors stored in an open place (26%), in a refrigerator (21%), and in plastic containers (21%) while 16% kept them either in polythene bags or in cupboards for sale on the next day. Various methods used by the vendors to package and store the leftovers are shown in figure 5.

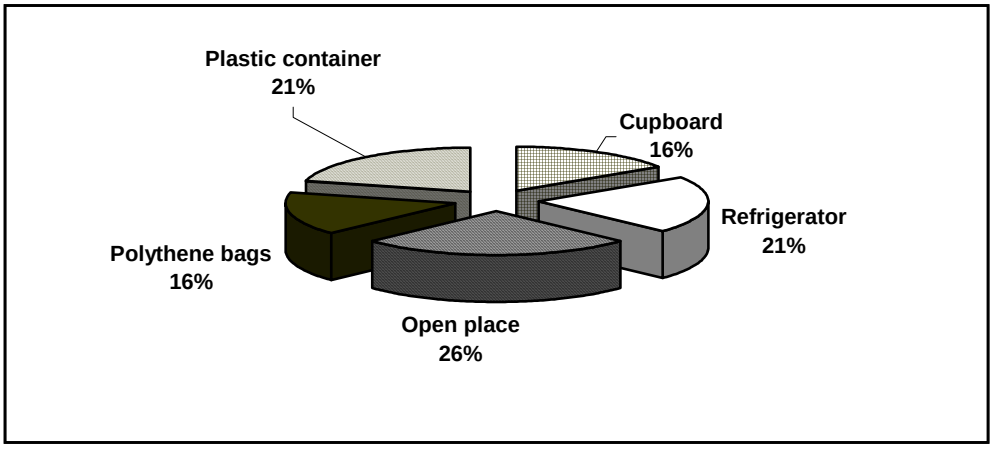


Figure 5: Methods used by vendors to store and contain leftover foods.

Most of the vendors stored their leftovers in ambient temperatures, this is quite risky because safety from contamination by pathogenic organisms was not assured and the maintenance of optimal qualities of colour, texture and nutritive value were not put into consideration.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Most of the street food vendors did not undergo any form of training in food preparation. According to FAO[12] food handlers should have the necessary knowledge and skills to enable them to handle food hygienically. Systems should be put in place to ensure that food handlers remain aware of all procedures necessary to maintain the safety and suitability of food. FAO[11] remarks that, every vendor/helper of food handler should undergo a basic training in food hygiene before licensing.

Water for street food preparation was not enough; this resulted in vendors using little water for washing utensils hence hygiene was compromised. This study is in agreement with a study done in Accra on the safety of street food, which found that running water was not available[13]. Without enough water, hygiene and sanitary practices cannot be met. World Bank[14] asserts that safe water is an essential pillar for health. Latham[1] emphasises that personal hygiene can only be achieved if adequate water is available. Therefore, vendors should have sufficient potable water for drinking, preparation of all kinds of foods and sufficient running water for all washing operations.

Stalls were poorly constructed; they could not give proper protection of the street foods from dust and smoke from vehicles. This concurs with another study done on street foods in Accra that found that the stands were crude structures[13]. The material used for the construction of the stalls were not able to protect the food from dust, given that all the stalls were built on the roadsides, which were dusty and prone to smoke from cars. Dust carries many microbes that may be pathogenic if left to settle on prepared foods. The FAO[15] notes that foods should be prepared in a place set aside exclusively for that purpose, the place of preparation should be kept clean at all times and should be far from any source of contamination (rubbish, waste waster, dust and animals). Vending stalls should be designed and constructed so that they are easily cleaned and maintained. The Ministry of Local Government should design appropriate food vending stalls.

The vendors observed minimal personal hygiene. Personal hygiene is important because according to Marriot[16] human beings are the largest contamination sources of food. Vendors did not wear aprons, caps and they handled food with bare hands. Cooked street food should not be handled with bare hands. According to revised guidelines for the design of control measures for street-vended foods in Africa[11] clean tongs, forks, spoons or disposable gloves should be used when handling, serving or selling food. Handling with bare hands may result to cross contamination hence introduction of microbes on safe food. The person handling money should not handle food. This is because money is dirty and can contaminate safe food[7]. Observing personal hygiene is vital for any food establishment. Any food handler, who observes other forms of hygiene but not personal hygiene, will definitely contaminate food. Training should therefore be conducted for the street food vendors on various aspects of personal hygiene.

Cooked food and utensils were not covered, which could result in food contamination due to dust and microbes. The utensils in which the food is displayed for sale must be kept clean, covered and protected as they easily become contaminated if left dirty or

unprotected[15]. Kinton and Ceserani[17] recommend that foodstuffs of all kinds should be kept covered as much as possible to prevent infection from dust and flies.

Proper methods of storing of leftover food were not used; hence this could promote the sale of stale food. At an international conference on nutrition[18] it was resolved that if food cannot be served immediately, it should be kept hot or cooled down rapidly and reheat the food completely to a temperature of at least 70^0 C before eating. This is to make sure that microbes will not thrive on the food because there they flourish well between 10^0Cand 60^0C. It is recommended that the street food vendors prepare enough food for the day, so that they can sell all the food because most of them they do not have good storage facilities.

The street foods were prepared in explicit unhygienic and sanitary conditions. This is because the vendors deposited their food and water wastes beside the stalls; this resulted to a dirty environment that attracted houseflies, the presence of them compromise sanitation. Presence of flies is an indication of poor hygiene and sanitary practices. This concurs with another study done in Nairobi which found out that, proper garbage collection and disposal were lacking and vendors had to put garbage in their own place[3]. According to FAO[11] adequate drainage and waste disposal systems and facilities should be provided in the street food industry and designed properly so that the risk of contamination of food and potable water is low.

RECOMMENDATION

This paper recommends that every vendor, helper or food handler should undergo a basic training in food hygiene. This is to ensure that they follow the required rules for proper hygiene and sanitation.

The government should invest in street food industry as it provides employment, cheap food, and a wide variety of foods to the urban dwellers. Through the Ministries of Health and Local Government legislation should be developed to recognise the street food industry by developing code of practise for street food vending.

The Local Government Ministry should consider establishment of street food centres with adequate facilities and utility services. Such centres will provide an environment for storing, preparing and serving safe food. They will provide the necessary utilities such as potable water, adequate light, and drainage and solid/water disposal, provide conducive environment for consumers to be served with safe food and provide good setting for the relevant authorities to conduct information, education and training programmes for vendors and consumers.

GLOSSARY

- Jua kali: Blue-collar jobs/manual/unskilled work
- *Sufuria*: cooking pot
- Chips: French fries
- *Jiko*: Charcoal cooker
- *Mutura*: Large intestines of a cow filled with small pieces of meat commonly referred to as African sausage
- *Chapati*: A flat thin cake of unleavened wheat bread.
- *Githeri*: Meal made of boiled mixed maize and beans
- *Mandazi*: A deep-fried leavened wheat bread.

REFERENCES

1. Latham MC. Human nutrition in tropical Africa. Rome: FAO, 1997:329-437.
2. FAO. Agriculture food and nutrition for Africa. A resource book for teachers of Agriculture. Rome: FAO, 1997:123.
3. Mwangi A. Nutritional, hygienic and social-economic dimensions of street foods in urban areas: The case of Nairobi. Doctoral thesis, The Netherlands, University of Wageningen 2002: 43, 91 and 108.
4. Riet H van 't. The role of street food in diet of low-income urban residents, the case of Nairobi. Doctoral thesis. The Netherlands: University of Wageningen 2002: 34.
5. Canet C, N'diaye C. Street foods in Africa. Food Nutr Agric 1996;17/18:18.
6. Chauliac M, Gerbouin-Rerolle P. Children and street foods. Food Nutr Agric 1996;17/18:28.
7. FAO. Street foods. Rome: FAO, 1997:1-4.
8. FAO. Street food: small entrepreneurs, big business. Http://www.Fao/NEWS/1997/97/970408-e.htm (accessed 22 June 2003).
9. Gay LR. Educational Research Competencies for analysis and application. Toronto: Merrill publishing company, 1982:246.
10. Robert B. Introduction to research methods. London: Sage publications, 2000:55-7.
11. FAO. Draft revised guidelines for the design of control measures for street-vended foods in Africa. Rome: FAO, 1999:24-43.
12. FAO. Food hygiene basic texts. Rome: FAO, 1997:14-32.
13. Mensah P, Yeboah-manu D, Owusu-Darko K, Ablordey A. Street foods in Accra, Ghana: how safe are they? Bull World Health Organ 2002;80:546-54.
14. World Bank. Better health in Africa. Washington: World Bank, 1995:156.
15. FAO. Codex Alimentarius. General requirements (food hygiene). Rome: FAO, 1995:188-92.
16. Marriot N. Principles of food sanitation. New York: Van Nostrand Reinhold company, 1985:70- 80.
17. Kinton R, Ceserani V. The theory of catering. London: Butler & tanner Ltd, 1992:440-76.
18. FAO. International conference on nutrition, plan of action for nutrition. Rome: FAO, 1992:24-6.

Acknowledgements: *Drs. Kuria and Onyango for their supervision, guidance and instruction in my pursuit of knowledge.*

Constances et spécificités de déterminants de l'alimentation complémentaire au Burkina Faso, à Madagascar et au Viêt-Nam

Moursi* Mourad, Trèche Serge

UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *mmoursi@yahoo.fr*

- Résumé -

Introduction: Pour une alimentation complémentaire réussie, il est essentiel d'adopter des pratiques alimentaires adéquates afin que les aliments de complément soient offerts aux enfants dans des conditions optimales. Cette étude se propose d'identifier et de comparer les déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire dans des contextes géographiques différents, et de dégager d'éventuelles constances ou spécificités et leurs implications.

Méthodologie: Les données proviennent d'enquêtes alimentaires menées au Burkina Faso, au Viêt-Nam et à Madagascar sur respectivement 583, 800 et 817 enfants de moins de 2 ans. Un indice alimentaire (IA) a été construit selon le nombre de repas reçus la veille, l'âge d'introduction des aliments de complément et la diversité alimentaire chez des enfants âgés de plus de 6 mois. Une analyse univariée comparée a été effectuée sur les facteurs communs aux trois enquêtes. Les déterminants associés à l'IA ont été inclus dans un modèle de régression linéaire multivariée pour estimer leurs effets en tenant compte des facteurs médiateurs ou de confusion.

Résultats: Après analyse multivariée, au Viêt-Nam, l'activité professionnelle de la mère (p=0,01) et son niveau de scolarisation (p=0,01) ainsi que le niveau de richesse du ménage (p=0,0009) demeurent associés à l'IA de manière positive et significative. A Madagascar, l'IMC de la mère (association négative; p<0,0001) et le niveau de richesse des ménages (association positive; p=0,002) étaient les seuls facteurs associés à l'IA. Au Burkina Faso, seul le niveau de richesse du ménage est associé à l'IA (p=0,039).

Conclusion: Le niveau de richesse des ménages est le seul facteur commun aux trois contextes demeurant associé de manière significative à l'IA parmi le jeu de facteurs disponibles communs aux trois enquêtes. La pauvreté demeure donc l'une des principales causes des mauvaises pratiques alimentaires. Quelles que soient les approches adoptées par les programmes visant à améliorer l'alimentation de l'enfant, il est nécessaire de proposer des solutions économiquement abordables par le plus grand nombre.

Mots-clés: Alimentation complémentaire - Pratiques – Déterminants.

- Abstract -

Constancy and specificity of selected determinants of complementary feeding practices in Burkina Faso, Madagascar and Vietnam

Introduction: The availability of high sanitary and nutritional quality complementary foods is a necessary but insufficient condition to achieve successful complementary feeding. Improving feeding practices is an equally important necessity in order to guarantee that these foods are offered under optimal conditions. This study aims at comparing selected determinants of complementary feeding practices in various settings in order to identify eventual universal and/or context-specific determinants and their implications.

Methodology: Three surveys investigating infant feeding practices conducted in 4 villages of Burkina Faso in 1997, 2 provinces of rural Vietnam in 1998 and 2 boroughs of Antananarivo, Madagascar in 1999 were used for this analysis. The respective sample sizes were 583, 800, and 817 infants <2 years of age. The 3 surveys shared similar protocols and questionnaires.
A feeding index (FI) was constructed for children aged more than 6 months using positive (+1 or +2) or negative (-2 or -1) scores attributed according to meal frequency, dietary diversity, and age at introduction of complementary foods. These feeding practices were judged as being positive or negative based on international recommendations and scientific literature. The compared univariate analysis was conducted only on factors common to the three surveys. Factors associated significantly to the FI were included in a multivariate regression model to estimate their effects while considering mediating and confounding factors.

Results: The results of multivariate analysis indicate that, in Vietnam, mother's current employment (p=0.01), her level of schooling (p=0.01), and household's wealth (p=0.0009) were the only factors that remained positively and significantly associated to the FI among various child, caregiver and household factors. In Madagascar, only household's wealth (positive association; p=0.002) and mothers' BMI (negative association; p<0.0001) remained significantly associated with the FI. The association between mother's level of schooling and the FI in Madagascar disappeared after adjustment over household's wealth. In Burkina Faso, household's wealth was the only factor identified as being associated with the FI (p=0.039).

Conclusions: The effect of mother's current employment could be explained by the time constraints imposed upon mothers that are more severe in rural contexts compared to urban ones. Household's wealth was the only factor invariably associated to the FI in a statistically significant manner among selected factors common to all 3 surveys. Poverty remains one of the most important determinants of inadequate feeding practices and one that could outweigh the benefits of higher schooling level and better nutritional knowledge in the poorest contexts; mothers do not put their knowledge into practice if they do not have the economic means necessary. This finding implies that, whatever the strategies adopted by programs aiming at improving infant and young child feeding in poor countries, it is necessary to propose solutions that are economically accessible to the great majority of households.

Key words: Complementary feeding – Practices – Determinants.

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays en développement, l'apparition de la malnutrition infantile coïncide avec la période d'introduction dans l'alimentation de l'enfant d'aliments venant compléter le lait maternel. Durant cette période, les enfants sont exposés à un risque accru de malnutrition faute d'aliments de complément et de pratiques alimentaires adéquats[1]. La disponibilité d'aliments de complément de qualité sanitaire et nutritionnelle adaptée aux besoins des jeunes enfants est une condition nécessaire mais non suffisante pour une alimentation complémentaire réussie. Il est essentiel d'améliorer également les pratiques alimentaires afin que ces aliments soient offerts aux enfants dans des conditions optimales.

L'alimentation de l'enfant en général et l'alimentation de complément plus spécifiquement est influencée par divers facteurs culturels, sociaux, économiques et politiques. Parmi ces facteurs, il est important d'identifier ceux qui sont spécifiques à un milieu donné et ceux dont l'influence pourrait être observée dans plusieurs milieux. A notre connaissance, il n'existe aucune étude comparative entre plusieurs contextes des déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire. Les nombreuses études des déterminants des pratiques qui ont réussi à mettre en évidence le rôle important joué par des facteurs tels que le niveau de scolarisation de la mère[2,3], l'appétit, la morbidité infantile[4] et la taille de l'enfant[5] ne peuvent être comparées entre elles. En effet, les auteurs de ces études ont effectué des choix méthodologiques différents et se sont concentrés sur des aspects différents de l'alimentation de l'enfant et de leurs déterminants.

La présente étude se propose d'identifier et de comparer les déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire parmi un jeu de facteurs communs à trois enquêtes de diagnostic des pratiques alimentaires chez des enfants de moins de deux ans menées au Burkina Faso en 1997, au Viêt-Nam en 1998 et à Madagascar en 1999. L'analyse comparative de ces contextes a comme objectif de mettre en évidence d'éventuelles constances ou spécificités des déterminants, ainsi que leurs implications.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Echantillonnage et collecte de données

La population ciblée par ces enquêtes était constituée des ménages comportant au moins un enfant de moins de deux ans. Les enquêtes ont été réalisées en milieu rural (Burkina Faso), en milieu urbain (Madagascar) et dans un milieu rural à forte densité de population (Viêt-Nam).

Les enquêtes menées dans les villages Bargasco, Lourgogo, Magourou et Sabtenga (province du Boulgou, Burkina Faso) et dans les quartiers Andohatapenaka II et Ampefiloha-Ambodirano (Antananarivo, Madagascar) étaient transversales et exhaustives. Tous les ménages ayant un enfant de moins de deux ans au moment de l'enquête avaient été recensés au préalable. Les zones d'enquêtes ont été choisies de manière à pouvoir obtenir au moins 100 enfants par intervalle de 4 mois. Les effectifs totaux atteints étaient de 583 et 800 enfants de moins de deux ans au Burkina Faso et à Madagascar, respectivement.

Au Viêt-Nam, les enquêtes ont été menées dans deux districts de la province de Quang Nam (Thang Binh et Nui Tanh; milieu rural à forte densité de population). Huit cent dix sept enfants ont été tirés au sort dans les listes des centres de santé des différentes communes.

Les questionnaires comportaient les modules suivants: données socio-démographiques, économiques et environnementales des ménages, données socio-professionnelles de la mère et du chef de ménage, pratiques d'allaitement et d'alimentation complémentaire et enfin, données sanitaires relatives aux enfants. Les mesures anthropométriques des mères et des enfants ont été effectuées à domicile selon les recommandations de l'OMS[6].

Ethique

Dans chacun des pays, les autorisations ont été obtenues auprès des autorités compétentes. Tous les ménages ont donné leur consentement verbal à la participation aux enquêtes après que les objectifs leur aient été clairement exposés.

Construction des indices et analyse statistique

La méthodologie de construction de l'indice alimentaire (IA) s'inspire des travaux de Ruel et de son équipe au Ghana[2,7] et en Amérique latine[8]. Puisque l'IA regroupe des données relatives à l'alimentation de complément, il a été construit uniquement pour les enfants de plus de 6 mois.

Les variables utilisées et les scores attribués sont présentés dans le tableau 1. Les scores ont été attribués de la manière suivante: -2 ou –1 pour les pratiques négatives, 0 pour les pratiques sans bénéfice particulier et +1 ou +2 pour les pratiques positives.

Tableau 1: Variables et scores utilisés pour construire l'indice d'alimentation.

Variables	Résultats			Scores
	Burkina Faso	**Madagascar**	**Viêt-Nam**	
Groupes de diversité alimentaire[1]	*n*=469	*N*=485	*n*=647	
	0: 17% 1 – 3: 37% 4 et plus: 46%	0: 39% 1 – 3: 54% 4 et plus: 7%	0: 2% 1 – 3: 55% 4 et plus: 43%	0 +1 +2
Age à l'introduction du premier aliment de complément (mois)	*n*=469	*N*=439	*n*=602	
	0 – 2: 7% 3: 11% 4: 19% 5: 13% 6: 18% 7et plus: 32%	0 – 2: 3% 3: 28% 4: 18% 5: 17% 6: 23% 7et plus: 11%	0 – 2: 24% 3: 30% 4: 30% 5: 7% 6: 7% 7et plus: 2%	-2 -1 0 +1 +2 -2
Fréquence des repas	*n*=469	*N*=551	*n*=647	
	0: 17% 1 – 2: 73% 3 et plus: 10%	0: 2% 1 – 2: 13% 3 et plus: 85%	0: 1% 1 – 2: 23% 3 et plus: 76%	-2 0 +2
Indice d'alimentation	*n*=468	*N*=394	*n*=602	
Minimum	-4	-4	-2	
Maximum	6	6	6	
Moyenne ± ET	0,77 ± 2,49	2,56 ± 1,72	2,35 ± 1,65	

(1) la diversité alimentaire a été calculée en se basant sur la consommation de différents groupes d'aliments la veille de l'enquête. Les 6 groupes d'aliments étaient: légumineuses, fruits/légumes/feuilles, produits d'origine animale, sucre/miel, matières grasses (huile, beurre..) et condiments. Les céréales, racines et tubercules ne figurent pas car ils constituaient les aliments de base de tous les enfants.

Les pratiques ont été considérées comme étant positives ou négatives en se basant sur les recommandations internationales actuelles et la littérature scientifique existante. Un score de –2 a été attribué à l'introduction des aliments de complément au cours du 8ème mois et plus (ce qui correspond au chiffre 7 et plus, 0 étant le premier mois) car elle peut être préjudiciable à la croissance de l'enfant.

L'IA a été créé en additionnant les scores obtenus pour les différentes pratiques. Il a été calculé pour 468, 602 et 394 enfants au Burkina Faso, au Viêt-Nam et à Madagascar, respectivement, après exclusion des enfants de moins de 6 mois et ceux ayant des données manquantes (respectivement, 0%, 5% et 19% de l'échantillon total au Burkina Faso, au Viêt-Nam et à Madagascar).

Un indice de richesse appelé, pour la suite, indice économique a été construit en suivant une méthodologie similaire à celle décrite par Delpeuch et al[9]. La première étape consistait à compter les biens des ménages (radio, télévision,…etc.) et à les multiplier par des coefficients proportionnels à leurs prix. Pour chaque ménage, les valeurs correspondant à chacun des biens ont été additionnées pour obtenir un « score » de biens. Les ménages ont été classés dans trois groupes par ordre croissant de score de biens pour obtenir l'indice de biens. La deuxième étape consistait en une analyse des correspondances multiple dans laquelle l'indice de biens et d'autres variables résumant la qualité du logement (matériau des sols), l'origine de l'eau, le raccordement à l'électricité et la présence de latrines ont été utilisés. Le premier axe de la distribution spatiale résumant toutes ces variables représentait 32%, 27% et 25% de la variabilité totale respectivement pour le Burkina Faso, le Viêt-Nam et Madagascar. Les ménages étaient repartis sur cet axe en fonction de niveau de richesse. Les coordonnées de chaque ménage sur cet axe ont été utilisées comme indice économique synthétique. Les ménages ont ensuite été regroupés en trois classes selon la valeur de cet indice économique synthétique.

Les caractéristiques anthropométriques, socio-professionnelles et économiques sont présentées pour toute la population initialement ciblée, c'est-à-dire pour tous les enfants de moins de deux ans. Les différentes caractéristiques ont été calculées sur des effectifs de 583, 752 et 799 enfants pour les enquêtes menées respectivement au Burkina Faso, au Viêt-Nam et à Madagascar. Les différences avec les effectifs initiaux sont dues aux données manquantes.

Les associations entre l'IA et les différentes variables liées à l'enfant, à la mère et au ménage ont été testées en utilisant ANOVA pour celles qui étaient catégorielles ou la régression linéaire pour celles qui étaient continues. Les facteurs identifiés comme associés de manière significative à l'IA ont été inclus dans un modèle de régression multiple. L'analyse statistique a été effectuée avec Stata (version 7.0, Stata Corp., Texas).

RÉSULTATS

Caractéristiques principales des enfants, mères et ménages

Les principales caractéristiques anthropométriques, socio-professionnelles et économiques des enfants, mères et ménages de chacune des enquêtes sont présentées dans les tableaux 2 et 3.

Le score moyen d'écart-type de la taille-pour-âge des enfants malgaches était plus bas que celui des enfants burkinabè et vietnamiens alors que celui de l'écart-type du poids-pour-taille était similaire dans les trois contextes. La prévalence de retard de croissance était plus élevée à Madagascar (50%) qu'au Burkina Faso (32%) et au

Tableau 2: Age et anthropométrie des mères et des enfants *(moyennes ± écart-type)*.

Caractéristiques	**Burkina Faso (*n*=583)**	**Madagascar (*n*=752)**	**Viêt-Nam (*n*=799)**
Enfants			
Age (mois)	12,2 ± 6,2	10,3 ± 69,8	12,9 ± 6,5
Taille (cm)	69,8 ± 6,7	65,2 ± 8,9	70,8 ± 7,0
Poids (kg)	7,5 ± 1,6	7,1 ± 2,1	8,1 ± 1,5
score d'écart-type taille-pour-âge	-1,10 ± 1,13	-2,00 ± 1,35	-1,47 ± 1,15
score d'écart-type poids-pour-taille	-0,64 ± 0,90	-0,46 ± 1,33	-0,54 ± 1,05
score d'écart-type poids-pour-âge	-0,98 ± 2,17	-1,31 ± 1,50	-1,31 ± 1,12
Mères			
Age (années)	27,9 ± 6,8	25,8 ± 6,5	31,7 ± 12,7
Indice de masse corporelle (IMC)	21,2 ± 2,3	21,2 ± 4,9	19,1 ± 2,0

Tableau 3: Situation nutritionnelle et sanitaire des enfants, caractéristiques socio-professionnelles des mères et des chefs de ménages et niveau économique des ménages.

Caractéristiques	**Burkina Faso (*n*=583)**	**Madagascar (*n*=752)**	**Viêt-Nam (*n*=799)**
Enfants	**%**	**%**	**%**
Prévalence du retard de croissance (<-2 ET)	32,4	50,4	32,2
Prévalence de l'émaciation (<-2 ET)	18,2	5,1	5,8
Prévalence de l'insuffisance pondérale (<-2 ET)	40,5	35,3	31,8
Sexe Garçon	55,7	51,7	53,9
Fille	44,3	49,3	46,1
Atteints de diarrhée la veille de l'enquête	10,1	7,1	6,1
Atteints de maladie respiratoire la veille	18,9	24,6	17,4
Mères	**%**	**%**	**%**
Occupation professionnelle			
Femmes au foyer	—	40,6	13,5
Agricultrices	84,4	2,3	54,9
Autres	15,6	57,0	31,5
Niveau de scolarisation			
Non scolarisées	80,6	8,6	—
Primaire/secondaire	19,4	89,8	83,1
Supérieur	—	1,6	16,9
Situation matrimoniale			
Mariées/Union libre	97,3	91,4	98,0
Séparées/Divorcées/Veuves	2,7	8,6	2,0
La mère est le principal dispensateur de soins	99,5	98,5	82,2
Nombre de frères et sœurs <5 ans			
0	41,3	57,5	68,1
1 ou plus	58,7	42,5	31,9
Ménages	**%**	**%**	**%**
Occupation professionnelle du chef de ménage			
Agriculteur (Burkina et Viêt-Nam)	23,8	—	41,4
Commerçant (Madagascar)	—	79,7	—
Autre (fonctionnaire, pêcheur, chômeur…)	76,2	20,3	58,6
Niveau économique			
Bas	39,4	33,4	33,3
Moyen	31,5	34,3	33,3
Haut	29,5	32,3	33,4

Viêt-Nam (32%). L'émaciation n'a atteint un taux élevé qu'au Burkina Faso (18%). Dans les trois contextes, le pourcentage d'enfants atteints de maladies respiratoires durant les dernières 24h était élevé, avec un maximum de 25% d'enfants atteints à Madagascar.

Au Burkina Faso comme au Viêt-Nam, l'occupation professionnelle principale des mères et des chefs de ménage était l'agriculture (tableau 3). Quarante et un pour cent des mères à Madagascar étaient des femmes au foyer tandis que 57% d'entre elles étaient commerçantes, lavandières, couturières, employées de maison ou gargotières. Une grande majorité des mères au Burkina Faso (81%) n'a jamais été scolarisée alors que le pourcentage de mères ayant atteint le niveau primaire ou secondaire était de 83% et 90% au Viêt-Nam et à Madagascar, respectivement.

Dans les trois contextes, le mariage ou l'union libre était la norme et les mères étaient les personnes qui s'occupaient habituellement des enfants, sauf au Viêt-Nam où les enfants étaient pris en charge par d'autres personnes dans 20% des cas.

Associations entre déterminants potentiels et l'IA *(analyse bivariée)*

Les associations entre les déterminants potentiels des pratiques d'alimentation de complément et l'IA sont présentées dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4: Associations entre l'âge et l'anthropométrie des mères et des enfants et l'IA.

Variables	Burkina Faso *(n=468)*		Madagascar *(n=394)*		Viêt-Nam *(n=602)*	
	Coeff.[a]	*p*	Coeff.[a]	*p*	Coeff.[a]	*p*
Enfants						
Age (mois)	0,076	0,001*	0,029	0,034*	0,087	<0,0001*
Taille (cm)	0,090	<0,0001*	0,021	0,170	0,083	<0,0001*
Poids (kg)	0,319	<0,0001*	0,054	0,291	0,234	<0,0001*
Mères						
Age (années)	-0,005	0,796	-0,010	0,445	0,002	0,710
IMC (kg/m^2)	0,020	0,699	-0,052	<0,0001*	-0,056	0,112

*a: coefficient de régression linéaire - *: signale une association statistiquement significative (p<0,05).*

L'analyse bivariée a montré que l'IA était associé:
- positivement à l'âge de l'enfant dans les trois contextes, à la taille et au poids de l'enfant au Burkina Faso et au Viêt-Nam;
- positivement à l'indice de masse corporelle (IMC) de la mère à Madagascar;
- à l'occupation professionnelle de la mère et son niveau de scolarisation au Viêt-Nam: les enfants de femmes n'étant pas agricultrices ou ayant un niveau de scolarisation plus élevé avaient un IA moyen plus élevé;
- à l'occupation professionnelle du chef de ménage au Viêt-Nam: les enfants issus de ménage dont les chefs n'étaient pas agriculteurs avaient un IA moyen plus élevé;
- au niveau économique dans les trois contextes: les enfants des ménages ayant un niveau économique élevé avaient un IA moyen plus élevé.

Dans la mesure où les associations entre les déterminants identifiés ci-dessus et l'IA peuvent être modifiées ou disparaître lorsque l'on prend en compte l'effet des facteurs modificateurs ou de confusion, les déterminants ont été inclus dans un modèle de régression multiple afin de confirmer les résultats.

Tableau 5: Valeurs moyennes de l'IA à différents niveaux des déterminants potentiels des pratiques d'alimentation complémentaire.

Variables	Burkina Faso		Madagascar		Viêt-Nam	
	n	Moy. ± ET	*n*	Moy. ± ET	*n*	Moy. ± ET
	468	0,77 ± 2,49	394	2,56 ± 1,72	602	2,35 ± 1,65
Enfants						
Sexe						
Garçon	264	0,93 ± 2,39	193	2,55 ± 1,74	329	2,34 ± 1,62
Fille	204	0,58 ± 2,60	199	2,58 ± 1,71	273	2,37 ± 1,70
Diarrhée (veille enquête)						
Oui	56	0,80 ± 2,62	30	2,23 ± 2,16	35	2,08 ± 1,82
Non	412	0,77 ± 2,47	364	2,58 ± 1,68	567	2,37 ± 1,64
Maladie respiratoire (veille enquête)						
Oui	88	0,62 ± 2,49	90	2,59 ± 1,90	113	2,12 ± 1,63
Non	380	0,81 ± 2,49	304	2,55 ± 1,67	489	2,41 ± 1,66
Mères						
Occupation professionnelle						
Femmes au foyer	—		163	2,63 ± 1,75	80	$2,53^{a,b}$ ± 1,81
Agricultrices	391	0,71 ± 2,46	59	2,29 ± 1,76	335	$2,07^{a}$ ± 1,61
Autres	77	1,10 ± 2,65	172	2,58 ± 1,68	187	$2,77^{b}$ ± 1,56
Niveau de scolarisation*						
Non scolarisées	375	0,74 ± 2,54	27	1,48 ± 1,78	—	
Primaire/secondaire	93	0,95 ± 2,26	367	2,64 ± 1,69	497	$2,23^{a}$ ± 1,66
Supérieur	—		—	—	105	$2,94^{b}$ ± 1,51
Situation matrimoniale						
Mariées/Union libre	453	0,77 ± 2,49	365	2,57 ± 1,75	590	2,37 ± 1,66
Séparées/Divorcées/Veuves	15	0,87 ± 2,44	29	2,45 ± 1,27	11	1,54 ± 1,44
Principal donneur de soins						
Mère	465	0,77 ± 2,49	386	2,57 ± 1,73	493	2,31 ± 1,67
Autre	3	2,00 ± 2,00	8	1,75 ± 1,39	109	2,53 ± 1,56
Nombre de frères ou sœurs <5 ans						
0	202	$1,05^{a}$ ± 2,30	220	2,53 ± 1,70	431	2,38 ± 1,66
1 ou plus	266	$0,57^{b}$ ± 2,61	174	2,59 ± 1,75	171	2,28 ± 1,64
Ménages						
Profession du chef de ménage						
Commerçant *(Madagascar)*	—		79	2,38 ± 1,83	—	—
Agriculteur *(Burkina & Viêt-Nam)*	288	0,77 ± 2,50	—	—	352	$2,20^{a}$ ± 1,61
Autre	88	0,67 ± 2,55	292	2,65 ± 1,69	250	$2,57^{b}$ ± 1,70
Niveau économique						
Bas	183	$0,57^{a}$ ± 2,48	121	$2,15^{a}$ ± 1,65	203	$1,96^{a}$ ± 1,62
Moyen	147	$0,55^{a}$ ± 2,48	120	$2,48^{a,b}$ ± 1,63	196	$2,24^{a}$ ± 1,65
Haut	138	$1,23^{b}$ ± 2,46	149	$2,95^{b}$ ± 1,76	203	$2,85^{b}$ ± 1,57

**: à Madagascar, la catégorie «supérieur» est incluse dans «primaire/secondaire»*
Pour chaque déterminant et contexte, les moyennes non suivies d'une même lettre sont statistiquement différentes au niveau p<0,05 (test-t et test de Bonferroni).

Déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire dans les trois contextes *(résultats de l'analyse multivariée)*

Les déterminants présentés dans le tableau 6 pour chacun des contextes sont les seuls qui sont restés associés à l'IA après analyse multivariée en plus de l'âge de l'enfant dans tous les contextes et l'IMC de la mère à Madagascar.

Au Viêt-Nam, les facteurs demeurant associés à l'IA ont été le niveau économique (p=0,0009), l'occupation professionnelle (p=0,01) et le niveau de scolarisation de la mère (p=0,01). Les moyennes apparaissant dans le tableau 6 ont été ajustées sur tous les déterminants identifiés comme étant associés à l'IA dans ce contexte lors de l'analyse bivariée. Par exemple, au Viêt-Nam, les moyennes par niveau économique

ont été ajustées sur l'âge, la taille, le poids de l'enfant, l'occupation professionnelle et le niveau de scolarisation de la mère.

A Madagascar, les déterminants demeurant associés à l'IA dans l'analyse multivariée sont l'IMC de la mère (coef.=-0,057; p<0,0001) et le niveau économique (p=0,002).

Au Burkina Faso, seul le niveau économique demeurait associé à l'IA dans le modèle multivarié. La valeur p du test global pour le niveau économique est de 0,039.

Tableau 6: Valeurs moyennes ajustées de l'IA par différents niveaux des déterminants.

Variables	Moyennes ± ES ajustées* de l'IA		
	Burkina Faso (n=469)	Madagascar (n=394)	Viêt-Nam (n=602)
Déterminants communs aux contextes			
Niveau économique			
Bas	0,47[a] ± 0,18	1,72[a] ± 0,24	1,85[a] ± 0,15
Moyen	0,38[a] ± 0,21	2,09[a,b] ± 0,22	2,11[a] ± 0,14
Haut	1,08[b] ± 0,22	2,63[b] ± 0,20	2,50[b] ± 0,14
Déterminants spécifiques			
Occupation professionnelle de la mère			
Agricultrice			1,94[a] ± 0,13
Femme au foyer			2,40[b] ± 0,20
Autre			2,46[b] ± 0,14
Niveau de scolarisation de la mère			
Primaire/secondaire			1,94[a] ± 0,09
Supérieur			2,39[b] ± 0,17

ES: Erreur standard

**: Les valeurs moyennes de l'IA ont été ajustées, pour chacun des contextes, sur les déterminants identifiés lors de l'analyse bivariée.*

Pour chaque déterminant et pour chaque contexte, les moyennes non suivies d'une même lettre sont statistiquement différentes au niveau p<0,05.

DISCUSSION

Cette étude présente un certain nombre de limites méthodologiques. Premièrement, bien que les enquêtes aient été supervisées et mises en œuvre par une seule et même équipe, les protocoles et les questionnaires ne sont pas strictement identiques. De plus, en fonction du pays une même question peut être interprétée différemment.

Deuxièmement, cette étude a été menée sur l'ensemble des facteurs identiques communs aux trois enquêtes. Il y a par conséquent d'autres déterminants potentiels non pris en compte, soit à cause de l'absence de données dans les trois enquêtes, soit à cause du manque d'informations relatives à un déterminant potentiel dans l'une des trois enquêtes. Par ailleurs, les déterminants qui restent associés de manière significative après analyse multivariée ne sont pas forcément les seuls déterminants importants dans ces contextes. Enfin, il y a les problèmes de fiabilité des données utilisées pour la construction de l'indice alimentaire, qui repose en partie sur le rappel des âges à l'introduction des aliments de complément. Ce rappel est sujet à des biais de mémoire puisque les mères d'enfants plus jeunes auront moins de difficultés à s'en souvenir que les mères d'enfants plus âgés. Il en est de même pour les mères ayant plusieurs enfants en bas âge. Toutefois, la période de rappel couvre 24 mois au maximum, période qui n'est pas excessivement longue ce qui permet d'accorder une crédibilité suffisante aux données.

Les nombreuses études portant sur les conséquences de l'occupation professionnelle des femmes sur l'état nutritionnel ou sanitaire de leurs enfants révèlent que la relation entre ces facteurs est loin d'être simple. En effet, les femmes doivent partager leur temps entre leurs rôles économique, domestique, biologique et social. Les résultats de cette étude indiquent que les moyennes de l'indice alimentaire sont plus élevées pour les mères ayant des contraintes de temps moins sévères (femmes au foyer par rapport aux agricultrices au Viêt-Nam).

Les effets du niveau de scolarisation de la mère et du niveau économique des ménages sur les pratiques d'alimentation de l'enfant ont été observés dans d'autres travaux consacrés à l'alimentation de l'enfant en général, mais rarement à l'alimentation complémentaire[2,3,4]. Les résultats de notre étude indiquent qu'au Viêt-Nam, les effets du niveau de scolarisation s'exercent en dehors de l'influence du niveau économique. Les mères ayant un niveau de scolarisation plus élevé ont souvent de meilleures connaissances nutritionnelles[10] et il est probable qu'elles bénéficient d'un meilleur statut au sein du ménage, d'une plus grande liberté de décision en ce qui concerne l'allocation des ressources et d'une plus grande aptitude à utiliser les systèmes de soins[1]. Cependant, en milieu urbain à Madagascar, il semblerait que le niveau économique soit un facteur limitant puisque l'effet du niveau de scolarisation de la mère disparaît après ajustement sur le niveau économique. L'avantage conféré par meilleur niveau de scolarisation et indirectement par de meilleures connaissances nutritionnelles pourrait ne pas se traduire par de meilleures pratiques d'alimentation complémentaire faute de ressources économiques suffisantes pour les appliquer.

Il faut préciser que l'indice de niveau économique construit pour cette étude, qui s'est révélé être le seul déterminant commun aux trois pays, est un estimateur du niveau de richesse des ménages. Cette précision est importante dans la mesure où il existe une deuxième dimension du niveau économique: le revenu du ménage. Le niveau de richesse et le revenu d'un ménage agissent sur la santé de l'enfant selon des mécanismes différents[11]. Il se pourrait qu'il en soit de même en ce qui concerne leur influence sur le choix des pratiques d'alimentation complémentaire. D'autres études sont nécessaires afin de mieux comprendre comment les facteurs économiques interagissent avec les choix des pratiques.

CONCLUSION

L'occupation professionnelle et le niveau de scolarisation de la mère sont apparus comme des déterminants spécifiques de l'IA au Viêt-Nam tandis que la relation entre l'IMC des mères et l'IA n'a été observée qu'en milieu urbain à Madagascar. D'autres études sont nécessaires pour confirmer ces résultats, examiner un plus grand nombre de déterminants potentiels, identifier ceux qui sont spécifiques ou non aux pays et comprendre en détail comment ils pourraient influencer le choix des pratiques alimentaires.

A l'issue de cette analyse comparative, le niveau de richesse des ménages est apparu comme le seul déterminant des pratiques d'alimentation de complément commun aux trois contextes. La valeur de l'indice alimentaire la plus basse a été systématiquement observée chez les ménages ayant l'indice économique le plus bas. La pauvreté demeure ainsi une des principales causes des mauvaises pratiques alimentaires. Il se pourrait en outre qu'elle soit aussi une barrière importante à l'adoption de meilleures pratiques et ce même si le niveau de connaissances nutritionnelles est suffisant. Il en résulte que les programmes visant à améliorer l'alimentation du jeune enfant ne devraient pas s'appuyer uniquement sur l'éducation nutritionnelle pour espérer

contribuer à améliorer la situation alimentaire dans les contextes les plus pauvres. Ils devraient aussi proposer des solutions concrètes et économiquement abordables au plus grand nombre. C'est là l'une des clefs du succès.

RÉFÉRENCES

1. World Health Organization. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. UNICEF/ University of California-Davis/ WHO/ ORSTOM. Geneva: WHO, 1998. [WHO/NUT/98.1]
2. Armar-Klemesu M, Ruel MT, Maxwell DG, Levin CE, Morris SS. Poor maternal schooling is the main constraint to good childcare practices in Accra. J Nutr 2000;130:1597-607.
3. Guldan GS, Zeitlin MF, Beiser AS, Super CM, Gershoff SN, Datta S. Maternal education and child feeding practices in rural Bangladesh. Soc Sci Med 1993;36:925-35.
4. Piwoz EG, Black RE, Lopez de Romaña G, Creed de Kanashiro H, Brown KH. The relationship between infant's preceding appetite, and growth performance and mothers' subsequent feeding practice decisions. Soc Sci Med 1994;39:851-60.
5. Galler JR, Ramsey FC, Harrison RH, Brooks R, Weiskopf-Bock S. Infant feeding practices in Barbados predict later growth. J Nutr 1998;128:1328-35.
6. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995. [WHO Technical report series 854.]
7. Ruel M, Levin C, Armar-Klemesu M, Maxwell D, Morris S. Good care practices can mitigate the negative effects of poverty and low maternal schooling on children's nutritional status: evidence from Accra. World Dev Forum 1999;27:1993-2009.
8. Ruel M, Menon P. Child feeding practices are associated with child nutritional status in Latin America: Innovative uses of the Demographic and Health Surveys. J Nutr 2002;132:1180-7.
9. Delpeuch F, Traissac P, Martin-Prevel Y, Massamba JP, Maire B. Economic crisis and malnutrition: socioeconomic determinants of anthropometric status of preschool children and their mothers in an African urban area. Public Health Nutr 2000;3:39-47.
10. Ruel MT, Habicht JP, Pinstrup-Andersen P, Grohn Y. The mediating effect of maternal nutrition knowledge on the association between maternal schooling and child nutritional status in Lesotho. Am J Epidemiol 1992;135:904-15.
11. Morris SS, Carletto C, Hoddinott J, Christiaensen LJM. Validity of rapid estimates of household wealth and income for health surveys in rural Africa. J Epidem Comm Health 2000;54:381-7.

Remerciements: *à Amivi Noukpoape (au Burkina Faso) et aux équipes GRET/IRD des projets Nutridev au Viêt-Nam (Fasevie) et à Madagascar (Nutrimad) qui ont mené les différentes enquêtes.*

Consommation alimentaire des enfants de 6 à 36 mois en milieu rural en fonction de la disponibilité des aliments riches en vitamine A

Nana[1*] Constance P, Brouwer[2] Inge D, Traoré[3] Alfred S

[1] Université de Ouagadougou/Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles, BP 7131, Ouagadougou-Burkina Faso.
[2] Wageningen University, Division of Human Nutrition, PB 8219, 6700 Ev Wageningen-the Netherlands.
[3] Université de Ouagadougou/DBM/ Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles, BP 7131, Ouagadougou-Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *constance.nana@univ-ouaga.bf*

- Résumé -

La déficience en vitamine A (VA) est un problème de santé publique au Burkina Faso. Bien que la stratégie nationale adoptée pour combattre cette déficience soit la distribution de comprimés de VA, il est nécessaire d'explorer et de développer les voies alimentaires en complément de la supplémentation. L'objectif de l'étude est de fournir des informations de base qui serviront au développement et à la mise en œuvre de stratégies en vue d'améliorer la situation en VA en identifiant les aliments riches en (pro) VA et en décrivant leur consommation alimentaire par les enfants. Les méthodes utilisées dans cette étude ethnographique alimentaire conduite dans le département de Kokologho comprennent la technique du «free listing», le rappel des 24 heures, la visite des marchés et des groupes de discussion.

Vingt aliments sources de pro-VA, trois sources de VA et deux sources de matières grasses ont été identifiées. L'alimentation des enfants est du type monotone, avec un régime essentiellement à base de céréales. L'aliment de base est le *tô,* pâte préparée à partir du petit mil ou du sorgho et consommé au moins 2 fois/jour avec le plus souvent une sauce à base de gombo (9 fois/semaine). La consommation des feuilles vertes est assez faible, 3 fois/semaine pour les feuilles d'oseille, baobab, de haricot, à moins d'une fois/semaine pour les feuilles *Amaranthus*, de *Kinebdo* (*Cleome gynandra)*, de *Ben ailé (Moringa oleifera)*. La consommation des produits animaux sources de VA est très faible, moins d'une fois/semaine pour le foie, le lait frais de vache et les œufs. Les raisons qui expliquent cette faible consommation sont les contraintes financières, le manque de connaissance sur l'importance nutritionnelle de ces produits animaux et les pratiques sociales. Les raisons principales de la non utilisation des feuilles *Amaranthus*, de *Kinebdo,* de *Ben ailé* sont l'absence de connaissance sur leur importance dans l'alimentation de l'enfant et le fait qu'elles ne font pas partie des habitudes alimentaires locales. Des stratégies d'intervention visant à augmenter la disponibilité des feuilles vertes et à promouvoir leur utilisation dans l'alimentation de l'enfant sont discutées.

Mots-clés: Consommation alimentaire – Disponibilité des aliments riches en (pro) vitamine A.

- Abstract -

Food consumption of 6-35-month-old children in rural areas according to vitamin A rich food availability

Vitamin A deficiency is a public health problem in Burkina Faso affecting mainly the preschool children. Although the supplementation in vitamin A capsules is adopted as national strategy to alleviate this situation a sustainable approach such food based strategies need to be explored. The overall objective of the study is to provide baseline information for developing food based approaches. The specific objective is to identify (pro) vitamin A rich food and to investigate food intake of children in relation to the seasonal availability of these foods in rural area. This study is a Food Ethnography Study conducted during the wet season in Kokologho, a rural area of Burkina Faso. The research methods include Free listing interview, 24 hours recall, Food frequency questionnaire, market survey, semi-structured interview.

Twenty sources of carotenoids, three animal sources of vitamin A and two sources of oil were identified. The general picture of the food consumption patterns is a monotonous cereal-based diet. *Tô*, a cereal-based thick porridge is consumed at least twice a day with frequently okra sauce (nine times a week). The consumption of green leafy vegetables is quite low three times per week for sorrel, bean, baobab leaves to less than once a week for *Amaranthus* leaves, *Kinebdo* leaves (*Cleome gynandra)*, *Ben*-oil-tree leaves *(Moringa oleofera)*. The consumption of animal sources of vitamin A is rare, less than once a week for liver, fresh milk and egg. The low consumption of animal products is attributed to financial constraints, lack of knowledge and social practices. The main problem for some green leafy vegetables consumption is the lack of knowledge on its importance on the health issue and also because these vegetables are not a part of the local food habits; then they are grown for cash. However feasible intervention such increasing the availability of green leafy vegetables, their daily incorporation into child feeding practice and social campaign on the importance have been discussed and considered for implementation.

In conclusion, the study showed that the food pattern of children is monotonous and consists of *tô*, a cereal-based diet with frequently dry okra sauce even during wet season when there is a wide variety of green leafy vegetables available. The consumption of animal products rich in vitamin A is very low. This baseline information showed that there is a relative under use of pro vitamin A rich food in the community despite their relative availability. This under-utilization of pro vitamin A rich foods cannot be attributed only to the financial issue as usually thought but a combination of lack of knowledge, social and financial factors.

Key words: Food consumption – Pro vitamin A food availability.

INTRODUCTION

La carence en vitamine A est un problème de santé publique au Burkina Faso (BF). Deux enquêtes réalisées en 1997[1] et 1999[2], indiquent que la prévalence de la cécité nocturne chez les enfants de moins de 6 ans est comprise entre 1 à 5% dans 6 provinces et supérieure à 5% dans 3 provinces. Le projet huile de palme rouge, a montré que 85% des enfants d'âge préscolaire ont un taux en rétinol sérique inférieur au seuil de 0,70µg/l[3]. La stratégie nationale adoptée pour combattre la déficience en vitamine A, est basée à court terme sur la distribution de capsules de vitamine A aux enfants de 0 à 59 mois, et à long terme sur la diversification alimentaire. Une analyse des stratégies nationales de lutte contre la carence en vitamine A a montré que les interventions de supplémentation sont plus nombreuses et de plus grande envergure que celles de la diversification[4]. Cependant, les approches alimentaires constituent une voie prometteuse à explorer, car elles peuvent contribuer de manière efficace et durable à réduire la carence non seulement en vitamine A mais aussi en d'autres micronutriments[5]. Par ailleurs, les facteurs socio-culturels sont souvent négligés dans les programmes d'intervention nutritionnelle et les résultats escomptés sont alors compromis[6]. Pour arriver à des résultats satisfaisants par les stratégies alimentaires, une connaissance des pratiques alimentaires et des contraintes spécifiques au contexte, est nécessaire. La présente étude se propose d'aborder les aspects écologiques de la disponibilité alimentaire et les aspects socioculturels liés à la consommation d'aliments riches en vitamine A par les enfants vivant en milieu rural.

Les objectifs spécifiques sont:

- d'identifier les aliments riches en (pro)vitamine A en milieu rural et en saison pluvieuse;
- de décrire le profil de consommation alimentaire des enfants en relation avec la disponibilité saisonnière de ces aliments;
- déterminer les contraintes liées à la consommation des aliments riches en (pro) vitamine A identifiés.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Population et site de l'étude.

L'étude a été conduite en milieu rural en période hivernale (juin-août), dans le département de Kokologho situé au Centre Ouest du BF. Le département de Kokologho comprend la commune et 8 villages. Le secteur N°4, un des six secteurs de la commune a été retenu pour l'étude. Après un recensement des ménages qui composent ce secteur, 35 d'entre eux ayant des enfants entre 6 mois et 3 ans ont été sélectionnés de façon randomisée. Tous les ménages sélectionnés ont été visités et un consentement éclairé est obtenu avant leur enrôlement dans l'étude. La taille de l'échantillon est jugée suffisante pour décrire le profil alimentaire des enfants en relation avec les aliments riches en vitamine A[7]. Par ailleurs le niveau de saturation qui se traduit par la récurrence de la même information est obtenu avec cette taille de l'échantillon.

Trois types de participants ont été inclus dans notre étude:

- Type I: personnes ressources ayant des connaissances dans le domaine de l'alimentation, de la nutrition et de la santé. Ces personnes regroupent le personnel du centre de santé et de promotion sociale, les animatrices du centre de récupération nutritionnelle, les responsables d'ONG et le représentant du Ministère de l'agriculture.
- Type II: les mères des enfants

- Type III: les enfants de 6 mois à 3 ans sélectionnés.

Méthodes

Il s'agit d'une étude ethnographique alimentaire[7] utilisant des méthodes anthropologiques et nutritionnelles. Les données ont été collectées en trois phases:

- Phase I: cette phase a concerné les participants du type I, elle a exploré la disponibilité alimentaire dans la localité avec un intérêt particulier pour les aliments riches en vitamine A. A travers la technique d'énumération des aliments disponibles dans la localité ou 'free listing' technique, la visite des marchés, des jardins et des champs de culture, la liste des aliments a été établie. Des échantillons des feuilles vertes sauvages ont été collectés et identifiés avec l'aide de botanistes.
- Phase II: à partir de la phase I, les aliments riches en provitamine A ont été sélectionnés sur la base de leur teneur en pro vitamine A, en utilisant les informations provenant des tables de composition[8,9,10]. Pour les feuilles vertes 'sauvages' pour lesquelles peu d'information est disponible, la couleur jaune, verte ou orange a été utilisée comme critère de sélection[11]. Les principales sources de matières grasses dans la communauté ont été également identifiées et inclues dans la liste. La méthode développée par HKI[12] a été utilisée pour apprécier la fréquence de consommation des aliments sélectionnés par les enfants. Le rappel de 24 heures combiné à la technique d'observation des procédés de préparation a permis de décrire le profil alimentaire des enfants.
- Phase III: Des groupes composés en moyenne de 8 femmes ont échangé et donné leur point de vue sur les contraintes liées à la consommation des aliments sélectionnés.

Traitement des données

Les données sur le profil alimentaire des enfants ont été analysées sur la base de la nature et de la composition du repas consommé pendant une période de trois jours. Les repas régulièrement consommés ont été divisés en deux groupes. Le groupe I comprend les mets à consistance solide que sont le *tô,* le riz, le *béguédo*, et le haricot (*Vigna unguiculata*) tandis que le groupe II est composé de mets légers ou à consistance liquide tels le *zignoubga* et la bouillie non enrichie. Le *tô* est l'aliment de base consommé dans la communauté, il est préparé sous forme de pâte à partir des céréales comme le mil, le sorgho ou le maïs. Le *béguédo* est un mélange de petit mil, de haricot et de feuilles de haricot (*Vigna unguiculata*) cuit à la vapeur. Le *zignoubga* est un mélange de sorgho, de feuilles d'oseille (*Hibiscus sabdariffa)* et d'autres feuilles vertes sauvages cuites à l'eau. Un enfant est considéré comme ayant un repas consistant lorsqu'il consomme au moins deux mets du groupe I par jour pendant cette période de 3 jours. Un enfant est classé comme ayant un repas non consistant lorsqu'il reçoit deux mets du groupe II par jour pendant la même période.

RÉSULTATS

Aliments riches en (pro) vitamine A

Vingt aliments source de provitamine A, trois aliments source de vitamine A (tableau 1) et deux aliments source de matière grasse ont été identifiées.

Les aliments d'origine animale identifiés tels que le foie, le lait frais de vache et les oeufs constituent les meilleures sources locales de vitamine A. Parmi les aliments identifiés comme source de provitamine A certains sont bien connus pour leur teneur

élevé en caroténoïdes telles les feuilles d'Amarante (*Amaranthus candilis*), les feuilles de haricot (*Vigna unguiculata*), les feuilles d'oseilles (*Hibiscus sabdariffa)*, les feuilles de *Moringa oleifera*, *Ceratotheca sesamoids*. La majorité des feuilles vertes sont peu documentées dans la littérature mais constituent cependant une source potentielle de provitamine A et méritent à ce titre une attention particulière.

Tableau 1: Liste des aliments sélectionnés.

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Foie (petit ruminant)	Feuilles de Arzentiga *Moringa oleifera*	Gombo (*Hibiscus esculentus)*	Badkoudi *Annona senegalensis*
Lait frais de vache	Feuille de Boulvaka *Corchorus olitorius /tridens*	Feuilles Berenga *Hibiscus cannabinus*	Feuilles de Pongnénaba
Œuf (pintade, poule)	Feuilles d'Amaranthus *Amaranthus candilis*	Feuilles de Kounvando *Solanum aethiopum*	Feuilles de Boangarou *Thalia geniculata*
	Feuilles de Kalguetuega *Crateva adansonii*		Feuilles de Lissé *Dibcadi viride*
	Feuilles d'oseille *Hibiscus sabdariffa*		Feuilles de Kiegla *Balanites aegyptiaca*
	Feuille de Baobab *Adansonia digitata*		Feuilles de Koutouléssé *Blossonema boiviniana*
	Feuilles de Kinebdo *Cleome gynandra*		Liane *Saba senegalensis*
	Feuilles de Boundo *Ceratotheca sesamoides*		Fruit du karité *Vitellaria paradoxa*
	Feuilles de haricot *Vigna unguiculata*		

Classe1: meilleures sources de vitamine A;
Classe 2: sources végétales à forte teneur en pro vitamine A
Classe 3: sources végétales à teneur modérée en provitamine A;
Classe 4: sources potentielles de provitamine A.

Profil de consommation alimentaire des enfants

L'étude du profil alimentaire comme indiqué au tableau 2 montre que 79% des enfants ont un repas consistant en saison pluvieuse. Le *tô* occupe une place importante dans l'alimentation de l'enfant, suivi de la bouillie quel que soit le moment de la journée (figure 1). Le *tô* s'accommode avec une variété de sauces dont la plus fréquemment consommée par les enfants est la sauce de gombo sec (*Hibiscus esculentus*). Les bouillies habituellement consommées par les enfants sont non enrichies avec une teneur en matière sèche d'environ 10%[13]. Les autres mets consommés sont par ordre d'importance le riz, le *zignoubga*, le haricot et le *béguédo*. Le riz est souvent acheté sur la place du marché sous forme de riz gras ou riz sauce. Le *béguédo*, de même que le *zignoubga* sont des mets traditionnels. L'analyse du profil alimentaire montre que 92% des enfants ont au moins deux repas par jour, 5% ont eu seulement un repas par jour et 3% n'ont pris aucun repas en plus du lait maternel.

Tableau 2: Distribution des enfants en fonction de la consistance des repas consommés sur une période de 3 jours.

	Pourcentage d'enfants avec un repas à consistance solide	Pourcentage d'enfants avec un repas à consistance liquide
Jour 1	90%	10%
Jour 2	79%	21%
Jour 3	85%	15%

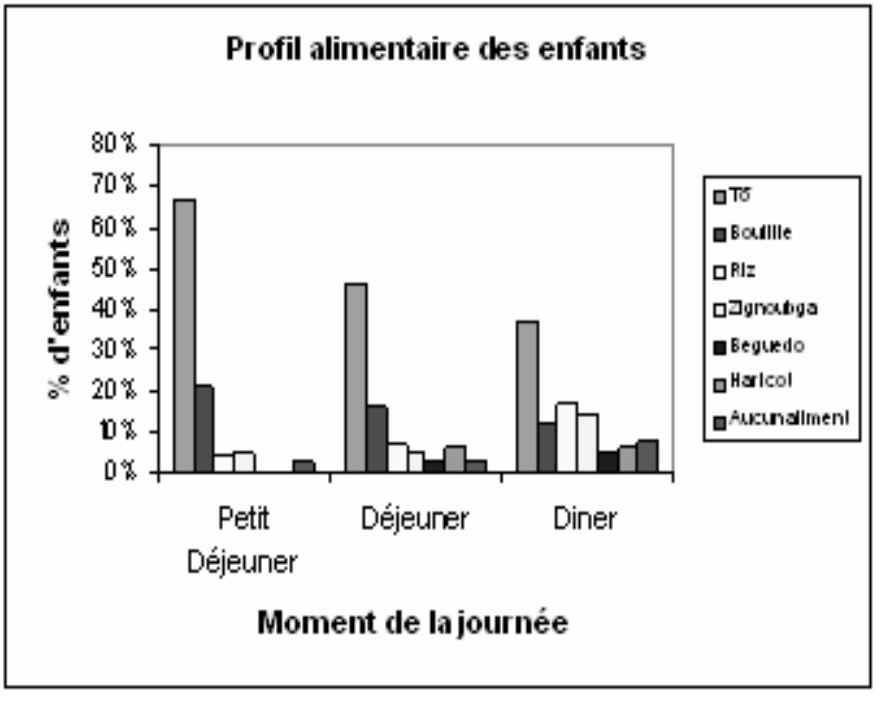


Figure 1: Distribution des enfants en fonction du repas consommé.

Les feuilles vertes identifiées comme source de provitamine A sont consommées sous forme de sauce d'accompagnement pour le *tô*, ou encore sous forme de mélange de plusieurs feuilles cuites à l'eau (*zignoubga*) ou à la vapeur (*béguédo*). La détermination de la fréquence hebdomadaire de consommation des aliments sélectionnés a permis de définir trois niveaux de consommation. Le faible niveau où les aliments sont consommés au plus deux fois par semaine, le niveau moyen avec une fréquence de consommation d'au plus 4 fois par semaine et enfin le niveau élevé qui regroupe les aliments qui sont consommés tous les jours. La lecture du tableau 3 montre que tous les aliments riches en vitamine A d'origine animale de même que les aliments sources de matière grasse et certaines feuilles vertes ayant des teneurs élevées en provitamine A comme les feuilles de *Cleome gynandra*, *Moringa oleifera* et *Amaranthus candilis* ont un très faible niveau de consommation.

La sauce à base de gombo (*Hibiscus esculentus*) est très prisée même en saison pluvieuse où il y a une grande variété de feuilles vertes. Le karité (*Vitellaria paradoxa)*, fruit sauvage disponible en saison hivernale a également un niveau élevé de consommation. Bien que sa teneur en pro vitamine A rapportée par les tables de

composition soit faible, il apparaît au sommet de la pyramide de biodisponibilité des carotènes décrite par Underwood[14].

Tableau 3: Classification des aliments sélectionnés selon leur niveau de consommation.

Niveau élevé	Niveau moyen	Faible niveau
Gombo *Hibiscus esculentus* Fruit du karité *Vitellaria paradoxa*	Feuilles de Baobab *Adansonia digitata* Feuilles de Boulvaka *Corchorus olitorius/tridens* Feuilles d'oseille *Hibiscus sabdariffa*	Feuilles de Badkoudi *Annona senegalensis* Feuilles de Pongnénaba Feuilles de Boangarou *Thalia geniculata* Feuilles de Lissé *Dibcadi viride* Feuilles de Kiegla *Balanites aegyptiaca* Feuilles de Koutouléssé *Blossonema boiviniana* Feuilles de Kalguetuega *Crateva adansonii* Feuilles de Berenga *Hibiscus cannabinus* Feuilles de Arzentiga *Moringa oleifera* Feuilles de Kounvando *Solanum aethiopum* Feuilles d'Amaranthus Feuilles de Kinebdo *Cleome gynandra* Feuilles de Boundo *Ceratotheca sesamoides* Feuilles de haricot *Vigna unguiculata* Beurre de karité *Vitellaria paradoxa* Huile d'arachide Liane *Saba senegalensis* Lait frais de vache Foie de petit ruminant Oeuf

Il ressort de l'analyse du profil alimentaire et de la fréquence de consommation des aliments que l'alimentation du jeune enfant est caractérisée par une prédominance des repas à consistance solide contrairement aux recommandations qui préconisent leur introduction à partir de la deuxième année[15].

Le calcul du score de consommation des aliments par semaine, tel que décrit par la méthode développée par HKI est de 1 pour la viande et de 4 pour toutes les sources de vitamine A. Selon cette méthode lorsque la fréquence moyenne de consommation des produits animaux par semaine est inférieure ou égale à 4; ou encore lorsque la fréquence moyenne de consommation des sources animales et végétales riches en vitamine A est inférieure ou égale à 6 alors la communauté a un problème de carence en vitamine A. Il ressort alors que dans la communauté d'étude il y a un problème de déficience en vitamine A car les scores de consommation des aliments riches en vitamine A sont en dessous du seuil fixé[12]. D'une manière générale, l'alimentation du jeune enfant en saison pluvieuse est pauvre en matières grasses et en protéines de haute qualité indispensable pour une utilisation optimale par l'organisme des sources végétales de provitamine A.

Malgré la disponibilité d'une variété de produits végétaux et la relative disponibilité de produits animaux riches en vitamine A, il ressort que ces aliments sont très peu utilisés dans l'alimentation de l'enfant. La connaissance des raisons de cette faible utilisation pourrait fournir des informations utiles pour le développement des stratégies d'intervention alimentaires de lutte contre la carence en vitamine A.

Contraintes liées à la consommation des aliments sélectionnés

A travers les groupes de discussion, il ressort que les difficultés liées à la consommation des aliments sélectionnés sont de trois ordres. La première contrainte est d'origine financière: le faible pouvoir d'achat explique la non consommation des sources animales de vitamine A. La deuxième contrainte liée à la non consommation des feuilles vertes telles que les feuilles d'Amarante (*Amaranthus candilis)*, de *Moringa oleifera*, et de *Cleome gynandra* est attribuable aux habitudes alimentaires dans la communauté. La très faible consommation des feuilles d'Amarante (*Amaranthus candilis)*, de *Moringa oleifera* est due à l'insuffisance de connaissances culinaires incorporant ces feuilles vertes dans l'alimentation du jeune enfant. Ces feuilles sont alors destinées à l'approvisionnement des marchés de la capitale. Par conséquent, des efforts de communication en matière d'éducation et de promotion de la nutrition pourraient conduire à des résultats satisfaisants. Parmi les feuilles vertes recensées, la majorité d'entre elles ont un faible niveau de consommation (tableau 3). Cela s'explique par la préférence des mères qui porte principalement sur le gombo et dans une moindre mesure, sur les feuilles de baobab, d'oseille ou de *Corchorus olitorius/tridens*. Le troisième facteur limitant la consommation des aliments riches en pro vitamine A est lié à la perception de la valeur attribuée à certains aliments. En effet, les feuilles vertes de cueillette sont perçues comme des aliments de faim et consommées par conséquent en période de soudure. D'autres feuilles vertes telles que les feuilles de *lissé* (*Dibcadi viride)*, *kièglа* (*Balanites aegyptiaca*), *koutouléssé* (*Blossonema boiviniana*) et *berenga* (*Hibiscus cannabinus*) sont consommés entre les repas «juste par plaisir» ou, selon d'autres perceptions, «juste pour remplir le ventre». Lors des discussions il est apparu que les mères connaissent l'importance et la place des produits animaux dans le développement et la croissance de l'enfant, par contre, l'importance des fruits et des feuilles vertes de cueillette dans l'alimentation et le développement est moins bien perçue. Cela signifie qu'une campagne de promotion des fruits et feuilles vertes devrait être entreprise pour combler le déficit d'information. Le problème de l'aptitude des caroténoides des feuilles à couvrir les besoins en vitamine A de l'organisme reste toujours d'actualité[16]. Cependant, les feuilles vertes demeurent les principales sources de provitamine A dans les pays en voies de développement au BF, elles méritent donc une attention particulière au niveau de la recherche.

CONCLUSION

Cette étude a montré que le profil alimentaire des enfants de 6 mois à 3 ans est monotone pendant la saison pluvieuse car composé essentiellement de *tô* accompagné d'une sauce ou de bouillie non enrichie. Des aliments riches en vitamine A ou provitamine A sont présents dans la zone d'étude, cependant des facteurs d'ordre socio-économiques ou des obstacles liés à la valeur sociale de l'aliment limitent leur consommation. La connaissance des facteurs affectant la consommation des sources locales de (pro) vitamine A constitue un premier pas dans l'exploration des voies alimentaires pour prévenir et contrôler les carences en micronutriments. La seconde étape consiste à développer des stratégies d'intervention sur la base des résultas obtenus afin d'apporter des éléments de réponse sur le type d'aliment à promouvoir, la quantité, la fréquence et la forme sous laquelle il être consommé pour couvrir les besoins en vitamine A des enfants.

RÉFÉRENCES

1. Centre National de Nutrition (CNN)/Programme de Développement Santé et Nutrition (PDSN). Enquête épidémiologique sur les carences en micronutriments dans 15 provinces. Ouagadougou: CNN, 1997.
2. Centre National de Nutrition (CNN)/Unicef. Enquête épidémiologique d'évaluation du programme de lutte contre l'avitaminose A dans 8 provinces du Burkina Faso. Ouagadougou: CNN, 1999.
3. Zagré NM, Delpeuch F, Traissac P, Delisle H. Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: Impact of a pilot project in Burkina Faso. Publ Health Nutr 2003;6(8):733-42.
4. Codja P. La supplémentation en vitamine A prépare-t-elle la voie à des approches alimentaires durables? Etude au Burkina Faso. Diplôme d'Etudes Approfondies-Institut Santé et Développement. Paris: Université Pierre et Marie Curie (Paris IV), 2002:100.
5. Ruel MT. Can food-based strategies help reduce vitamin A and iron deficiencies? A review of Recent Evidence. Food Policy Review 5. Washington DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2001.
6. Manderson L, Almedom AJ, Gittelsohn D, Helitzer-Allen D, Pelto P. Transferring anthropological techniques in applied research. Practicing Anthropology 1996;18(3):3-6.
7. Kuhnlein HV, Pelto GH, ed. Culture, Environment and food to prevent vitamin A deficiency. Canada: International Nutrition Foundation for Developing countries (INFDC), 1997.
8. Delisle H, Zagré N, Ouedraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A: A pilot project involving women's groups. Food Nutr Bull 2001;22:388-94.
9. Rajyalakshmi K, Venkatalaxmi K, Venkatalakhmamma K, Jyothsna Y, Balachandramani KD, Suneetha V. Total carotenoid and beta-carotene contents of forest green leafy vegetables consumed by tribals of south India. Plant Foods Hum Nutr 2001;56:225-38.
10. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, Lied E, Oshaug A. Nutritional composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. Int J Food Sci Nutr 1996;47:455-68.

11. Blum L, Pelto PJ, Pelto GH, Kuhnlein VH. Community assessment of natural food sources of vitamin A-guidelines for an ethnographic protocol. International Nutrition Foundation for Developing countries (INFDC). Ottawa, Canada : INFDC, 1997.

12. Rosen DS, Haselow NJ, Sloan NL. How to use HKI food frequency method to assess community risk of vitamin A deficiency. Vitamin A technical assistance program. New York: Helen Keller International, 1998.

13. Vieu M-C, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. Int J Food Sci Nutr 2001;52:213-8.

14. Underwood BA. Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: an introduction and overview. Food Nutr Bull 2000;21:117-23.

15. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current knowledge. Geneva: WHO, 1998. [WHO/NUT/98,1.Distr General]

16. West CE, Eilander A, Lieshout M. Consequences of revised estimates of carotenoid bioefficacy for dietary control of vitamin A deficiency in developing countries. Proceedings of the XX International vitamin A consultative group meeting, 2002;2920S-2926S.

Weaning practices in the Adamawa Province of Cameroon

Njongmeta[1*] Lynda NA, Ejoh[1] Richard A, Mbofung[1] Carl M, Verhoef[2] Hans, Nout[2] Rob MJR

[1] Department of Food Science and Nutrition, ENSAI/IUT, University of Ngaoundere, Cameroon.
[2] Department of Agro technology and Food Sciences, Wageningen University, The Netherlands.

*Corresponding author: *lanjongmeta@yahoo.fr*

- Abstract -

In Cameroon, a wide variety of foods are grown and used as complementary foods after processing into porridges, using a single or a combination of techniques. As of now, information on prevailing preferences of major and minor ingredients as well as techniques commonly used is scarce. Meanwhile current information indicates that almost one in every three children in the Adamawa Province is malnourished. In the face of this situation, prevailing food habits and preferences need to be known so that culturally appropriate measures can be designed prior to evaluating the potential of food-processing interventions that could lead to the improvement of nutritional health of these children. Towards this objective, the present study was carried out to make an inventory of the socio-economic characteristics of mothers, their weaning practices, their choices of staples and ingredients as well as the processing techniques commonly used in the preparation of the foods. Guided by information obtained from an open discussion with 15 mothers with children age ≤ 5 years, a questionnaire was developed and randomly administered to 510 mothers in eleven subdivisions of the Province. Analysis of data shows that 77.1% of mothers introduced complementary foods between the ages of 3-6 months. Maize, sorghum, millet and cassava flours were in common use, with maize (70%) and millet (26%) being the most preferred. Preference for major ingredients is based on availability and cost. This could be justified by the fact that 76.1% of the population had a monthly income of 50.000 FCFA; for the same reason, it was observed that 80.6% of mothers could not afford industrially manufactured complementary foods. However, 95.1% of the mothers were ready to accept technologically improved non-conventional complementary foods. 94.7 % of mothers either supplemented porridges or gave some form of fruits and vegetables; a practice that was found to be poorly carried out in most cases. Common ingredients used included groundnuts, soybeans, tamarind, fresh cow milk, sugar, lime and *kanwa*. 73.7% of the porridge had a fluid consistency. Microbiological quality of the freshly prepared porridges was acceptable. Contamination was related to storage with total flora as high as 5.10^6, coliforms, *Staphylococcus aureus*, yeasts and moulds were present in some samples. Education of mothers in the formulation and choice of low-cost and good industrially manufactured and non-conventional complementary foods is deemed necessary for the improvement of child nutrition in this region.

Key words: Complementary foods – Weaning practices – Nutritional and microbiological quality.

- Résumé -

Les pratiques de sevrage dans la province de l'Adamawa au Cameroun

Au Cameroun, une grande variété d'aliments est cultivée et utilisée comme aliments de complément après transformation en bouillies en utilisant une ou des techniques combinées. Actuellement, l'information sur les préférences pour les ingrédients principaux ou secondaires ainsi que sur les techniques communément utilisées est rare. Simultanément, il est reconnu que presque un enfant sur trois dans la province de l'Adamawa est mal nourri. Compte tenu de cette situation, les habitudes alimentaires et les préférences doivent être connues afin que des mesures appropriées sur le plan culturel puissent être prises avant d'évaluer le potentiel d'interventions au niveau de la transformation alimentaire à améliorer l'état nutritionnel de ces enfants. C'est avec cet objectif que la présente étude a été menée afin de faire un inventaire des caractéristiques socio-économiques des mères, de leurs pratiques de sevrage, de leurs choix d'aliments de base et d'ingrédients ainsi que des techniques de transformation généralement utilisées dans la préparation des aliments.

En utilisant l'information obtenue à partir d'une discussion ouverte avec 15 mères d'enfants de moins de 5 ans, un questionnaire a été développé et utilisé auprès d'un échantillon représentatif de 510 mères dans onze subdivisions de la province.

L'analyse des données montre que 77% des mères introduisent les aliments complémentaires dans la tranche d'âge de 3 à 6 mois. Les farines de maïs, sorgho, petit mil et manioc sont couramment utilisées, mais c'est le maïs (70%) et le petit mil (26%) qui sont préférés. La préférence pour les ingrédients principaux est influencée par la disponibilité et le coût ce qui peut se justifier par le fait que 76,1% de la population a un revenu mensuel inférieur à 50.000 FCFA. Cette même raison explique que 80,5% des mères ne peuvent pas accéder aux farines infantiles conventionnelles. Cependant, 95,1 % des mères étaient prêtes à accepter des aliments de complément non conventionnels produits avec des procédés améliorés. Différents types de fruits et légumes sont donnés aux enfants par 94,7% des mères, soit par ajout dans les bouillies, soit directement, mais il a été constaté que cette pratique était mal réalisée dans la plupart des cas. Les ingrédients communs utilisés sont des arachides, du soja, du tamarin, du lait frais de vache, du sucre, de la chaux et du *Kanwa.* 73,7% des bouillies avait une consistance normalement fluide. La qualité microbiologique des bouillies juste après préparation était acceptable. La contamination était liée au stockage avec une flore totale atteignant 5.10^6/g avec des coliformes, *Staphylococcus aureus,* des levures et des moisissures présents dans certains échantillons.

L'éducation des mères à la formulation de bons aliments de complément, conventionnels ou non conventionnels, est jugée nécessaire pour l'amélioration de la nutrition de l'enfant dans cette région.

Mots-clés: Aliments de complément - Pratiques de sevrage - Qualité nutritionnelle et microbiologique.

INTRODUCTION

Of 12 million deaths estimated to occur annually in children ≤5 years of age in developing countries, 54% have been attributed directly or indirectly to malnutrition[1]. In Cameroon, the Northern provinces are the hardest hit by infant malnutrition (28.9%) and diarrhoeal diseases have been documented as the leading cause (26.7 %) of infant mortality in the same region[2]. One of the main problems facing food scientists in Africa when it comes to combating and preventing infant malnutrition and diarrhoea-related diseases, is the lack of reliable information describing complementary food practices and preferences that could guide the development of intervention measures. Infants are at particular high risk of malnutrition especially those in the age range between 6-12 months, when exclusive breastfeeding has stopped, and protective levels of acquired immunity, mastication and swallowing skills have not yet developed. At this critical age, complementary foods are introduced that usually do not provide sufficient nutrients and that are often contaminated with food-borne agents, that lead to an increased risk of infection. Information from the literature indicates that mothers from West African countries usually breastfeed for 12-24 months, with urban poor and rural women falling within the upper limits (18 to 24 months)[3]. The situation in central African is not known. These reports also indicate that there is early introduction of complementary foods, with the majority of women starting to wean at the age of three to four months. Complementary foods in sub-Saharan Africa and Cameroon in particular, comprise thin gruels made from maize, millet, sorghum and cassava. These gruels have low levels of energy, protein and micronutrients and high concentrations of factors inhibiting absorption of nutrients[4]. Mothers from low-income groups seldom feed meat, egg, or fish to infants, because of socio-economic factors, taboos, and ignorance[5]. Legumes are rarely used for weaning and are introduced much later (after six months of age) because of the problems of indigestibility, flatulence, and diarrhea associated with their use[6]. Improved processing for example through fermentation has been shown to enhance taste, aroma, shelf life, texture, nutritional value and other attractive properties of food[4,7]. This study is aimed at making an inventory of existing weaning practices in Cameroon, starting with the Adamawa Province, so as to plan food-based intervention strategies geared at improving the nutritional status of infants in this region, based on local practices and preferences.

MATERIALS AND METHODS

Study area and eligibility criteria

The study was carried out in the Adamawa Province of Cameroon, administratively made up of 5 divisions and 11 subdivisions. All mothers with children or a child less than or equal to five years of age were eligible for the study as a mother/child pair. Locally accepted procedures were used to obtain informed consent from communities and individuals participating in the study.

Questionnaire design and pre-testing

A focus group discussion involving 15 mothers with children ≤5 years provided a guide in the design of the questionnaire, which was written in French and based mostly on closed questions. It was pre-tested before the commencement of the study. Considering that illiteracy is a big problem in the Adamawa Province, translators/interpreters fluent in French and the local languages assisted in the field administration of the questionnaires so as to maximize the response rate and avoid bias from illiteracy.

Data were collected on anthropometric factors of each child such as age, weight, height and a measure of the quantity of porridge consumed per feeding. The questionnaire sought information on the socio-economic characteristics of mothers, preparation of complementary foods and attitude towards improved complementary foods. Socio-economic factors included the employment status of the mothers, their income, and expenditure on complementary foods. Mothers were individually asked to describe preparation methods for their preferred complementary food, sources of water used, the choice of major and minor ingredients, the reason for the choice and if there existed any cultural attitudes that may influence adequate feeding of their children. Information was also sought on the inclusion of legumes, pulses or any other protein or energy supplements in complementary foods or if they gave some form of fruits or vegetables to their babies. The attitudes and perception of mothers were also sought on the use of standardized local techniques in the processing of improved complementary foods using local materials such as beans, cowpea, soybeans etc

A total of 555 questionnaires were administered and collected out of which 43 containing incomplete answers were excluded from the analysis. The questionnaires were coded and analysed using the SPSS statistical package for Windows version 11.1. Frequencies for various responses were then generated and cross tabulations made between related responses.

Microbiological analysis

110 samples of ready-to-eat gruels were collected from some mothers at the time of administrating of the questionnaire and transported in coolers (4^0C) to the laboratory for microbiological analysis. Based on availability, the samples were collected directly from the cooking, serving or storage utensils. The gruels were made from maize (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum bicolor*), millet (*Pennisetum americanum*) and cassava (*Manihot esculenta*). In the laboratory, 20 g of each food sample was mixed with 180 ml peptone-saline [0.1% peptone (Oxoid)+ 0,85% NaCl (Biolab)] and homogenised for 2 min in a Blinder 200 stomacher. Ten-fold serial dilutions were made from the solution mix and 1ml of each dilution was spread on agar plates. Analysis for total aerobic mesophiles, was carried out on Plate count agar; total coliform, *Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens* and yeast and moulds were done on Endo agar with fuschin as an indicator, Mannitol salt agar, Meat-liver extract and Sabouraud agar respectively. Culture media were all from Oxiod and all analysis were carried out based on standard methods for the analysis of microorganisms in food[8]. The mean number of colonies counted for all cell types was expressed as log colony-forming units (CFU)/g.

RESULTS

Of all respondents, 95.7% were direct mothers of children while the others were either caretakers or community health workers. 31.3% of the mothers were housewives with no sources of income and 35.9% were farmers. 76.1% have an income of $\leq$ 50.000 FCFA.

Complementary foods were found to be commonly introduced between the ages of 3 and 6 months (77.1%), though a few (5.3%) started before the infants were 3 months and 17.6% when the infants were 6 months and above.

Mode of administration of food varied from the use of feeding cups and bottles (63.9%) to spoons (35.7%) (table 1). Cereals and tubers were commonly used with maize (70%), millet (26.1%), cassava (2.4%) and sorghum (0.6%); preferred in that order and the choice being influenced by availability and consequently cost (69%). A

few mothers (27%) indicated that choices were based on taste and 3.7% mentioned the energy provided by the porridge type.

Table 1: Feeding methods commonly used by mothers in the survey,

Age at which complementary foods are introduced	Method of feeding			Total
	Feeding cup	Spoon	Feeding bottle	
< 3months	13	9	5	27
3 - 6 months	226	156	11	393
> 6 months	70	17	3	90
Total	309	182	19	510

Preparation methods commonly practiced in the region included soaking of the cereals or tubers for some days (50.8%) and drying before grinding into flour (40.6%). 20% of respondents have access to pipe borne water, while others used water from wells (24%), bore holes (47.6%), and streams (7.1%). 94.7% of mothers indicated that they do include one or more of the following locally available ingredients in varying proportions and manner, during preparation of infant porridge: ground nuts, soybeans, *kanwa,* citrus fruit, tamarind, sugar and fresh cow milk, while 75.5% give some form of fruits and vegetables to their infants, though not as part of the routine diet (table 2).

Table 2: Mothers supplementing complementary foods with some other food materials for the different age groups, *Adamawa province of Cameroon.*

Age at which complementary foods are introduced	Supplementation with pulses and vegetables	Receives Fruits or Vegetables	Total
< 3 months	23	17	40
3 - 6 months	374	299	673
> 6 months	86	71	157
Total	463	387	

73.7% of the mothers prepared porridge having a fluid consistency, with 20.5% preparing porridge as thin in consistency comparable to fresh cow milk.

The quantity consumed per feeding varied from 15ml to 350ml with the majority (30.4%) consuming 210ml per meal. 84.5% of infants never finished the portion served them and left- overs were usually stored in flasks (73.3%) or in the cooking utensils (23.3%) for later consumption usually without reheating (63.9%). Where heating was done, it was never heated to boiling point (22%).

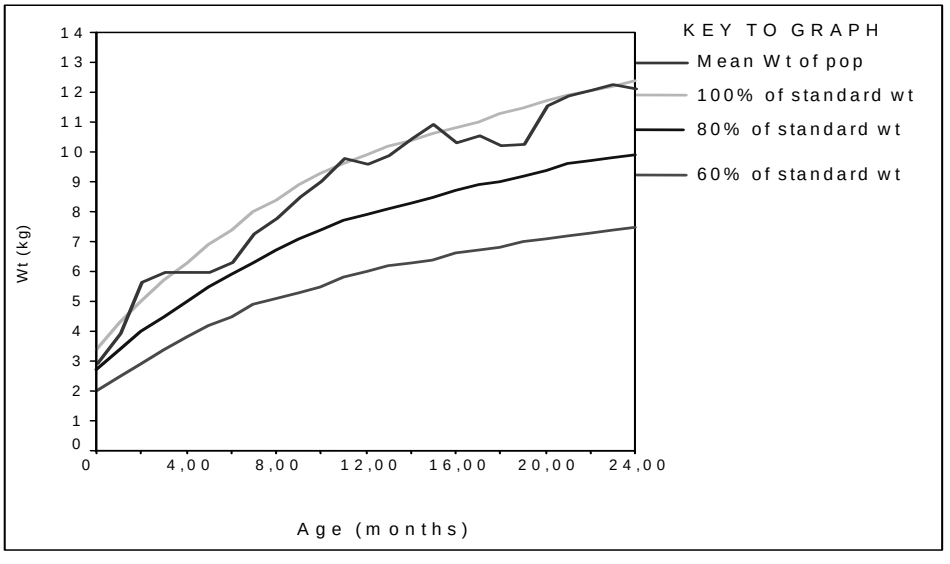
6.5% of the respondents agreed that prevailing cultural practices and believes such as taboos that prohibit feeding of foods of animal origin to children influence their choice of ingredients for complementary foods. Weaning practices were found to be acquired from mothers (37.1%), or from the family. The age of introducing complementary foods was not observed to be based strictly on the child's age, but based on the child's reaction to food at mealtime (33.9%). Along side complementary foods, all mothers continued breast-feeding up to a later age with 24.7% stopping at 18 months. Cumulatively, 99.6% breast-fed for up to 24 months, while 3.1% stopped before12 months. Only 19.4 percent of the mothers gave conventional complementary foods such as the Nestle brands of baby foods (e.g. Cerelac, Bledina, Nativa), to their babies. However, 95.1% of respondents were willing to accept any new product that

could be introduced made from locally available ingredients, using traditional and acceptable techniques, provided they were going to be affordable.

Results obtained from the microbiological analysis revealed mean cell counts of $7.4x10^5$, $6.6x10^5$, $9.8x10^4$ and $4x10^5$ cfu/ml, ranging from 5 $x10^2$-2.3 $x10^6$, 0-9.3 $x10^6$, 0-1.5 $x10^3$ and 1.5 x 10^3-1.7 $x10^5$ cfu/ml, for total aerobic mesophilic counts, coliforms, *Staphylococcus aureus and* yeast and mould respectively. Sulphur reducing microorganisms were not found.

DISCUSSION

The data presented here describe for the very first time factors that determine the weaning practices of mothers in the Adamawa Province of Cameroon, a predominantly Muslim population where cultural practices and customs according to our study, may influence the weaning practices. This is evident in that the Muslim religion stipulates continuous breastfeeding of infants up to the age of 24 months[9]. This is confirmed by our study as mothers were observed to breastfeed for up to 24 months while introducing complementary foods as equally practiced in some West African countries[3]. The choice of complementary complementary foods was highly influenced by the economic status of mothers as most of them were without incomes and could not afford the 'luxury' of industrially manufactured baby complementary foods. Rather, most of the mothers complemented their breastfeeding with locally available cereals and tuber products while others included protein/energy supplements such as groundnuts and soybeans out of instinct and not as high-energy sources. Physically, most of the children above the age of three and taking complementary food looked unhealthy and this could be associated with the nutritional inadequacy of the complementary foods as has been described elsewhere[10]. The weights of children in the sampled population were generally below standards when compared to the 100% standard weight for age curve for the assessment of nutritional status; however, they were still within the quasi-normal zone[11] (figure 1).



Interpretation of the curves:
- From 7.6-9.8: Moderate PEM (Unless there is oedema or other deficiency sign);
- From 9.8-12.3: Normal nutritional state.

Figure 1: Weight for age of the children in the Adamawa province; compared with the standards, sexes combined[11].

Preliminary microbiological analysis of collected samples showed that while the microbial cell counts were low in freshly prepared porridge, there was an increase in cell counts following storage. This could be as a result of low cooking temperature that does not kill all the microorganisms or the use of contaminated water in cooking or washing of storage utensils. Though the microbial cell counts are within the permissible levels, it may not be safe for a vulnerable group such as infants. The traditional process of soaking cereals and drying before grinding into flour is synonymous to the process of fermentation which has been shown to increase taste and digestibility of starchy foods and this technology can be carried out using simple household utensils[12,13,4]. The acidification induced by lactic acid fermentation also increases mineral solubility[14]. Simple techniques to prepare lactic acid-fermented porridges that could triple the densities of energy and nutrients while still maintaining a spoonable viscosity have been developed[13]. Several studies have also shown that lactic acid fermentation reduces the survival of enteropathogenic diarrhea-causing bacteria[12,13].

CONCLUSION

Gruels from cereals and starchy tubers continue to form the bulk of complementary foods. Preparation methods and infant feeding practices are not well developed and are not standardized. Though a number of convenient commercial complementary foods are available in the market, they are not affordable and consequently are out of the reach of a large percentage of the population. The Ministry of Public health in Cameroon should be provided with these results for their mother and child programs. They should encourage the use of locally available high-energy supplements and improved traditional processing methods in enhancing the nutritional and the microbiological quality of complementary foods, together with educating mothers in safe and healthy weaning practices. If this is successfully adhered to, it will go a long way in improving the nutritional situation in Cameroon in particularly and subsequently, in Sub-Saharan Africa.

REFERENCES

1. Gove S. Integrated management of childhood illness by outpatient health workers: technical basis and overview. The WHO Working Group on Guidelines for Integrated Management of the Sick Child. Bull World Health Organ 1997;75:7S-24S.
2. Balopa M, Fotso M, Barière B. Enquête Démographique et de santé Cameroun. Columbia Maryland USA: Macro international Inc, 1991.
3. Kazimi J, Kazimi HR. Infant feeding practices of the Igbo. Ecol Food Nutr 1979;8:111-6.
4. Nout MJR. Processed weaning foods for tropical climates. Int J Food Sci Nutr 1993;43:213-21.
5. Uwaegbute AC. Infants feeding patterns and comparative assessment of formulated weaning foods based on vegetable proteins. Doctoral thesis. Nsukka: University of Nigeria, 1982.
6. King J, Nnanyelugo DO, Ene-Obong HN, Ngoddy PO. Household consumption profile of cowpea (*Vigna unguiculata*) among low-income families of Nigeria. Ecol Food Nutr 1985;16:209-21.

7. Gahlawat P, Sehgal S. The Influence of Roasting and Malting on the Total and Extractable Mineral Contents of Human Weaning Mixtures Prepared from Indian Raw Materials. Food Chem 1993;46:253-56.

8. Speck ML. Compendium of methods for Microbiological Examination of Foods. Washington, DC: American Public Health Associations, 1976:417-23.

9. Osuhor PC. Weaning practices amongst the Hausa. J Hum Nutr 1980;34:273-80.

10. Naismith DJ. Kwashiorkor in Western Nigeria: a study of traditional weaning foods with particular respect to energy and linoleic acids. Br J Nutr 1973;80:567-76.

11. National Centre for Health Statistics. NCHS growth curves for children, birth to 18 years. Rockville Md, United States: NCHS, Vital and Health Stat 1977;11:165.

12. Kingamkono RR, Sjogren E, Svanberg U. Inhibition of enterotoxin production by, and growth of enteropathogens in a lactic acid-fermenting cereal gruel. World J Microbiol Biotechnol 1998;14:661-7.

13. Motarjemi Y, Nout MJR. Food fermentation: a safety and nutritional assessment. Bull World Health Organ 1996;74:553-9.

14. Svanberg U, Lorri W. Fermentation and nutrient availability. Food Control 1997;8:319-28.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Determinants of soyabean utilization and consumption patterns among rural dwellers in South Western Nigeria

Okunlola Olaniyi J

Department of agric Economics and extension, Federal University of Technology, Akure, Nigeria.

Corresponding author: *niyiyela@yahoo.com*

- Abstract -

One of the greatest problems affecting millions of Nigerians is lack of adequate protein intake in quality and quantity. Serious deficiency in the amount of protein intake has hindered the people's health, mental capability and productivity, thus affecting the country's economic growth. However, a cheaper source of protein that could help in alleviating the problem of undernourishment and malnutrition among the people is the consumption of soybean.

The study therefore attempts to answer the question: what are the factors affecting the utilization and consumption pattern of soybean? The specific objectives include: to ascertain the various forms in which soybean are consumed, to examine the factors influencing soybean utilization among respondents and to identify constraints to soybean utilization among the respondents.

The study was carried out in Ondo and Ekiti States of south Western Nigeria with a total sample size of two hundred respondents. Both qualitative and quantitative methods were used for analyses.

Results showed that there was a significant association between farm size (x^2 value = 15.9), labour (x^2 value =13.3), farm credit (x^2 value=15.2), farm input (x^2 value=14.5) at $p>0.05$. From the study, 40% of the respondents process and consume soybean directly as soymilk, *soyogi* (soy pap) and soy cake. However, 64% of the respondents stated that the "complex" processing technique is a constraint. This is because unlike the methods of processing legumes which they are used to, processing soybean involves soaking, perboiling (blenching), sun drying/heating/ roasting to eliminate or reduce antinutritional factors typified by trypsin, inhibitors, Haemagglutins etc. present in the crop before it is finally processed into the form in which it is consumed.

In order to improve soybean consumption, there should be massive dissemination of information on the crop to farmers while the consumers and farmers should be trained on effective methods of processing the crop so that it can be easily incorporated in its various forms into Nigerian diets and be utilized as mixed feed ration for livestock.

Key words: Soybean – Utilization – Consumption – Rural dwellers.

- Résumé -

Déterminants des modes d'utilisation et de consommation du soja par la population rurale du Sud-Ouest du Nigeria

L'un des plus grands problèmes qui affecte des millions de Nigérians est le manque de protéines en qualité et en quantité. Un sérieux déficit en protéines nuit à la santé de la population, à ses capacités intellectuelles et à sa productivité, affectant ainsi la croissance économique du pays. Cependant, il existe une source de protéines bon marché pouvant aider à résoudre le problème de sous-alimentation et de malnutrition de la population, c'est le soja.

Le soja a été décrit comme une culture ''en or'' de la planète, le haricot ''miracle'' et la culture "Cendrillon" du siècle. C'est pourquoi, l'étude tente de répondre à la question: quels sont les facteurs influençant l'utilisation et les modèles de consommation du soja? Les objectifs spécifiques étaient de déterminer l'effet des caractéristiques socio-économiques des personnes enquêtées, de vérifier la nature de leurs différentes formes de consommation du soja, d'analyser les facteurs influençant leur utilisation du soja et d'identifier leurs contraintes d'utilisation du soja.

L'étude a été menée dans les Etats du Sud Ouest du Nigéria, Ondo et Ekiti. Deux régions de Gouvernement local (RGL) ont été choisies de manière raisonnée dans chacun des deux Etats. Cinq villages ont été choisis au hasard dans chaque RGL et dix agriculteurs dans chaque village ont été choisis en utilisant une technique d'échantillonnage aléatoire à plusieurs niveaux de façon à obtenir un échantillon final de 200 personnes. Les données ont été recueillies en utilisant un questionnaire pré-testé et validé et des groupes de discussion dirigés. Des méthodes, qualitatives et quantitatives, ont été utilisées pour les analyses.

Les résultats ont montré que l'âge, le sexe, la taille du ménage n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation du soja qui, en revanche, est significativement relié ($p<0,05$) à la taille de l'exploitation ($x^2=15,9$), au travail ($x^2=13,3$), à l'endettement de l'exploitation ($x^2=15,2$) et à son niveau d'intrants ($x^2=14,5$).

Il ressort de l'étude, que 40% des personnes enquêtées transforment et consomment directement le soja sous forme de lait de soja, de *soyogi* (bouillie de soja) et de gâteau au soja. Cependant, 64% des personnes enquêtées ont répondu que la complexité des procédés de transformation était une contrainte. La raison en est que, par rapport aux différentes méthodes de transformation des légumineuses auxquelles ils sont habitués, la transformation du soja nécessite un trempage, une précuisson (blanchiment), un séchage au soleil ou à la chaleur et un grillage pour éliminer ou réduire les facteurs anti-nutritionnels, tels que les facteurs anti-trypsiques ou les lectines, présents dans le produit avant qu'il ne soit définitivement préparé sous sa forme de consommation. 18% ont affirmé également que le goût et l'odeur sont une contrainte pour la consommation du soja tandis que 14% ont déclaré que les semences sont trop chères et que 14% ont dit qu'ils n'étaient pas informés des différentes formes sous lesquelles le soja pouvait être transformé.

Afin d'améliorer la consommation du soja, il devrait y avoir une diffusion massive de l'information sur cette culture auprès des agriculteurs et une formation des agriculteurs et des consommateurs aux méthodes efficaces de transformation du produit afin qu'il puisse être aisément incorporé sous ses différentes formes dans les régimes des Nigérians et être introduit dans l'alimentation du bétail. Une aide devrait être également fournie aux agriculteurs pour leur permettre de vendre leurs produits à des prix plus compétitifs.

Mots-clés: Soja – Utilisation – Consommation – habitants ruraux.

INTRODUCTION

A sizeable proportion of Nigerian life is a daily struggle for survival. Illness, hunger, and degraded environment are part of the forces that people battle on a regular basis. The root of all these problems is poverty[1], over 70% of Nigerians are entrenched in a poverty cycle, going to bed hungry every night, and, worse still, more than half of Nigerian children or 52.3% of the nations population are stunted in growth owing to declining intake of food nutrients. They are therefore subjected to manifestation of diseases such as marasmus and kwashiorkor[2]. In view of the above, it becomes obvious that efforts should be made towards alleviating hunger, reducing peasant poverty and improving the level of protein consumption in the country. However, consumption of soybean as a cheaper source of good quality protein can contribute to the alleviation of this problem of undernourishment in Nigeria.

The general objective of this study was to examine the determinants of soybean utilization and consumption patterns among the rural dwellers in southwestern Nigeria.

The specific objectives include to:

- determine the effect of socio-economic characteristics of respondents on soybean utilization;
- ascertain the various forms in which soybean are consumed.
- examine the factors influences soybean utilization among the respondents.
- identify constraints to soybean utilization among the respondents.

METHODOLOGY

Study area

The study was carried out in Ondo and Ekiti states, southwestern Nigeria. The two states were selected out of the six states in south western Nigeria because they have highest concentration of soybean producers in the area.

Sampling technique and Sample size

Two local government areas where there is high intensity of Soybean production by the households were purposively selected from the two states. Five communities were randomly selected from a total of about fifteen communities where the farmers were highly involved in soybean production in the two local government areas and through multi stage random sampling techniques 10 farmers consisting of both sexes were interviewed from each village by trained enumerators and their response recorded in the pre-tested questionnaire by the enumerators, thus making a total sample size of two hundred respondents.

The pre-tested questionnaire was tested in Osun State Nigeria and corrected before it was finally produced. Focus group discussion involving both male and female farmers of various socio economic strata was also carried out before the administration of questionnaire.

Technique of Data Analysis

The collected data was analysed using frequencies, percentages and chi-square.

RESULT AND DISCUSSION

Socio-economic characteristics of respondents

About 60% of the respondents were female while 30% were between 31 and 40 years as shown in table 1.

Table 1: Socio-economic characteristics of respondents.

	Percentage
Gender	
Male	42
Female	58
Age group	
20 – 30	2
31 – 40	30
41 – 50	28
51 – 60	22
61 and above	18
Religion	
Christian	67
Muslim	23
Traditionalist	10
Marital status	
Single	4
Married	90
Divorced	4
Widowed	2
Household size	
1 – 5	30
6 – 10	20
11 – 15	40
16 – 20	10
20 and above	0
Level of education	
Non literate	40
Primary school	10
Post primary/secondary school	30
Tertiary education	20
Farm size	
1.1 – 2.5 hectares	55
1.6 – 5.99 hectares	30
6.0 – 9.95 hectares	13
10.0 and above	2
Access to land	
Owned plot	25
Family land	50
Inherited	18
On leases	7
Primary occupation	
Farming	80
Artisan work	11
Trading	9
Type of farm labour	
Family labour	60
Hired labour	20
Contractual labour	10
Hired and family labour	10

The modal class of the age group (30%) was 31 – 40 years. Ninety percent were married while 4% were single and 4% were divorced. Table 1 also showed that the majority of the respondents (40%) had a household size of 11 – 15. Forty percent of the respondents were illiterates who cannot read or write, however 20% of the respondents completed primary schools while 10% attended adult literacy schools. The results also show that they are mostly small-scale farmers with 55% cultivating 0.1 – 2.5 hectares. Concerning access to land, 50% of the respondents are farming on family land, 25% on their own plot while 18% inherited the land on which they are farming, thus showing that a majority of the respondents have access to land.

Sources of information of soybean utilization

Forty percent of the respondents obtained their information on soybean utilization from extension agents as shown in table 2. Twenty percent obtained their information from both radio programmes and extension agents. These sources of information cut across all categories of respondents both literate and illiterate, male and female as radio is a mass method of information dissemination and extension agents work with all members of the household without segregation or class distinction.

Table 2: Source of information on soybean utilization.

Source	Percentage
Radio programmes	15
Television	10
Extension agents	40
Handbills	5
Posters	3
Pamphlets	7
Extension agents and radio programme	20

Soybean utilization and socio-economic factors

From table 3, most of the respondents (47%) frequently consume soymilk, soy oil and soy flour, 23% consume soybean flour and Soypaste frequently too.

Table 3: Various forms in which soybean are processed into and consumed frequently.

Product	Consumed Frequently*	Rarely* Consumed	Not* Consumed	No response*
Soymilk only	5	95	0	0
Soybean flour` and paste only	23	60	15	2
Soy oil only	13	5	79	3
Soybean cake only	12	-	88	0
Soymilk, soy oil and soy flour	47	51	2	0

** % with possibilities of multiple responses*.

The table shows that 13% of the respondents frequently utilize soy oil only, 12% frequently utilize soybean in the form of soybean cake. This is not only processed for human consumption but used as supplements in mixed feed rations for livestock.

Despite the utilization of soybean in various forms there are still some socio-economic factors affecting its adoption and utilization as shown in table 4.

Table 4: Socio-economic affecting soybean utilization (%).

Statements (Factors)	Strongly agree	Agree	Undecided	Disagreed	Strongly disagreed
None availability of labour to process soybean affects your utilizing the crop	25	55	4	6	10
Your level of income affects your soybean utilization	3	4	0	23	70
Lack of adequate information on soybean affects your utilizing the crop	40	3	2	37	18
Your household size affects your utilization of soybean.	20	70	5	2	3

Table 4 also reveals that a majority of the respondents (70%) strongly disagreed that their level of income affects their utilization of soybean.

From table 5, 64% of the respondents asserted that the complex processing technique is a constraint to their soybean consumption. This could be because unlike the methods of processing legumes which they are used to, processing soybean involves soaking, parboiling (blenching), sun drying / heating / roasting to eliminate or reduce antinutritional factors. Eighteen percent also asserted that the taste and odor is a constraint to their soybean consumption, 4% stated that the seeds are too costly while 14% reported that they are not aware of the various forms in which soybean could be processed and consumed.

Table 5: Constraints to consumption of soybean products (%).

Constraint	Agree	Undecided	Disagree
Complex processing technique	64	28	8
Cost of the soybean seed	4	7	89
Taste and smell (odour)	18	69	13
Lack of awareness	14	0	86

From table 6 it is clear that there is no significant association between age, educational level, household size and utilization of soybean. Table 6 also indicates that there was a significant association between farm size, labour, credit, farm input and utilization of soybean.

Table 6: Relationship between the socio economic characteristics of respondents and soybean utilization.

Characteristics	Cal X^2 Value	Tab X^2 Value	Degree of freedom	Decision
Age	1.39	7.81	3	NS
Educational level	0.76	7.81	3	NS
Household size	0.80	7.81	5	NS
Farm size	15.96	7.81	3	S
Labour	13.30	7.81	3	S
Credit	15.20	9.48	4	S
Farm input	14.50	7.81	3	S

P > 0.05 *S=Significant* *NS = Not Significant.*

CONCLUSION

In view of the importance of soybean as a veritable source of protein which could be consumed in various forms, it is important that adequate effort should be made to teach consumers simple methods of Soybean processing. Effort should also be geared at educating the citizens more on how to utilize Soybean by both government agencies and non-governmental organizations.

REFERENCES

1. Okumadewa FO. The role of community based projects. In: Poverty alleviation in Ekiti State. A paper presented at the Workshop on Partnership Building for CPIC members in Ekiti State. Nigeria, August 2003.
2. FAO. State of World. Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO,1995:55. [Fisheries Development Series]

État nutritionnel des femmes Sahraouies du sud du Maroc

Rguibi Mohamed, Belahsen* Rekia

Unité de Formation et de Recherche en Sciences de l'Alimentation, Laboratoire de Physiologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation. Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, 24000, Maroc.

*Auteur correspondant: *rbelahsen@yahoo.com*

- Résumé -

Au Maroc comme dans les pays en transition nutritionnelle, le surpoids et l'obésité sont en augmentation.

Objectifs: L'objectif de cette enquête était d'étudier l'état nutritionnel d'une population de femmes sahraouies et d'évaluer les déterminants nutritionnels de l'obésité, dans le but de proposer une stratégie pour combattre ce problème.

Méthodologies: 249 femmes Sahraouies, âgées de 15 à 70 ans, non enceintes et issues du milieu urbain de la province de Laayoune au sud du Maroc, ont participé à une enquête réalisée entre octobre 2001 et avril 2002. Le poids corporel, la taille et le tour de taille ont été mesurés. L'indice de masse corporelle (IMC= Poids/Taille^2) est déterminé. L'apport alimentaire a été estimé par la méthode du rappel alimentaire de 24 heures.

Résultats: Globalement plus de la moitié de cette population présente un surpoids ou une obésité particulièrement de type abdominal. L'IMC ajusté ou non à l'âge était significativement corrélé avec l'apport énergétique total, l'apport en lipides, en glucides et en saccharose. L'apport protéique en revanche avait une tendance à une diminution avec l'âge et l'IMC. Du point de vue qualitatif, l'augmentation de l'âge ou de l'IMC était accompagné par une diminution de l'apport d'énergie provenant des protéines et une augmentation de l'apport d'énergie provenant du saccharose. Après ajustement à l'âge, l'IMC reste positivement corrélé avec l'apport énergétique provenant du saccharose. La consommation exagérée du thé vert est la source principale du saccharose, sa fréquence de consommation est plus élevée chez les femmes obèses.

Conclusions: Les résultats de cette enquête soulignent le besoin d'une prise de conscience concernant le problème de l'obésité ainsi que la participation active des pouvoirs publics et des médias dans la prévention de l'obésité par l'éducation en terme de santé chez ces femmes. Un ajustement des apports alimentaires en sucre simple et en protéines serait recommandable pour cette population.

Mots-clés**:** Apport alimentaire – Obésité – Sahraoui – Femmes – Maroc.

- Abstract -

Nutritional status of Saharan women in south Morocco

As in countries in nutrition transition, overweight and obesity are raising in Morocco especially in Saharan women where the prevalence seems to be higher compared to the other area.

Objective: The aim of this study was to highlight the nutritional status in a population of Saharan women and to assess the nutritional determinants of obesity, in the goal to suggest strategies to combat this problem.

Methods: 249 urban Saharan women, 15 to 70 years old, in Laayoune province participated in a survey conducted between October 2001 and April 2002. Body weight, height and circumferences of waist and hip were measured. At recruitment all subjects completed a questionnaire on diet and lifestyle. Intake estimates were based on 24-hour food recall interview.

Results: The results show that the overall prevalence of overweight and obesity was respectively 30% and 49%. It was already very high at younger age. Abdominal obesity (Waist circumference>88cm) also was very prevalent (76%) and increased with age. The population was also characterized by a high consumption of carbohydrates which represent 60% of the total energy intake. The intake of protein was 12% and that of lipids was 28%. These intakes varied with age. Sucrose and fat intake increased with the increase of age whereas that of protein decreased.
The results showed also that BMI was correlated with the intakes of total energy, fat and carbohydrates. This result remained significant even after adjustment by age.

Conclusion: The results show a high prevalence of obesity, even in young adult women. The data suggest also a major role of dietary intake in obesity. Carbohydrates, and particularly sucrose, seem to be more involved in the development of this problem. The results suggest that the problem of overweight and obesity need immediate attention in terms of prevention and health education in the urban Saharan women. An adjustment of sucrose and protein intake will be an urgent advice for this population.

Key words: Dietary intake – Obesity – Saharan – Women – Morocco.

INTRODUCTION

L'obésité considérée comme l'un des plus importants troubles nutritionnels, a atteint aujourd'hui des niveaux alarmants aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement[1]. Elle est associée à de nombreuses complications métaboliques qui diminuent nettement l'espérance de vie ou altèrent gravement sa qualité. C'est particulièrement le cas pour les maladies cardio-vasculaires, le diabète, et certains types de cancer[2,3]. La meilleure approche pour lutter contre ces maladies c'est de réduire l'incidence de surpoids et d'obésité. Parmi les facteurs impliqués dans l'étiologie de l'obésité, l'alimentation est un facteur sur lequel les possibilités d'intervention existent en terme de santé publique et de prévention.

Au Maroc l'obésité commence à être reconnue aujourd'hui comme un problème de santé publique majeur[4]. En effet les deux études qui existent montrent que la prévalence de l'obésité est en augmentation rapide, plus particulièrement chez les femmes. A l'échelle nationale 18% des femmes urbaines étaient obèses en 1998[5]. Par ailleurs, cette prévalence ne reflète pas les différences régionales d'ordre géographique, économique, ethnique, culturelle et de disponibilité alimentaire.

Il serait donc important de déterminer la prévalence de l'obésité dans différentes régions et ethnies du Maroc et de cerner les facteurs qui déterminent sa prévalence.

La population Sahraouie qui, autrefois, résidait en région désertique du sud du Maroc avait été organisée en tribus ayant plusieurs points communs particulièrement leur dialecte, leurs habitudes, leur religion, leur alimentation et leur habillement. Cette population nomade a subi un processus rapide d'urbanisation à cause de la sécheresse qui a frappé la région. L'objectif de cette enquête est d'étudier l'état nutritionnel des femmes Sahraoui de la région sud du Maroc et de déterminer la prévalence de l'obésité en relation avec l'apport alimentaire. La finalité était de proposer une stratégie pour combattre ce problème et prévenir ces complications.

METHODOLOGIE

Les données ont été obtenues à partir d'un échantillon de 249 femmes sahraouies non enceintes, âgées de 15 à 70 ans, et issues du milieu urbain de la province de Laayoune au sud du Maroc. L'échantillon est composé de femmes qui ont visité l'hôpital pendant une campagne de vaccination. La sélection de ces femmes a été basée sur de nombreux critères permettant de les identifier comme appartenant à l'ethnie sahraouie: leur habillement traditionnel, leur dialecte Hassani et l'histoire de leur résidence familiale.

Des données concernant les caractéristiques socio-démographiques (l'âge, l'état matrimonial et le niveau d'instruction) ont aussi été récoltées. Le poids corporel, la taille et le tour de taille ont été mesurés. L'indice de masse corporelle (IMC, en kg/m2) a été utilisé pour étudier l'obésité. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a défini l'insuffisance pondérale, le poids normal, le surpoids et l'obésité lorsque $IMC<18.5$, $18.5 \leq IMC<25$, $25 \leq IMC<30$ et $IMC \geq 30$, respectivement[6]. On parle d'obésité abdominale lorsque le tour de taille est ≥ 88 cm[7].

Un enquêteur a été chargé de recueillir les données relatives à l'alimentation des sujets, estimée par la technique du rappel alimentaire de 24 heures. Les prises alimentaires au cours ou en dehors des repas du jour précédant ont été collectées , immédiatement après l'interview. La conversion des aliments consommés en termes d'énergie et de nutriments a été effectuée par le programme BILNUT.

Un questionnaire a aussi été utilisé pour enregistrer la fréquence de consommation des aliments. L'enquête a été réalisée entre les mois d'octobre 2001 et avril 2002 et avait été approuvée par le Ministère de la Santé Publique.

Analyse statistiques

L'analyse des résultats est effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 11. Le test de Tukey est utilisé pour la comparaison des moyennes et le test de Pearson ajusté ou non à l'âge est utilisé pour le calcul du coefficient de corrélation entre les différentes variables étudiées. Les résultats sont considérés significatifs lorsque $P<0.05$.

RESULTATS

80% des femmes de cette étude sont mariées et 62.5% sont analphabètes. Leur âge moyen est de 36.79 ans et leur BMI moyen est de 29.63 Kg/m².

Dans la population Sahraouie, l'incidence de la surcharge pondérale est très élevée (tableau 1). Globalement la prévalence du surpoids et de l'obésité a été évaluée à 30% et 49% respectivement, 19% des femmes avaient un poids normal et 1.6% avaient une insuffisance pondérale. L'obésité abdominale est observée chez 76% des femmes. Les prévalences de l'obésité générale et de l'obésité abdominale augmentaient avec l'âge. La plus forte élévation est observée à partir de l'âge de 25 ans. En effet, la comparaison de la prévalence de l'obésité entre les classes d'âge <25 ans et 25-34.9 ans, montre que l'obésité générale (IMC>30) est augmentée de quatre fois et la prévalence d'obésité abdominale (tour d'abdomen>=88) de deux fois. La moitié des femmes âgées de plus de 25 ans étaient obèses.

Tableau 1: Prévalence de l'obésité générale et de l'obésité abdominale en fonction de l'âge chez les femmes marocaines sahraouies.

Âge	IMC (Indice de masse corporelle)				Tour d'abdomen	
	<18.5	18.5-24.9	25-29.9	>>30	<88 cm	>88 cm
<25	2.4	40.5	45.2	11.9	64.3	35.7
25-34.9	2.8	29.6	18.3	49.3	28.2	71.8
>35	0.7	7.4	31.6	60.3	9.6	90.4
Total	1.6	19.3	30.1	49	24.1	75.9

L'évaluation de l'apport alimentaire montre que l'apport énergétique journalier des femmes sahraouies était de 1818 Kcal/j. Dans cette ration calorique 213 Kcal sont apportés par les protéines, 537 Kcal par les lipides et 1068 Kcal par les glucides dont 190 Kcal sont apportées par le saccharose. Les variations de l'apport énergétique (en Kcal/jour/ femme) et du pourcentage d'énergie provenant des protéines, des lipides, des glucides et du saccharose en fonction de l'âge et de l'IMC sont présentées dans les figures 1 à 6. Les femmes obèses avaient un apport significativement plus élevé en énergie totale ($p=0.049$) et en glucides ($p=0.04$) que les femmes de poids normal. De même l'apport d'énergie provenant du saccharose était significativement plus élevé chez les femmes obèses par rapport à celles de poids normal ($p=0.0001$) et chez les femmes de plus de 34.9 ans par rapport à celles ayant moins de 25 ans

(p=0.003). L'IMC est positivement corrélé avec l'apport en énergie totale, en lipides, en glucides, et en saccharose (tableau 2). Cependant une tendance à la diminution de l'apport protéique avec l'âge et avec l'IMC était observée dans cette population. L'ajustement par rapport à l'âge n'a pas affecté la corrélation de l'IMC avec l'apport énergétique total (r=0.165; p=0.009), l'apport lipidique (r=0.146; p=0.02), l'apport glucidique (r=0.138; p=0.03) et l'apport en saccharose (r=0.19; p=0.003). De point de vue qualitatif, cette population Sahraouie est caractérisée par une consommation élevée de sucres qui représentaient 59% de la ration calorique. L'apport en protéines était de 12 % et c'est les protéines à source végétale qui sont les plus consommées chez cette population. En effet, le rapport protéines animales sur protéines végétales PA/PV était de 0.91. Ce rapport diminuait avec l'âge, il est égal à 0.89 chez les femmes de plus de 34.9 ans. L'apport en lipides était de 29% dont 32% provenaient des acides gras saturés. L'apport en cholestérol était de 127 mg/jours. Une diminution significative de la part des protéines et une tendance à l'augmentation de celle des lipides ont été observées avec l'âge et avec l'IMC. Par ailleurs en dépit d'une diminution non significative de la part des glucides, la part du saccharose augmentait significativement avec l'âge et l'IMC. Après ajustement par rapport à l'âge, l'IMC est resté significativement corrélé avec l'apport énergétique provenant du saccharose (r=0.171; p=0.007). La quantité moyenne du saccharose apporté par l'alimentation est de 47.43 g/j dont plus que la moitié est apportée par la consommation du thé vert. Le thé vert, *Zrig* (lait + yaourt + eau + sucre), la soupe d'orge, *Lben* (lait écrémé + eau + sucre) et *Gofia* (farine de mais + eau + sucre) sont parmi les boissons sucrées les plus consommées chez cette population. La somme des fréquences de leur consommation hebdomadaire augmentait avec l'IMC (figure 7). La fréquence de prise de thé est élevée chez les femmes obèses par rapport à celles de poids normal.

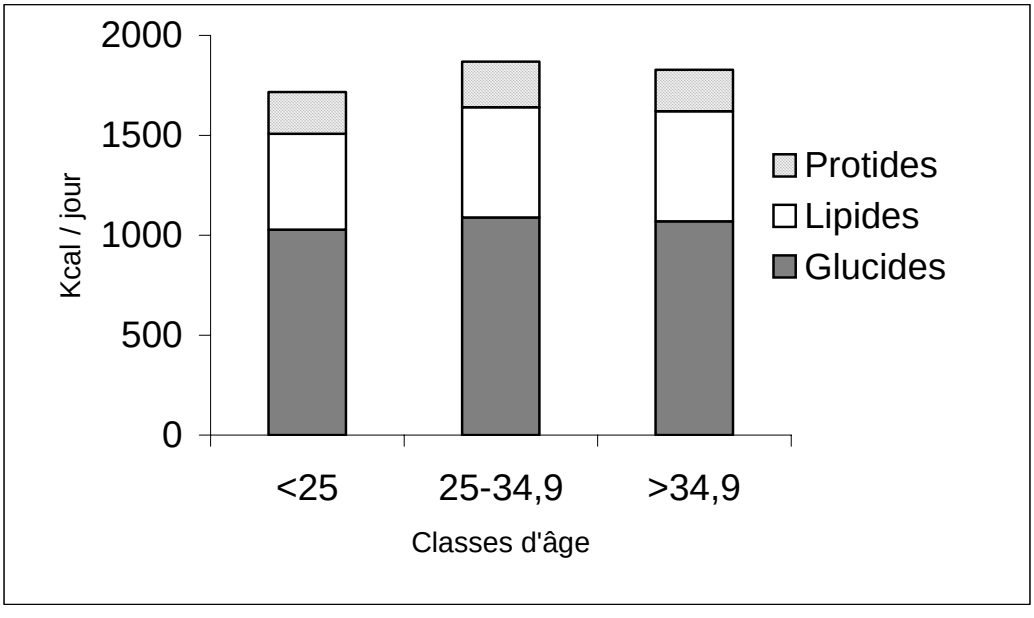


Figure 1: Apport énergétique total et apport énergétique provenant des protéines, lipides et glucides en fonction de l'âge des femmes marocaines sahraouies.

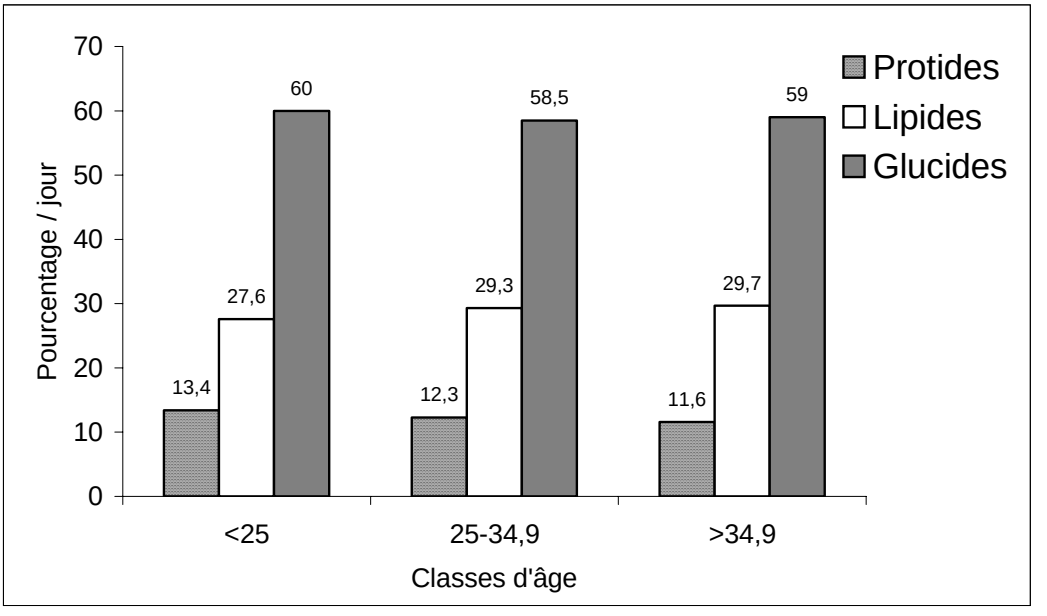


Figure 2: Pourcentage d'énergie provenant des protéines, lipides et glucides en fonction de l'âge des femmes marocaines sahraouies.

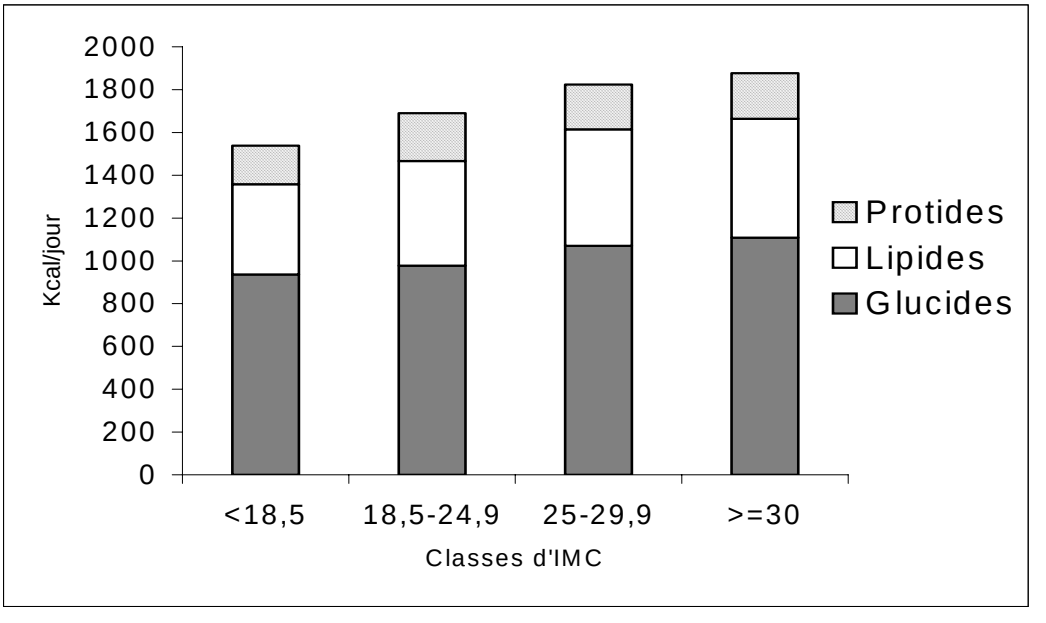


Figure 3: Apport énergétique total et apport énergétique provenant des protéines, lipides et glucides en fonction de l'IMC des femmes marocaines sahraouies.

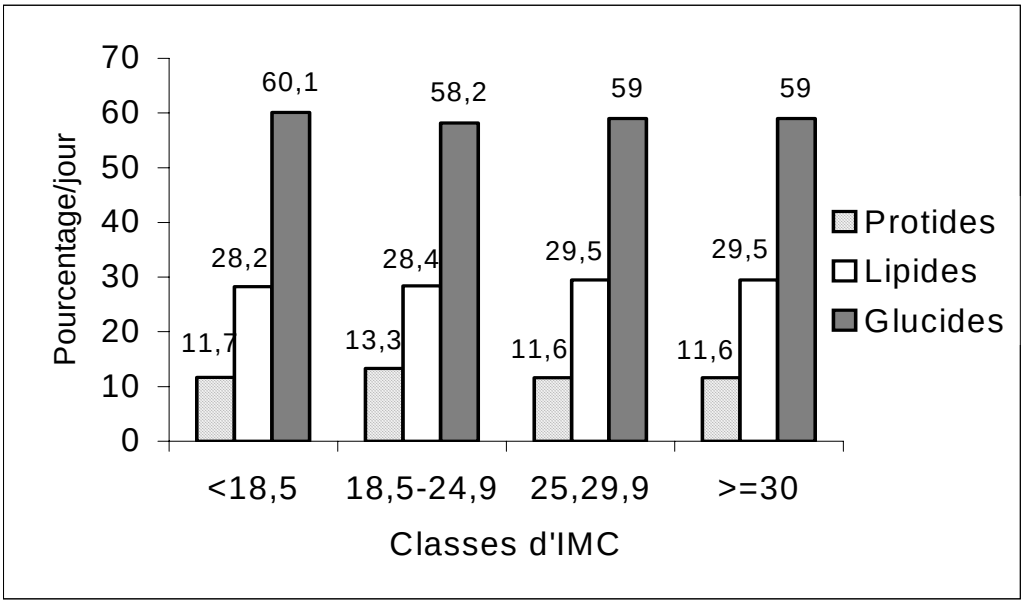


Figure 4: Pourcentage d'énergie provenant des protéines, lipides et glucides en fonction de l'IMC des femmes marocaines sahraouies.

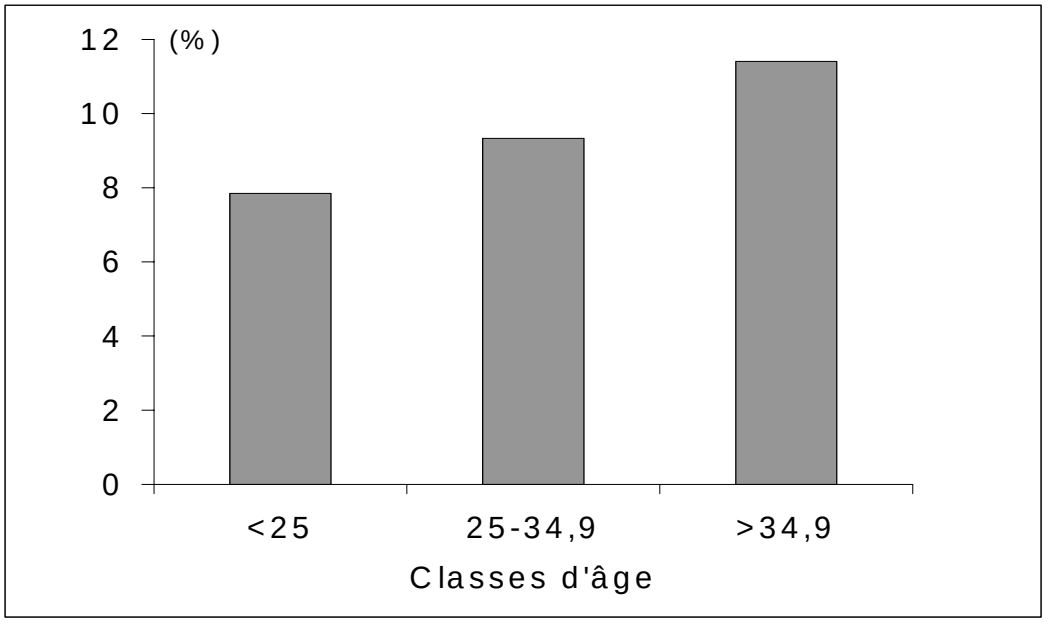


Figure 5: Pourcentage de l'apport énergétique provenant du saccharose en fonction de l'âge des femmes marocaines sahraouies.

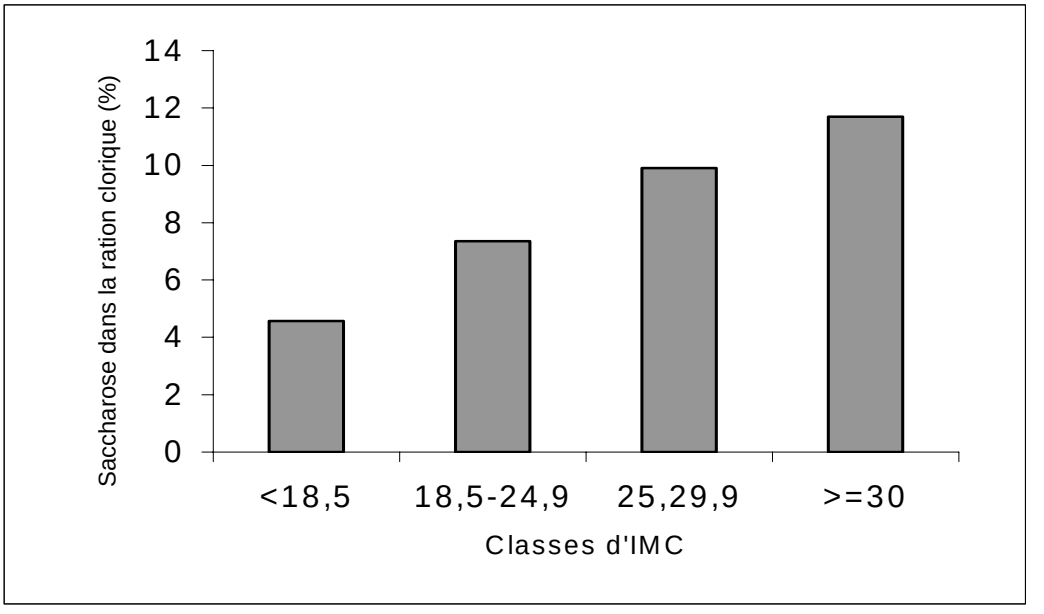
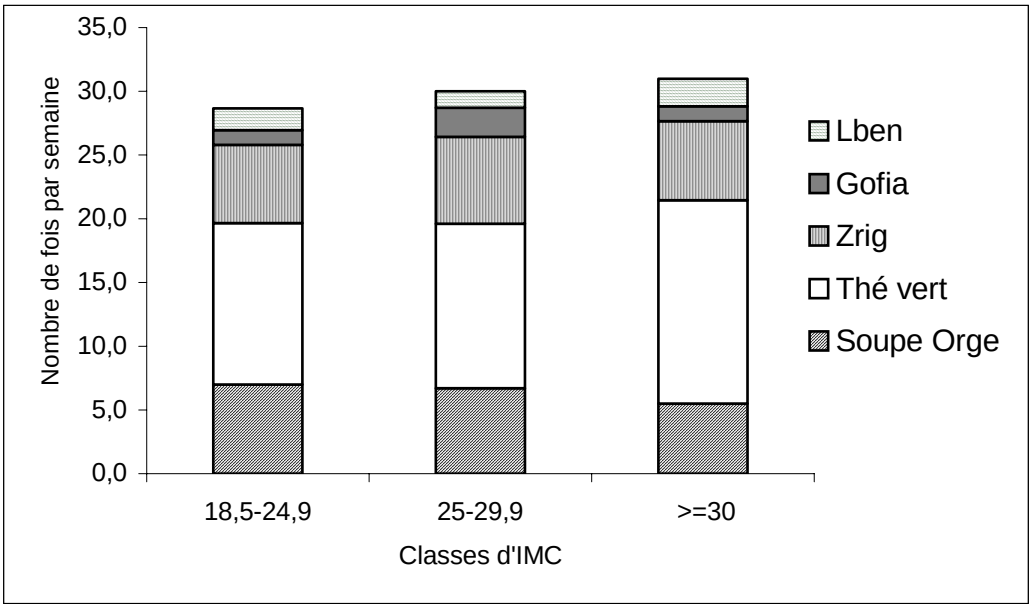


Figure 6: Pourcentage de l'apport énergétique provenant du saccharose en fonction de l'IMC des femmes marocaines sahraouies.

Tableau 2: Cœfficients de corrélation entre l'âge et l'IMC des femmes marocaines sahraouies et leur apport alimentaire (énergie totale, protéines, lipides, glucides et saccharose).

Variables		**Age**	**IMC**
Énergie Totale		+ 0,089	+ 0,185 **
Protéines	g/j	- 0,084	- 0,013
	% En	- 0,162 *	- 0,161 *
Lipides	g/j	+ 0,108	+ 0,173 **
	% En	+ 0,053	+ 0,096
Glucides	g/j	+ 0,075	+ 0,155 *
	% En	+ 0,010	- 0,03
Saccharose	g/j	+ 0,228 **	+ 0,253 **
	% En	+ 0,258 **	+ 0,243 **

*P<0,05 ** P<0,01 *** P<0,001.*
g/j = Gramme par jour - % En = pourcentage d'énergie apporté dans la ration calorique journalière.



Zrig = boisson composée de lait + yaourt + eau + sucre.
Lben = boisson composée de lait écrémé + eau + sacre.
Gofia = boisson composée de farine de mais + eau + sucre.

Figure 7: Fréquence de consommation des boissons sucrées en fonction de l'IMC chez les femmes marocaines sahraouies.

DISCUSSION

Il n'y a pas de données comparatives concernant l'état nutritionnel des femmes appartenant aux différentes ethnies au Maroc. Les résultats des deux enquêtes nationales (1984/85 et 1998/99) sur l'état anthropométrique des femmes en milieu urbain ont montré une diminution de la prévalence d'insuffisance pondérale, qui passait de 7.9% à 3.5%, et une rapide élévation de la prévalence de l'obésité qui passait de 8.7% à 19.1%[8,9]. Notre enquête a révélé que seulement 1.6% des femmes sahraouies ont une insuffisance pondérale. Cependant la situation est plus préoccupante en ce qui concerne la surcharge pondérale. En effet la prévalence de l'obésité est presque trois fois plus élevée chez les femmes sahraouies que chez celles à l'échelle nationale estimée en 1998 (49% contre 18%). Les femmes sahraouies sont touchées par l'obésité au jeune âge. En effet 45% des femmes âgées de moins de 25 ans présentaient déjà une tendance à l'obésité (25<=IMC<=30) et plus que la moitié des femmes étaient obèses à partir de l'âge de 25 ans. En ce qui concerne le type d'obésité qui caractérise cette population, on remarque que c'est l'obésité abdominale qui est la plus répandue dans cette population. Elle apparaît aussi au jeune âge. Étant donné que l'obésité et particulièrement l'obésité abdominale pourrait faciliter, voire entraîner l'apparition de certaines maladies tels que les maladies cardio-vasculaires et le diabète d'une part, et le fait d'être en surpoids tôt dans la vie adulte est plus dangereux que de l'être à des âges plus avancés[1] d'autre part, montre que l'obésité est une réalité préoccupante chez cette ethnie marocaine Sahraouie et que sa prévention est cruciale. Une alimentation équilibrée peut être un facteur déterminant de l'état de santé et de la qualité de vie de cette population.

Les données concernant l'état nutritionnel des femmes au Maroc provenant de l'enquête régionale effectuée en 1996[5] ont révélé que la ration énergétique des femmes marocaines obèses est plus élevée de ce qui est recommandé aux États Unis

d'Amérique[10], mais l'énergie provenant des protéines, des lipides et des glucides dans la ration calorique n'est pas significativement différente entre les femmes obèses et les femmes de poids normal. Notre enquête indique qu'indépendamment de leur IMC, l'apport énergétique moyen des femmes sahraouies n'excède pas ce qui est recommandé. Cependant l'association positive entre l'IMC et l'apport énergétique moyen pourrait expliquer en partie l'obésité chez cette population sahraouie. L'apport protéique ne couvrait pas les besoins journaliers de ces femmes, ce déficit protéique est plus marqué chez les femmes âgées de plus de 34 ans et chez les femmes obèses. Pour assurer le maintien de la masse maigre, il est important que le régime alimentaire de ces femmes prévoie un apport suffisant de protéines.

De nombreuses études ont rapporté que la composition de la diète peut être un facteur déterminant de l'obésité[11]. Ortega et al. (1995) a rapporté que chez une population de femmes espagnoles, l'apport énergétique ne varie pas avec l'IMC, mais, que la part des protéines et des lipides dans la ration calorique est plus grande chez les obèses que chez celles ayant un poids normal[12]. Nos résultats montrent que la composition de la ration calorique moyenne variait avec l'âge et l'IMC dans la population Sahraouie. L'augmentation de l'âge ou de l'IMC s'est accompagnée d'une diminution significative de la part des protéines, et d'une augmentation non significative de la part des lipides. Cependant, indépendamment de l'âge ou de l'IMC, l'apport alimentaire en cholestérol, l'apport d'énergie provenant des lipides et l'apport d'énergie provenant des acides gras saturés ne dépassaient pas les valeurs limites recommandées. La part des glucides n'a pas sensiblement varié, cependant la part de sucres simples sous forme de saccharose augmentait significativement avec l'âge et l'IMC. Ces données montrent une association de l'apport des glucides simples avec l'obésité chez cette population de femme marocaine sahraouie. Le thé vert, la soupe d'orge, *Gofia* et *Lben* sont parmi les aliments consommés de préférence sucrée, avant leur consommation, les sahraouies y ajoutaient de grandes quantités de saccharose. Le thé vert, la boisson la plus consommée, apportait la majorité du saccharose contenue dans la ration calorique. Il est recommandé pour ces femmes de ne pas ajouté du saccharose à ces boissons fréquemment consommées ou au moins la diminution de la quantité ajoutée.

D'autre part, l'apparition de la surcharge pondérale chez cette population pourrait être aussi due à des pratiques traditionnelles qui sont la traduction de perceptions et de valeurs culturelles associées au surpoids. Cela est aussi observé chez les femmes maures de la Mauritanie qui semblent avoir beaucoup de ressemblance avec les femmes marocaines sahraouies, surtout au niveau des critères d'appartenance ethnique. En fait les femmes maures en Mauritanie subissaient des pressions pour prendre du poids et de se maintenir en excès pondéral[13]. Un tel facteur socioculturel valorisant le surpoids pourrait expliquer l'apport calorique élevé chez les femmes sahraouies obèses, par rapport à celles de poids normal. Aussi les sahraouis avaient été un peuple à tradition nomade qui a subi un processus rapide d'urbanisation, leur activité physique a diminué considérablement. Ceci permet de supposer que la sédentarité serait parmi les facteurs qui pourraient contribuer à l'obésité ou au moins à sa persistance chez cette population, ce qui nous amène à dire qu'une activité physique régulière tout au long de la vie est bénéfique pour cette population sur le plan de la santé, permet de prévenir de nombreuses maladies.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude soulignent que des programmes préventifs de l'obésité doivent être envisagés avec la participation active particulièrement des pouvoirs publics et des médias. Ces stratégies de prévention qui peuvent être introduites dans

les écoles, les lieux de travail, les centres communautaires, les centres de soins primaires etc., doivent faire partie aussi des programmes nationaux de lutte contre les maladies non transmissibles. Compte tenu du facteur socioculturel valorisant le surpoids, la sensibilisation de la population sahraouie envers l'obésité et ses complications serait une nécessité urgente. De plus, étant donné le déséquilibre alimentaire observé chez cette population et de façon plus marquée chez les femmes obèses par rapport à celles de poids normal, une réduction de l'apport en sucres d'absorption rapide, spécialement les sucres raffinés qui sont connus pour leur effet atténuant du métabolisme lipidique[14], est recommandée. D'autre part, la perte de masse musculaire (sarcopénie) étant une caractéristique majeure du vieillissement physiologique[15,16], une augmentation de l'apport protéique serait nécessaire chez cette population particulièrement chez les femmes âgées.

RÉFÉRENCES

1. World Health Organisation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Working Group on obesity. Geneva: WHO, 1998. [World Health Organ Tech Rep Ser 2000;894:i-xii, 1-253]
2. Jung R. Obesity as a disease. Br Med Bull 1997;53:307-21.
3. FAO/WHO. Carbohydrates in Human Nutrition: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation, 14-18 April 1997. Rome: FAO, 1998. [Food and Nutrition paper N°66]
4. Benjelloun S. Nutrition transition in Morocco. Public Health Nutr 2002;5(1A):135-40.
5. Mokhtar N, Elati J, Chabir R, et al. Diet culture and obesity in Northern Africa. J Nutr 2001;131S:887-892.
6. World Health Organisation. The use and interpretation of Anthropometry. Geneva: WHO, 1995. [WHO Technical Report Series 854]
7. Expert Panel on Identification, Evaluation and Treatment of Overweight in Adults. Clinical guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. Am J Clin Nutr 1998;68:899-97.
8. Direction de la statistique. Consommation et dépenses des ménages 1984/1985. Vols, 1, 5, 6 and 7. Rabat, Morocco, statistics office, 1992.
9. Government of Morocco Ministry of Socio-Economic Affairs. Report of Household Income, Consumption and Expenditure Survey in the Moroccan Population. Morocco, 1998.
10. US Department of Health and Human Services (USDHHS). US Dietary Guidelines. 1994. Internet: www.DHHS.gov.
11. Miller WC, Lindeman AK, Wallace JP, Niederpruem M. Diet composition, energy intake, and exercise in relation to body fat content in men and women. Am J Clin Nutr 1990;52:426-30.
12. Ortega RM, Requejo AM, Andres P, Sobaler LM, Redondo R, Fernandez MG. Relationship between diet composition and body mass index in a group of Spanish adolescents. Br J Nutr 1995;74:765-73.
13. FAO. Aperçu nutritionnel en Mauritanie. Division de l'Alimentation et de la Nutrition. Rome: FAO, 1996.

14. Hudgins LC, Hellerstein M, Seidman C, Neese R, Diakun J, Hiesch J. Human fatty acid synthesis is stimulated by a eucaloric low fat, high carbohydrate diet. J Clin Invest 1996;97:2081-91.

15. Roubenoff R. Sarcopenia and its implication for the elderly. Eur J Clin Nutr 2000;54S:40-47.

16. Kurpad AV, Vaz M. Protein and amino acid requirements in the elderly. Eur J Clin Nutr 2000;54S:131-142.

Remerciements: *Ce travail est effectué avec la collaboration de la délégation médicale de la province de Laayoune, ministère de la santé publique, Maroc.*
Source de financement: Dotation du ministère de l'enseignement supérieur.

Acides gras essentiels et développement de l'enfant

Rocquelin[1*] Gérard, Thiombiano-Coulibaly[1,2] Nana, Tapsoba[3] Sylvestre, Traoré[2] Alfred S

[1] IRD, UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.
[2] Université de Ouagadougou, UFRSVT/CRSBAN, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
[3] Direction Nationale de la Nutrition, Ministère de la Santé, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *gerard.rocquelin@mpl.ird.fr*

- Résumé -

Les acides linoléique (18:2 ω6) et α-linolénique (18:3 ω3) et leurs métabolites sont des acides gras essentiels (AGE), indispensables au développement fœtal et postnatal de l'enfant. Chez le fœtus, ils sont apportés par la mère via le placenta. Chez l'enfant nourri au sein, c'est par le lait maternel, à condition que l'état nutritionnel de la mère soit satisfaisant, et par les aliments de complément, si ceux-ci sont bien conçus.

Peu d'études ont évalué les apports en AGE chez les nourrissons des PED et leur impact sur le développement de l'enfant. Les recherches menées au Congo et au Burkina Faso par l'IRD, la DGRST congolaise et l'Université de Ouagadougou, montrent que la situation n'est pas homogène d'un pays à un autre. Au Burkina, le taux de lipides dans le lait maternel est plus faible que dans les pays développés, mais les teneurs en 18:2 ω6 y sont plus élevées que dans de nombreux pays. A l'inverse, les teneurs en 18:3 ω3 y sont faibles. Il en résulte un net déséquilibre du rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 (~ 53/1), loin des recommandations de l'OMS. Au Congo, le taux de 18:3 ω3 et de ses métabolites est élevé, supérieur aux valeurs trouvées dans de nombreux pays. Le rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 est équilibré (~ 12/1). Les disparités observées reflètent des différences d'alimentation des mères. Dans ces conditions, on a trouvé un effet positif de l'équilibre 18:2 ω6/18:3 ω3 du lait maternel sur le gain de poids du nourrisson congolais entre 0 et 5 mois.

Ce résultat, acquis pour la 1ère fois lors d'études d'observation, conforte la déclaration de l'UNICEF selon laquelle les AGE, comme d'autres nutriments vitaux, peuvent jouer un rôle important dans le développement de l'enfant dans les PED. Au Burkina Faso, une mesure de santé publique serait d'augmenter la consommation d'aliments locaux apportant du 18:3 ω3 et/ou ses dérivés (ex: poissons, légumes feuilles) pour rétablir un bon équilibre dans le lait maternel. Cela suppose l'appui des autorités locales pour produire plus de poissons et légumes, mais aussi pour donner aux mères une éducation nutritionnelle adaptée.

Mots-clés: Acides Gras Essentiels – Nutrition et développement de l'enfant – Croissance corporelle – Nutrition maternelle – PED.

- Abstract -

Essential fatty acids and infant's development

Linoleic (18:2 n-6) and α-linolenic (18:3 n-3) acids as well as their long-chain n-6, n-3 derivatives are essential fatty acids of paramount importance for fetal and postnatal development, particularly of central nervous system and visual acuity in infant. Whereas in fetus essential fatty acids are supplied by the mother via her placenta, in infant it is insured by breast milk, supposing mother having good nutritional status. Complementary foods can also be a valuable source of essential fatty acids if they are properly conceived.

So far in developing countries, few studies have been conducted to investigate the effects of dietary essential fatty acids on infant's development. First data obtained by scientists from IRD, Congolese DGRST, and University of Ouagadougou showed great disparities from one location to another. Thus in Burkina Faso, total fat content in breast milk is lower than that usually found in developed countries, but proportions of 18:2 n-6 were much higher than those encountered in most countries. In contrast, 18:3 n-3 content was low. As a result, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is unbalanced (~ 53/1), way above WHO recommended values. In Congo, proportions of 18:3 n-3 and long-chain n-3 derivatives in breast milk were elevated, much more than those found in numerous countries including Burkina Faso. Consequently, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is balanced (~ 12/1). Disparities between the 2 locations are due to differences in mothers' dietary habits. Under these conditions, it was shown a positive effect of a balanced 18:2n-6/18:3 n-3 ratio in breast milk on 5 months old infant growth.

The fact that this result was established for the first time during observational studies reinforces the argument already advanced by UNICEF that essential fatty acids as with other vital micronutrients can play a significant role in preventing infant growth failure in developing countries. It also confirms the need for improving mother's diet if it is low or unbalanced in essential fatty acids and/or long-chain derivatives so as to restore balanced n-6/n-3 PUFA ratios in breast milk. In the case of Burkina Faso, one public health measure would be to increase the maternal intake of local foods containing n-3 PUFA (e.g. fish and green leafy vegetables). This will necessitate local authorities to encourage increased production of vegetables and fish, alongside nutrition education strategies targeting mothers.

In addition, it is vital that EFA are recognized as micronutrients. This would help in better understanding the causes of malnutrition and identifying appropriate interventions in developing countries.

Key words: Essential Fatty Acids – Infant nutrition and development – Maternal nutrition – Developing countries.

CARACTÈRE ESSENTIEL DES ACIDES GRAS (AG)

Cela fait aujourd'hui presque 8 décennies que l'on a établi le caractère essentiel de certains AG[1]. Par AG «essentiels» (AGE) on entend des AG que notre organisme et, plus généralement, celui des mammifères supérieurs ne peuvent pas synthétiser. Par conséquent, ces AG doivent être présents dans notre alimentation quotidienne en quantités suffisantes et ce dès le stade fœtal et pendant toute la vie.

Initialement, on a identifié deux AGE: l'acide linoléique ou 18:2 ω6 et l'acide α-linolénique ou 18:3 ω3[a]. Malencontreusement, le nom courant de ces deux AG, qui pourtant ont des fonctions bien différentes, ne diffère que par une seule lettre (n), ce qui amène souvent les personnes non averties à commettre de fâcheuses confusions. Il est à noter aussi que ces 2 AGE peuvent être bio synthétisés dans le règne végétal à partir de l'acide oléique (18:1 ω9), ce qui explique pourquoi la principale source alimentaire de ces deux AGE se trouve dans les végétaux.

Dans notre organisme, ces deux AGE donnent naissance, par une succession d'élongations et de désaturations de leur chaîne carbonée, à deux séries d'AG polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC) de 18 à 22 atomes de carbone ayant 3 à 6 doubles liaisons: la série ω6, issue de l'acide linoléique et la série ω3, issue de l'acide α-linolénique (tableau 1).

Tableau 1: Voies métaboliques des AGPI-LC (d'après Sprecher)[2].

Série ω6 (linoléique)	Enzyme	Série ω3 (linolénique)
18:2		18:3
↓	Δ6- désaturase (- 2H)	↓
18:3		18:4
↓	Elongase (+ 2C)	↓
20:3 → *eicosanoïdes*	→	20:4
↓	Δ5- désaturase (-2H)	↓
20:4 → *eicosanoïdes*		20:5 → *eicosanoïdes*
↓	Elongase (+2C)	↓
22:4		22:5
↓	Elongase (+2C)	↓
24:4		24:5
↓	Δ6- désaturase (- 2H)	↓
24:5		24:6
↓	β-oxydation (-2C) (peroxysomes)	↓
22:5		22:6

[a] *Il existe actuellement deux nomenclatures pour désigner les AGE et leurs dérivés métaboliques: l'**ωx** et la **n-x,** x étant le n° de l'atome de carbone portant la 1ère double liaison et compté à partir du groupement méthyle (CH_3). Nous n'avons retenu ici que l' **ωx** car plus facile à lire.*

Il est capital de préciser ici qu'il s'agit des mêmes enzymes (élongases et désaturases) qui convertissent les AGE «parents» en AGPI-LC. Par conséquent, selon l'importance quantitative des deux précurseurs, il y peut y avoir compétition dans la formation des AGPI-LC et des incidences fonctionnelles importantes. En fait, ces enzymes privilégient d'abord l'acide α-linolénique comme substrat et donc il faudra beaucoup moins de cet AG pour obtenir sa transformation et couvrir nos besoins. On conçoit donc aisément qu'un équilibre d'apport en ces deux AGE revêt une importance capitale.

La conversion des AGE en AGPI-LC dépend aussi d'autres facteurs comme l'âge, le sexe, le patrimoine génétique, les stades physiologiques (grossesse, allaitement), mais également l'environnement (température et humidité ambiantes, autres macro et micro-nutriments présents dans le régime)[3].

IMPORTANCE DES AGE ET DE LEURS METABOLITES AGPI-LC POUR LA SANTÉ ET LA PRÉVENTION DE CERTAINES MALADIES

Les AGE parents mais surtout leurs métabolites AGPI-LC sont estérifiés principalement dans les phospholipides des membranes cellulaires où ils assurent, dès la vie fœtale, de nombreuses fonctions vitales[4,5]:

- structure (perméabilité, micro fluidité) et fonctions (enzymes, transports, activation des récepteurs, etc.) membranaires;
- synthèse des lipides de la barrière perméable épidermique (18:2 ω6);
- synthèse des eicosanoïdes (à partir des 20:3 ω6, 20:4 ω6, et 20:5 ω3) aux fonctions régulatrices multiples (agrégation plaquettaire, réactions inflammatoires, vasoconstriction et vasodilatation des vaisseaux, etc.);
- développement de la fonction rétinienne et du système nerveux central dès le stade fœtal (20:4 ω6 et 22:6 ω3);
- développement cognitif;
- régulation de l'expression génétique;
- formation des radicaux libres;
- croissance corporelle de l'enfant.

Il est important de noter que si les protéines cellulaires sont déterminées génétiquement, la composition en AGPI-LC des lipides membranaires dépend pour une large part des ingérés alimentaires.

C'est parce que ces AGPI-LC occupent des fonctions vitales et que leur conversion métabolique à partir des AGE «parents» est plus ou moins optimale selon l'activité des enzymes de conversion, que la notion du caractère essentiel de ces AG a évolué et qu'aujourd'hui on a tendance à considérer tous ces AG («parents» et AGPI-LC) comme essentiels. A titre d'exemple, nous évoquerons la conversion des 2 AGE «parents» chez le jeune enfant au cours des 6 premiers mois de sa vie postnatale. A ce stade, les systèmes enzymatiques de conversion (élongases et désaturases) ont une activité encore faible et il est donc nécessaire d'apporter, dans l'alimentation du nourrisson, non seulement les AGE «précurseurs» mais aussi leurs AGPI-LC préformés. Or la nature est bien faite puisque le lait maternel, comme nous le verrons plus loin, contient tous ces AG, en principe en quantités suffisantes, mais ce n'est pas le cas pour les aliments de complément actuellement administrés aux nourrissons, en particulier dans les pays en développement (PED).

Les AGPI-LC, mais surtout les AGPI-LC de la série ω3, participent aussi à la prévention et à la modulation de nombreuses pathologies[6,7]:

- maladies cardiovasculaires (dyslipoprotéinémies, arythmies, thromboses, athérosclérose, etc.);
- désordres auto-immuns (lupus, néphropathie);
- maladies de Crohn, d'Alzheimer, de Parkinson;
- cancers du sein, du colon, de la prostate;
- poly-arthrite rhumatismale, asthme, psoriasis, etc.
- sclérose en plaques;
- dépressions;
- diabète? SIDA?

Les recherches dans ces domaines sont très nombreuses et apportent presque chaque jour de nouveaux résultats.

SOURCES ALIMENTAIRES EN AGE ET AGPI-LC CHEZ LE NOURRISSON ET L'ENFANT

Chez le nourrisson, le lait maternel ou les laits de remplacement constituent la première source alimentaire d'AGE et d'AGPI-LC. Si le lait maternel contient à la fois les AGE et AGPI-LC préformés des deux séries ω6 et ω3, ce n'est pas toujours le cas pour nombre de formules infantiles, mais aujourd'hui, de nombreux nutritionnistes s'accordent pour recommander leur introduction dans ces formules.

Le lait maternel, quoiqu'on ait pu dire ou croire pendant longtemps, n'a pas une composition en AG unique, loin de là car celle-ci dépend pour une très large part de l'alimentation et de l'état de santé de la mère[8]. Il en résulte alors un apport en différentes familles d'AG qui peut être très variable d'une population à une autre comme d'une région à une autre et donc avoir des incidences nutritionnelles plus ou moins favorables pour le développement du nourrisson.

A titre d'exemple, la figure 1 rapporte les variations des teneurs en AGE et AGPI-LC ω6 et ω3 du lait maternel dans différentes régions du globe. D'après ces données on peut faire plusieurs remarques:

- On observe de fortes variations d'un pays à un autre que ce soit pour les AG de la série ω6 ou pour ceux de la série ω3. Ainsi les teneurs en ω6 varient de 10% (Malaisie) à ~ 25% (mères végétariennes de Grande Bretagne), celles en ω3 de 0,4% (Afrique du Sud) à 3,74 % (Chine).
- Pour un même pays, on constate des différences de composition dues aux modes alimentaires. Ainsi en Grande-Bretagne (GB) la teneur en ω6 du lait de végétariennes (24,6%) est plus du double de celle de mères non végétariennes (11,7%).
- Les teneurs en AG totaux de la série ω6 ne sont pas corrélées positivement ou négativement avec celles en AG de la série ω3. Ceci n'est pas surprenant puisque d'une part les AGE «parents» des séries ω6 et ω3 sont exclusivement d'origine alimentaire, alors que leurs dérives AGPI-LC proviennent à la fois de l'alimentation et du métabolisme des AGE parents.

Il en résulte des variations sensibles des rapports entre AG des deux séries ω6 et ω 3, comme l'illustre la figure 2 pour ce qui est du rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 dans le lait maternel de 23 pays différents. On voit ainsi que pour 8 pays sur 23, ce rapport se situe entre le minimum et le maximum recommandés par les experts alors que pour 15 d'entre eux, dont le Nigeria, le Soudan et le Burkina Faso, il se situe au niveau du maximum ou nettement au-dessus. Les données manquent actuellement pour d'autres pays d'Afrique de l'Ouest comme le Mali ou le Niger, mais ces pays ayant

des modes alimentaires proches du Burkina Faso[b], on peut s'attendre à trouver des valeurs proches c'est-à-dire au-dessus des recommandations. Ces différences d'apport peuvent donc avoir des répercussions à terme sur le développement de l'enfant, notamment son développement psychomoteur.

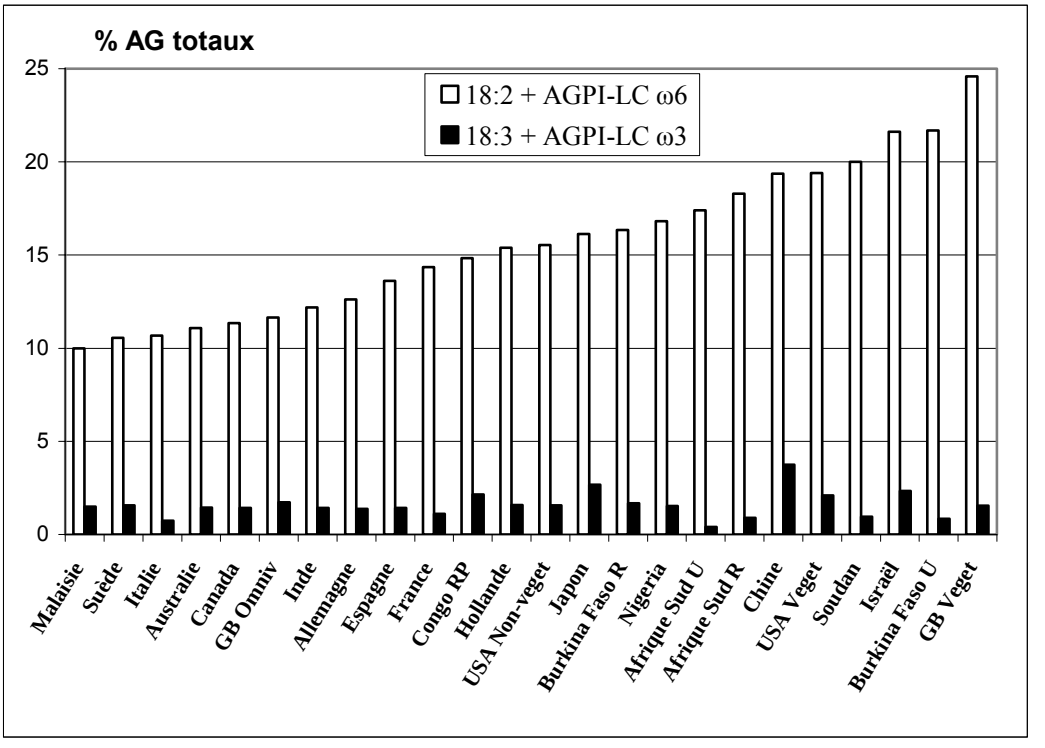


Figure 1: AGPI-LC dans le lait maternel: variations d'une région à une autre.

Les aliments de complément (AC) constituent théoriquement la seconde source d'AGE et d'AGPI-LC chez le nourrisson allaité, mais en principe seulement à partir de l'âge de 6 mois. Malheureusement, dans la plupart des PED, les AC sont donnés aux nourrissons avant l'âge de 6 mois, ils ont une densité énergétique faible et de plus ils sont pauvres en lipides et en AGE «parents». En outre, ils sont pratiquement dépourvus d'AGPI-LC préformés[9]. Dans ces conditions, les AC non seulement ne peuvent pas compenser un déséquilibre éventuel entre AGE ω6 et ω3 du lait maternel, mais ils aggravent aussi le déficit d'apport en AGE.

Chez l'enfant et chez l'adulte, les principales sources alimentaires en acides linoléique et α-linolénique sont les végétaux et plus précisément les huiles et graisses végétales. Cependant les sources d'acide α-linolénique sont beaucoup plus limitées que celles d'acide linoléique. On le trouve surtout dans les huiles de lin (35-56%), de colza (6-14%), de soja (5-10%), de noix (13%), qui sont des oléagineux souvent peu disponibles dans beaucoup de PED. Cependant, on trouve aussi l'acide α-linolénique dans les légumes à feuilles vertes, ce qui est intéressant dans le cas de l'alimentation lipidique des populations africaines, puisque nombre de celles-ci consomment ces légumes.

[b] *Des pays côtiers d'Afrique de l'Ouest, comme le Sénégal, la Côte d'Ivoire, etc., ne sont pas mentionnés ici, car disposant des ressources halieutiques importantes, leurs populations ont sans doute une alimentation plus riche en ω3 que celles des pays enclavés, dépourvus d'accès à la mer.*

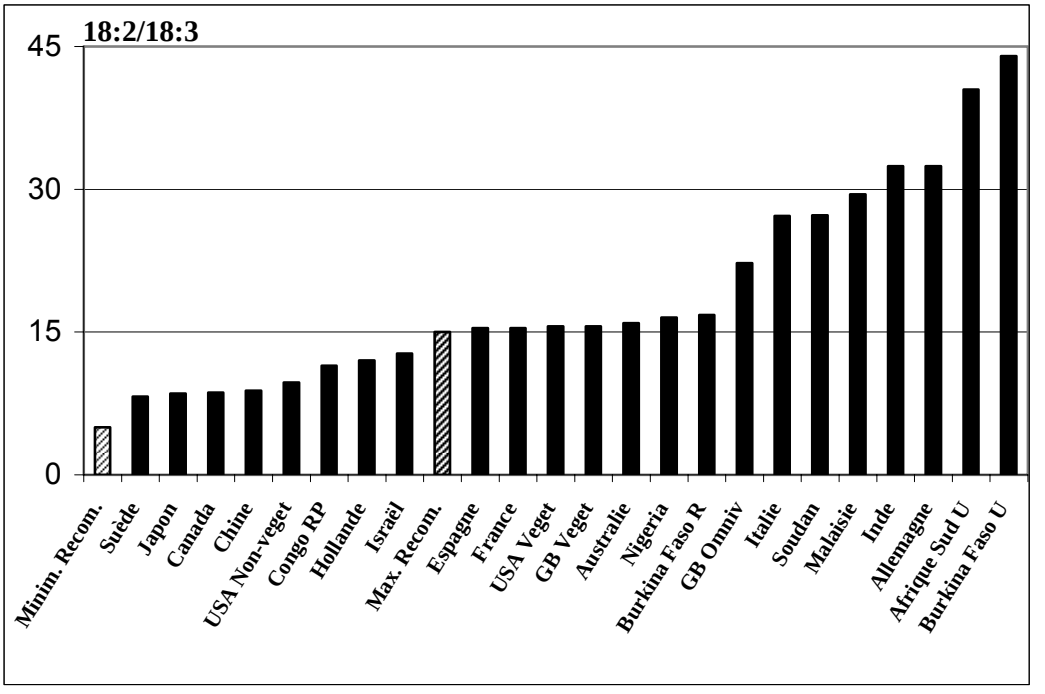


Figure 2: Rapport des AG 18:2 ω6/18:3 ω3 dans le lait maternel: variations entre pays.

En ce qui concerne les AGPI-LC des deux séries ω6 et ω3, on les trouve dans divers aliments, surtout d'origine animale; ce sont les poissons et mammifères marins qui en constituent la principale source, en particulier de la série ω3. Cela tient au fait que ces AGPI-LC sont largement présents dans les plantes marines et comme les animaux marins se nourrissent de ces plantes, on les retrouve incorporés en fortes quantités dans leurs tissus. Ce point est intéressant à signaler ici puisque le poisson occupe une place non négligeable dans l'alimentation de nombreuses populations africaines.

BESOINS ET APPORTS RECOMMANDÉS EN AGE ET AGPI-LC ω6 ET ω3

Les besoins quotidiens en AGE et leurs dérivés métaboliques varient chez l'homme en fonction de l'âge, du sexe et des stades physiologiques; en outre, ils sont différents d'un acide gras à un autre. Aujourd'hui de nombreux débats d'experts ont encore lieu pour mieux définir les besoins minima ou les apports recommandés en chacun de ces AG, que ce soit chez l'enfant ou l'adulte, car le consensus n'est pas encore totalement atteint. Il existe cependant des recommandations fournies par la WHO/FAO[9] ou par des comités d'experts[10] auxquelles nombre de nutritionnistes se rallient (tableaux 2a et 2b).

Ces apports recommandés ont été établis pour des sujets apparemment en bonne santé, ce qui signifie qu'ils peuvent être majorés ou adaptés dans le cas par exemple d'enfants nés avant terme et/ou de petit poids de naissance (< 2500g).

Il peut donc paraître curieux et à première vue paradoxal que malgré tout ce que l'on sait depuis plusieurs décennies sur l'importance des AGE et de leurs dérivés AGPI-LC pour le développement et le bien-être de l'homme et en particulier celui de l'enfant, ces AG n'aient pas été plus tôt pris en compte dans les travaux de recherche sur les causes de la malnutrition dans les PED. En effet, jusqu'en 1992, date de démarrage

de nos études sur les AGE dans les PED, aucune enquête d'envergure visant à évaluer le statut en AGE des populations infantiles vivant dans ces régions n'avait été entreprise. Certes il existait des études sur la composition en AG des lipides sanguins d'enfants malnutris, par exemple, mais elles étaient souvent ponctuelles et portaient sur un nombre limité de sujets.

Tableau 2a: Apports (mg/kg/jour) et rapports en AGE recommandés chez l'enfant[3].

Apports recommandés (mg/kg/jour)	
18:2 ω6	600
18:3 ω3	50
20:4 ω6 et AGPI-LC associés	40
20:5 ω3	2
22:6 ω3	20
Rapports recommandés	
18:2 ω6/18:3 ω3	5 à 15
AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3	1 à 2

Tableau 2b: Apports en AGE recommandés (% des AG totaux)[10].

AGE	**Apport recommandé (%)**
18:2 ω6	10,0
18:3 ω3	1,5
20:4 ω6	0,5
20:5 ω3	< 0,1
22:6 ω3	0,35

Plusieurs raisons peuvent expliquer cet état de fait. Il était logique et prioritaire, pour résoudre une malnutrition génératrice chez l'enfant de maigreur ou de retard de taille avec son cortège de pathologies diverses, que l'on s'intéresse d'abord aux apports alimentaires en énergie et en protéines, dont on connaissait bien l'influence sur la croissance: on parlait d'ailleurs de malnutrition protéino-énergétique (MPE). Il était également urgent de chercher à éradiquer certaines carences en vitamines ou micronutriments dont on connaissait bien là aussi les symptômes et les conséquences au sein des populations infantiles ou maternelles. De ce fait, les AGE et a fortiori leurs dérivés polyinsaturés n'intéressaient pas les nutritionnistes de terrain et étaient donc d'une certaine manière oubliés. Il est vrai qu'on ne connaissait pas chez l'homme, sauf dans des cas cliniques ou pathologiques très particuliers, de carence absolue en AGE, puisque dès lors que l'homme accepte de manger, il ingère forcément des AGE présents en plus ou moins fortes quantités dans la plupart des aliments. Ceci est d'autant plus vrai chez le nourrisson allaité, puisque le lait maternel contient les deux AGE «parents» et leurs dérivés AGPI-LC. On ne disposait donc pas encore de signes ou de marqueurs spécifiques d'une carence clinique ou infra clinique en AGE. De plus, comme les besoins minima en AGE chez l'enfant n'étaient pas connus ou faisaient l'objet de désaccords parmi les spécialistes, il était difficile d'en évaluer clairement les apports dans une ration alimentaire.

Une autre raison du peu d'intérêt des nutritionnistes et des organisations internationales comme l'UNICEF ou l'OMS pour les AGE et leur implication possible dans la malnutrition infantile sévissant dans les PED, peut tenir au fait que les AGE ne

sont pas classés avec les micronutriments, à côté des vitamines par exemple. Ils sont en quelque sorte cachés derrière les lipides qui eux se trouvent dans les macronutriments et sont considérés avant tout comme source d'énergie et transporteurs des vitamines liposolubles. Certes, les AGE et leurs dérivés AGPI-LC peuvent, comme les autres AG (saturés et monoinsaturés), être oxydés et donc fournir de l'énergie à l'organisme (1g de lipides = 9 Kcal, ou 37,6 kJ) mais telle n'est pas leur fonction primordiale, comme nous le verrons plus loin. Intégrer les AGE dans la grande famille des micronutriments est, à notre avis, une décision qu'il serait urgent de prendre.

RELATION ENTRE AGE + AGPI-LC ET CROISSANCE SOMATIQUE DE L'ENFANT

L'implication des AGE et de leurs AGPI-LC dans la croissance corporelle de l'enfant prématuré ou né à terme a fait l'objet, ces 10 dernières années, de nombreux travaux analysés dans deux revues bibliographiques récentes et complètes[11,12].
Chez le prématuré, il semble qu'il y ait une corrélation positive entre la teneur en 20:4 ω6 et 22:6 ω3 des lipides sanguins et l'anthropométrie du nouveau né (poids, périmètre crânien)[13,14]. Chez l'enfant né à terme, la plupart des études menées montrent que durant les 12 premiers mois de la vie, la croissance des enfants recevant des préparations lactées contenant des AGPI-LC ω6 et ω3 est comparable à celle d'enfants nourris au lait maternel. Il faut cependant remarquer que toutes ces études ont été menées dans des pays industrialisés, chez des enfants qui, quelle que soit leur alimentation, présentaient une vitesse de croissance normale. De plus, la plupart des préparations lactées mises à l'épreuve présentaient des teneurs en AGPI-LC ω6 et ω3 comparables à celles des laits maternels servant de témoins. Dans ces conditions, il était difficile voire impossible de mettre en évidence des différences de vitesses de croissance attribuables aux AGPI-LC. Cependant, Xiang et al.[15] ont observé que les teneurs en 20:4 ω6 et 22:6 ω3 dans le lait maternel étaient corrélées positivement avec la croissance corporelle d'enfants âgés de 3 mois. A l'inverse, Jensen et al.[16] ont trouvé un effet négatif sur la croissance d'une préparation lactée dont le rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 était faible (4,8:1). Dans la plupart des PED, le statut socio-économique de nombre de ménages est précaire, les pratiques alimentaires des enfants sont souvent inadéquates et la croissance des enfants n'atteint pas les valeurs de référence recommandées par l'OMS pour usage international. Déjà en 1995, Tichelaar et al.[17] émettaient l'hypothèse qu'un déséquilibre d'apport en AGPI-LC, manifesté par un rapport ω6: ω3 trop élevé pouvait aggraver l'émaciation.

Dans les PED, c'est généralement le lait maternel qui constitue la première et unique source d'AGE et de dérivés AGPI-LC chez le nourrisson. Ceci étant, nous avons vu que les apports en ces AG ne sont pas nécessairement identiques comme la teneur du lait maternel fluctue et par conséquent, on peut supposer des répercussions fonctionnelles plus ou moins favorables. La teneur en ces AG du lait maternel peut ainsi servir de marqueur du statut du nourrisson allaité en AGE + AGPI-LC.

Nos premières enquêtes nutritionnelles sur le statut en AGE de nourrissons âgés de 5 mois vivant en milieu urbain à Brazzaville et à Ouagadougou ont révélé de fortes différences entre les deux sites quant à la composition en AG du lait maternel (tableau 3). Les laits des mères congolaises et burkinabè sont très riches en AG saturés à chaîne moyenne et intermédiaire (6:0 – 14:0), ce qui reflète un régime riche en glucides et pauvre en lipides, mais ils diffèrent sensiblement quant à la teneur en AGE et AGPI-LC ω6 et ω3. Les mères congolaises consommant plus de poissons (source d'AGPI-LC ω3) et de légumes à feuilles vertes (source d'AG18:3 ω3) que les mères burkinabè, leur lait contient deux fois plus de 18:3 ω3 et d'AGPI-LC ω3 mais nettement moins d'AG de la série ω6.

Tableau 3: Teneur du lait maternel en lipides et en acides gras (AG), Congo et Burkina Faso (moyenne±ET).

	Brazzaville	**Ouagadougou**	***p***
***Lipides** (g/l)*	28,59 ± 11,34	33,42 ± 9,84	<0,01
AG saturés			
C8:0-C14:0	7,17 ± 3,19	8,86 ± 3,44	<0,001
C15:0-C24:0	7,73 ± 3,26	8,27 ± 2,69	NS
AG mono insaturés	8,36 ± 3,81	8,22 ± 2,88	NS
AGE et AGPI-LC			
18:2 ω6	3,98 ± 2,15	6,73 ± 2,83	<0,0001
AGPI-LC ω6	0,34 ± 0,16	0,63 ± 0,21	<0,0001
18:3 ω3	0,34 ± 0,21	0,15 ± 0,08	<0,0001
AGPI-LC ω3	0,33 ± 0,16	0,15 ± 0,09	<0,0001
Rapports			
18:2 ω6/18:3 ω3	12,3 ± 3,26	52,6 ± 27,60	<0,0001
AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3	1,1 ± 0,37	4,9 ± 1,93	<0,0001

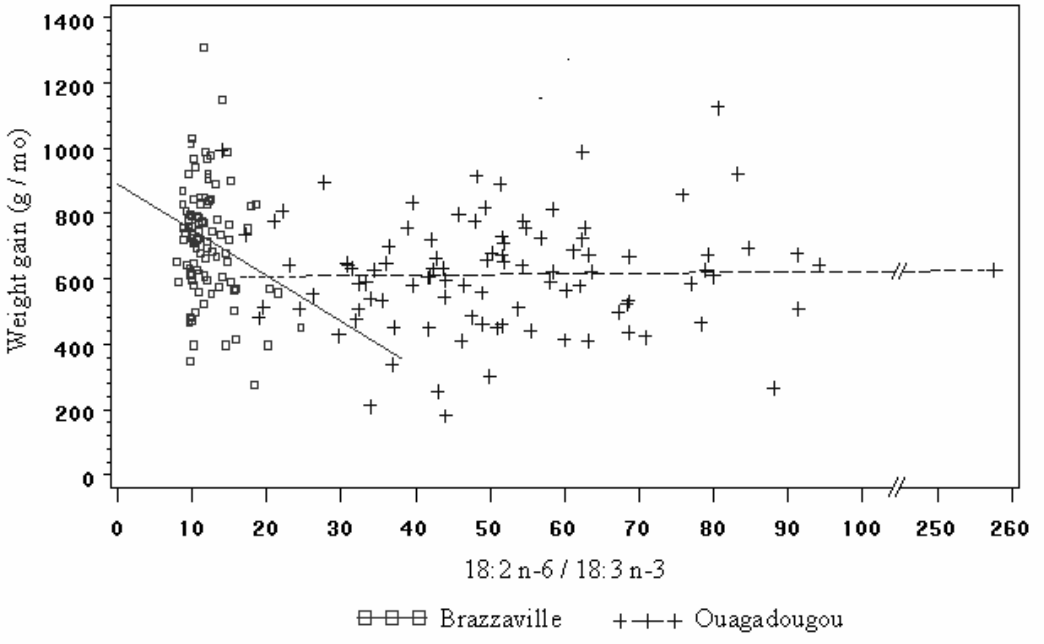
Source: Rocquelin et al[18,19].

Le lait des mères congolaises présente en moyenne des rapports 18:2 ω6/18:3 ω3 et AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3 (respectivement 12,3 et 1,1) se situant dans la fourchette des valeurs recommandées par WHO/FAO[9], alors que ces rapports sont beaucoup plus élevés (respectivement 52,6 et 4,9) et nettement au-dessus des recommandations internationales dans le cas du lait des mères burkinabè. D'autres enquêtes menées plus récemment au Burkina Faso[20], cette fois-ci en milieu rural et à deux saisons différentes (disponibilités alimentaires élevées ou basses), nous ont permis de confirmer ce déséquilibre entre AGE et AGPI-LC ω6 et ω3 du lait maternel.

Nous avons comparé le gain de poids des nourrissons de Brazzaville à ceux de Ouagadougou et nous avons pu montrer[21], à Brazzaville, que le gain de poids des enfants à 5 mois était inversement relié au rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 du lait maternel (figure 3). Le gain de poids était plus élevé lorsque ce rapport se situait entre 5 et 15 (p=0,003), ce qui correspond aux valeurs recommandées pour un développement optimal de l'enfant, que lorsque le rapport était supérieur (de 15 à 24). En ajustant l'effet du rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 aux autres co-variables ayant eu un effet sur le gain de poids (teneur en lipides du lait maternel, sexe et état de santé de l'enfant, statut socioéconomique de la mère), on accentue encore la significativité du résultat (p=0,001). En revanche, une telle relation n'est pas démontrée au Burkina Faso, où le rapport 18:2 ω6/18:3 ω3 est nettement plus élevé qu'au Congo.

A notre connaissance, c'est la première fois qu'une étude d'observation démontre une relation entre le rapport 18:2ω6/18:3 ω3 dans le lait maternel et le gain de poids du jeune enfant. Jusqu'à présent, on s'était surtout focalisé sur l'importance des lipides comme première source d'énergie pour assurer une bonne croissance de l'enfant, les lipides du lait maternel représentant 40-55 % de l'énergie totale. Nos résultats suggèrent que les AGE et leurs dérivés AGPI-LC peuvent aussi jouer un rôle sur la croissance somatique.

On peut également penser que les AGPI-LC pourraient avoir un effet à long terme sur la croissance corporelle de l'enfant dans la mesure où ils régulent l'expression des gènes responsables du développement des adipocytes[22].



Brazzaville: y = 889,84 – 14,021 x Ouagadougou: y = 602,94 + 0,2001 x

Figure 3: Relation entre le gain de poids de l'enfant (y) et le rapport 18:2ω6/18:2ω3 (x) dans le lait maternel, à Brazzaville (□) et Ouagadougou (+)

RELATION ENTRE AGE + AGPI-LC ET DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT

De très nombreuses études, toutes menées dans des pays industrialisés, ont cherché à élucider le rôle potentiellement bénéfique des AGPI-LC, en particulier ceux de la série ω3, dans de nombreuses fonctions telle que la fonction rétinienne, le développement psychomoteur et cognitif de l'enfant, etc.[5,23-27]. La plupart de ces résultats ont été obtenus chez des enfants allaités comparés à des enfants recevant des préparations lactées dépourvues d'AGPI-LC. Si des effets favorables semblent bien établis chez des enfants prématurés, les résultats sont encore discordants chez l'enfant né à terme[23]. Il n'est en effet pas facile de distinguer les effets de l'allaitement proprement dit en tant que pratique alimentaire de ceux des AGPI-LC apportés par le lait.

Quoi qu'il en soit, la plupart des nutritionnistes s'accordent aujourd'hui pour dire qu'il est important que l'enfant, dès le stade fœtal et au moins au cours des 6 premiers mois de sa vie post-natale, reçoive des quantités suffisantes et équilibrées en AGPI-LC. Toute carence infra clinique grave en AGE et AGPI-LC pourrait avoir des conséquences délétères et irréversibles pour le cerveau[28]. Cela signifie que l'alimentation de la femme enceinte ou allaitante devrait être normalement pourvue en ces AG. Cela suppose aussi que les préparations lactées utilisées dans les pays industrialisés et les aliments de compléments utilisés dans les PED devraient renfermer ces AGPI-LC, ce qui n'est pas encore le cas. Aucune étude à notre

connaissance n'a encore été entreprise dans les PED sur l'incidence d'un apport déséquilibré en AGE et AGPI-LC sur le développement à court et long terme de l'enfant, notamment son développement psychomoteur. Il existe diverses méthodes et techniques d'évaluation de ce développement[14] dont certaines sont applicables sur le terrain. Notre équipe envisage de mener de telles études au Burkina Faso.

VOIES ALIMENTAIRES D'AMÉLIORATION DU STATUT EN *AGE* ET *AGPI-LC* DES NOURRISSONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Compte tenu des données sur le statut en AGE et AGPI-LC des nourrissons au Burkina, résultats sans doute applicables à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, il est possible que la carence des mères et des nourrissons en AGE et AGPI-LC ait des conséquences défavorables sur le développement de l'enfant. Plusieurs voies alimentaires sont envisageables pour améliorer ce statut:

- Augmentation de l'apport en lipides alimentaires des femmes enceintes ou allaitantes en augmentant la consommation des:
  - huiles végétales, sources d'AGE «parents»;
  - poissons, principales sources d'AGPI-LC ω3;
  - légumes feuilles, sources de 18:3 ω3.

  L'objectif à atteindre est d'augmenter la teneur en AGE et AGPI-LC ω3 du lait maternel afin de rééquilibrer les rapports 18:2 ω6/18:3 ω6 et AGPI-LC ω6/AGPI-LC ω3.
- Pour les mêmes raisons que ci-dessus, augmenter la teneur en lipides des aliments de complément destinés aux enfants en y incorporant des:
  - huiles végétales;
  - poissons;
  - légumes feuilles.

  L'objectif à atteindre est d'apporter, pendant la période de sevrage, suffisamment d'AGE et notamment d'AGPI-LC préformés, ainsi que d'augmenter la densité énergétique de ces aliments.
- Donner aux femmes africaines une éducation nutritionnelle appropriée afin qu'elles acceptent de modifier certaines de leurs habitudes alimentaires et celles de leurs enfants.

  Pour aboutir à cela, une amélioration de la production et de la disponibilité de ces aliments doit être encouragée et supportée par les autorités locales.

RÉFÉRENCES

1. Burr GO, Burr MM. A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. J Biol Chem 1999;82:345-67.
2. Sprecher H. An update on the pathways on polyunsaturated fatty acid metabolism. Curr Opin Clin Nutr 1999;2:135-8.
3. WHO/FAO. Joint expert consultation on fats and oils. Fats and oils in human nutrition. FAO Nutrition Paper no 57. 1994:1-147. Internet: http://www.fao.org/docrep/.
4. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in health and disease and in gowth and development. Am J Clin Nutr 1991;54:38-63.
5. Spector AA. Essentiality of fatty acids. Lipids 1999;34S:1-3.

6. Connor WE. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. Am J Clin Nutr 2000;71S:171-5.

7. Youdim KA, Martin A, Joseph JA. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. Int J Dev Neurosci 2000;18:383-99.

8. Jensen RG, Lipids in human milk. Lipids 1999;34:1243-71.

9. Beare-Rogers J, Ghafoorunissa O, Korver O, Rocquelin G, Sundram K, Uauy R. Dietary fat in developing countries. Food Nutr Bull 1998;19:251-67.

10. Conference report. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. PUFA Newsletter 1999;3:3-4.

11. Gibson RA, Chen W, Makrides M. Randomized trials with polyunsaturated fatty acid interventions in preterm and term infants: functional and clinical outcomes. Lipids 2001;36:873-83.

12. Lapillonne A, Carlson SE. Polyunsaturated fatty acids and infant growth. Lipids 2001;36:901-11.

13. Foreman-van Drongelen MMHP, van Houwelingen AC, Kester ADM, Hassaart THM, Blanco CE, Hornstra G. Long-chain polyunsaturated fatty acids in preterm infants: status at birth and its influence on postnatal levels. J Pediatr 1995;126:611-18.

14. Carlson SE, Neuringer M. Assessment of infant visual and cognitive function in relation to long chain polyunsaturated fatty acids. Bâle, Suisse: Editions Roche, 1996:1-78.

15. Xiang M, Zetterstrom R. Relation between polyunsaturated fatty acids and growth. Acta Paediatr 1999;88:78-82.

16. Jensen CL, Prager TC, Fraley JK, Chen H, Anderson RE, Heird WC. Effect of dietary linoleic/alpha-linolenic acid ratio on growth and visual function of term infants. J Pediatr 1997;131:200-9.

17. Tichelaar HY, Dhansay MA, Smuts CM, et al. Fatty acid and nutritional status in children under two years of age from a low socio-economic community. S Afr Food Sci Nutr 1995;7:109-14.

18. Rocquelin G, Tapsoba S, Dop MC, Mbemba F, Traissac P, Martin-Prével Y. Lipid content and essential fatty acid (EFA) composition of mature Congolese breast milk are influenced by mothers' nutritional status: Impact on infants' EFA supply. Eur J Clin Nutr 1998;52:164-71.

19. Rocquelin G, Kiffer J, Tapsoba S, Bouda C. High proportions of n-6 polyunsaturated fatty acids in mature milk of mothers in Ouagadougou, Burkina Faso. Acta Paediatr 2001;90:450-52.

20. Thiombiano-Coulibaly N, Rocquelin G, Eymard-Duvernay S, Kiffer-Nunes J, Tapsoba S, Traoré SA. Seasonal and environmental effects on breast milk fatty acids in Burkina Faso and the need to improve the omega PUFA content. Acta Paediatr 2003;92:1388-93.

21. Rocquelin G, Tapsoba S, Kiffer J, Eymard-Duvernay S. Human milk fatty acids and growth of infants in Brazzaville (The Congo) and Ouagadougou (Burkina Faso). Public Health Nutr 2003;6:241-7.

22. Uauy R, Mena P, Rojas C. Essential fatty acids in early life: structural and functional role. Proc Nutr Soc 2000;59:3-15.

23. Carlson SE, Neuringer M. Polyunsaturated fatty acid status and neurodevelopment: a summary and critical analysis of the litterature. Lipids 1999;34:171-8.

24. Koletzko B, Rodriguez-Palmero M. Polyunsaturated fatty acids in human milk and their role in early infant development. J Mammary Gland Biol 1999;4:269-84.

25. Buttriss J. N-3 fatty acids and health. Briefing paper, Brit Nutr Found. 1999;1-44. Internet: http://www.nutrition.org.uk.

26. Uauy R, Mena P, Valenzuela A. Essential fatty acids as determinants of lipid requirements in infants, children and adults. Eur J Clin Nutr 1999;53S:66-77.

27. Koletzko B, Agostoni C, Carlson SE, et al. Long chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) and perinatal development. Acta Paediatr 2001;90:460-4.

28. Crawford MA. The role of essential fatty acids in neural development: implications for perinatal nutrition. Am J Clin Nutr 1993;57S:703-10.

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Mesure de la qualité du régime alimentaire à l'aide de scores de variété/diversité: relation avec l'état nutritionnel des mères en milieu rural Burkinabè

Savy[1*] Mathilde, Sawadogo[1] Prosper, Kameli[1] Yves, Martin-Prével[1] Yves

[1] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD Ouagadougou, 01 BP 182, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *savy@ird.bf*

- Résumé -

Les méthodes quantitatives de mesure de la consommation alimentaire sont longues, coûteuses et difficiles à mettre en œuvre en milieu rural africain. Depuis quelques années, des méthodes d'évaluation qualitative de la consommation alimentaire ont donc été proposées, comme le calcul de scores de variété et de diversité alimentaires. Nous avons appliqué une méthode de ce type dans une province rurale du Burkina Faso, auprès de mères de jeunes enfants. L'objectif principal était d'étudier la relation entre la qualité du régime alimentaire, exprimée par des scores de diversité et de variété, et l'état nutritionnel des femmes.

Une enquête transversale a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif de 691 mères. La consommation alimentaire a été recueillie par un rappel qualitatif de tous les aliments ingérés au cours des dernières 24 heures, permettant de générer un score de variété alimentaire (SVA = compte des items alimentaires consommés), et un score de diversité alimentaire (SDA = compte des groupes alimentaires parmi 14 groupes). L'indice de masse corporelle (IMC), le périmètre brachial et le pourcentage de masse grasse (MG) ont été utilisés pour apprécier l'état nutritionnel. Des informations sanitaires, démographiques et socio-économiques ont aussi été relevées.

Le régime alimentaire est peu diversifié: le SVA moyen est de 8,4 $\pm$ 2,9 items, et le SDA moyen est de 5,1 $\pm$ 2,0 groupes alimentaires. Le SVA et le SDA en classes sont fortement liés aux indices anthropométriques, notamment à l'IMC moyen (p=0,005 et 0,004 respectivement) et au pourcentage de MG moyen (p=0,002 et 0,0001 respectivement). Toutefois, ces relations disparaissent partiellement après ajustement sur le niveau socio-économique du ménage.

Une méthode relativement simple permet de décrire de façon satisfaisante la qualité du régime alimentaire et de mettre en évidence un lien entre cette dernière et l'état de nutrition chez des femmes adultes. Néanmoins, il reste à élucider les relations entre anthropométrie, diversité alimentaire et niveau socio-économique des ménages.

Mots-clés: Diversité alimentaire – Etat nutritionnel – Niveau de patrimoine – Mères – Milieu rural.

- Abstract -

Use of variety/diversity scores for diet quality measurement: relationship with nutritional status of mothers in a rural area in Burkina Faso

Background and objectives: Meeting nutrient requirements is essential for health. Quantitative methods for food consumption measurement are time-consuming, expensive and difficult to carry out, especially in an African rural context. For a few years, several methods for assessing the quality of the diet have been proposed, as for example the use of food variety scores (FVS) or dietary diversity scores (DDS).
We used such a method in a poor rural area of the North-East Burkina Faso (Gnagna Province), among mothers of young children. The main objective was to study the relationships between diet quality, as assessed by FVS and DDS, and nutritional status, as represented by the body mass index (BMI) and the total body fat (TBF) percentage, derived from skinfolds' thickness.

Method: A cross-sectional survey was carried out in the Gnagna Province on a representative sample of 616 mothers, in January-March 2002.
Qualitative data on food consumption were collected through the 24-hour recall method. These data were used to generate a food variety score (FVS = count of food items consumed over 24 hours) and a dietary diversity score (DDS = count of food groups consumed over the same period). A threshold of at least 6 food groups consumed during the last 24 hours was chosen to distinguished "good" and "poor" diet quality.
Standardized techniques were used to measure weight, height, mid-upper arm circumference and 4 skinfolds' thickness (bicipital, tricipital, subscapular, suprailiac) of the mothers.
Data on health, demographic and socioeconomic characteristics were also collected

Results: The mothers' diet has been characterized as poor and monotonous. Among a total of 58 identified food items, the mean FVS was 7.6 $\pm$ 2.7 (range 1-20); among 13 food groups represented, the mean DDS was 4.6 $\pm$ 1.5 (range 1-9).
These scores were not linked to marital status, spouse rank nor education level of the mother, but were strongly related to the socioeconomic level of the household: mean FVS=7.3 $\pm$ 2.5 in poor households and 7.9 $\pm$ 3.0 in rich households (F = 6.3; p= 0.01).
The nutritional status of mothers was clearly linked to the diet quality: mean BMI= 20.7 $\pm$ 2.0kg/m^2 and TBF= 20.6 $\pm$ 3.7 % when the diet is poor; BMI= 21.3 $\pm$ 2.0 and TBF=21.8 $\pm$ 4.0 when the diet is good (respectively, F = 9.2 and 9.3; p = 0.003 and 0.002). However, this link disappeared when the socioeconomic status was accounted for

Conclusion: The method of diet quality measurement used in this study proved to be discriminating towards the nutritional status of mothers. Moreover, this result was obtained from a rather homogenous sample showing a very monotonous diet. However, the relationship between dietary scores, nutritional status and socioeconomic level still needs to be clarified.

Key words: Diet quality – Nutritional status – Socio-economic level – Mothers – Rural area.

INTRODUCTION

Depuis longtemps, la communauté scientifique s'intéresse à la mesure des régimes alimentaires et de leur qualité, en raison de l'importance de la couverture des besoins en différents nutriments pour la santé des individus. Les méthodes de mesure quantitative de la consommation alimentaire sont longues, coûteuses et particulièrement difficiles à mettre en œuvre en milieu rural africain. Depuis quelques années, plusieurs méthodes d'évaluation qualitative de cette consommation, à l'aide d'outils simples, ont donc été proposées[1,2].

L'objectif de la présente étude était d'étudier la relation entre la qualité du régime alimentaire et l'état de nutrition des femmes en milieu rural africain. Nous avons pour cela utilisé une méthode de rappel qualitatif de la consommation alimentaire des dernières 24 heures, permettant la construction de scores de variété et de diversité alimentaires, associée à des mesures anthropométriques (poids, taille, périmètre brachial et plis cutanés).

MÉTHODOLOGIE

Lieu d'étude

L'étude s'est déroulée dans la province de la Gnagna, au nord-est du Burkina Faso. Cette province s'étend sur 8640 km^2 et compte environ 350000 habitants. C'est l'une des provinces les plus pauvres et les plus enclavées du pays, particulièrement vulnérable sur le plan alimentaire et nutritionnel.

Echantillon

Une enquête transversale, à domicile, par questionnaires et mesures anthropométriques a été réalisée dans 30 villages de la province, entre le 24 janvier et le 30 mars 2002.

Un sondage à 2 degrés a été réalisé, avec en premier lieu tirage au sort des 30 villages avec probabilité proportionnelle à leur taille (en nombre d'habitants)[3], suivi par le tirage au sort de 6 Unités Collectives d'Habitat (UCH) par village. L'enquête s'est adressée à toutes les mères de jeunes enfants (< 5 ans) présentes dans ces UCH, soit un échantillon final de 691 sujets.

Information recueillie

La consommation alimentaire a été recueillie par un rappel qualitatif de tous les aliments ingérés au cours des dernières 24 heures. Cette information nous a permis de générer deux types de scores.

Score de variété alimentaire (SVA)

Il s'agit du nombre d'aliments différents consommés par la personne la veille de l'enquête (identifiés parmi une liste de 116 items). Les occurrences de consommation ainsi que les quantités ingérées ne sont pas prises en compte. En l'absence de valeur seuil recommandée ou proposée dans la littérature, la limite entre 8 et 9 items alimentaires a été choisie après observation de la distribution du score (figure 1) pour répartir l'échantillon en un groupe «SVA correct» ($\geq$ 9 items), représentant environ 1/3 des mères, et un groupe «SVA insuffisant» (< 9 items), représentant environ 2/3 des sujets.

Score de diversité alimentaire (SDA)

Il s'agit du nombre de groupes d'aliments différents auxquels appartiennent les aliments consommés par la personne la veille de l'enquête (quel que soit le nombre de représentants de chaque groupe). Pour cette étude, nous avons décidé de nous rapprocher au maximum de la table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique proposée par la FAO[4] en choisissant les 14 groupes suivants: céréales, racines/tubercules, légumineuses, légumes, légumes feuilles, fruits, sucre, viandes/volailles/insectes, œufs, poissons/produits de la mer, lait/produits laitiers, huiles/graisses, condiments, boissons/divers.

Deux classes de SDA ont été définies: SDA correct (≥ 6 groupes) et SDA insuffisant (< 6). Cette limite a été choisie selon la distribution du score, de façon à respecter la répartition de l'échantillon selon le ratio 2 tiers / 1 tiers obtenu pour le SVA.

Les mesures anthropométriques ont été réalisées de façon standardisée par des enquêteurs entraînés, en utilisant les procédures recommandées par l'OMS[5]. Les sujets ont été pesés sur des pèse-personnes électroniques avec une précision de 100 grammes. La taille a été mesurée au millimètre près à l'aide de toises portables en bois de fabrication locale. Le périmètre brachial a été mesuré au millimètre près à l'aide de rubans non extensibles, à mi-hauteur du bras gauche. Enfin, les plis cutanés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque) ont été mesurés selon les procédures standards de Lohman[6], à 0,2 mm près, à l'aide d'une pince de Holtain (Crymych, UK).

L'indice de masse corporelle (IMC) a été retenu pour caractériser la corpulence des individus. Par ailleurs, la mesure des plis cutanés nous a permis de déterminer la densité corporelle (DC) en appliquant l'équation développée par Durnin et Womersley[7]; cette densité nous a elle-même permis d'obtenir le pourcentage de masse grasse des mères (MG) par l'équation de Siri[8].

Des informations socio-démographiques, économiques et sanitaires ont été recueillies au niveau des UCH, des ménages et des mères. Ces informations ont notamment été utilisées pour construire des indicateurs synthétiques de niveau de patrimoine des ménages, de niveau d'hygiène et de niveau de «soins»[a] en direction des femmes.

Analyses statistiques

L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel Epi-Info version 6.04[10] et du système SAS version 8.0[11]. Il a été fait appel au modèle linéaire général pour l'analyse des données quantitatives et au modèle logistique pour l'analyse des données qualitatives.

[a] *Les «soins» se définissent comme «la fourniture, au sein du ménage, du temps, de l'attention et du soutien nécessaire pour couvrir les besoins physiques, mentaux et sociaux des individus»*

RÉSULTATS

Qualité du régime alimentaire

Le régime alimentaire de la plupart des mères apparaît à la fois peu varié (SVA moyen = 8,4 ± 2,9 aliments) et peu diversifié (SDA moyen = 5,1 ± 2,0 groupes alimentaires). La figure 1 montre par ailleurs que les scores se répartissent de façon très inégale au sein de l'échantillon (SVA: min=4 max=22; SDA: min=2 max=10).

Si l'on examine les caractéristiques du régime alimentaire, on observe qu'il est en général composé de céréales, de légumes feuilles et de condiments, avec en plus, dans la moitié des cas environ, un autre légume ou du poisson (le plus souvent du poisson séché, sous forme de poudre, ajouté en très petites quantités dans la sauce) (figure 2). Clairement, ce qui distingue les mères ayant des «bons» scores des mères ayant des «mauvais» scores est la proportion plus importante de femmes ayant consommé sur les dernières 24 heures, des corps gras, de la viande et des légumineuses, ainsi que des légumes, du sucre et du poisson. Enfin, on remarque que les groupes racines/tubercules, lait/produits laitiers, œufs, fruits, et boissons sont très peu consommés quel que soit le score de diversité.

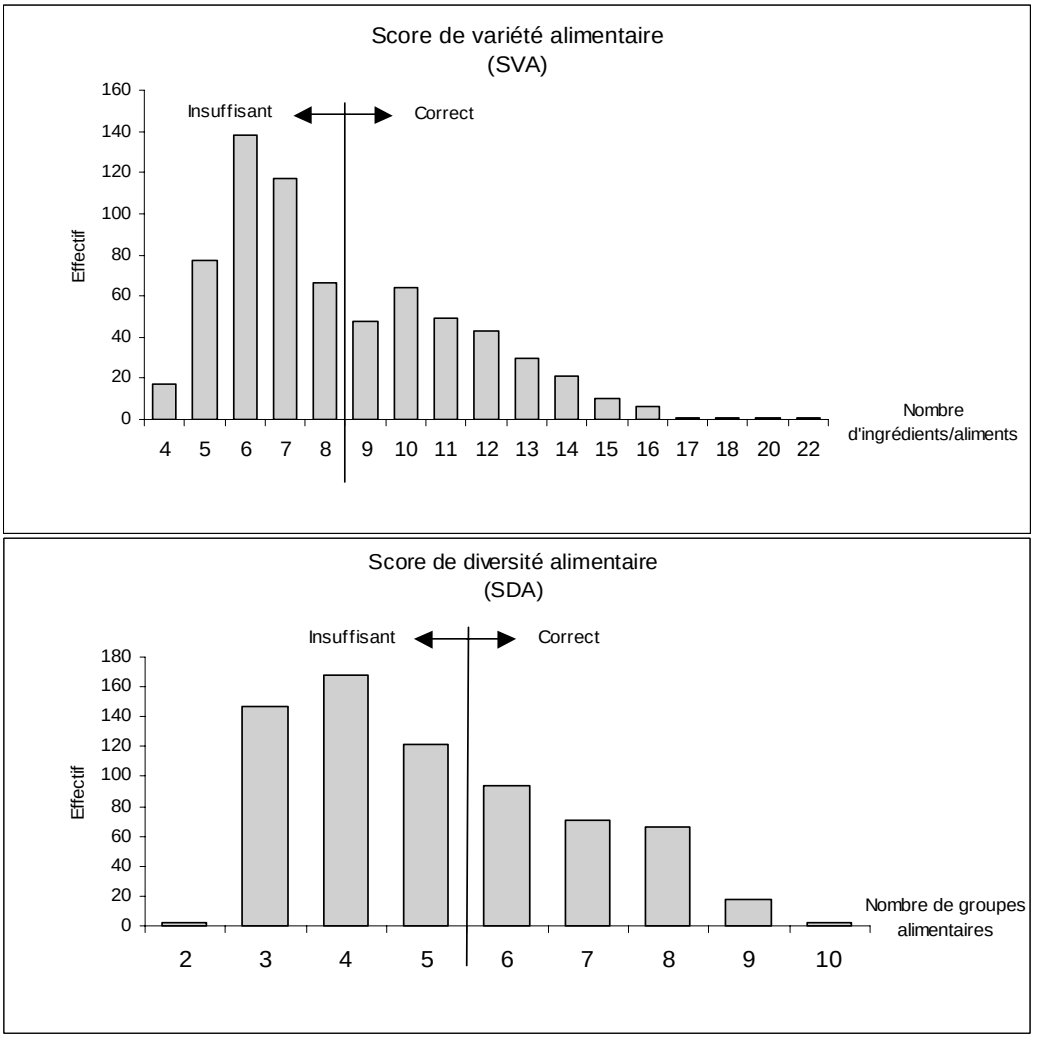


Figure 1: Distribution des scores alimentaires.

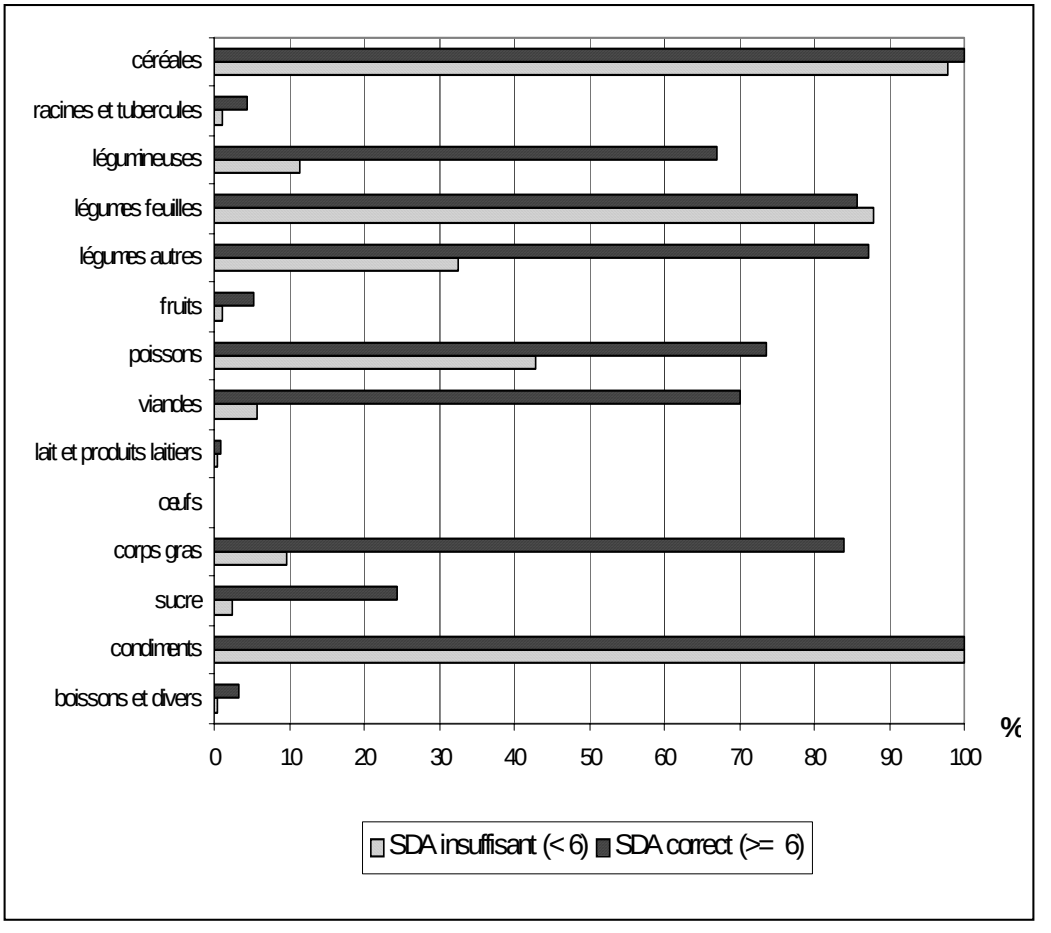


Figure 2: Pourcentage de sujets consommant chaque groupe d'aliments selon le niveau de leur score de diversité alimentaire.

Nous avons étudié la distribution des scores en fonction des caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon, par des analyses bivariées, à la fois en comparant les scores moyens et les pourcentages de «bons» et «mauvais» scores selon les catégories des variables. Le tableau 1 présente les principaux résultats des comparaisons effectuées. Les comparaisons faites sur les scores moyens fournissent des résultats analogues mais ne sont pas montrées pour ne pas alourdir le tableau. On notera particulièrement que les scores alimentaires sont plus souvent bons lorsque le chef d'UCH est installé depuis très longtemps dans sa concession, lorsque le chef de ménage a reçu un minimum d'éducation et qu'il a une activité professionnelle secondaire (en plus de l'agriculture). Il en est de même lorsque le ménage a un meilleur niveau de patrimoine et d'hygiène. En revanche, on est frappé de voir que le niveau d'éducation des mères n'influence pas nettement les scores alimentaires et que, concernant les mères, les variables influençant le plus le régime alimentaire sont le fait d'avoir une activité secondaire et un meilleur niveau de «soins».

Tableau 1: Scores alimentaires selon les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon.

Variables socio-démographiques	n	% SVA correct (a)	Test	% SDA correct (b)	Test
Information au niveau de l'Unité Collective d'Habitat					
Ancienneté du chef dans UCH - *50 ans ou + ou né* - *< 50 ans*	521	 44,3 20,5	$Chi^2 = 16,4$ *p < 0,0001*	 39,7 16,9	$Chi^2 = 15,8$ *p < 0,0001*
Information au niveau du ménage					
Taille - *≤ 6 personnes* - *7 à 10 personnes* - *> 10 personnes*	532	 38,9 34,7 43,6	$Chi^2 = 3,5$ *p = 0,17*	 31,1 32,3 39,3	$Chi^2 = 3,2$ *p = 0,20*
Statut matrimonial du chef - *non polygame* - *polygame*	532	 40,7 39,7	$Chi^2 = 0,1$ *p = 0,81*	 33,3 37,0	$Chi^2 = 0,7$ *p = 0,39*
Education du chef - *éduqué ou formé* - *rien*	532	 59,7 34,4	$Chi^2 = 24,6$ *p < 0,0001*	 49,6 31,7	$Chi^2 = 12,8$ *p = 0,0003*
Activité secondaire du chef - *oui* - *non*	532	 46,7 33,8	$Chi^2 = 9,2$ *p = 0,002*	 43,2 28,7	$Chi^2 = 12,1$ *p = 0,0005*
Niveau de patrimoine - *pauvre* - *moyen* - *riche*	498	 29,9 42,6 43,4	$Chi^2 = 7,1$ *p = 0,03*	 26,3 35,4 41,0	$Chi^2 = 7,2$ *p = 0,03*
Niveau d'hygiène - *bon* - *moyen* - *mauvais*	532	 58,9 37,0 37,1	$Chi^2 = 12,5$ *p = 0,002*	 53,4 33,4 31,8	$Chi^2 = 11,7$ *p = 0,003*
Information au niveau des mères					
Age - *< 20 ans* - *20 à 29 ans* - *30 ans et +*	532	 46,5 38,2 39,7	$Chi^2 = 1,9$ *p = 0,39*	 38,4 34,4 36,4	$Chi^2 = 0,5$ *p = 0,77*
Ethnie - *gourmantché* - *peuhl* - *mossi*	531	 39,7 34,0 52,6	$Chi^2 = 3,3$ *p = 0,19*	 35,7 28,0 47,4	$Chi^2 = 3,5$ *p = 0,17*
Education - *éduquée ou formée* - *rien*	532	 46,0 38,5	$Chi^2 = 2,1$ *p = 0,15*	 40,5 34,4	$Chi^2 = 1,4$ *p = 0,23*
Activité secondaire - *oui* - *non*	530	 52,9 35,6	$Chi^2 = 12,7$ *p = 0,0004*	 47,9 31,5	$Chi^2 = 11,9$ *p = 0,0006*
Niveau de «soins» - *faible* - *moyen* - *bon*	532	 29,4 46,1 46,2	$Chi^2 = 14,4$ *p = 0,0007*	 27,3 38,9 42,4	$Chi^2 = 9,8$ *p = 0,007*

(a) Score de Variété Alimentaire ≥ 9 items alimentaires;
(b) Score de Diversité Alimentaire ≥ 6 groupes alimentaires.

Etat nutritionnel des mères

Avec une taille moyenne d'environ 161 cm et un poids de 54 kg, les femmes présentent une corpulence plutôt satisfaisante (IMC moyen = 20,8 ± 2,0 kg/m^2) (tableau 2). En effet, la grande majorité des femmes, quel que soit leur âge, a un IMC qualifié de «normal» (près de 86 %); elles sont très peu nombreuses en surpoids, mais près de 11 % d'entre elles présentent tout de même un état de maigreur (IMC < 18,5 kg/m^2) (résultats non montrés). Le tour de bras moyen est relativement élevé, sans doute en raison du travail manuel qu'elles effectuent. Le pourcentage de masse grasse est faible (20,9 ± 3,9 %).

Tableau 2: Anthropométrie des mères selon leur âge (valeurs moyennes (écart-type) [extrêmes]).

	Age (années révolues)	Taille (cm)	Poids (kg)	IMC (1) (kg/m^2)	PB (2) (cm)	% de MG (3)
Toutes mères *(n=556)*	28,0 (7,5) *[15 - 60]*	160,9 (5,8) *[143 - 176]*	53,9 (6,6) *[36,2 - 74,9]*	20,8 (2,0) *[15,7 - 28,1]*	26,5 (2,0) *[21,2 - 32,9]*	20,9 (3,9) *[9,9 - 32,2]*
Mères <20 ans *(n=88)*	18,9 (1,0) *[15 - 19]*	159,1 (5,7) *[146 - 176]*	51,8 (6,0) *[38,7 - 64,8]*	20,4 (1,7) *[16,2 - 24,8]*	25,6 (1,8) *[21,2 - 30,2]*	21,0 (3,5) *[14,4 - 32,2]*
Mères 20-29 ans *(n=274)*	25,0 (2,8) *[20 - 29]*	160,7 (6,0) *[143 - 177]*	54,4 (6,6) *[36,2 - 74,9]*	21,0 (1,9) *[15,9 - 27,5]*	26,6 (1,9) *[21,7 - 32,9]*	21,2 (3,9) *[11,2 - 31,7]*
Mères ≥30 ans *(n=194)*	36,4 (5,4) *[30 - 60]*	162,1 (5,3) *[144 - 176]*	54,3 (6,9) *[36,8 - 71,7]*	20,6 (2,2) *[14,7 - 28,1]*	26,6 (2,1) *[20,9 - 32,8]*	20,4 (4,1) *[9,9 - 32,0]*

(1) Indice de Masse Corporelle; (2) Périmètre Brachial; (3) Masse Grasse.

L'anthropométrie des mères est liée à un certain nombre de caractéristiques socio-démographiques et économiques (tableau 3). Contrairement à ce qui était observé pour la qualité de l'alimentation, l'état nutritionnel des mères n'est pas, ou peu, influencé par l'ancienneté du chef d'UCH, la taille du ménage, ou le statut matrimonial du chef de ménage. En revanche, les indices anthropométriques sont, d'une manière générale, meilleurs lorsque le chef de ménage a eu un minimum d'éducation, qu'il pratique une activité secondaire et que les niveaux de patrimoine et d'hygiène du ménage sont plus élevés. Au niveau des mères, les principales variables qui influencent leur état de nutrition sont leur âge, mais aussi l'ethnie à laquelle elles appartiennent et le niveau de «soins» dont elles bénéficient.

Tableau 3: Indices anthropométriques selon les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon.

Variables socio-démographiques	n	IMC (1) moyen *(kg/m²)*	Test	n	PB (2) moyen *(cm)*	Test	n	% MG(3) moyen	Test
Information au niveau de l'Unité Collective d'Habitat									
Ancienneté du chef *- 50 ans ou +* *- < 50 ans*	521	20,9 20,6	F = 1,18 *p=0,28*	521	26,5 26,4	F = 0,09 *p=0,77*	515	20,9 20,4	F = 1,24 *p=0,27*
Information au niveau du ménage									
Taille *- ≤ 6 personnes* *- 7 à 10 personnes* *- > 10 personnes*	532	21,0 20,6 20,9	F = 1,87 *p=0,16*	532	26,5 26,3 26,6	F = 1,22 *p=0,30*	526	21,3 20,3 21,1	F = 2,91 *p=0,06*
Statut matrimonial du chef *- non polygame* *- polygame*	532	20,8 20,8	F = 0,01 *p=0,91*	532	26,3 26,6	F = 3,18 *p=0,075*	526	21,0 20,8	F = 0,11 *p=0,74*
Education du chef *- éduqué ou formé* *- rien*	532	21,3 20,7	F = 7,40 *p=0,007*	532	26,9 26,3	F = 6,85 *p=0,009*	526	21,8 20,6	F = 9,16 *p=0,003*
Activité secondaire du chef *- oui* *- non*	532	21,1 20,6	F = 7,06 *p=0,008*	532	26,7 26,2	F = 9,90 *p=0,002*	526	21,5 20,3	F = 13,6 *p=0,0003*
Niveau de patrimoine *- pauvre* *- moyen* *- riche*	498	20,3 20,9 21,1	F = 7,79 *p=0,0005*	532	25,9 26,6 26,8	F = 8,70 *p=0,0002*	492	20,2 20,7 21,4	F = 4,01 *p=0,02*
Niveau d'hygiène *- bon* *- moyen* *- mauvais*	532	21,5 20,9 20,3	F = 8,50 *p=0,0002*	532	27,0 26,5 26,1	F = 5,42 *p=0,005*	526	21,8 21,0 20,2	F = 4,34 *p=0,01*
Information au niveau des mères									
Age *- < 20 ans* *- 20 à 29 ans* *- 30 ans et +*	532	20,4 21,1 20,7	F = 4,46 *p=0,012*	532	25,5 26,6 26,7	F = 11,7 *p<0,0001*	526	21,0 21,2 20,4	F = 2,34 *p=0,01*
Ethnie *- gourmantché* *- peuhl* *- mossi*	531	20,9 20,0 21,0	F = 4,88 *p=0,008*	532	26,6 25,3 26,6	F = 10,5 *p<0,0001*	525	21,0 19,7 21,1	F = 2,66 *p=0,07*
Education *- éduquée/formée* *- rien*	532	21,1 20,7	F = 3,39 *p=0,06*	532	26,7 26,4	F = 2,0 *p=0,16*	526	21,6 20,7	F = 5,20 *p=0,02*
Activité secondaire *- oui* *- non*	530	21,1 20,7	F = 4,02 *p=0,04*	530	26,6 26,4	F = 0,96 *p=0,33*	524	21,2 20,8	F = 1,35 *p=0,25*
Niveau de «soins» *- faible* *- moyen* *- bon*	532	20,5 20,8 21,3	F = 7,79 *p=0,0005*	532	26,2 26,4 26,8	F = 3,84 *p=0,02*	526	20,1 21,0 21,7	F = 7,69 *p=0,0005*

(1) Indice de Masse Corporelle; (2) Périmètre Brachial; (3) Masse Grasse.

Qualité du régime alimentaire et anthropométrie

Nous présentons dans le tableau 4 les caractéristiques anthropométriques des mères selon les scores de variété et de diversité alimentaires. D'une manière générale, on constate que les indices de la qualité du régime alimentaire (SVA et SDA) sont liés de façon significative aux indices de l'état de nutrition des mères. En effet, plus le régime est varié et/ou diversifié, plus les indices anthropométriques sont élevés, traduisant un meilleur état de nutrition. On peut cependant noter que cette association est moins marquée pour le périmètre brachial et que, si les pourcentages de mères «maigres» diminuent lorsque la qualité du régime augmente, les différences ne sont pas statistiquement significatives.

Tableau 4: Indices anthropométriques selon les scores alimentaires (n = 555).

Scores Alimentaires	**IMC (1) moyen (kg/m²)**		**% IMC < 18,5 kg/m²**		**PB (2) moyen (cm)**		**% de MG (3) moyen**	
	Valeurs	*p*	Valeurs	*P*	Valeurs	*p*	Valeurs	*p*
SVA(a) < 9 ≥ 9	20,6 ± 2,0 21,1 ± 2,0	*0,005*	12,5 8,9	*0,19*	26,4 ± 2,0 26,6 ± 1,9	*0,10*	20,5 ± 4,0 21,5 ± 3,8	*0,002*
Coefficient de corrélation	0,15	*0,0006*			0,10	*0,017*	0,14	*0,001*
SDA(b) < 6 ≥ 6	20,6 ± 2,0 21,1 ± 2,0	*0,004*	12,3 9,0	*0,24*	26,3 ± 2,0 26,7 ± 2,0	*0,015*	20,4 ± 3,9 21,7 ± 3,8	*0,0001*
Coefficient de corrélation	0,14	*0,0009*			0,11	*0,011*	0,19	*<0,0001*

(a) Score de Variété Alimentaire; (b) Score de Diversité Alimentaire.
(1) Indice de Masse Corporelle; (2) Périmètre Brachial; (3) Masse Grasse.

Nous avons vu cependant que l'état de nutrition ainsi que la qualité du régime alimentaire sont fortement dépendants d'un certain nombre de variables d'ordre socio-démographique. Nous avons donc effectué des analyses multivariées pour prendre en compte le rôle de ces variables sur les distributions de l'IMC moyen et du pourcentage moyen de masse grasse. Nous avons pour cela choisi d'introduire dans des modèles de régression les différents cofacteurs potentiels de la relation entre scores alimentaires et indices anthropométriques, en 3 groupes: tout d'abord les variables jugées «proximales» quant à leur effet supposé sur les indices anthropométriques (âge, ethnie, religion, éducation et activité secondaire de la mère, soins) puis les variables «intermédiaires» (niveau de patrimoine, possession d'outils de production agricole, activité secondaire du chef de ménage) puis les variables «distales» (ancienneté de résidence, niveau d'hygiène, éducation du chef de ménage). A chaque étape, on exclut, parmi les variables nouvellement introduites, celles qui n'ont plus d'effet significatif, après ajustement, sur les indices anthropométriques. Les résultats sont présentés dans le tableau 5. On observe que l'ajustement sur les variables proximales atténue la relation «brute» entre les scores alimentaires et l'anthropométrie; toutefois, cette relation reste statistiquement significative. L'ajustement, ensuite, sur les variables intermédiaires, d'ordre essentiellement économique, atténue plus nettement cette relation: seul l'effet du SDA sur la masse grasse reste significatif, mais pas celui du SVA, et aucun des scores alimentaires ne conserve d'effet significatif sur l'IMC moyen. On en déduit donc que la relation entre les scores alimentaires et l'anthropométrie est en fait en partie due à des variations concomitantes du niveau économique.

Enfin, l'ajustement sur les variables distales atténue encore un peu les relations, mais ne change pas les résultats évoqués ci-dessus. Notons qu'il reste toujours un effet significatif de SDA sur la masse grasse, dans le modèle complet. Les relations entre scores alimentaires et anthropométrie ne disparaissent donc pas totalement.

Tableau 5: Relations entre les scores alimentaires et l'anthropométrie des mères (n = 482).

	Modèle 1 *	**Modèle 2 ****	**Modèle 3 *****
IMC moyen (en kg/m²)			
Score SVA			
Correct	20,86	20,88	20,92
Insuffisant	20,44	20,56	20,63
P	*0,026*	*0,094*	*0,13*
Score SDA			
Correct	20,89	20,91	20,94
Insuffisant	20,47	20,58	20,65
P	*0,027*	*0,090*	*0,13*
% de MG moyen			
Score SVA			
Correct	21,25	21,29	21,31
Insuffisant	20,49	20,73	20,76
P	*0,040*	*0,13*	*0,15*
Score SDA			
Correct	21,49	21,51	21,52
Insuffisant	20,42	20,63	20,65
P	*0,004*	*0,019*	*0,023*

* *Introduction des variables proximales; modèle final: indices anthropométriques = f (SVA ou SDA, + âge, ethnie, soins, éducation mère).*

** *Introduction des variables intermédiaires; modèle final: indices anthropométriques = f (idem + outils de production, activité secondaire du chef de ménage).*

*** *Introduction des variables distales; modèle final: indices anthropométriques = f (idem + niveau d'hygiène).*

DISCUSSION

Le régime alimentaire des mères de notre échantillon est très peu diversifié. Si l'on compare nos résultats avec ceux obtenus selon une méthode identique au Mali[1], on constate que le SVA moyen est très nettement moins élevé dans notre étude (8,4 versus 14,2 items alimentaires). Néanmoins, bien que la population paraisse très homogène au premier abord, nous avons vu que certaines mères avaient un régime alimentaire plus diversifié que les autres, notamment celles qui se trouvent dans des ménages de niveau de patrimoine, d'éducation et d'hygiène plus élevé. Ces dernières consomment notamment davantage de corps gras, viandes et légumineuses par rapport aux mères qui ont des scores alimentaires insuffisants.

Une telle monotonie n'est pas sans conséquences sur l'état de nutrition et de santé des populations. Pourtant, l'état nutritionnel des femmes de la province semble moins grave que ce à quoi l'on pouvait s'attendre. Onze pour cent des mères sont atteintes de déficience énergétique chronique, caractérisée par un IMC < 18,5 kg/m^2, alors que ce pourcentage atteint 14% au niveau national[12]. Cette fréquence relativement faible de mères «maigres» est peut-être due au fait que l'enquête ne s'est pas déroulée

dans une mauvaise période de l'année, à la fois du point de vue des disponibilités alimentaires, mais aussi du point de vue des dépenses énergétiques relativement réduites à ce moment-là. En ce qui concerne la masse grasse, les valeurs observées sont en revanche assez faibles (20,9 %), et en tout cas inférieures à ce que l'on trouve dans d'autres études africaines, chez les femmes Béninoises par exemple[13]. Les mères de notre échantillon ont en effet peu de graisse, et ont donc surtout de la masse maigre, ce qui explique que leur corpulence selon l'IMC soit assez satisfaisante, aux réserves près exprimées par certains auteurs sur la validité des équations de prédiction de la masse grasse utilisées chez des sujets de race noire[14].

Nous avons constaté une liaison statistique entre la qualité du régime et l'état de nutrition des mères. Certes, cette relation est atténuée lorsque les comparaisons sont ajustées sur des variables d'ordre socio-démographique et économique, mais elle ne disparaît néanmoins pas totalement. On note notamment que la relation entre le SDA et la masse grasse reste significative, ce qui est cohérent avec le fait que les scores alimentaires sont meilleurs lorsque la consommation de graisses, de viandes et de légumineuses est plus importante.

Il n'est pas surprenant d'observer une relation entre qualité du régime et état de nutrition des mères. Ce qui est intéressant ici, c'est que cette relation a été mise en évidence par une mesure simple de la qualité du régime, sur un seul passage transversal et par un rappel des items alimentaires consommés la veille uniquement. Cette méthode peut donc ouvrir des pistes pour réaliser des diagnostics rapides de la qualité des régimes, ou encore pour suivre et évaluer des programmes.

Cependant, ce type de méthode soulève encore de nombreuses questions[15]. Dans la littérature, les auteurs s'interrogent notamment sur un certain nombre de points:

- l'utilisation d'items alimentaires individuels (SVA) ou par groupes (SDA)[1,16];
- le nombre de groupes à prendre en compte, qui va de 4 à 14 selon les auteurs[2,4,17,18];
- la façon de prendre en compte les quantités consommées comme cela a été suggéré par Rose[2];
- l'utilisation d'un système de scores plus complexe qui puisse attribuer des valeurs «a priori» aux aliments comme cela a été fait au Mozambique[2];
- le choix des seuils qui délimitent les bons et mauvais scores, qui peuvent être déterminés par la distribution des scores dans l'échantillon ou par des critères plus fonctionnels;
- enfin, la période de référence pendant laquelle le recueil doit être effectué (1 jour, 3 jours, 1 semaine, etc.).

Dans notre expérience, le SDA nous a semblé être plus informatif quant à la qualité nutritionnelle du régime, permettant de distinguer clairement les groupes sur ou sous-représentés dans chacune des catégories du score. C'est d'ailleurs le seul score qui reste significativement lié à l'anthropométrie après ajustement. De plus, le SVA peut donner une fausse impression d'un régime alimentaire varié en comptabilisant parfois plusieurs ingrédients mineurs plus ou moins redondants, ce qui rejoint l'idée de tenir compte des quantités minimales de consommation.

Pour le reste, nous avons choisi la simplicité, en faisant un rappel sur 24 heures et en adoptant un système de score qui attribue le même poids aux différents aliments ou groupes d'aliments, et cela donne déjà des résultats intéressants. Ceci n'exclut évidemment pas d'explorer des systèmes de scores plus complexes, avec par exemple des périodes de recueil différentes. Nous poursuivons d'ailleurs des études en ce sens, en effectuant des passages répétés et en utilisant différentes périodes de référence pour le rappel alimentaire.

CONCLUSION

Une méthode relativement simple permet de décrire de façon satisfaisante la qualité du régime alimentaire et de mettre en évidence un lien entre cette dernière et l'état de nutrition chez des femmes adultes. Il est intéressant de noter que ce résultat a été acquis au sein d'un groupe au régime alimentaire très monotone et apparemment très homogène. Néanmoins, il reste à élucider les relations entre anthropométrie, diversité alimentaire et niveau socio-économique des ménages. Des études supplémentaires sont également nécessaires pour tenter d'apporter des réponses aux nombreuses questions que l'on se pose encore, et améliorer ainsi ce type de méthode.

RÉFÉRENCES

1. Hatloy A, Torheim LE, Oshaug A. Food variety -a good indicator of nutritional adequacy of the diet? A case study from an urban area in Mali, West Africa. Eur J Clin Nutr 1998;52:891-8.
2. Rose D, Meershoek S, Ismael C, Mc Ewan M. Evaluation of a rapid field tool for assessing household diet quality in Mozambique. Food Nutr Bull 2002;23:181-9.
3. Rumeau-Rouquette C, Blondel B, Kaminski M, Bréart G. Epidémiologie. Méthodes et pratique. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, 1995.
4. FAO. Food composition table for use in Africa. Rome: FAO, 1970.
5. WHO. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995.
6. Lohman T, Roche A, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champain, Illinois: Human Kinetics Books, 1988.
7. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br J Nutr 1974;32:77-96.
8. Siri W. The gross composition of the body. Adv Biol Med Phys 1956;4:239-80.
9. FAO/WHO. Nutrition and Development: a global assessment. International Conference on Nutrition. Rome: FAO, WHO, 1992.
10. Dean AG, Dean JA, Coulombier D, et al. Epi Info, Version 6: a word processing, database, and statistics program for epidemiology on microcomputers. Atlanta, Georgia: Centers for Disease Control and Prevention, 1995.
11. SAS. Getting started with the SAS system, version 8. Cary, NC: Sas Institute Inc., 1999.
12. Institut National de la Statistique et de la Démographie. Enquête démographique et de santé. Burkina Faso 1998-1999. Claverton, Maryland: Macro International Inc., 2000.
13. Schultink W, Lawrence M, van Raaij J, Scott WM, Hautvast J. Body composition of rural Beninese women in different seasons assessed by skinfold thickness and bioelectrical-impedance measurements and by a deuterium oxide dilution technique. Am J Clin Nutr 1992;55:321-5.
14. Zillikens MC, Conway JM. Anthropometry in blacks: applicability of generalized skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites. Am J Clin Nutr 1990;52:45-51.

15. Ruel MT. Is dietary diversity an indicator of food security or dietary quality? A review of measurement issues and research needs. Washington, DC: IFPRI, 2002.

16. Ogle BM, Hung PH, Tuyet HT. Significance of wild vegetables in micronutrient intakes of women in Vietnam: An analysis of food variety. Asia Pac J Clin Nutr 2001;66:1102-9.

17. Hatloy A, Hallund J, Diarra M, Oshaug A. Food variety, socioeconomic status and nutritional status in urban and rural areas in Koutiala (Mali). Public Health Nutr 2000;3:57-65.

18. Torheim L, Barikmo I, Hatloy A, et al. Validation of a quantitative food-frequency questionnaire for use in Western Mali. Public Health Nutr 2001;4:1267-77.

Remerciements: *Cette étude a été effectuée dans le cadre du programme «Vulnérabilité Alimentaire et Sécurité Nutritionnelle» (VASN), dirigé par Georges Courade, et réalisée sur fonds propres de l'IRD, avec l'aide de l'Unicef pour le matériel anthropométrique.*

Pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso *(Province de la Gnagna)*: description et conséquences nutritionnelles

Sawadogo[1,2]* Prosper S, Martin-Prével[2] Yves, Savy[2] Mathilde, Kameli[2] Yves, Traoré[1] Alfred S

[1] UFR-SVT/CRSBAN, Université de Ouagadougou, 01 BP 7021, Burkina Faso.
[2] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», Centre IDR, Ouagadougou, 01 BP 182, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *Prosper.Sawadogo@ird.bf*

- Résumé -

Un allaitement maternel exclusif de la naissance à 6 mois, puis une alimentation de complément appropriée, constituent des facteurs majeurs de l'état nutritionnel des nourrissons. Une enquête transversale sur l'alimentation et l'état nutritionnel de la population a été réalisée dans la Gnagna (Burkina Faso). Chez les nourrissons l'objectif était de décrire les pratiques d'allaitement et d'alimentation de complément.

L'enquête a couvert 933 concessions tirées au sort. Notre échantillon est constitué des enfants de moins de 36 mois (n=3058) de ces concessions. Des informations sur l'alimentation, l'allaitement et l'alimentation de complément ont été recueillies par questionnaire rétrospectif et rappel des 24 heures. Les âges médians ont été calculés par modélisation à partir des données du rappel. L'état nutritionnel a été évalué par anthropométrie.

Le colostrum est le plus souvent donné (77%). Tous les enfants sont allaités; 92% sont allaités à la demande. L'âge médian de l'arrêt de l'allaitement est de 27,7 mois.
Seulement 20% des enfants sont mis au sein immédiatement après accouchement. Environ 37% reçoivent des liquides prélactéaux. Seulement 21% de ceux de 0-3 mois sont exclusivement allaités. Seulement 30% de ceux de 6-8 mois reçoivent un aliment de complément. L'âge médian d'introduction du premier aliment est de 9,5 mois. Environ 30% des enfants ne reçoivent jamais de bouillie. Les bouillies consommées sont de faible qualité nutritionnelle, 60% se composant seulement d'une céréale et d'eau. Parmi les enfants qui prennent un aliment de complément, la fréquence est au moins de 3/jour pour 49% des enfants de 6-8 mois, 57% de ceux de 9-11 mois et 68% de ceux de 12–17 mois.
Les taux de retard de croissance, l'insuffisance pondérale et l'émaciation sont respectivement de 43%, 46% et 13%.
L'introduction tardive des aliments de complément et leur qualité insuffisante sont des facteurs qui pèsent sur l'état nutritionnel des enfants. Ces résultats constituent une base d'informations pour des programmes d'intervention. Ils invitent à des recherches approfondies sur l'influence des pratiques alimentaires des nourrissons sur leur état nutritionnel.

Mots-clés: Nourrisson – Allaitement – Alimentation de complément – Burkina Faso.

- Abstract -

Infant feeding practices in a rural area in Burkina Faso *(Gnagna Province)*: description and nutritional consequences

Introduction: Exclusive breastfeeding in the first four-six months of life, then appropriate complementary feeding, are major factors of the nutritional status of young children. In 2002, a cross-sectional survey was carried out in the Gnagna Province, a rural area in the North-East Burkina Faso, to study the food and nutritional status of the population. One of the objectives of this study was to describe infants' breastfeeding and complementary feeding practices.

Methods: The survey was carried out on a representative sample of 933 randomly selected "Collective Dwelling Units" (CDUs, or compounds) in the Gnagna Province. The sample used in this paper included all the <36 months old infants surveyed in these CDUs (n=3058). Detailed qualitative data on current infants' feeding were collected through the 24-hour recall method. Data on past breastfeeding and complementary feeding practices were collected through a retrospective questionnaire. Standardized anthropometric measures were used to assess infants' nutritional status.

Results: As compared to the international recommendations on breastfeeding and complementary feeding, the results showed both favourable and unfavourable practices:
Favourable practices: All infants were breastfed, 92% of them being breastfed on request. The colostrum was given to most of the infants (77%). Bottles were exceptionally used (0.5%). The median duration of breastfeeding was 27.7 months.
Unfavourable practices: Only 20% of the newborns were breastfed immediately after birth. A too large number of the infants received pre-lacteal liquids (37%). Only 21% of the 0-3-month-old infants were exclusively breastfed during the 24 hours before the survey. Only 30% of the 6-8-month-old infants received complementary food. The median age at which a first complementary food was introduced, whatever the kind of food, was 9.5 months (respectively 11.3 and 13.6 months for porridges and family meals). Around 30% of the infants never received any porridge. Moreover, the porridges were of weak nutritional quality, 60% of them being only made up of one cereal with water.
When complementary foods were given, the daily consumption was at least 3 times per day for 49% of the 6-8-month-old infants, for 57% of the 9-11-month-old infants and for 68% of the 12-17-month old infants.
The prevalence of stunting, underweight and wasting was, respectively, 43%, 46% and 13%.

Conclusion: The late introduction of complementary foods and their weak nutritional quality seemed to affect infants' nutritional status. Our results also provide some useful information for intervention programs. However, the relationships between infants' feeding practices and their nutritional status need to be further investigated.

Key words: Infants – Breastfeeding – Complementary feeding – Burkina Faso.

INTRODUCTION

Les pratiques d'alimentation chez les jeunes enfants se rapportent à une série de comportements que la mère développe. Elles regroupent le mode et la durée d'allaitement, le choix des différents types d'aliments de complément, les âges d'introduction ou de cessation des diverses pratiques et les quantités servies. Ces pratiques revêtent une importance fondamentale pour la survie et le développement harmonieux des enfants[1]. Dans beaucoup de pays, les problèmes nutritionnels chez les nourrissons et jeunes enfants sont étroitement liés aux pratiques d'alimentation de complément[2]. Au Burkina Faso, l'enquête démographique et de santé (EDS) de 1999 fournit une description globale des pratiques observées[3]; mais ces données nationales cachent des disparités régionales, provinciales ou culturelles. Pourtant, la mise en place de stratégies d'intervention appropriées pour résoudre efficacement les problèmes nutritionnels nécessite de disposer dans chaque région ou province du pays de données désagrégées, notamment sur les pratiques d'alimentation et de santé. C'est en partie pour répondre à cette nécessité que l'équipe de nutrition de l'UR 106 du centre IRD (Institut de Recherche pour le Développement) de Ouagadougou a organisé, en début 2002, une enquête transversale sur l'alimentation et l'état nutritionnel de la population dans une province défavorisée de l'Est du Burkina Faso, la province de la Gnagna. Cette communication porte sur les pratiques d'allaitement et d'alimentation de complément des nourrissons et jeunes enfants dans ladite province.

OBJECTIFS

L'objectif général de l'étude transversale était de fournir une description de l'alimentation de toutes les catégories d'âge de la population dans la province de la Gnagna, et d'identifier les problèmes nutritionnels qui y sont potentiellement associés. Par ailleurs, ces données peuvent être exploitées par les intervenants locaux et sont également utilisables pour l'évaluation d'interventions.
Plus spécifiquement, pour notre propos chez les nourrissons et jeunes enfants, les objectifs étaient:

- de décrire les pratiques d'alimentation: mode d'allaitement et d'alimentation, âge d'introduction des aliments de complément, types et composition des aliments de complément;
- d'établir leur état nutritionnel au moyen de l'anthropométrie.

MÉTHODES

Echantillonnage

Parmi les 278 villages de la province, 80 ont été tirés au sort avec une probabilité proportionnelle à leur population. Le recensement administratif de 1998 qui fournit les populations et les ménages par village a été utilisé comme base de sondage. L'unité statistique de sondage retenue a été l'unité collective d'habitat[a] (UCH), au nombre de 12 par village. Toutefois, ne disposant pas d'une liste des chefs d'UCH, les UCH à inclure ont été identifiées par le biais d'un tirage au sort de chefs de ménage. Dans chaque UCH ainsi identifiée, tout enfant de moins de 36 mois y résidant et présent à notre passage a été enquêté.

[a] *Au sein du village l'UCH désigne l'ensemble des ménages ou des personnes vivant en communauté sous l'autorité d'une seule personne, le chef de l'UCH. En termes d'habitation, c'est l'ensemble des habitats ayant en commun la même porte d'entrée/sortie.*

Collecte des données

Pratiques d'alimentation

Deux types d'informations sur les pratiques d'alimentation ont été recueillies au cours de l'enquête: données de statut courant et données rétrospectives.

- Un rappel qualitatif des 24 heures a porté sur l'allaitement la veille de l'enquête, ainsi que la consommation d'aliments de complément ou de liquides autres que le lait maternel (eau, tisane, etc.). Pour les enfants ayant reçu des aliments de complément, la liste exhaustive des aliments et ingrédients a été dressée avec l'aide des mères. Les données de ce rappel des 24 heures, ou données de statut courant, en fonction de l'âge, ont été ensuite employées pour estimer les âges médians à l'introduction ou à la cessation des pratiques d'alimentation, à l'aide d'une modélisation (régression probit)[4]. Il s'agit tout simplement d'estimer la probabilité d'observer la pratique étudiée (allaitement, consommation de bouillie etc.) en fonction de l'âge. L'âge médian estimé est celui où cette probabilité atteint 50%. L'intervalle d'âge sur lequel porte la modélisation, ainsi que l'introduction éventuelle d'un paramètre de contrôle dans le modèle, ont été déterminés séparément pour chaque type de pratique étudiée. L'introduction d'un paramètre de contrôle (paramètre «C») permet d'ajuster la courbe modélisée lorsque, sur l'intervalle étudié, les observations n'atteignent pas 100%. Dans ce cas, le paramètre C permet d'obtenir une meilleure précision d'estimation de la médiane tout en fournissant également une estimation du pourcentage d'individus qui, sur l'intervalle retenu, ne présentent pas la pratique étudiée[b].
- Le questionnaire rétrospectif a permis d'établir l'historique sur l'allaitement et les autres pratiques alimentaires de chaque enfant. Il s'agit des caractéristiques de l'initiation de l'allaitement au sein (délai, colostrum, etc.), des âges d'introduction et éventuellement de cessation des différents aliments de complément (bouillie, plat familial et plats spéciaux), et de l'âge d'arrêt de l'allaitement pour les enfants qui ne sont plus allaités.

Anthropométrie

Les mesures anthropométriques ont été effectuées de façon standardisée selon les méthodes préconisées par l'OMS[5].
La date de naissance a été relevée à l'aide de documents officiels (acte de naissance, carnet de santé, carnet de baptême) lorsque ceux-ci étaient disponibles. Dans le cas contraire, des calendriers d'évènements locaux ont été utilisés.
Le poids a été mesuré avec un pèse-bébé de type mécanique (marque SECA) d'une portée de 16 kg et d'une précision de 10 g.
La taille ou la longueur (pour les enfants de moins de 2 ans) a été mesurée au millimètre près à l'aide d'une toise de fabrication locale.
Les indicateurs classiques (Poids/Taille, Taille/Age, Poids/Age), exprimés en z-scores, ont été calculés à l'aide du programme EPINUT de EPI INFO version 6. Les seuils de –2 et de –3 z-scores ont été retenus pour déterminer respectivement les taux de malnutrition modérée et sévère.

[b] *Exemple: si on modélise l'arrêt de l'allaitement sur un intervalle 0-23 mois, il y a toujours des enfants allaités à 24 mois, ce qui fait que l'on n'atteint pas 100% dans les valeurs observées. L'emploi du paramètre de contrôle permet d'estimer le pourcentage d'enfants encore allaités dans la population et, dans le même temps, fournit une estimation plus précise de l'âge médian à l'arrêt de l'allaitement.*

Autres informations

En plus des données sur les pratiques d'alimentation et des mesures anthropométriques, des informations relatives aux caractéristiques sociodémographiques, économiques et sanitaires des ménages et des individus ont été relevées.

RÉSULTATS

Au terme de la collecte des données, 933 UCH ont été effectivement couvertes. Au total, notre échantillon d'étude était composé de 3058 enfants.

Allaitement

A la période néonatale, 20% des enfants étaient mis au sein immédiatement après naissance (<1 heure), 67% recevaient le sein au cours des 24 premières heures, les autres (13%) attendant plus longtemps. Le pourcentage de mères faisant bénéficier l'enfant de leur colostrum au cours des premières 24-48 H après accouchement était de 77% tandis que le pourcentage de celles utilisant des liquides prélactéaux était de 37%. Après la naissance, tous les enfants étaient allaités et 92% l'étaient à la demande. La figure 1 présente, en fonction de l'âge, les taux d'allaitement maternel exclusif (lait maternel uniquement) et prédominant (lait maternel + liquides non nutritifs tels que l'eau et les tisanes) et de consommation des aliments de complément. Elle montre que l'allaitement exclusif était surtout pratiqué pendant les tout premiers mois mais devenait presque nul avant l'âge de 6 mois. On y voit aussi que quasiment tous les enfants étaient allaités jusqu'à l'âge de 18 mois et qu'encore un tiers l'était encore entre 2 et 3 ans.

Si l'on considère les tranches d'âge classiques des indicateurs d'allaitement exclusif et prédominant, c'est-à-dire moins de 4 mois et moins de 6 mois[6], respectivement 21% (n= 370) et 14% (n= 559) étaient sous allaitement exclusif à la veille de l'enquête et environ 67% et 71% sous allaitement prédominant. Le biberon était utilisé par moins de 1% de l'échantillon.

L'estimation par modélisation de la durée médiane de l'allaitement est de 27,7 mois (IC95% = [26,9; 28,5]) comme l'illustre la figure 2.

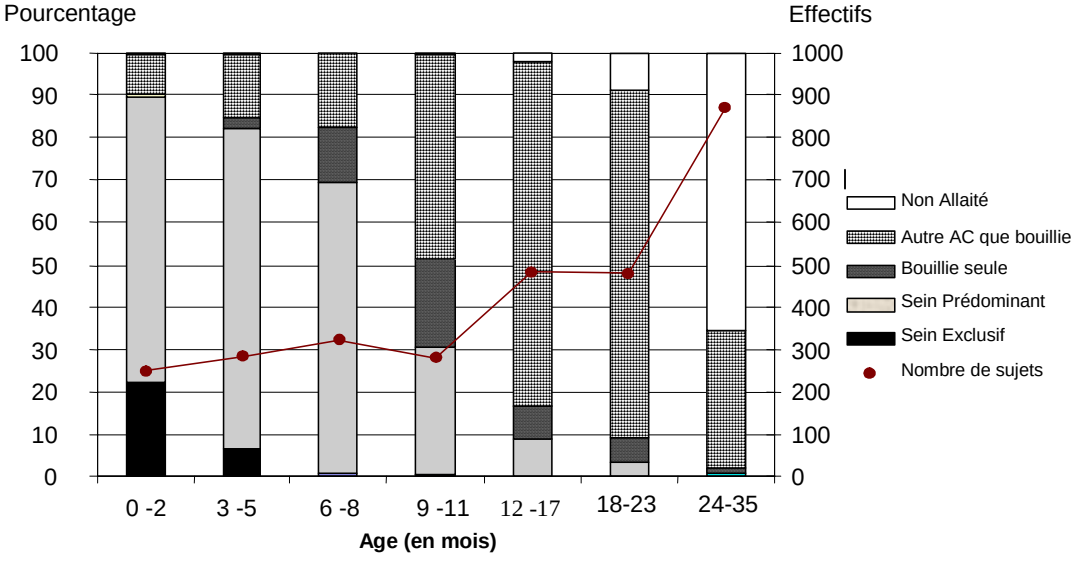


Figure 1: Modes d'alimentation selon l'âge *(n=2960 enfants de 0-35 mois).*

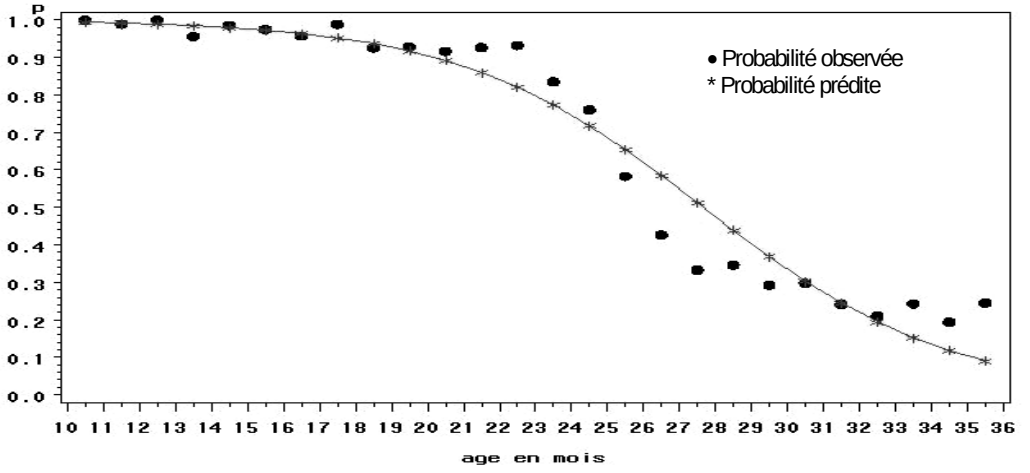


Figure 2: Modélisation de l'âge d'arrêt de l'allaitement *(n=2059 enfants 10-35 mois).*

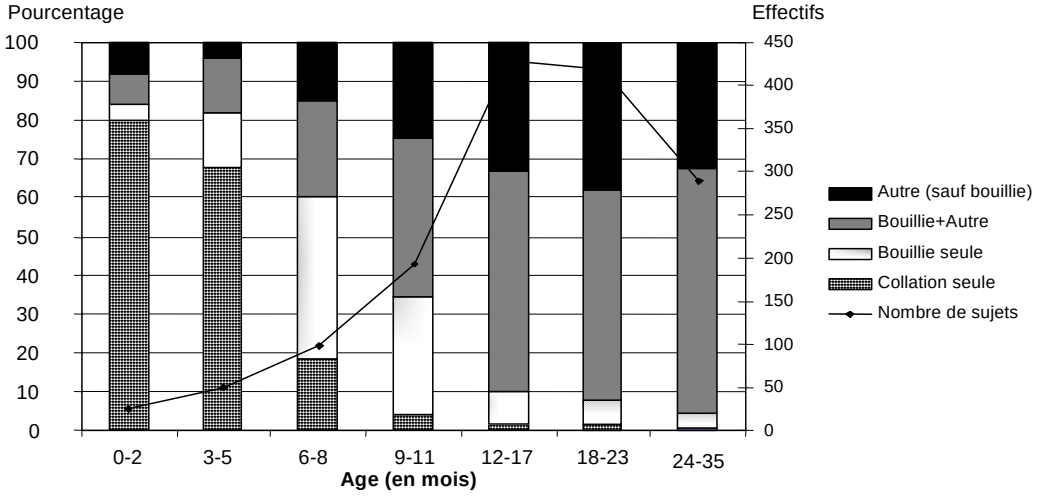


Figure 3: Types d'alimentation de complément selon l'âge *(n=1502 enfants de 0-35 mois).*

Alimentation de complément

La figure 1 nous montre que les aliments de complément étaient introduits tardivement. Seulement 30% des enfants de 6-8 mois prennent un aliment de complément la veille de l'enquête, et 70% de ceux de 9–11 mois. De plus, les bouillies seules ne représentaient qu'une faible part des aliments de complément dans ces tranches d'âge.

Si l'on s'intéresse plus précisément aux types d'aliments de complément en fonction de l'âge (figure 3), ce sont les collations qui apparaissent en plus grande proportion aux premiers âges. Ces collations regroupent les prises alimentaires sans régularité (initiation au plat familial ou aux extraits de plat familial, consommation de certains aliments comme les beignets, les galettes, …).

L'âge médian d'introduction varie selon l'aliment de complément. Plus précisément, la modélisation sur l'intervalle d'âge 0 à 19 mois a permis d'estimer l'âge médian d'introduction de la bouillie à 8,6 mois (IC95% = [7,9; 9,6]); celui du plat familial à 11,1

mois (IC95% = [10,4; 11,9]) et celui d'un aliment de complément quel qu'il soit à 9,5 mois (IC95% = [8,8; 10,1]; cf. figure 4 à titre d'illustration pour ce dernier type). D'autre part, l'emploi d'un paramètre de contrôle dans la modélisation fournit une estimation de 39% d'enfants ne prenant jamais de bouillie.

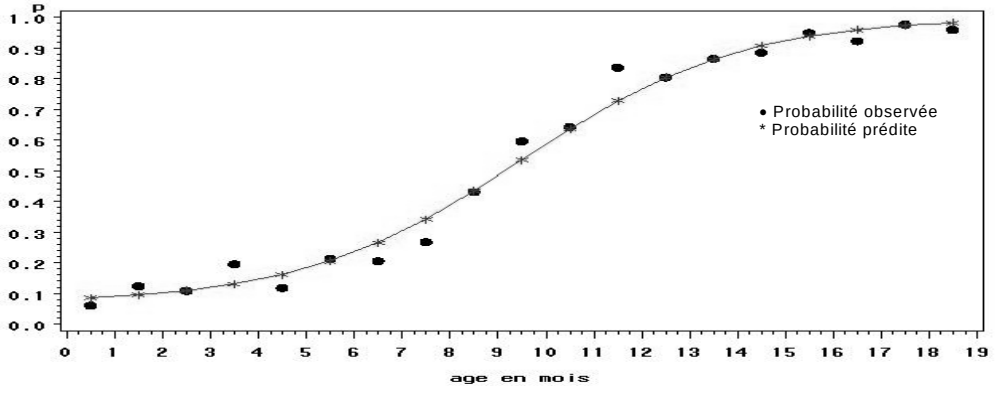


Figure 4: Modélisation de l'âge d'introduction du premier aliment de complément *(n=1722 enfants 0-19 mois).*

Parmi les enfants qui consomment un aliment de complément la veille de l'enquête, le nombre moyen de prises alimentaires (hors allaitement) est d'au moins 3/jour pour 49% des enfants de 6 à 9 mois (n=96), 57% pour ceux de 9 à 12 mois (n=192) et 68% pour ceux de 12 à 18 mois (n=437).
Au total, 1160 bouillies ont été consommées la veille l'enquête. Parmi ces bouillies, plus de 60% se composent uniquement d'eau et d'une céréale; au maximum, on dénombre 5 ingrédients différents sans compter l'eau (figure 5).

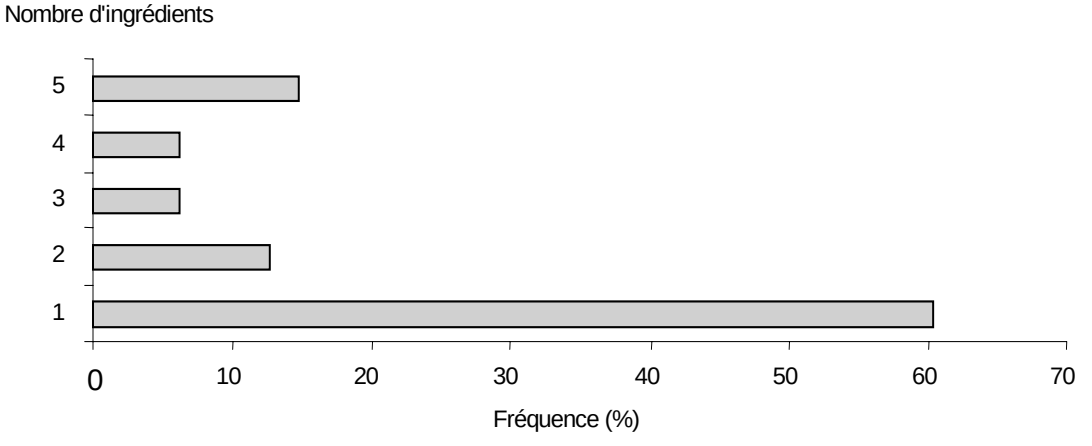


Figure 5: Fréquence de consommation des bouillies en fonction du nombre d'ingrédients.

On dénombre en tout 33 ingrédients différents entrant dans la composition des bouillies. Les fréquences selon lesquelles on les retrouve dans les bouillies répertoriées au cours de l'enquête sont les suivantes:

- céréales: mil (55,0%), sorgho (39,0%), riz (4,8%);
- autres ingrédients: poisson (19,8%), saccharose (15,5%), arachide (7,9%), feuilles baobab (7,8%), sel (7,6%), niébé (3,9%), néré (3,7%), gombo (6,3%), huile (2,3%).

État nutritionnel des enfants

La prévalence d'enfants souffrant d'un retard de croissance est de 43% (17% sous une forme sévère). La proportion d'enfants atteints d'émaciation est de 13% (2% sous une forme sévère); celle de l'insuffisance pondérale est de 46% (17% sous une forme sévère). La figure 6 montre l'évolution des différents indicateurs en fonction de l'âge. On note que le retard de croissance a une apparition précoce mais que sa prévalence semble se stabiliser à partir de l'âge de 2 ans. L'émaciation présente une évolution classique avec un pic aux alentours de l'âge de 12 mois.

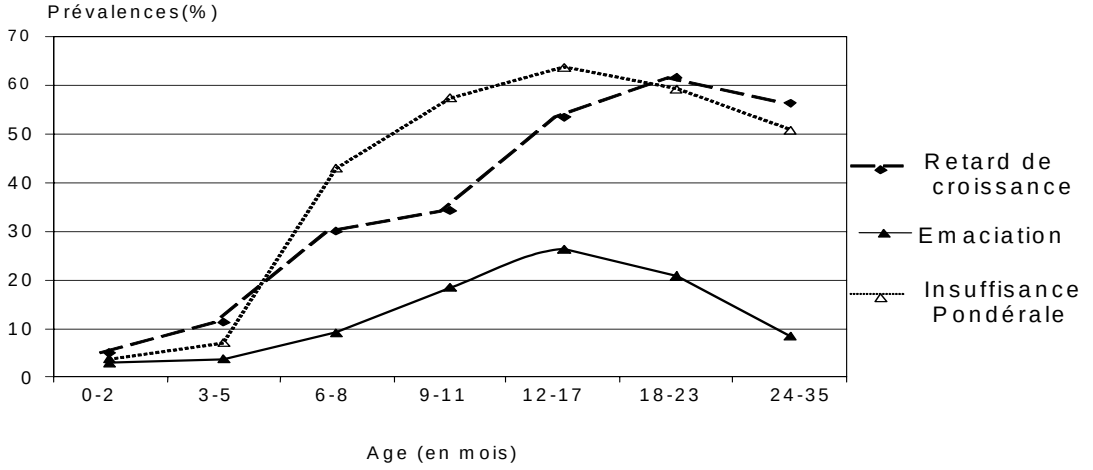


Figure 6: Prévalences de malnutrition selon l'âge.

DISCUSSION

Par comparaison avec les recommandations internationales en matière d'allaitement et d'alimentation de complément, la présente étude a pu montrer des points positifs comme des points négatifs.

En ce qui concerne l'allaitement, on note avec satisfaction que l'allaitement au sein est général dans la première année et qu'il se prolonge le plus souvent au-delà de 2 ans. La durée médiane dans notre échantillon est supérieure à celle observée sur le plan national (EDS)[3]. Cependant, on ne sait pas si cette durée longue est un élément positif, comme certains l'ont observé à l'ouest du Burkina, où un allaitement prolongé était associé à un meilleur état nutritionnel[7], ou bien s'il s'agit d'un phénomène de causalité inverse, l'allaitement étant prolongé par les mères dont les enfants sont malnutris[8]**.**

La fréquence de mise au sein immédiatement après naissance est également faible, plus faible que celle observée en milieu rural au Burkina (EDS)[3]. Cette faible fréquence pourrait s'expliquer par le fait que la province compte en tout une vingtaine de CSPS (Centre de Soins et de Promotion Sociale), centres où sont logées habituellement les maternités. Il se pose visiblement un problème d'accès, physique comme culturel, à ces centres et du même coup un problème d'accès aux informations relatives aux pratiques d'initiation de l'allaitement immédiatement après accouchement. La majorité des accouchements a lieu à domicile, et les pratiques traditionnelles sont toujours très fréquentes.

Un enfant sur 5 est privé du colostrum. Cependant, il faut souligner que le taux de refus enregistré est tout de même moins élevé que les taux précédemment observés

lors de 2 enquêtes parcellaires conduites dans la province[9-10]. Il est également moins élevé que le taux de refus observé sur le plan national[11].

Avant l'âge de 6 mois, l'allaitement exclusif est faiblement pratiqué dans la province. Ce taux est néanmoins plus élevé que celui observé en Afrique Subsaharienne en général[12]. Il est d'ailleurs 4 fois plus élevé que celui enregistré sur le plan national. Mais il faut rappeler que le recueil de l'information relative à l'allaitement exclusif pose de nombreux problèmes méthodologiques et que les chiffres sont donc délicats à comparer entre les différentes enquêtes[13]. Par ailleurs, il n'y a pas eu à notre connaissance d'actions de promotion dans la province de nature à susciter des changements radicaux pouvant expliquer une si grande différence.

Dans l'ensemble de la population enquêtée, les aliments de complément sont souvent introduits après l'âge recommandé et plus tard que dans d'autres régions du Burkina Faso[3] ou de l'Afrique en général[12]. Par ailleurs, les plats qui sont spécifiquement conçus pour l'enfant sont rares. Les bouillies ne sont pas toujours proposées à l'enfant et, au regard de leur composition, on peut les juger de faible qualité nutritionnelle. Il est reconnu que le plus souvent, dans les pays en développement, les bouillies manquent de protéines, de lipides, de sources de micronutriments et sont de faible densité énergétique par rapport aux recommandations[14]. Avec une telle densité, il faudrait pour un jeune garçon de 6 mois par exemple consommer 4 bouillies par jour pour compléter les apports énergétiques du lait maternel[15], ce qui n'est pas le cas ici.
Les collations sont très souvent consommées dans les tranches d'âge les plus jeunes. Elles pourraient représenter une source d'apports nutritifs non négligeable, mais il faut souligner qu'elles ne sont pas régulières et qu'elles proviennent essentiellement de l'alimentation familiale qui est reconnue monotone[10]. De plus, dans ces tranches d'âge, le déplacement de la consommation de lait maternel au profit d'autres aliments ne peut être que préjudiciable à l'enfant.

Il est nécessaire de revenir sur le taux de 39% d'enfants ne prenant jamais de bouillie, estimé par modélisation des données de statut courant. En effet, ce chiffre est trompeur en raison des faibles durées de consommation et/ou du fait que la consommation n'est pas toujours quotidienne, éléments qui influencent le statut courant. Alternativement, par la méthode rétrospective («a déjà pris de la bouillie»), ce taux reste tout de même de l'ordre de 24%, ce qui est très important (un enfant sur 4 ne prendrait donc jamais de bouillie).

Notre étude ne nous permet pas d'établir une relation entre les pratiques d'alimentation décrites et l'état nutritionnel. Cependant, les pratiques observées s'éloignent clairement des recommandations pour assurer aux enfants un meilleur état nutritionnel et, de ce fait, pourraient contribuer à expliquer les taux importants de malnutrition enregistrés.

CONCLUSION

Les pratiques d'alimentation du jeune enfant dans la Gnagna posent principalement des problèmes à deux niveaux: lors de la période néonatale, où les pratiques d'initiation de l'allaitement sont loin d'être optimales, et après l'âge de 6 mois, moment où le lait maternel devient insuffisant pour couvrir leurs besoins nutritionnels. L'introduction tardive et l'insuffisance en qualité et en quantité des aliments de complément sont alors des facteurs pouvant peser énormément sur l'état nutritionnel. Il est donc indispensable que les mères bénéficient d'une éducation en matière d'allaitement et d'alimentation de complément.

A notre connaissance, il n'existe pas de programmes ou de projets spécifiques de promotion de l'allaitement et de l'alimentation de complément actuellement en cours dans la province sur lesquels nous pourrions formuler des recommandations qui aideraient à améliorer les pratiques. En revanche, nos résultats vont être utilisés dans le cadre d'un projet[c] qui débutera dans la province au cours de l'année 2004.

Sur le plan de la recherche, des études sont nécessaires pour proposer une liste d'aliments locaux de qualité nutritionnelle acceptable, de façon à diversifier l'alimentation du jeune enfant. A partir de 6 mois, une alimentation diversifiée est en effet indispensable pour une bonne croissance des enfants[16]. Des études plus approfondies sont d'ailleurs en cours, sur un schéma longitudinal, pour explorer plus avant l'influence des diverses pratiques alimentaires sur l'état nutritionnel des nourrissons et jeunes enfants dans cette province.

RÉFÉRENCES

1. WHO. Implementation of resolutions and decisions. Infant and young child nutrition. Provisional agenda item 9 EB101/INF.DOC./4. 1997.
2. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. UNICEF / University of California-Davis / WHO / ORSTOM. Geneva: WHO, 1998. [WHO/NUT/98.1]
3. Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD). Enquête Démographique et de Santé en Afrique de l'Ouest. Ouagadougou, Burkina Faso: INSD, 2000.
4. Ferreira MU, Cardoso MA, Santos AL, Ferreira CS, Szarfarc S. Rapid epidemiologic assessment of breastfeeding practices: probit analysis of current status data. J Trop Pediatr 1996;42:50-3.
5. WHO. Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. World Health Organ Tech Rep Ser. 1995;854:1-452.
6. WHO. Indicators for accessing breastfeeding practices. Report for an informal meeting. Geneva: WHO, 11-12 June 1991. [WHO/CDD/SER/91.4]
7. Cousens S, Nacro B, Curtis V, et al. Prolonged breast-feeding: no association with increased risk of clinical malnutrition in young children in Burkina Faso. Bull World Health Organ 1993;71(6):713-22.
8. Simondon KB, Simondon F. Mothers prolong breastfeeding of undernourished children in rural Senegal. Int J Epidemiol 1998;27(3):490-4.
9. Centre National pour la Nutrition (CNN). Enquête épidémiologique sur les carences en micronutriments dans 15 provinces. Projet de Développement Santé et Nutrition (PDSN). Ouagadougou, Burkina Faso, 1997.

[c] *Le projet est dénommé NutriFaso. C'est un projet d'intervention né du souci d'améliorer de façon durable les pratiques d'allaitement, l'alimentation infantile et la sécurité nutritionnelle des femmes enceintes et allaitantes dans la province de la Gnagna, en vue de réduire la prévalence des malnutritions chez les jeunes enfants. Il compte plusieurs partenaires dont les principaux sont le Gret (Groupe de recherche et d'échanges technologiques), l'IRD, la Direction de la Nutrition, l'ANSA-B (Association pour la Nutrition et la Sécurité Alimentaire au Burkina Faso), ICODEV (Initiatives Communautaires pour le Développement) et l'UNICEF.*

10. Sawadogo SP. Pratiques alimentaires dans la province de la Gnagna. Mémoire de DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Centre de Recherche en Sciences Biologiques et Nutritionnelles (CRSBAN), Université de Ouagadougou, 2002.

11. Somda JC. Les pratiques de sevrage au Burkina. In: Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. L'alimentation de complément du jeune enfant. Paris: Orstom, collection colloques et séminaires, 1995:16-26.

12. Unicef. The state of the world's children. 2003.
Internet: http://www.unicef.org/sowc03/tables/table2.html (accessed october 2003)

13. Aarts C, Kylberg E, Hornell A, Hofvander Y, Gebre-Medhin M, Greiner T. How exclusive is exclusive breastfeeding? A comparison of data since birth with current status data. Int J Epidemiol 2000; 29(6):1041-6.

14. Dewey KG and Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. Food Nutr Bull 2003;24(1):5-28.

15. Trèche S. Techniques pour augmenter la densité énergétique des bouillies. In: Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. L'alimentation de complément du jeune enfant. Paris: Orstom, collection colloques et séminaires 1995:123-46.

16. Onyango AW. Dietary diversity, child nutrition and health in contemporary African communities. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 2003;136(1):61-9.

***Remerciements**: Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme vulnérabilité alimentaire et sécurité nutritionnelle (VASN) dirigé par le Professeur Georges Courade. Elle a été financée sur fonds IRD avec l'appui matériel de l'Unicef.*

Utilisation et consommation de la spiruline au Tchad

Mahamat Sorto

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) BP: 5400, N'djamena Tchad.

Auteur correspondant: *prasac.tchad@intnet.td ou itrad@intnet.td*

- Résumé -

L'objectif de cette communication est de montrer, à partir d'enquêtes, l'importance de la spiruline dans l'alimentation des populations du Tchad.

Cent ménages pris au hasard à Bol et à Mao ont été enquêtés sur les techniques traditionnelles de récolte et de séchage de la spiruline; les modalités d'utilisation du *Dihé* et l'aire de consommation de cet aliment. A N'djamena, l'enquête a porté sur 70 foyers pris au hasard dans trois grands arrondissements. Les familles ont été interrogées sur leurs habitudes alimentaires et notamment l'utilisation du *Dihé*.

Il ressort de ce travail que traditionnellement ce sont les femmes *kanembou* qui pratiquent la récolte et le séchage de la spiruline. Le produit séché dans les cuvettes de sable est appelé *Dihé*. En milieu *kanembou*, le *Dihé* est consommé avec une fréquence allant de 1 à 2 fois par jour. Par ailleurs, quatre types de sauce au *Dihé* ont été répertoriés. Il s'agit de la sauce au *Dihé* seul, la sauce au *Dihé* avec du haricot, la sauce au *Dihé* avec du poisson séché et la sauce au *Dihé* avec de la viande. Les quantités de *Dihé* utilisées dans ces différentes sauces sont en moyenne de 55 grammes pour une famille de 4 à 5 personnes. Les enfants, les adultes et les vieillards *kanembou* consomment tous le *Dihé*. En revanche, les Boudouma ne le consomment pas et les Kouri n'en consomment que 1 ou 2 fois par mois. Le *Dihé* est aussi utilisé pour lutter contre les rides. Au marché de Bol, 1 kg de *Dihé* coûte en moyenne 650 Fcfa. A N'djamena, sur 70 ménages enquêtés, seulement 1% préparaient le *Dihé* et la moitié des familles interrogées ont dit n'avoir jamais entendu parler du *Dihé.*

Le *Dihé* utilisé sous forme de sauce est un produit consommé depuis longtemps par les kanembous. Avec une teneur en eau variant entre 9 et 10 g pour 100 g de matière brute et une teneur en protéines variant entre 39 et 58 g/100 de matière sèche pour les échantillons que nous avons collectés, il est indéniable que ce produit apporte aux consommateurs un apport protéinique important. Mais jusqu'à nos jours, force est de constater que ce produit n'a pas véritablement connu de promotion et de valorisation importantes.

Mots-clés: Spiruline – *Dihé* – Consommation – Tchad.

- Abstract -

Use and consumption of Spirulina in Chad

Spirulina platensis is growing naturally in the region of Lac-Tchad and Kanem. This micro alga is traditionally harvested and dried by women. The objective of this communication is to describe through results of surveys the way the spirulina is harvested, dried and used by the people of Chad.

One hundred randomly selected households were investigated in Bol and Mao. They were asked on the method of harvesting and drying and consuming spirulina. In N'djamena, Seventy randomly selected families were asked on the use of spirulina.

The results show that the spirulina is traditionally harvested and dried by *kanembou* women. They used recipients to harvest spirulina and the collected product dried on the surface of sand. This product is locally called *Dihé*. In Bol and Mao, we found 4 types of sauces: sauce made of *Dihé* only, sauce of *Dihé* with common bean, sauce of *Dihé* with meat and sauce of *Dihé* with fish. The quantity of *Dihé* consumed is about 55 g for 4-5 persons. The frequency of the consumption is once/twice per day. All the *kanembou* people eat the *Dihé*. The *Boudouma* people do not eat, and the *Kouri* people eat it rarely, may be once in the month. The *Kanembou* people said that they feel well and strong when they eat the *Dihé* and they do not feel tired when doing some physical activities. In the market of Bol, 1 kg of *Dihé* costs in average 650 fcfa. It is also said that *Dihé* can treat wrinkles. The results of surveys in N'djamena show that 50% of people investigated said that they know nothing about *Dihé and* only 1 out of 70 has tasted the product.

The *Dihé* is a product consumed since a long time by *kanembou* people. The protein content of the collected samples varied between 39 and 58 g/100g of dried matter and their water content was about 9 g to 10 g/100g of crude matter. It is certain that this product can provide a large amount of protein to consumers. But we realized that up to day the *Dihé* is not well promoted and developed.

Key words: Spirulina – *Dihé* – Consumption – Chad.

INTRODUCTION

Au Tchad, la spiruline *platensis* pousse naturellement dans les régions du Lac Tchad et du Kanem. Les oasis que l'on y rencontre, appelées *ouaddis*, ont la particularité d'avoir en leur centre une nappe d'eau à forte concentration en natron dans laquelle se développe la spiruline. Traditionnellement ce sont les femmes *kanembou* qui pratiquent la récolte et le séchage de la spiruline. Le produit ainsi séché dans les cuvettes de sable est appelé *Dihé*. Il est consommé ou vendu au Tchad, Nigeria et Niger.

Plusieurs études ont été menées sur la spiruline en ce qui concerne sa valeur nutritionnelle. Au Tchad, les travaux de Jardin[1], de Fadoul et al.[2], de Iltis[3,4,5] et de Compére[6] ainsi que ceux de Delpeuch et al.[7] etc…, nous donnent des informations assez complètes sur la production, les caractéristiques physico chimiques et l'utilisation de la spiruline au Tchad. Mais ces études qui remontent aux années 1960 et 1970 méritent d'être actualisées compte tenu, d'une part, des conditions écologiques (assèchement des eaux, avancée du désert) actuelles du milieu et, d'autre part, de l'évolution des modes de vie des populations (croissance démographique, brassage des sociétés). Dans une société en pleine mutation et surtout avec une croissance démographique en inadéquation avec les disponibilités et l'accessibilité des aliments, le problème de l'alimentation et de la nutrition des populations du Tchad devient une préoccupation majeure.

Au Tchad, les données de Enquête Démographique pour la Santé au Tchad[8] révèlent que 40% des enfants soufrent de malnutrition chronique. En 1997, les disponibilités alimentaires par personne et par jour atteignaient 2091 kcal pour les citadins. La carence qualitative est également notoire puisque l'on note un manque de protéines et de vitamines dans l'alimentation des populations tchadiennes[9].

Or, le Tchad avec la production de spiruline possède un atout non négligeable pour faire face au problème de malnutrition. La spiruline est l'un des végétaux connus les plus riches en protéines (60-70%). D'après Idriss[10], 15 g de spiruline contiennent autant de protéines que 100 g de viande.

Cette présentation a pour but de montrer comment la population tchadienne utilise cette richesse pour combattre la malnutrition et quelle pourrait être la contribution de cette ressource dans la lutte contre ce fléau en poursuivant trois objectifs:

- identifier les techniques de récolte et de séchage de la spiruline au Tchad;
- identifier les modalités d'utilisation du *Dihé;*
- déterminer l'aire de consommation de *Dihé.*

MÉTHODOLOGIE

Une recherche bibliographique a été réalisée afin de mieux comprendre l'état actuel de développement et de l'utilisation de la spiruline dans l'alimentation humaine.

Des enquêtes ont été menées dans trois grandes villes du Tchad à savoir N'djamena, Bol et Mao pour déterminer, d'une part, les techniques de récolte et de séchage de la spiruline et, d'autre part, la fréquence d'utilisation et l'aire de consommation de la spiruline. Cent ménages pris au hasard ont été enquêtés à Bol et Mao. Le questionnaire portait essentiellement sur la technique de récolte et de séchage de la spiruline et sur son utilisation et sa consommation dans ces deux localités. Par ailleurs, à N'djamena, 70 foyers pris au hasard dans trois arrondissements de la capitale ont fait l'objet d'une enquête sur les habitudes alimentaires et notamment l'utilisation et la consommation du *Dihé*.

RÉSULTATS

Récolte et séchage de la spiruline

Ce sont les femmes *kanembou* qui font la récolte et le séchage de la spiruline. Une femme peut récolter 4 à 8 kg de spiruline par jour. L'algue bleue est recueillie dans des récipients. Le mélange eau et spiruline est versé dans des cuvettes de sable construites pour la circonstance. Après 1 à 3 jours de séchage au soleil, le produit obtenu en forme de galette est appelé *Dihé*. Le *Dihé* est emballé puis conservé dans des sacs ou dans des récipients. Il est consommé sous forme de sauce ou vendu aux marchés du Tchad, Nigeria et Niger. Du fait de mauvaises conditions de récolte, de séchage et de conservation, le *Dihé* est souvent plein de grains de sables et il est fréquent de constater des quantités importantes de *Dihé* prendre de l'humidité.

Préparation culinaire du *Dihé*.

Il est dans les habitudes alimentaires des kanembous de transformer le *Dihé* en différentes sortes de sauces. Les enquêtes réalisées ont révélé quatre principaux types de sauce: la sauce au *Dihé* seul, la sauce au *Dihé* avec du haricot, la sauce au *Dihé* avec du poisson séché et la sauce au *Dihé* avec de la viande. Le mode de préparation de la sauce au *Dihé* seul est donné sur la figure 1. Pour obtenir les autres types de sauce, le haricot, le poisson séché et la viande sont ajoutés au moment du mélange qui précède la cuisson finale. Les proportions observées au cours de l'enquête entre les différents ingrédients sont données dans le tableau 1. Il n'y a pas de standard requis dans les proportions et les quantités de *Dihé* utilisées dans les sauces. Toutefois, les ménagères par expérience et habitude savent à peu près la quantité de *Dihé* qui est nécessaire pour leur famille.

A Bol tout comme à Mao, pour une famille de 4 à 5 personnes, les quantités utilisées varient entre 50-60 g, mais ces quantités peuvent augmenter avec le nombre des personnes.

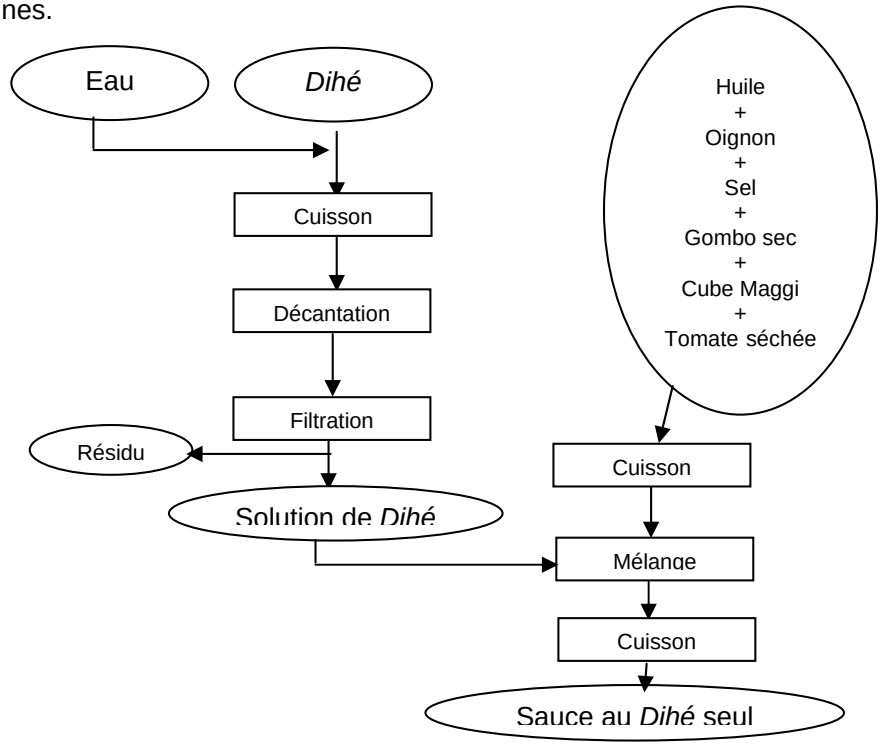


Figure 1: Mode de préparation de la sauce au *Dihé* seul.

Tableau 1: Proportions observées entre les différents ingrédients *(recettes pour 10 personnes).*

Ingrédients	*Dihé* seul	*Dihé* au poisson séché	*Dihé* au haricot	*Dihé* à la viande	*Dihé* à la viande séchée
Dihé	90 g				
Sel	28,5 g				
Poudre de Gombo séché	32,5 g				
Poudre de tomate séchée	16 g				
Cube maggi	1 ou 2				
Eau	1,5 l	2,0 l	2,0 l	1,7 l	2, 0 l
Huile	46 g	50 g	48 g	47 g	48 g
Oignon	60 g	60 g	65 g	65 g	65 g
Poisson séché		47 g			
Haricot			45 g		
Viande (os)				80	
Viande séchée					29

La consommation du *Dihé* à Bol, Mao et N'djamena

A Bol, 20% des ménages enquêtés consomment la sauce au *Dihé* seul, 35% consomment le *Dihé* avec du poisson, 16% utilisent le *Dihé* avec de la viande et 9% consomment le *Dihé* avec du haricot. 20% de ménages enquêtés ne consomment pas le *Dihé*. A Mao, les proportions sont différentes avec une forte prépondérance de consommateurs de sauce au *Dihé* seul (60%) et une faible consommation de la sauce au *Dihé* avec du haricot (8%). Seulement 5% des personnes interrogées ne consomment pas le *Dihé*.

Les enquêtes menées à N'djamena montrent en ce qui concerne l'utilisation du *Dihé*:

- dans le 5ème arrondissement, la majorité des ménages enquêtés (70%) disent n'avoir jamais entendu parler du *Dihé*, 30% d'entre eux connaissent le *Dihé* mais personne n'a consommé de cet aliment;
- dans le 2ème arrondissement, 60% des familles enquêtées connaissent le *Dihé*, 39% ne connaissent pas le produit, moins de 1% en ont consommé;
- la situation au 3ème arrondissement est peu différente de celle du 2ème arrondissement avec 58% des familles enquêtées qui connaissent le *Dihé*, 41% qui ne connaissent pas le produit et moins de 1% qui l'ont déjà goûté;
- d'autre part, il est possible de trouver sur les marchés de N'djamena du *Dihé*.

En milieu *kanembou*, la consommation du *Dihé* ne pose aucun problème d'acceptabilité. Les enfants tout comme les adultes en consomment lorsqu'ils en disposent. D'autre part, l'enquête nous a révélé que les Boudouma ne mangent pas le *Dihé*. La raison évoquée pour ce refus est d'ordre social. Les Kouri en consomment rarement peut être 1 fois tous les mois. Le *Dihé* est aussi utilisé pour soigner les rides ou une maladie appelée *Warran* en langue locale.

Nous avons aussi procédé aux mesures des teneurs en eau et en protéines des échantillons de *Dihé* que nous avons collecté aux marchés de Bol et de N'djamena. Les teneurs en protéines se situent entre 39 et 46 g/100 g de matière sèche pour les échantillons de Bol et entre 42 et 58 g/100 g de matière sèche pour les échantillons

de N'djamena. Les teneurs en humidité pour les échantillons de Bol et N'djamena sont, respectivement, de 10 et 9 g/100 g de *Dihé*.

La fréquence d'utilisation du *Dihé*

Les sauces au *Dihé* accompagnent la boule de mil ou de maïs. Les fréquences d'utilisation dans les deux localités enquêtées varient considérablement mais avec une consommation journalière qui se limite à 1 ou 2 fois.

A Bol, 58% des ménages consommateurs de *Dihé* affirment le consommer une seule fois par semaine, 28% consomment le *Dihé* deux fois par semaine et 14% le préparent trois fois toutes les deux semaines.

A Mao, 50% des familles consommatrices interrogées mangent 4 fois par semaine la sauce au *Dihé*, 28% en consomment 2 fois par semaine et 22% en consomment 1 fois toutes les deux semaines.

CONCLUSION

Au Tchad, les techniques de récolte et de séchage de la spiruline sont restées jusqu'à nos jours des activités dévouées uniquement aux femmes *kanembou*. Le produit récolté et séché possède cependant beaucoup d'inconvénients, en particulier la présence de grains de sable.

La quantité de *Dihé* utilisée par les Kanembous dans les sauces se situe entre 9 et 10 g par personne par jour. C'est un apport considérable sur le plan nutritionnel. Toutefois, compte tenu des méthodes utilisées pour le séchage et de la préparation traditionnelle du *Dihé*, il n'est pas exclu que des quantités importantes de protéines et de vitamines contenues dans la matière première ne se retrouvent plus dans les produits finis.

En ce qui concerne l'utilisation et la consommation du *Dihé*, force est de constater que les kanembous sont restés les véritables consommateurs de *Dihé*, tandis qu'à N'djamena les résultats démontrent que beaucoup de gens ignorent encore l'existence et l'intérêt de cette micro algue. Tout porte à croire que les actions menées (plusieurs conférences débats sur la spiruline au Tchad, des tests d'acceptabilité en milieu scolaire à Ngoury et Fort Lamy actuel N'djamena vers les années 1960-1970 etc.) pour introduire la spiruline dans l'alimentation des populations tchadiennes sont restées sans grande efficacité.

Ces constats nous conduisent à considérer qu'il est nécessaire de poursuivre des actions de recherche en faveur de la promotion de cet aliment disponible au Tchad. Ces actions pourraient être développées en trois phases: une phase d'amélioration de la qualité du *Dihé;* une phase d'élaboration et de tests auprès des populations de produits finis contenant du *Dihé* (sauce de *Dihé* améliorée ou poudre de *Dihé* etc.); enfin une phase de vulgarisation des produits les mieux acceptés.

RÉFÉRENCES

1. Jardin C. Les algues bleues du Kanem (*Spirulina platensis*). CR MF, 1968.
2. Fadoul L, Avram A, Le Guédes G. Les algues bleues du Kanem (*Spirulina platensis*). Rapport de mission. FAO, division de la nutrition, 1968.
3. Iltis A. Algues nouvelles des mares du Kanem (Tchad). Rev Algologique 1971:172-6.

4. Iltis A. Remarques taxinomiques sur les algues des mares du Kanem (Tchad); Rev Algologique 1972;02:334.

5. Iltis A, Compére P. Algues de la région du Lac Tchad : Caractéristiques générales du milieu. Cah Orstom Hydrobiol 1974:141-64.

6. Compére P. Algues de la région du Lac Tchad. VII / Chlorophycophytes (3éme partie: Desmidiees). Cah Orstom, sér Hydrobiol 1977;77-177.

7. Delpeuch F, Joseph A, Cavalier C. Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues bleues (*Oscillatoria platensis*) chez quelques populations du Kanem (Tchad). Ann Nutr Aliment 1976;497-516.

8. Ouagadjio B, Nodjimadji K, Ngoniri JN, et al. Enquête Démographique et de Santé, Tchad 1996-1997. Calverton, Maryland, USA: Bureau Central du Recensement et Macro International Inc, 1998.

9. République du Tchad: programme d'action pour le développement du Tchad 2001-2002. Mémoire du Tchad. Troisième conférence des nations unies sur les pays les moins avancés. Bruxelles, 14-20 mai 2001.

10. Yacoub Idriss M. Méthodologie de transfert de Technologie: Exemple de la spiruline. La Lettre de la Recherche et du Développement. CNAR, Octobre 1999;66.

L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A

Zagré[1,4]* Noël Marie, Delisle[2] Hélène, Delpeuch[3] Francis

[1] UR Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), Ouagadougou, Burkina Faso.
[2] Département de Nutrition, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada.
[3] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Centre de Montpellier, France.
[4] Helen Keller International, Représentation au Niger, BP 11 728 Niamey, Niger.

*Auteur correspondant: *nzagre@hki.ne*

- Résumé -

Contexte: L'objectif d'élimination virtuelle de la carence en Vitamine A (VA) dans les Pays en Développement, lancé depuis les années 90, n'a pas été atteint, malgré la distribution annuelle gratuite de capsules de VA aux enfants. Parmi les approches de diversification alimentaire, l'utilisation de l'huile de palme rouge (HPR) présente des atouts importants et mériterait d'être intégrée dans la stratégie de lutte.

Efficacité de la diversification alimentaire: L'efficacité biologique de l'HPR a été démontrée à travers des essais contrôlés chez des enfants comme chez des femmes en Afrique du Sud et en Inde. De même, l'efficacité de l'huile de palme rouge a été montrée dans le cadre de projets ou de programmes en Afrique et en Asie. Cependant, aucune donnée n'était disponible sur l'efficacité de l'HPR lorsqu'elle est introduite sur une base commerciale.

L'HPR au Burkina Faso: Afin d'en vérifier la faisabilité et l'efficacité, de l'HPR produite au sud ouest a été introduite et vendue dans la région du centre nord. Après deux ans de promotion comme supplément alimentaire, 42,5% des enfants en avaient consommé au moins une fois dans la semaine, en moyenne 10,8±1,1 g/j. Les apports moyens en VA étaient passés de 164 ± 30 à 514 ± 144 µg EAR/j ($p<10^{-4}$), la rétinolémie de 0,55 ±0,04 à 0,64 ± 0,04 µmol/l (p=0,012) et la proportion des enfants déficients de 84,5% à 66,9% (p=0,004). Bien qu'efficace, cette stratégie n'a pas suffi à contrôler la carence et devrait être renforcée par une meilleure utilisation des aliments locaux ayant les cotes VA les plus élevées. Cette cote prend en compte la teneur en VA, la portion habituellement consommée et la bio-efficacité des carotènes. Des scénarios d'utilisation de ces ressources intégrant éventuellement les autres stratégies de lutte ont été proposés.

Conclusion: La diversification alimentaire devrait être mieux reconnue. Le rôle important que joue l'HPR dans cette stratégie requiert la mise en place d'un programme comportant une promotion soutenue de l'HPR et le renforcement de la filière sur le plan de la production et la commercialisation.

Mots-clés: Huile de palme rouge – Burkina Faso – Stratégie – Vitamine A – Diversification alimentaire.

- Abstract -

Red palm oil in Burkina: a step for the food diversification in the national strategy for the vitamin A deficiency control

Context: The objective of virtual elimination of Vitamin A (VA) deficiency in the developing countries, launched during years 90, is not reached in spite of annual free supply of high-dosage supplements of VA to young children. Because these campaigns are coupled with national campaigns of immunization for poliomyelitis eradication, they are likely to face financial difficulties as this goal is about to be achieved. Thus, children will miss the single dose they are used to receive. Among the food diversification approaches, using red palm oil (RPO) presents important assets and should be integrated in the control strategy.

Effectiveness of food diversification: RPO biological efficacy has been demonstrated through controlled studies in different contexts. These studies were carried out on children of various ages and with women, and have used RPO alone or mixed with various foods in South Africa and India. Red palm oil effectiveness has been also showed within the frame scope of projects and programs, notably enriching cassava flour in Tanzania. Moreover, food diversification strategy was found effective as reported from different projects in Kenya, Tanzania, South Africa and Thailand. However, no findings are available on the effectiveness of RPO as a food supplement for VA when introduced and distributed on a commercial basis.

RPO in Burkina Faso: RPO locally produced at South West has been introduced and sold in Kaya Area (Centre North). After two years of promotion as a VA food supplement food for women and children (1-5 years), RPO was consumed by 42.5% of children at least once a week, in average 10.8±1,1 g/d. After 24 months, the average intake of VA increased from 164±30 to 514±144 µg EAR/d ($p<10^{-4}$), the serum retinol concentration moved from 0.55±0.04 to 0.64±0.04 µmol/l (p=0,012) and the proportion of deficient children decreased from 84.5% to 66.9% (p=0.004). This strategy was effective but did not allow controlling the deficiency and could be strengthened with a calendar of available local VA sources with the highest VA score. This score includes the VA (or pro-vitamin A) content of the food, the usual portion size and carotene bio-efficacy. A schedule for the use of these resources, including eventually high-dosage supplements of VA capsules distribution, fortified food and public health measures have been suggested by the authors, as well as specific measures for specific target groups such as severely malnourished in patient children and schoolchildren.

Conclusion: Food diversification role should be better recognized. RPO plays important role in this strategy, which requires implementation of a program including RPO promotion, alone or mixed, towards selected groups, and the reinforcement of the channels used for production and marketing.

Key words: Red palm oil – Burkina Faso – Strategy – Vitamin A – Food diversification.

———————————

INTRODUCTION

La carence en VA reste encore de nos jours un véritable problème de santé publique dans les PED. Au Burkina Faso, des données récentes obtenues en 1999 dans des villages de la province du Sanmatenga ont montré que 85% des enfants et 65% de leurs mères présentaient des rétinolémies inférieures à 0,70µmol/l[1]. La situation est tout aussi sérieuse chez les enfants d'âge scolaire. En effet, les analyses réalisées chez 240 enfants de 15 écoles dans des villages de Kaya indiquent une prévalence de 50%[a], situation comparable à celle du village de Petit Samba où 35 enfants d'âge scolaire sur 74 (47,3 %) avaient de faibles rétinolémies[2]. Pourtant, toutes les régions du pays bénéficient depuis près d'une dizaine d'années des campagnes annuelles de distribution de capsules de VA, couplées aux Journées Nationales de Vaccination, auxquelles se sont ajoutées depuis quelques années, les Journées Nationales pour les Micronutriments, également sur une base annuelle. Dès lors, on peut légitimement s'interroger sur les raisons de la persistance de ce problème de santé publique. Une étude conduite en 2001 par Codjia[b] sur les déterminants des choix des approches en matière de lutte contre la carence en VA a mis en évidence une remarquable concordance des avis; malgré leur importance théorique unanimement proclamée, les approches alimentaires sont reléguées au second plan par rapport à la supplémentation médicamenteuse dans la mise en œuvre des stratégies nationales. Ces résultats confirment que le potentiel des approches alimentaires est insuffisamment exploité dans les stratégies de lutte[3].

Sur un plan historique, la supplémentation médicamenteuse doit son développement prodigieux aux résultats d'essais montrant son impact sur la carence et sur la mortalité et morbidité. Il a suffi de six essais d'intervention communautaire rigoureusement conduits et montrant une forte réduction de la mortalité des enfants d'âge préscolaire pour convaincre définitivement la communauté internationale des bénéfices substantiels qu'offre la supplémentation en vitamine A, et ceci même dans des pays où des essais n'ont pas été faits[4,5].

L'exemple du succès qu'ont connu les capsules de VA devrait encourager à davantage de recherche évaluative sur les approches alimentaires, avec des protocoles rigoureux et correctement mis en œuvre, à l'image des essais contrôlés ou interventions impliquant l'utilisation des feuilles et légumes verts en Chine[6], d'aliments enrichis à l'huile de palme rouge (HPR)[7-10] ou du fruit du gac[c] au Vietnam[11]. De telles études, probantes quant à la capacité de la diversification alimentaire à réduire la carence, devraient être poursuivies et mieux valorisées[8,12,13], car elles représentent les éléments de confiance qui permettront l'acceptation et l'essor de cette stratégie.

Il est vrai que ces dernières années, les études ayant révélé la faible bioefficacité des caroténoïdes provitamine A des feuilles vertes[14,15], ont pu occulter l'intérêt d'autres sources de VA, comme l'HPR, les fruits et les tubercules de couleur orangée. Les vertus nutritionnelles et de santé de l'huile de palme rouge, au-delà de sa forte teneur en carotène[16], justifient que davantage d'intérêt lui soit accordé. Elle a en effet une teneur élevée en anti-oxydants, en particulier la vitamine E, qui lui conférerait des effets hypocholestérolémiants et anti-cancérigènes[17]. Quant à la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène, caroténoïdes anti-oxydants mais sans activité vitaminique

---

[a] *Delisle H, Zagré NM et Delpeuch Francis. Résultats préliminaires de l'étude de base de la phase II du projet HPR dans les écoles primaires de Kaya au Burkina Faso*

[b] *Codjia P. La supplémentation en vitamine A prépare-t-elle la voie à des approches alimentaires durables? Une étude au Burkina Faso. DEA - Institut Santé et Développement. Paris: Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 2002; 100.*

[c] *Nom local du* Momordica cochinchinensis*, un grand fruit de couleur rouge*

A des végétaux, ils joueraient un rôle important, respectivement dans la prévention de la dégénérescence maculaire[18,19], du cancer de la prostate[20] et du sein[21].

Les résultats que nous avons obtenus à travers un projet pilote d'utilisation de l'HPR, caractérisé par le choix et la consommation libres et volontaires des aliments attestent que l'HPR est acceptable par les populations, et qu'elle est efficace pour augmenter les apports et réduire la carence en VA. L'HPR est produite et bien connue dans le sud ouest du pays. Dans les autres parties du pays, l'huile est également connue et consommée dans la sauce. En outre, elle est appréciée et vue par les populations rurales comme une huile de prestige.

Cet article présente les principaux résultats de ce projet pilote sur le statut en VA, et propose l'intégration de l'HPR dans un schéma annuel d'utilisation des ressources alimentaires disponibles à un niveau régional pour renforcer le contrôle de la carence en VA.

MÉTHODOLOGIE

Méthodologie de l'étude d'impact

L'intervention a consisté à introduire et à promouvoir la consommation d'HPR dans la région de Kaya au Burkina Faso, où cette denrée est peu connue et non habituellement consommée. Les activités ont été mises en œuvre pendant 24 mois dans 10 villages et un secteur urbain, touchant une population cible de 10 000 enfants d'âge préscolaire et femmes en âge de procréer, par des animatrices économistes familiales sensibilisées à la problématique de la carence en VA et formées au marketing social et à la communication persuasive. Les activités de commercialisation de l' HPR comprenaient la collecte de l'huile dans la zone de production à l'ouest du pays, son transport puis sa commercialisation. La vente au détail a été réalisée par des villageoises volontaires dans les sites d'intervention. Des informations plus détaillées sur le projet pilote ont été publiées antérieurement[22].

L'évaluation a porté sur 210 ménages aléatoirement choisis avant le début de l'intervention dans six villages choisis au hasard sur les dix que couvre le projet pilote, ainsi que dans le seul secteur urbain du Département de Kaya. Une liste des ménages éligibles, comprenant ceux qui avaient un enfant de 12 à 36 mois et qui vivaient depuis au moins six mois dans le village a été utilisé pour le tirage.

Le protocole d'étude est celui d'une évaluation longitudinale pré-test/post-test (sans groupe témoin). Trois enquêtes ont été conduites: avant l'intervention, puis 12 et 24 mois après son début. Le rétinol sérique a été mesuré avant et à la fin de l'intervention. Des données de consommation alimentaire, de connaissances, attitudes et pratiques des mères ainsi que des données socio-économiques, de morbidité récente et d'anthropométrie des enfants ont été collectées aux trois enquêtes.

Les apports en VA ont été estimés à l'aide d'un questionnaire de fréquence de consommation validé préalablement au Niger. Les apports VA d'origine végétale ont été évalués sur une base hebdomadaire tandis que ceux d'origine animale l'ont été mensuellement. Le facteur de conversion de 12 µg de β-carotène pour 1 µg EAR, recommandé par l'Institute of Medecine des USA a été utilisé[23]. Le rétinol sérique a été déterminé par HPLC (Chromatographie liquide à haute performance) dans les laboratoires de l'université de Ouagadougou (Burkina). Des informations plus détaillées sur la méthodologie ont été publiées antérieurement[24].

Méthodologie de l'étude des cotes VA des aliments

L'appréciation de l'importance d'un aliment en termes d'apport potentiel en VA dans une population est cruciale lorsqu'on souhaite développer des programmes d'éducation basée sur la diversification alimentaire, et que se pose la question du choix des aliments à promouvoir. Trois facteurs interviennent dans l'aptitude d'un aliment à assurer des apports adéquats en VA, notamment la teneur en VA (rétinol préformé ou caroténoïde provitamine A), la taille de la portion habituelle et enfin la bio efficacité des caroténoïdes provitaminiques A de cet aliment. Nous avons défini une "cote vitamine A" pour les aliments, qui reflète l'importance relative de chacun de ces trois facteurs.

Les aliments en question sont ceux de la liste des vingt-six aliments sources de VA identifiés lors d'enquêtes agricoles et de marché, et des discussions de groupe dans les villages du projet. Pour chaque aliment, la portion habituelle a été calculée après un questionnaire de fréquence quantitatif utilisant les mesures ménagères et commerciales, et sa teneur en VA a été estimée à partir de tables de composition récentes[25-27]. Nous avons alors calculé la teneur en VA de la portion habituelle, puis attribué des points selon une échelle qui s'inspire des critères d'interprétation des apports en VA proposés par l'International Vitamin A Consultative Group[28]. Ainsi, nous avons donné "zéro" lorsque la teneur de la portion est inférieure à 250 µg EAR, "un" pour une teneur $\geq$ 250 µg EAR et < 350 µg EAR, puis deux points pour une teneur $\geq$ 350 µg EAR.

Quant à la bio efficacité de la VA de l'aliment, nous avons attribué la note maximale "4" aux aliments d'origine animale riche en rétinol et à la margarine enrichie, la note "3" aux aliments d'origine végétale sans matrice comme l'HPR, "2" aux produits végétaux à matrice non ligneuse comme les fruits et enfin "1" aux végétaux à matrice ligneuse (feuilles vertes, calices de kapokier, gombo, *tô* de maïs jaune).

La cote finale vitamine A a été obtenue par le produit des deux notes. Nous avons préféré le produit à la somme car il rend mieux compte de l'importance de chaque facteur dans la cote finale. En effet, la somme des deux notes aurait donné une cote faussement satisfaisante au beurre par exemple, en raison d'une note de bio-efficacité élevée, alors que du fait qu'il n'est pas vraiment consommé, sa contribution réelle est nulle.
Parmi les vingt-six aliments, cette approche a permis d'en retenir huit qui présentent un intérêt réel comme sources de VA dans cette région. Pour ces aliments, des enquêtes agricoles et de marché ont permis d'établir un calendrier de disponibilité. Dans ce calendrier, nous avons regroupé le foie de volaille et celui de petits ruminants, de même que toutes les sauces à base de feuilles vertes, fraîches ou séchées.

RÉSULTATS

Impact de l'introduction commerciale de l'huile de palme rouge

Les résultats montrent que deux ans après le début de l'intervention, 42,5% des enfants et 43,5% des mères avaient consommé l'HPR au cours de la semaine précédant l'enquête. Les apports en VA sont présentés au tableau 1. On constate qu'ils sont passés de 164 $\pm$ 15 µg EAR à 514 $\pm$ 77 µg EAR chez les enfants et de 235 $\pm$ 23 µg EAR à 655 $\pm$ 144 µg EAR chez les mères.

Tableau 1: Evolution des apports alimentaires de vitamine A chez les enfants et leurs mères en zone rurale au Burkina Faso.

	Avant (05/1999)		**Après 24 mois (05/2001)**		**2001 vs 1999**		
	Valeur	Erreur type	Valeur	Erreur type	Effet mesuré[1]	I.C.[2] à 95%	p-value[3]
Enfants							
Apport total en VA *(µg ER /jour)*							
Nombre d'enfants	*n=210*		*n=181*				
Apport moyen	163,7	7.3	514,3	38,3	+350,0	274,3-425,7	0,0001
25th percentile	107,1	6.9	177,0	28,4	+69,9		
50th percentile	154,3	6.9	276,2	27,5	+121,9		
75th percentile	205,2	7.4	544,8	69,0	+339,6		
Niveau de couverture de l'apport de sécurité							
Nombre d'enfants	*n=210*		*n=181*				
Apport moyen	0,41	0,02	1,20	0,09	+0,79	0,61-0,97	0,0001
Prévalence des apports inadéquats (< 0.625 des apports de sécurité)	88,8%	3.2	47,0%	1,6	0,11	0,07-0,19	0,0001
Mères							
Apport total en VA *(µg ER /jour)*							
Nombre de mères	*n=210*		*n=184*				
Apport moyen	235,4	11,5	655,4	72,1	+420,0	278,5-561,5	0,0001
25th percentile	145,3	6,1	187,2	21,7	+41,9		
50th percentile	202,7	12,6	301,7	26,1	+99,0		
75th percentile	282,8	25,8	757,3	103,1	+474,5		
Niveau de couverture de l'apport de sécurité							
Nombre d'enfants	*n=210*		*n=183*				
Apport moyen	0,36	0,02	0,97	0,14	+0,61	0,33-0,89	0,0001
Prévalence des apports inadéquats (< 0.625 de l'apport de sécurité)	87,3%	3,4%	59,5%	4,3%	0,21	0,12-0,38	0,0001

1- Différence des moyennes (2001 moins 1999) pour les variables continues, odds-ratio (2001 vs 1999) pour les variables binaires.
2- Intervalle de confiance à 95%.
3- Hypothèse nulle d'absence de différence entre 2001 et 1999: p-value pour test Chi² de Wald.

La quantité moyenne d'HPR consommée par jour en fin d'intervention était de 3,1 ± 0,1 g et 4,7 ± 0,2 g respectivement pour l'ensemble des enfants et des mères. Ces quantités moyennes journalières sont de 10,8 ± 1,1 g pour les enfants et 14,6 ± 1,1 g pour les mères si on ne considère que ceux qui en avaient consommé, ce qui correspond à une contribution respective de 1220 µg EAR et de 1650 µg EAR.

Le tableau 2 présente l'évolution de la rétinolémie chez les enfants et chez leurs mères. La teneur moyenne de rétinol sérique est passée de 0,55 ± 0,04µmol/l en 1999 à 0,64 ± 0,04 µmol/l en 2001 chez les enfants (p = 0,012) et de 0,69 ± 0,04 µmol/l à 0,95 ± 0,08 µmol/l chez les mères (p = 0,0001). La proportion de rétinolémies inférieures à 0,70 µmol/l a connu une baisse significative, passant de 84,5 ± 6,4 % à 66,9 ± 11,2 % chez les enfants (p = 0,004) et de 61,8 ± 8,0 % à 28,2 ± 11,0 % chez les mères.

Tableau 2: Evolution de la rétinolémie moyenne (µmol/l) et des proportions de faibles teneurs (%) chez les enfants et leurs mères entre le début et la fin de l'intervention en zone rurale au Burkina Faso.

Indicateur	Avant (05/1999)		24 mois après (05/2001)		2001 vs 1999		
	Valeur	Erreur type	Valeur	Erreur type	Effet mesuré[1]	I.C.[2]	p-value[3]
Enfants	*n=199*		*n=140*				
Rétinolémie moyenne	0,55	0,02	0,64	0,02	+0,09	0,02 – 0,16	0,012
Prévalence des faibles teneurs (rétinol sérique < 0,70 µmol/l)	84,5%	3,2%	66,9%	5,6%	0,37	0,19 – 0,73	0,004
Prévalence des faibles teneurs (rétinol sérique < 0,35 µmol/l)	13,0%	1,5%	7,6%	1,8	0,55	0,31- 0,97	0,04
Mères	*n=199*		*n=144*				
Rétinolémie moyenne	0,69	0,02	0,95	0,04	+0,26	0,16 – 0,34	0,0001
Prévalence des faibles teneurs (rétinol sérique < 0,70 µmol/l)	61,8%	4,0%	28,2%	5,5%	0,24	0,12 – 0,47	0,0001
Prévalence des faibles teneurs (rétinol sérique < 0,35 µmol/l)	15,5%	3,7%	1,2%	0,6%	0,068	0,022 – 0,21	0,0001

1- Différence des moyennes (2001 moins 1999) pour les variables continues, odds-ratio (2001 vs 1999) pour les variables binaires.
2- Intervalle de confiance à 95%.
3- Hypothèse nulle d'absence de différence entre 2001 et 1999: p-value pour test Chi² de Wald.

Calendrier de disponibilité des sources de VA les plus recommandées

La figure 1 présente les cotes VA des huit aliments sources de VA les plus intéressants selon nos critères, ainsi que leurs périodes de disponibilité dans la région.

Aliments classés	Cote Vit. A	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Foie	8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
HPR	6							■	■	■			
Lait frais entier	4							■	■	■			
Œufs	4							■	■				
Mangues	2				■	■							
Néré	2				■	■	■						
Patates douces	2										■	■	■
Sauces feuilles	1	■	■	■	■				■	■	■	■	■

Figure 1: Cote vitamine A et période de disponibilité des sources de Vitamine A en zone rurale au Burkina Faso.

Le foie présente la meilleure cote vitamine A, suivi par l'HPR, le lait frais entier et les œufs de volaille. La position de l'HPR au deuxième rang, avant même certains produits animaux, témoigne de la place qui devrait lui être accordée dans la stratégie de lutte. Les mangues, le néré et les patates douces de couleur orangée viennent ensuite tandis que les sauces feuilles occupent le dernier rang. D'autres aliments, bien que répertoriés par les femmes, n'ont pas été retenus, soit en raison d'une consommation quasi-nulle malgré des teneurs élevées (cas de la margarine enrichie et des produits laitiers), soit parce que les teneurs sont trop faibles (*tô* de maïs jaune, sauce de gombo, sauce de calices de kapokier, riz à la tomate).

La disponibilité de ces aliments dans le temps montre une répartition irrégulière. En effet, alors que le foie est disponible tout au long de l'année, l'HPR, le lait frais entier et les œufs sont concentrés essentiellement de juillet à septembre. La courte période de disponibilité de l'HPR est liée à celle de production des noix, aux difficultés de cueillette en hivernage ainsi qu'aux capacités limitées d'extraction et de stockage avec les outils des femmes productrices. Les mangues et le *néré* les précèdent de quelques mois, d'avril à juin. La présence de patates douces orangées d'octobre à décembre est intéressante à souligner car cette période est faiblement couverte par les autres aliments sources de VA. Signalons toutefois que la disponibilité ne révèle qu'imparfaitement l'accessibilité, car certains aliments, même disponibles, ne sont pas à la portée des plus pauvres, en particulier les denrées d'origine animale. En outre, la disponibilité et l'accessibilité des produits sont des conditions nécessaires mais insuffisantes de la consommation: il faut en outre la motivation à consommer tel ou tel aliment, d'où l'importance de la communication persuasive, notamment par le biais du marketing social.

DISCUSSION

Notre étude est, à notre connaissance la toute première à tester une intervention HPR pour la VA sans distribution gratuite du produit, mais au contraire selon une approche commerciale. En effet, l'HPR était rendue disponible sur les lieux, mais les gens devaient l'acheter et ils y étaient incités par toute une panoplie d'activités promotionnelles.

Les résultats montrent que l'introduction de l'HPR dans cette région a été faisable et efficace, comme en témoignent le taux de consommation du produit par les femmes et les enfants et l'impact obtenu sur le statut en VA. L'amélioration des apports en VA à la suite du projet pilote est évidente et attribuable pour une large part à la consommation d'HPR et aussi à une certaine augmentation de la consommation de produits animaux. La couverture moyenne des apports de sécurité de VA est passé de 41% à 120% chez les enfants et de 36% à 97% chez les mères en deux années, exposant ainsi moins de personnes à un risque d'apport inadéquat. Enfin, l'étude des cotes Vitamine A dont il faut souligner le caractère empirique et des calendriers de disponibilité a permis de cibler une dizaine de sources intéressantes de VA pour la région d'étude.

L'étude aura aussi permis de réaliser l'ampleur de la carence, évaluée pour la première fois au Burkina par le rétinol sérique mesuré par HPLC. En effet, la prévalence de la carence en VA, bien qu'ayant significativement baissé, restait à un niveau élevé à la fin de l'étude, suggérant d'une part que des mesures complémentaires sont nécessaires pour le contrôle de la carence. D'autre part, elles révèlent que la supplémentation de masse, qui a couvert la quasi-totalité des enfants, ne permet pas une amélioration soutenue de la rétinolémie, puisque 85% étaient carencés six mois après la supplémentation au début de notre intervention, proportion

qui a été ramenée à 67% après 2 ans, mais encore une fois suite à une supplémentation prophylactique six mois plus tôt. Nos observations semblent aller dans le sens de l'hypothèse de Humphrey[29] selon laquelle une faible dose d'amorce permettrait d'améliorer la réponse à une supplémentation de VA, car la rétinolémie des enfants a augmenté seulement chez ceux qui avaient consommé l'HPR à un passage au moins.

A la lumière des résultats obtenus, on peut légitimement considérer que la promotion de l'HPR comme source de VA dans les régions qui peuvent en disposer est une mesure à intégrer dans la série des actions menées contre la carence en VA. Ils ouvrent ainsi des voies d'amélioration des stratégies de contrôle de la carence au Burkina Faso et même dans d'autres pays du Sahel, suggèrent des pistes ultérieures de recherche et encouragent le passage du stade de projet pilote à celui d'un programme de développement de la filière de production HPR par l'encadrement, l'équipement, la formation, la commercialisation et la promotion de ce produit à plus large échelle.

Il est donc indispensable d'intégrer l'utilisation de l'HPR dans une stratégie de diversification alimentaire mettant à profit la disponibilité et la répartition temporelle des sources de VA les plus intéressantes dans cette région. Il s'agit d'une stratégie progressive, évoluant à plusieurs niveaux, et qui consiste d'une part à la promotion de la consommation d'HPR, et d'autre part à l'allongement de sa période de disponibilité. Cet allongement est possible moyennant une meilleure organisation des productrices, un accroissement du rendement par l'utilisation de presses et enfin une structuration de la distribution. Il serait ainsi possible d'étendre la disponibilité sur une période allant de juin à décembre, grâce au stockage dans de bonnes conditions. Dans ces conditions, le calendrier annuel serait à court terme:

- de juin à décembre: promotion et consommation de l'HPR + sources animales + patates douces et sauces feuilles;
- de janvier à mai: une capsule de VA + mangues + *néré* + sauces feuilles.

Ce premier scénario nous semble tout à fait faisable et en harmonie avec l'esprit de la lutte contre la pauvreté actuellement en vigueur dans le pays. En effet, le développement des palmeraies, l'intensification de l'extraction de l'huile et l'organisation du marché de l'HPR amélioreraient certainement les revenus des planteurs, des productrices et des vendeuses, tout en renforçant cette stratégie de santé publique. Il devrait également comporter des actions ciblées vers les centres de récupération et d'éducation nutritionnelle et les écoles primaires disposant de cantines où l'HPR peut être introduite dans des menus, ce qui est en cours d'expérimentation au Burkina.

Cette démarche, en intégrant des approches des secteurs agricole et sanitaire constitue un avantage, car le contexte socio-culturel local est marqué par une meilleure écoute envers les services médicaux qu'envers ceux agricoles. Très rapidement, l'intensification de la production de l'HPR devrait être envisagée sérieusement, et sa reconnaissance comme élément dans les politiques de lutte contre les carences en micronutriments devrait être formellement obtenue et matérialisée.

Tout en travaillant au développement du palmier à huile et à l'intensification de la production d'HPR, il faudrait inscrire dans la deuxième étape, les aliments enrichis comme sources annuelles de VA, pour les populations rurales et urbaines. L'idée de l'enrichissement d'aliments vecteurs a déjà fait du chemin puisque des études préliminaires ont été réalisées, que le projet est inscrit dans le Plan National d'Action pour la Nutrition et qu'un comité national comprenant secteur étatique, secteur privé et société civile est en place et fonctionne. Parmi les produits ciblés comme véhicules, il

y a l'huile commerciale de cuisine, les farines infantiles et le beurre de karité. A cette étape intermédiaire, le même calendrier annuel est maintenu, mais la capsule de VA est remplacée par les aliments enrichis, conformément à la position largement répandue selon laquelle la diversification à elle seule est encore insuffisante pour contrôler efficacement la carence en VA dans les PED[30]. L'inconvénient de ce scénario intermédiaire est le contrôle de ce marché par le secteur industriel, ce qui expose à des risques de hausses de prix préjudiciables aux couches défavorisées.

Enfin, dans une troisième étape et pour le long terme, on ne peut imaginer un schéma de contrôle de la carence qui reste centré sur la distribution des capsules de VA. Plutôt, si les produits enrichis sont bien insérés dans la politique de production des entreprises, rien ne s'oppose à les conserver dans le plan durable de lutte contre la carence. Néanmoins, au-delà des apports de VA, l'on devrait viser plus largement le bien-être tout court, à travers une alimentation saine et diversifiée. Cela supposera un développement de la production familiale de légumes et de fruits, ainsi que le renforcement des capacités de conservation et de transformation des produits maraîchers et fruitiers, de façon à garantir la disponibilité de ces produits, frais ou transformés, dans les ménages et sur les marchés tout au long de l'année.

Pour y arriver, un important plaidoyer spécifique pour différentes cibles permettra de créer les conditions favorables pour accompagner ces stratégies, notamment le soutien politique et le financement des activités, incluant celles de recherche évaluative. Il permettra également de garantir la mise en oeuvre d'activités complémentaires pour en faire une stratégie plus globale incluant des mesures de santé publique.

Ces propositions s'apparentent à certains égards à celles qui ont été faites en Inde. En effet, l'idée indienne visait à introduire l'HPR dans les services de prise en charge intégrée du développement de l'enfant[31] et avait un caractère progressif en deux phases, comportant une étude de faisabilité à travers un aliment de complément dans un premier temps, puis dans un deuxième temps une extension aux différentes régions du pays suivie d'une évaluation d'impact après trois ans. Notre proposition s'en distingue par le fait qu'elle s'appuie sur des résultats montrant l'acceptabilité et l'efficacité de l'HPR dans un contexte d'introduction commerciale.

L'HPR constitue à notre avis une opportunité et une base solide à saisir pour construire une stratégie durable de contrôle de la carence en VA, basée sur la diversification alimentaire[32]. L'avenir de cette stratégie se trouve ainsi autant entre les mains des professionnels de l'alimentation et de la nutrition, que des chercheurs et des décideurs, et doit se jouer dès maintenant.

RÉFÉRENCES

1. Zagre NM, Delisle H, Tarini A, et al. Evolution des apports en VA à la suite de la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cah Etude Rech Francophone Santé 2002;12:38-44.
2. Derme S. Contribution à la validation de la méthode d'impression conjonctivale oculaire comme outil d'évaluation de la carence subclinique en vitamine A en zone rurale burkinabè. Ouagadougou: Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la santé, Section Pharmacie et Université de Ouagadougou, 2003.
3. Ruel MT. Can Food-based strategies help reduce vitamin A and iron deficiencies? A review of Recent Evidence. Food Policy Review 5. Washington, DC: IFPRI (International Food Policy Research Institute), 2001.

4. Beaton GH, Martorell R, Aronson KJ, et al. Effectiveness of Vitamin A supplementation in the control of young child morbidity and mortality in developing countries. Genève: United Nations ACC/SCN, 1993.[ACC/SCN State-of-the-Art Series, Nutrition Policy Discussions Paper N0 13.]

5. Bouis H, Slack A. Food policy perspective in evaluating alternative interventions for reducing micronutrient malnutrition. In: Combs GF WRDJ, Uphoff NT, Nesheim MC, eds. Food based approaches to preventing micronutrient malnutrition. International Workshop. Salt Lake City, Utah, USA: Cornell University, Ithaca, 1996.

6. Tang G, Gu X, Hu S, et al. Green and yellow vegetables can maintain body stores of vitamin A in Chinese children. Am J Clin Nutr 1999;70:1069-76.

7. Mosha TC, Laswai HS, Mtebe K, et al. Control of vitamin A deficiency disorders through fortification of cassava flour with red palm oil: a case study of Kigoma district, Tanzania. Ecol Food Nutr 1999;37:569-93.

8. Delisle H, Bakari S, Zagre NM. Faire reculer l'avitaminose A dans les pays en développement par des stratégies de diversification alimentaire (Roll back Vitamin A deficiency in developing countries through food diversification strategies*)*. Rev Can Eco Fam 2003;52:18-21.

9. Sivan YS, Alwin-Jayakumar Y, Arumughan C, et al. Impact of vitamin A supplementation through different dosages of red palml oil and retinol palmitate on preschool children. J Trop Ped 2002;48:24-8.

10. van Stuijvenberg ME, Dhansay MA, Lombard CJ, et al. The effect of a biscuit with red palm oil as a source of beta-carotene on the vitamin A status of primary school children: a comparison with beta-carotene from a synthetic source in a randomised controlled trial. Eur J Clin Nutr 2001;55:657-62.

11. Vuong le T, Dueker SR, Murphy SP. Plasma beta-carotene and retinol concentrations of children increase after a 30-d supplementation with the fruit Momordica cochinchinensis (gac). Am J Clin Nutr 2002;75:872-9.

12. Delisle H, Zagré N, Bakari S, Codjia P, Zendong R. Des solutions alimentaires à la carence en vitamine A. (A food system approach to Vitamin A deficiency*)*. Food Nutr Agric 2003;32:40-50.

13. Nestel P, Trumbo P. The role of provitamin A carotenoids in the prevention and control of vitamin A deficiency. Arch Latinoam Nutr 1999;49:26S-33S.

14. de Pee S, West CE, Muhilal, et al. Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leafy vegetables. Lancet 1995;346:75-81.

15. Takyi EE. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinol. J Nutr 1999;129:1549-54.

16. Zagre NM, Tarini A. L'huile de palme rouge: au delà de la vitamine A, des antioxydants *(*Red palm oil: behind Vitamin A, anti oxyditave compounds). Med Nutr 2001;37:53-8.

17. Qureshi AA, Qureshi SA, Weight JJK, et al. Lowering the serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). Am J Clin Nutr 1991;53:1021S-26S.

18. Brown L, Rimm EB, Seddon JM, et al. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. Am J Clin Nutr 1999;70:517-24.

19. Chasan-Taber L, Willett WC, Seddon JM, et al. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women. Am J Clin Nutr 1999;70:509-16.

20. Vogt TM, Mayne ST, Graubard BI, et al. Serum lycopene, other serum carotenoids, and risk of prostate cancer in US Blacks and Whites. Am J Epidemiol 2002;155:1023-32.

21. Sato R, Helzlsouer KJ, Alberg AJ, et al. Prospective study of carotenoids, tocopherols, and retinoid concentrations and the risk of breast cancer. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2002;11:451-7.

22. Delisle H, Zagre NM, Ouedraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A: A pilot project involving women's groups. Food Nutr Bull 2001;22:338-94.

23. NAS, IOM. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medecine, 2001.

24. Zagre NM, Delpeuch F, Traissac P, et al. Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: Impact of a pilot project in Burkina Faso. Publ Health Nutr 2003;6(8):733-42.

25. West CE, Poortvliet EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. Washington: VITAL, 1993.

26. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, et al. Nutritional composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. Int J Food Sci Nutr 1996;47:455-68.

27. Delisle H, Bakari S, Gevry G, et al. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles au Niger. (Provitamin A content of traditional dark green leaves in Niger). Cah Etudes Rech Francophones Agriculture 1997;6:553-60.

28. Underwood BA, Chavez M, Hankin J, et al. Guidelines for the development of a simplified dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A. Report of the IVACG. Washington: IVACG, 1989.

29. Humphrey JH, Natadisastra G, Muhilal, et al. A 210-mumol dose of vitamin A provides more prolonged impact on vitamin A status than 105 mumol among preschool children. J Nutr 1994;124:1172-8.

30. Northrop-Clewes C. A report of the 21st International Vitamin A Consultative Group Meeting, Marrakech, Morocco, 3-5 February 2003. Sight and Life Newletter 2003:10-34.

31. Rao BSN. Potential use of red palm oil in combating vitamin A deficiency in India. Food Nutr Bull 2000;21:202-11.

32. Solomons NW. Plant sources of vitamin A and human nutrition: red palm oil does the job. Nutr Rev 1998;56:309-11.

L'approche communautaire comme stratégie de base pour l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants de 0 à 3 ans: l'expérience de la Fondation *«Terre des hommes»* dans un district sanitaire au Burkina Faso

Zerbo[1] Edouard, Sanogo[2*] Ibrahim

[1] Terre des hommes, BP 155, Tougan, Burkina Faso.
[2] Terre des hommes, BP 2212, Ouagadougou, Burkina Faso.

[*]Auteur correspondant: *ibrahim.sanogo@tdh.ch*

- Résumé -

Au Burkina Faso environ 36,8% des enfants de moins de 5 ans sont atteints de retard de croissance (T/A < -2ET) dont un tiers présente une forme sévère. Les principales causes sont les mauvaises habitudes alimentaires, les maladies infantiles et l'insécurité alimentaire des familles. L'intervention de Terre des hommes (Tdh) au Burkina Faso, qui a débuté au cours de l'année 1986 marquée par une grande famine, a été initiée dans un cadre d'urgence, suivie d'une extension en réponse aux besoins apparus dans les zones d'intervention. Les actions ont été réorientées en 2000 pour aboutir à un projet d'appui à un district sanitaire, qui s'inscrit dans la perspective de l'amélioration de la situation nutritionnelle et sanitaire des enfants de moins de cinq ans.

L'objectif de la phase actuelle du projet est que, fin 2004, 80% des enfants de 0 à 3 ans vivant dans les zones d'intervention du projet bénéficient de services fonctionnels de surveillance nutritionnelle. Les principales stratégies mises en œuvre pour l'atteinte de cet objectif sont, d'une part, la communication pour le changement de comportement par le biais de l'approche par les pairs en vue de promouvoir de bonnes habitudes alimentaires et, d'autre part, l'implication des partenaires communautaires dans la gestion des actions de lutte conte la malnutrition.

Parmi les résultats obtenus, on relève une évolution significative du taux de consultation infantile, qui est passé de 18% en 2000 à 70% en 2002 pour le district sanitaire de Tougan avec une participation effective des mères alphabétisées aux activités de prévention.

Le recentrage des actions de l'intervention de Tdh à travers l'appui au district sanitaire, qui est l'entité opérationnelle la plus décentralisée du système de santé au Burkina Faso basé sur la participation communautaire, permet d'offrir des services nutritionnels continus, intégrés et globaux adaptés aux besoins des communautés.

La reprise par d'autres acteurs de développement, de l'approche de réduction du problème de la malnutrition développée par Tdh permettra d'avoir un impact durable à l'échelle du pays.

Mots-clés: Malnutrition – Enfants – Communauté – Mères – Communication.

- Abstract -

A community approach for improving nutritional status of underthree children: the experience of the *"Terre des hommes"* foundation in a sanitary district of Burkina Faso

In Burkina Faso, about 37% of underfive children suffer from stunting in which one third presents a severe form. The main causes are the bad food habits, the infant diseases and household food insecurity. The intervention of «Terre des hommes» (Tdh) in Burkina, which has started during the year 1986 marked by a great famine, has been initiated in a framework of emergency, followed by an extension in answer to the needs in these areas. These actions have been redirected in 2000 to lead to a support project to the sanitary district, which comes within the perspective of improvement of nutritional and sanitary status of underfive children.

The aim of the project is that at the end of 2004, 80% of children from 0 to 3 years who live in the intervention areas of the project benefit from functional services of growth monitoring and promotion. The principal strategies of implementation are:

- Communication for behaviour change through approach by peers for the promotion of good food habits that are based on functional literacy and training to techniques for the prevention and consciousness-raising of association members and community leaders able to undertake actions for self promotion, with setting up of only the necessary minimum equipment.
- The planning, the financing, the implementation and the assessment of actions to fight against malnutrition by management committees of health centres and community-based associations, through resources integration, a continuous training, a regular supervision of agents and a coordination of activities implementation by the district executive team and the technical staff of "Tdh".

From the results, a significant change of infantile consulting rate is noticed, from 18% on 2000 to 70 % on 2002 for Tougan sanitary district with effective participation of literate women to prevention activities.
An assessment of strategic plan at half way on 2002 have underlined the increase of coverage rates, improvement of the quality of the activities of nutritional recovery (prevention and slight cases at community level, ambulatory moderate cases at health centre level, severe cases at district hospital level) and the good frequenting of centres by the women.

In conclusion, the reorientation of the project actions through support to the sanitary district which is the most decentralized operational entity of the health system in Burkina Faso based on community participation allows offering continuous, integrated and overall nutritional services adapted to the community needs. The replication by other developing actors of the approach for reducing malnutrition problem developed by "Tdh" will allow obtaining a sustainable effect at the country scale.

Key words: Malnutrition – Children – Community – Mothers - Communication.

———————————

INTRODUCTION

La situation nutritionnelle au Burkina Faso se caractérise principalement par une endémicité de la malnutrition protéino-énergétique, des anémies, des troubles dus à la carence en iode et des avitaminoses.

La situation sanitaire du pays est caractérisée par des taux élevés de mortalité générale, infantile et maternelle qui sont respectivement de 105 pour mille et de 497 pour 100 000 naissances vivantes[1]. L'accès à des services de santé de qualité a toujours été un problème pour une grande partie de la population. Les maladies infectieuses et diarrhéiques ainsi que la malnutrition sont en grande partie responsables de la morbidité et de la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans. Respectivement, 13,2 et 36,8% de ces enfants sont atteints d'émaciation (Poids/Taille < -2ET) ou retardés en taille (Taille/Age < -2ET)[1]. Cette situation n'est pas favorable à la croissance des enfants dans un contexte de ressources financières limitées pour la plupart des ménages.

L'expérience de Terre des hommes (Tdh) dans le domaine des projets de nutrition et de santé materno-infantile au Burkina Faso a débuté en 1986 en axant principalement son intervention sur la récupération d'enfants sévèrement ou modérément malnutris et sur l'éducation en hygiène et santé de leurs mamans. La nécessité de développer des actions au sein même des villages avoisinants a entraîné la mise en œuvre d'une stratégie avancée dans une soixantaine de villages dans lesquels sont régulièrement réalisées des activités de dépistage et prévention de la malnutrition, des activités de suivi de la croissance des enfants, des séances d'Information, d'Education et de Communication (IEC) avec des démonstrations culinaires, des visites à domicile et des séances de vaccination.

Depuis quelques années, le Burkina Faso est entré dans une profonde réforme de son système de santé, par l'adoption de l'Initiative de Bamako comme stratégie de renforcement des soins de santé primaire et par la mise en place de districts sanitaires et de "paquets d'activités" par niveaux de soins.

Dans ce contexte de réforme du système de santé et dans le souci d'impliquer intimement les structures sanitaires dans la mise en œuvre des activités nutritionnelles pour un impact plus large des résultats, la direction du Programme Tdh au Burkina, face à des moyens limités, a entrepris depuis 1999 une réorientation de ses interventions, qui a été consolidée à partir de l'année 2000 par l'élaboration et la mise en œuvre du plan stratégique 2000-2004.

L'objectif principal de cet article est de partager l'expérience de Tdh avec d'autres acteurs du domaine.

CADRE LOGIQUE DE L'INTERVENTION DE TERRE DES HOMMES

Objectif de la phase actuelle

L'intervention de Tdh a pour finalité de contribuer à l'amélioration de l'état nutritionnel et sanitaire des enfants de 0 à 3 ans du district sanitaire de Tougan, dont la population de 0 à 3 ans s'élève à 34 120 enfants[2]

Dans cette optique, l'objectif de la phase actuelle est de mettre à la disposition des enfants de 0 à 3 ans vivant dans les zones d'intervention du projet des services fonctionnels de surveillance nutritionnelle. Ainsi en 2004, 80% des enfants de 0 à 3 ans vivant dans les zones d'intervention du projet bénéficient des services de suivi et de promotion de la croissance (dépistage, prévention, prise en charge)[3].

Axes stratégiques

L'accent est mis sur la santé de la mère et de l'enfant pour répondre de façon plus efficace aux causes multifactorielles de la malnutrition et pour respecter la politique sanitaire nationale basée sur une approche intégrée. Les activités sont exécutées de la base au sommet. Au niveau communautaire, les actions sont réalisées en collaboration avec les agents de santé communautaire et les associations féminines. Il s'agit essentiellement des activités intégrées de soins de santé maternelle et infantile en stratégie avancée (surveillance de la croissance, IEC, démonstrations culinaires, vaccination, etc.) et de la promotion de la participation communautaire (supervision, recyclage, formation, alphabétisation, éducation mère à mère).

Les principales actions développées en collaboration avec le personnel des structures sanitaires sont:

- l'intégration de la planification et de l'exécution des activités par le biais des comités de gestion:
- la prise en charge des cas de malnutrition en hospitalisation de jour;
- le suivi des traitements médicaux et de la récupération nutritionnelle des enfants malnutris;
- le maintien de l'hygiène sur les lieux de travail;
- l'éducation sanitaire des mères;
- la participation aux activités intégrées de SMI en poste fixe;
- la tenue régulière des supports statistiques;
- l'appui/conseil à l'équipe cadre du district de santé.

Résultats atteints

Les niveaux d'atteinte de l'objectif et des résultats du plan stratégique 2000-2004 sont résumés dans le tableau 1.

Difficultés

En dépit des efforts fournis pour la réalisation des actions, la limitation des ressources du projet au regard des besoins exprimés par les communautés constitue une insuffisance majeure. On peut noter depuis peu une amélioration dans l'allocation et la gestion des ressources matérielles et financières.
Très souvent, comme c'est le cas pour l'ensemble du système de référence, le personnel se trouve souvent confronté à des difficultés pour assurer le déplacement de certains enfants malnutris sévères devant être référés à l'unité pédiatrique de Tougan.

Perspectives

Le renforcement des résultats du projet et la pérennisation des acquis nécessitent quatre principaux axes de développement:

- Le renforcement de l'implication de la population cible dans les actions de lutte contre la malnutrition et dans l'exécution du projet de façon à ce que les mères et les associations féminines locales deviennent les actrices principales des actions en amont et en aval des unités de soins intégrés pour enfants.

Tableau 1: Niveaux d'atteinte de l'objectif et des résultats du plan stratégique 2000-2004.

	Indicateurs objectivement vérifiables	Résultats observés
Objectif: En 2004, 80% des enfants de 0 à 3 ans dans les zones d'intervention du projet bénéficient des services de suivi et de surveillance de la croissance (dépistage, prévention, prise en charge)	80% des enfants de 0 à 3 ans ont bénéficié d'au moins une consultation par trimestre.	61% des enfants de 0 à 3 ans ont bénéficié d'au moins une consultation par trimestre au cours des trois années d'exécution (2000- 2002). Le taux de couverture en consultation infantile des enfants de 0-11mois du district sanitaire de Tougan est passé de 18% (1999) à 70% (2002).
Résultats: Les formations sanitaires des zones couvertes par le projet offrent des soins nutritionnels correspondant aux normes en terme de qualité.	90% des enfants pris en charge sont récupérés au bout de 45 jours.	En 2002, le séjour moyen des enfants malnutris pris en charge dans les centres est de 29 jours alors qu'il était de l'ordre 44 jours en 1996. Le taux de récupération est d'environ 92%. Au total 294 enfants malnutris ont été pris en charge au cours de 2002.
	100% des enfants hospitalisés bénéficient du schéma standard de traitement.	En 2001, des nouveaux outils de prise en charge des malnutris ont été mis en place et les normes et standards du guide/ protocole de prise en charge de la MPE sévère du Centre National de Nutrition et de l'OMS ont été appliqués. Tous les malnutris sévères admis dans les centres ont été pris en charge selon ce protocole.
	L'unité de soins CREN est fonctionnelle.	L'unité de soins intégrés pour enfants a été construite et elle est devenue fonctionnelle depuis juin 2002 à l'hôpital de district à Tougan.
Les villages des zones couvertes par le projet bénéficient d'au moins 6 séances en stratégie avancée de surveillance nutritionnelle par an d'ici l'an 2004.	100% des villages des zones couvertes par le projet ont bénéficié de 6 séances en stratégie dans l'année.	Chacun des 55 villages couverts par les centres a bénéficié d'au moins deux sorties par trimestre au cours de l'année 2002 pour les activités intégrées de SMI. Un total de 860 visites à domicile a été effectué au cours de la même année.
Les mères habitant les zones couvertes par le projet appliquent les conseils et mesures de prévention et de prise en charge de la malnutrition	80% des mères allaitantes appliquent les conseils de bonne conduite du sevrage.	L'éducation par les pairs a permis à environ 600 mères de bénéficier des conseils en allaitement maternel exclusif et en prise en charge de la diarrhée par la thérapie de réhydratation par voie orale.
	80% des mères allaitantes utilisent la thérapie de réhydratation par voie orale en cas de diarrhée.	
La collecte et le traitement des données statistiques nutritionnelles permettent la prise de décision au niveau local.	Les prestataires reçoivent régulièrement la rétro-information de l'analyse des données statistiques du district.	Les rapports mensuels statistiques des CSPS et le tableau synoptique du district intègrent les données spécifiques à la nutrition. Les synthèses avec commentaires sont faites trimestriellement et une rétro-information est faite au niveau des centres.

- Le transfert des actions de lutte contre la malnutrition initiées par le projet dans sa zone d'intervention aux services décentralisés du ministère de la santé.
- Le renforcement, grâce aux activités d'alphabétisation fonctionnelle, de l'autonomie et des capacités d'organisation des associations féminines à entreprendre des actions d'auto-promotion.
- La reprise par d'autres acteurs de l'approche de réduction du problème de la malnutrition développée par le projet.

EVALUATION ET CAPITALISATION D'EXPÉRIENCES

En 1990 et 1995, le Centre National de Nutrition a effectué deux évaluations qui se sont intéressées à l'efficacité de la récupération nutritionnelle dans certains Centres de Réhabilitation et d'Education Nutritionnelle (CREN) du pays. Ces évaluations ont essentiellement mis en évidence la qualité médiocre de la récupération nutritionnelle marquée par un taux de mortalité élevé et une durée moyenne de séjour anormalement longue.

Les mêmes conclusions ont été tirées dans les CREN du projet par l'évaluation du Médecin conseil de Tdh/Bénin en 1997. Les recommandations de cette évaluation ont porté sur des mesures visant à améliorer la prise en charge des enfants dans les CREN.

En 1998, la troisième évaluation du CNN a mis en exergue la nécessité de codifier les techniques de récupération nutritionnelle en vigueur dans les CREN. Ce fut le point de départ de l'élaboration du protocole national de prise en charge.

En 2002, une évaluation à mi-parcours du plan stratégique a, d'une part, mis en évidence la pertinence de la réorientation, l'évolution favorable d'indicateurs de santé maternelle et infantile et, d'autre part, émis des propositions de renforcement de l'intégration des activités. Une évaluation finale du plan stratégique en 2000-2004 a été planifiée pour le premier trimestre 2004.

Un processus de capitalisation dans le domaine de la nutrition a été élaboré par la fondation Tdh pour nourrir la stratégie sectorielle qui vise à orienter ses interventions et celles de ses partenaires dans le domaine. Des ateliers ont été organisés en 2002 avec pour objectifs de dégager les succès, les échecs et les leçons apprises au niveau des différents projets de Tdh et de favoriser une valorisation et un partage des expériences.

CONCLUSION

Les leçons apprises mettent l'accent sur la nécessité d'éviter la dispersion des efforts dans des zones éparses et de cadrer l'intervention sur une entité viable et opérationnelle qui est le district sanitaire dans le cas d'espèce. Ce cadrage permet d'une part, de toucher une masse critique de la population cible à même d'impulser le changement de comportement nécessaire à la durabilité des effets des actions entreprises, d'autre part d'organiser les interventions par niveaux complémentaires:

- les actions de renforcement du rôle et des compétences des acteurs de la communauté contribuent à une meilleure application des mesures de prévention primaire de la malnutrition et à une réduction des admissions dans les centres de traitement (figure 1), soulageant ainsi ces derniers et améliorant par la même occasion les conditions de prise en charge en raison des moyens limités; seuls les cas sévères arrivent à l'hôpital;

- les centres de santé de premiers échelons organisent les actions d'appui à la communauté et la gestion des cas de malnutrition modérée en ambulatoire;
- la prise en charge des cas sévères à l'hôpital de district selon les normes OMS garantit la qualité de la prise en charge et notamment la réduction de la durée moyenne de séjour au niveau du CREN (figure 2).

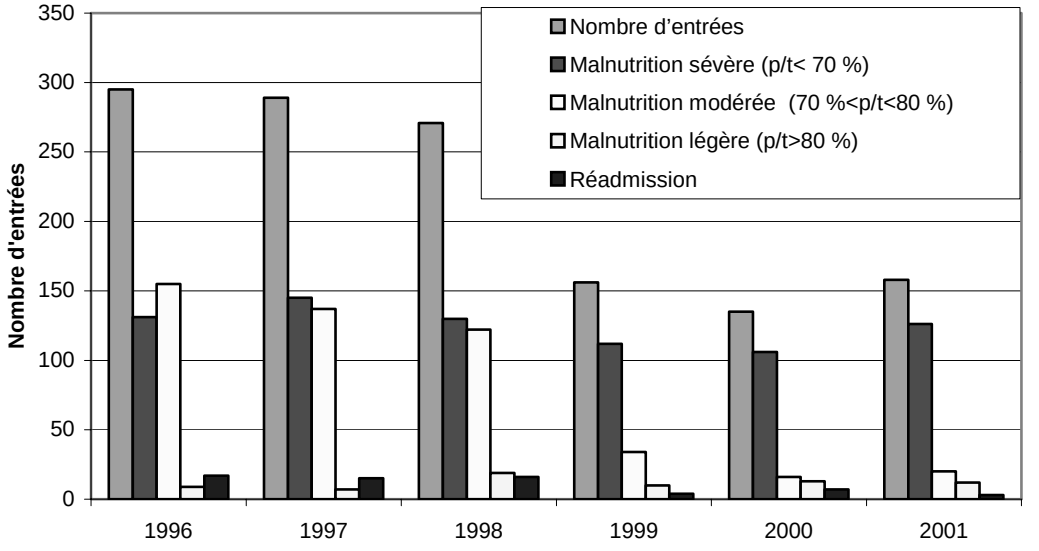


Figure 1: Evolution des entrées au CREN de Tougan entre 1996 et 2001.

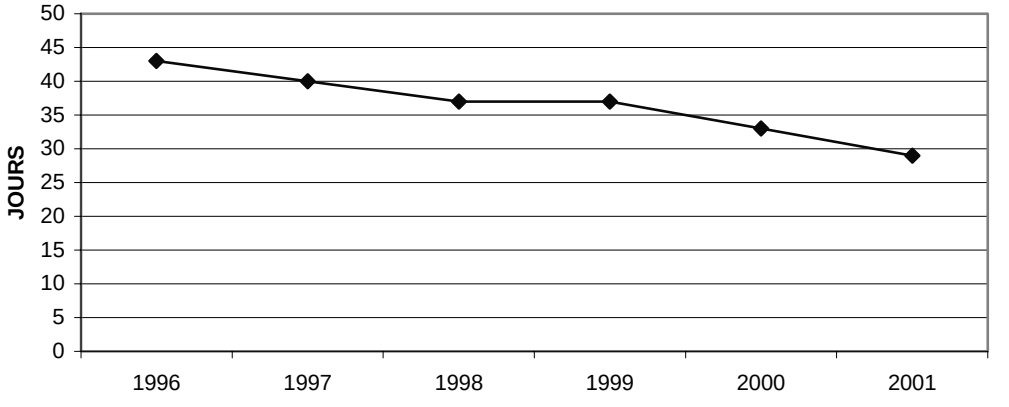


Figure 2: Evolution de la durée moyenne de séjour au CREN de Tougan.

L'implication des mères à tous les niveaux et l'utilisation de denrées locales permettent une amélioration de la qualité des services avec une réduction des taux de rechute et de mortalité ainsi que de la durée du séjour dans les centres.

Au niveau gestionnaire de l'intervention, la collaboration doit impliquer tous les partenaires techniques, en particulier les services de l'agriculture pour la promotion de la recherche sur les denrées locales, dans une perspective de passer de la simple surveillance de la croissance à une véritable surveillance nutritionnelle visant un changement des habitudes alimentaires et l'amélioration de l'état nutritionnel général.

RÉFÉRENCES

1. Institut national des statistiques et de la démographie (INSD). Enquête Démographique et de Santé (ESD), Burkina Faso 1998-1999. Macro International Inc, 2000.
2. Plan d'action 2002 du district sanitaire de Tougan.
3. Plan Stratégique 2002-2004 de Terre des hommes; programme du Burkina Faso.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 3:

Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro) nutriments

Theme 3:

Food processing at household and community level for increased (micro)nutrient (bio)avai-lability

La valorisation des céréales locales pour les marchés urbains en Afrique de l'Ouest: atouts, contraintes et perspectives

Hounhouigan Joseph D

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

Auteur correspondant: *hounjos@bj.refer.org*

- Résumé -

Les céréales occupent une part importante dans la consommation alimentaire dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest. Les céréales les plus consommées dans cette partie de l'Afrique sont le maïs, le sorgho, le mil, le riz et le blé. Alors que la presque totalité du blé est importée, le riz, qui est encore insuffisamment produit, commence à prendre une place importante, surtout dans l'alimentation des populations urbaines pour lesquelles l'attrait pour le riz importé est important. Des études de cas réalisées dans certains pays de la sous-région montrent que la dévaluation du franc CFA, survenu en 1994, a entraîné une chute dans la consommation globale de céréales, une chute substantielle de la consommation du blé, surtout parmi les couches de population à haut revenu, une persistance de la consommation du riz au profit du riz importé, mais qu'en gros, les céréales traditionnelles locales (maïs, mil, sorgho) ont eu de faibles ou très modestes gains dans les régimes alimentaires urbains. Cette communication, basée sur une exploitation de la documentation existante, met l'accent sur les actions de recherche à mener ou à poursuivre (i) pour une meilleure connaissance des savoir-faire traditionnels à exploiter, (ii) pour lever les contraintes d'ordre technologique à l'utilisation des céréales traditionnelles locales: choix variétal, conception ou adaptation et réalisation d'équipements appropriés de triage, de décorticage-dégermage, de fermentation et de séchage, (iii) pour promouvoir le développement de technologie et de produits adaptés, (iv) et pour diversifier les formes de consommation des céréales. Elle aborde également les actions de développement à entreprendre pour la promotion d'entreprises viables pouvant approvisionner les villes d'Afrique de l'Ouest en produits à base de céréales locales, de bonne qualité et à des prix compétitifs.

Mots-clés: Valorisation – Céréales – Consommation – ville – Afrique de l'Ouest.

- Abstract -

Valorisation of local cereals for urban markets in West-Africa: potentials, constraints and future prospects

Cereals are an important part of the diet in most West African countries. The major cereals consumed in this part of Africa are: maize, sorghum, millet, rice and wheat. Whereas the totality of the wheat is imported, rice, which is not produced sufficiently, is taking an important place, mostly in the diet of the urban population where imported rice is highly appreciated. Case studies achieved in some West African countries showed that the devaluation of Franc CFA in 1994 has resulted in a decrease of the global cereal consumption, a decrease of the wheat consumption, mostly within the high income population, a persistence of the rice consumption notably of imported rice, but in general, traditional cereals (maize, millet and sorghum) consumption has increased slightly in urban areas. Nevertheless, traditional local cereals have great potentials. Advantages should be taken from their high symbolic value and the extreme diversity of the traditional food forms, which still persist in rural areas, but are less known in urban areas. The promotion of their consumption requires some constraints to be overcome to improve the availability and physical and economical accessibility of more convenient derived products for urban area. This paper, based on the analysis of the existing documentation on the topic, focuses on the research actions to pursue or to conduct *(i)* for a better understanding of the traditional processing know-how, *(ii)* for solving the technological problems associated to the utilization of the traditional local cereals: choice of adapted varieties, designing, adaptation and building of appropriate equipments for sorting, dehulling, degerming, fermentation and drying, *(iii)* for the development of adapted technology and products, *(iv)* for the diversification of the cereal food forms. It focuses also on the development actions to undertake to promote viable small scale enterprises which can supply urban populations in West Africa with cheap local cereal products of good quality.

Key words: Valorisation - Cereals – Consumption – Urban – West-Africa.

INTRODUCTION

Les céréales (sorgho, mil, maïs, riz, blé et fonio) jouent un rôle important dans l'alimentation humaine en Afrique de l'Ouest. On estime à 37 millions de tonnes[1] la production moyenne annuelle de céréales de 1995 à 2001 pour l'ensemble des pays de la région. L'évolution de la production y est très instable (figure 1) avec une augmentation annuelle très faible d'environ 1,2%. Dans la même période, les importations moyennes annuelles de céréales ont été évaluées à environ 6,7 millions de tonnes. La part du riz (4,6 millions de tonnes) dans les importations est de près de 70% avec une augmentation moyenne annuelle d'environ 3% jusqu'en 2000. Le riz tient une place relativement importante, surtout dans l'alimentation des populations urbaines pour lesquelles l'attrait pour le riz importé est important dans certains pays comme le Sénégal[2,3]. L'industrie du blé (pour la production du pain et des produits de pâtisserie) et de l'orge (brasserie) y est fortement développée, mais n'offre pas à moyen terme de perspective en matière de développement durable.

Les effets potentiels espérés à la suite de la dévaluation du franc CFA en 1994 étaient (i) la réduction des importations de produits alimentaires, notamment le riz et le blé, du fait de la montée de leur prix, et (ii) la hausse de la consommation des céréales locales du fait de la baisse des prix relatifs espérées. Des études de cas réalisées dans certains pays de la sous-région montrent qu'en gros, les céréales traditionnelles locales (maïs, mil, sorgho) n'ont que faiblement ou modestement progressé dans les régimes alimentaires urbains, que la consommation globale de céréales a chuté, en particulier celle du blé parmi les couches de population à haut revenu, et que la consommation du riz s'est maintenue au profit du riz importé. Et pourtant, les céréales traditionnelles locales (sorgho, maïs, mil, fonio) ne manquent pas d'atouts. Leur forte symbolique et l'extrême diversité des formes traditionnelles de consommation, encore persistante en milieu rural, mais peu connue en milieu urbain, restent à exploiter. La promotion de leur consommation nécessite que des contraintes soient levées pour améliorer la disponibilité et l'accessibilité physique et économique de produits dérivés, plus commodes d'emploi en milieu urbain.

La présente communication fait une analyse de la place des céréales locales dans la consommation alimentaire en Afrique de l'Ouest, des atouts des produits céréaliers traditionnels, des facteurs limitant l'utilisation des céréales locales dans la consommation humaine et des perspectives pour la dynamisation de leur consommation en Afrique de l'Ouest.

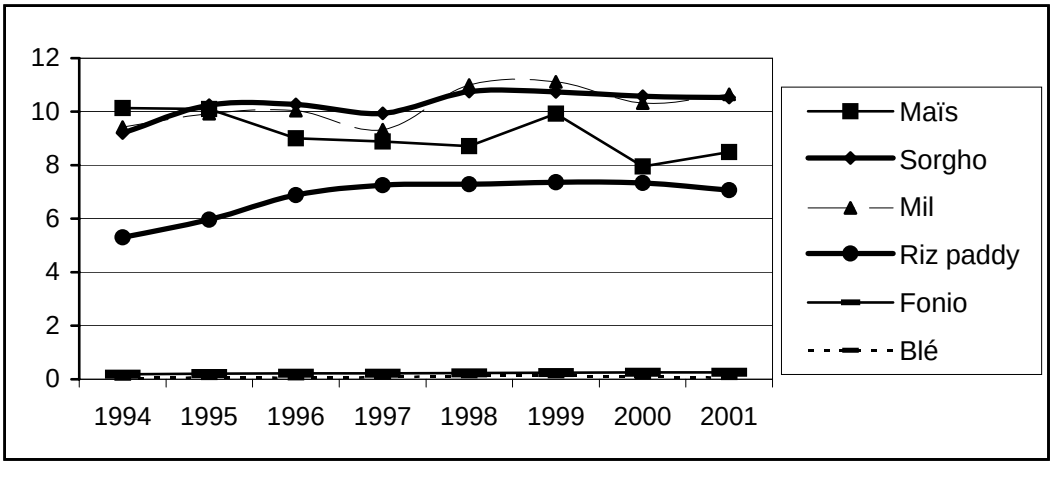


Figure 1: Production de céréales en Afrique de l'Ouest de 1994 à 2001 *(en millions de tonnes).*

LES CÉRÉALES LOCALES DANS LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Malgré leurs nombreux handicaps, les céréales traditionnelles occupent une place de choix dans l'alimentation des populations en Afrique de l'Ouest. De manière globale, les céréales les plus importantes dans la consommation alimentaire restent le mil, le sorgho, le maïs et le riz, mais le niveau de consommation de chaque céréale varie largement d'un pays à l'autre. La figure 2, relative au Nigeria, illustre le cas des pays où les céréales locales (maïs, mil, sorgho) tiennent encore une part importante dans la consommation alimentaire. Ainsi, le mil est la principale céréale du Niger; le mil et le sorgho les principales céréales du Mali et du Burkina Faso, tandis que le maïs constitue la principale céréale consommée au Bénin et au Ghana. En revanche, le cas du Sénégal (figure 3) est illustratif de la situation où une céréale d'importation, en l'occurrence le riz, concurrence fortement une céréale locale (le mil).

Cette situation, latente dans la plupart des pays, résulte de l'extraversion des habitudes alimentaires, aggravées par les importations et les dons incontrôlés de céréales, les modes de vie en milieu urbain, le caractère fastidieux des modes de préparation, peu diversifié et peu commode à l'emploi des aliments à base de produits locaux.

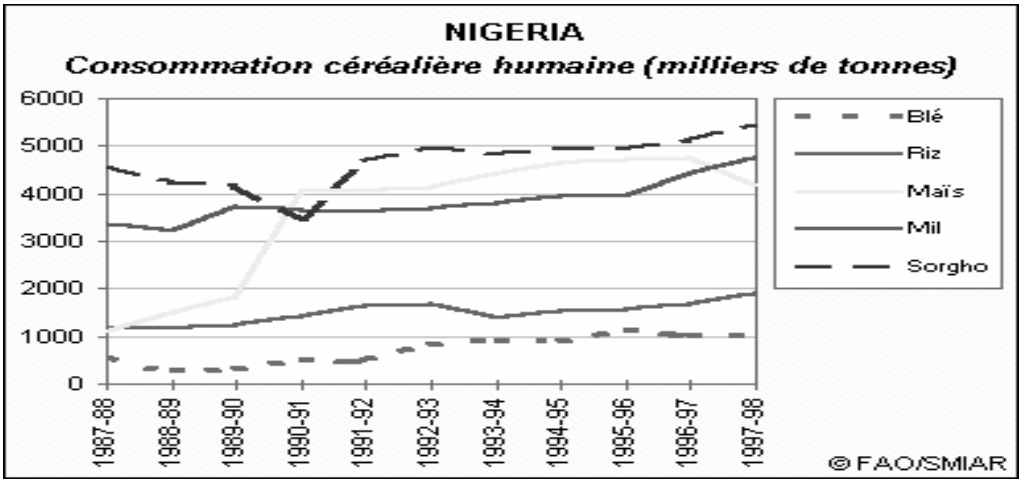


Figure 2: Evolution de la consommation de céréales au Nigeria de 1997 à 1998.

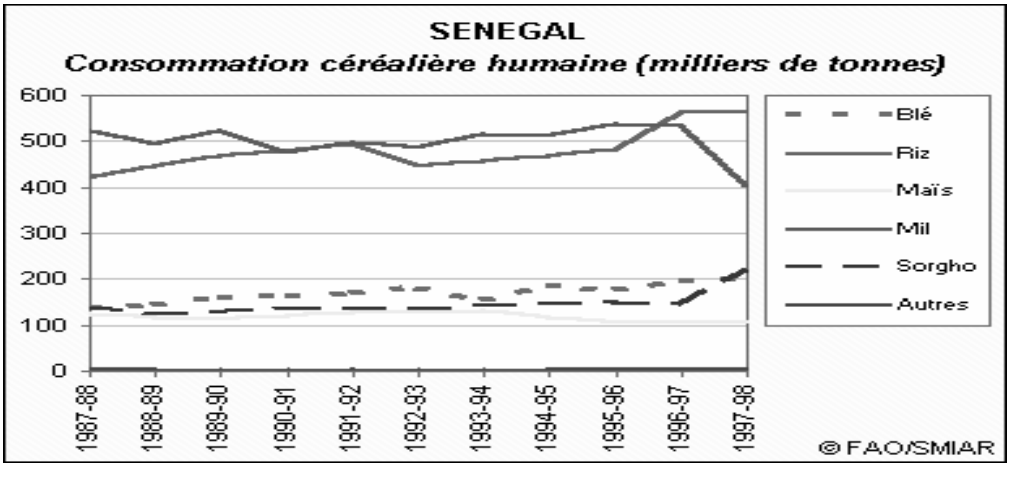


Figure 3: Evolution de la consommation de céréales au Sénégal de 1997 à 1998.

Les formes de transformation des céréales locales dans le Sahel ont été largement décrites[3,4] et se retrouvent également dans les pays côtiers (tableau 1). La forme la plus courante dans l'ensemble des pays est la forme pâte cuite de céréales. La céréale décortiquée ou non, est moulue finement après plusieurs passages au moulin et la farine est cuite et consommée sous forme de pâte avec de la sauce. Au Bénin, le *owo* est plutôt préparé avec du maïs entier moulu[5,6]. La farine de maïs entier peut également être fermentée et consommée sous forme de pâte (*kenkey*[7] au Ghana) ou de bouillie (*gbagba* au Bénin). Le maïs, le sorgho, le mil ou le fonio sont généralement décortiqués, notamment dans les zones sahéliennes pour préparer les pâtes (*tô*) ou les bouillies[3,4]. Les céréales décortiquées sont également utilisées pour divers autres plats: grits, cuits à la vapeur comme un couscous ou préparé en bouillie. C'est le cas du *gougoumbè* à partir du maïs au Bénin[6], du *sankhal* au Sénégal[3]. La farine peut être roulée, cuite et consommée sous forme de couscous (*yèkè-yèkè* à base maïs, *ciere* de mil). Elle peut également être fermentée et roulée avant d'être cuite et consommée sous forme de bouillie avec ou sans lait (*cakry* au Sénégal, *aklui* au Bénin, *monni* au Mali). Le maïs et le sorgho peuvent, après germination d'une partie du lot, être transformés en farine et fermentés pour servir à faire des boissons rafraîchissantes comme le *gowé* ou le *sifanu* au Bénin[6]. Le maïs, le mil et le sorgho sont transformés en boissons (*pito*, *burukutu*, *chakpalo*, *tchoukoutou*) après germination et fermentation mixte (alcoolique et lactique).

De nombreux autres plats utilisant des produits à base de céréales et d'ingrédients divers existent dans différents pays d'Afrique de l'Ouest et méritent d'être connus et documentés pour servir de produits de diversification aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.

Tableau 1: Quelques produits à base de céréales locales en Afrique de l'Ouest.

Nom du produit	Pays d'origine	Matière première	Principales opérations unitaires	Forme de consom-mation
Tô, *touwo*, *sagabo*	Bénin, Burkina, Mali, Niger, Côte d'ivoire	Maïs, mil, sorgho	Décorticage, mouture, cuisson	Pâte
Kenkey, gbagba	Ghana, Bénin	Maïs	Mouture, fermentation, cuisson	Pâte, bouillie
Ogi, mawè	Bénin, Nigeria, Togo	Maïs	Concassage/décorticag e ou mouture/tamisage, fermentation, cuisson	Bouillie, pâte
Gowé, sifanu	Bénin	Maïs, sorgho	Germination, séchage, mouture, fermentation, cuisson	Boisson
Choukoutou, Burukutu, pito, dolo, chakpalo	Bénin, Nigeria, Togo, Ghana, Burkina, Côte d'Ivoire, Niger	Maïs, sorgho	Germination, séchage, concassage, fermentation, cuisson	Boisson
Ciere, bassi, dembou	Sénégal, Mali, Niger	Mil, maïs, sorgho	Décorticage, mouture, granulation, fermentation, cuisson	Couscous
Cakry, dèguè	Sénégal, Bénin, Côte d'Ivoire	Mil, maïs, sorgho, fonio	Décorticage, fermentation, mouture, granulation, cuisson	Bouillie de lait et granules de céréales
Monni, aklui	Mali, Bénin	Mil, maïs	Décorticage, mouture, fermentation, granulation, cuisson	Bouillie

LES ATOUTS DES PRODUITS CÉRÉALIERS TRADITIONNELS

La diversité des techniques et des formes traditionnelles de consommation des céréales, qui est l'expression des goûts spécifiques et le garant d'une certaine identité culturelle, constitue un atout important. Le fort attachement à ces formes de consommation des céréales constitue le moteur d'un artisanat alimentaire (aliments de rue, restauration de type dit maquis) dont la vitalité est largement reconnue dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest. Un autre atout des produits céréaliers est la souplesse dans la substitution des céréales ou d'autres ingrédients (farine de manioc ou d'igname) pour un même plat.

Les produits dérivés des céréales devraient avoir du succès en milieu urbain où la demande en produits prêts à consommer ou prêts à cuire est forte. Des expériences réussies de l'utilisation industrielle du sorgho dans la fabrication de la bière et des boissons maltées au Nigeria[8] et dans d'autres parties du continent (fabrication du malt et de la bière traditionnelle de sorgho dans les entreprises industrielles à grande capacité au Zimbabwé et en Afrique du Sud, industrialisation de la production du *mahewu* – *mageu* - à base de maïs en Afrique du Sud[7], expériences réussies de maltage et de brassage sur des variétés ciblées de sorgho au Ghana[9]) devraient encourager à la transformation industrielle de ces céréales en Afrique de l'Ouest.

LES FACTEURS LIMITANT L'UTILISATION DES CÉRÉALES LOCALES DANS LA CONSOMMATION HUMAINE

Malgré le fort attachement culturel lié à la consommation des céréales locales, leur consommation notamment en milieu urbain, est confrontée à de multiples problèmes[3]. La méconnaissance des systèmes techniques et des critères de qualité des produits tels qu'ils sont perçus par une majorité de consommateurs économiquement solvables, ont conduit, à l'occasion de tentatives d'industrialisation qui sont survenues dans certains pays, à des choix technologiques inadaptés, à des choix de formes de présentation ou de modes de distribution inappropriés pour certains produits céréaliers.

Le cloisonnement linguistique qui caractérise l'identification des produits constitue un frein pour la perception des goûts et des odeurs dans des ensembles régionaux. En quoi le *monni* malien est-il différent du *aklui* béninois ou togolais? Il est également important d'élucider dans quelle mesure les modèles traditionnels de consommation et les aspirations des consommateurs peuvent inspirer les orientations de la recherche pour l'amélioration des produits traditionnels ou la conception de produits nouveaux pour un plus grand nombre de consommateurs. Quels sont les désirs des adolescents d'aujourd'hui, consommateurs de demain? Sous quelles formes souhaiteraient-ils consommer le maïs, le sorgho, le mil? D'autres contraintes sont d'ordre psychoculturel: comment faire face à l'ethnocentrisme de certains consommateurs qui ne conçoivent le *dolo* que dans une calebasse, ou l'extraversion d'autres consommateurs qui estiment que le *dolo* ne peut rentrer chez une dolotière qu'en portant le nom «bière». Comment garantir la qualité aux consommateurs urbains? Et quelle stratégie pour que les produits nouveaux mis au point par la recherche correspondent à leurs besoins?

PERSPECTIVES POUR LA DYNAMISATION DE LA CONSOMMATION DES CÉRÉALES LOCALES

La réussite dans la valorisation des céréales produites localement nécessite une prise de conscience et une collaboration étroite entre chercheurs, organismes de développement, transformateurs et consommateurs. Les perspectives de valorisation des céréales produites en Afrique de l'Ouest s'articulent autour de trois pôles d'actions:

Rôle de la formation et de la recherche

Pour amorcer un changement fondamental dans le comportement des consommateurs du futur en Afrique de l'Ouest, il est nécessaire d'orienter la recherche agroalimentaire et la formation des entrepreneurs et des consommateurs du futur vers des systèmes de production et des modèles de consommation qui intègrent à la fois l'homme, l'outil, la matière et l'environnement ouest africain. Le système éducatif actuel, hérité de notre histoire coloniale, ne semble pas avoir suffisamment pris en compte cette préoccupation dans un passé récent. La déconnexion entre l'apprentissage à l'école et l'expérience alimentaire quotidienne est une source de désaffection pour la consommation basée sur la valorisation des ressources locales. Les programmes de formation des enfants visant l'initiation aux sciences de la vie doivent être élaborés de manière à favoriser l'intérêt pour la valorisation des ressources locales en général, et des céréales en particulier. Cela suppose que des informations exploitables sur les ressources alimentaires locales existent et sont accessibles. C'est pourquoi la recherche doit pouvoir jouer un rôle important sur l'inventaire et l'évaluation des différentes formes de valorisation de ces ressources pour en permettre l'exploitation. La promotion des produits à fort potentiel de consommation passe par leur désenclavement pour la création de marchés régionaux et le développement d'entreprises viables. Pour cela, il est nécessaire d'approfondir la connaissance des produits au-delà des noms ethniques et que des échanges de savoir et de savoir-faire soient possibles pour faciliter l'éclosion des innovations sur les produits existants. L'expérience de l'AFREB (Association des restauratrices du Bénin), avec Rinodoo, l'association des restauratrices au Burkina Faso à travers le projet AVAL[10], est illustrateur à cet égard. A travers cette expérience d'échanges de savoir-faire entre opérateurs, les restauratrices béninoises ont re-découvert l'*akpan* (yaourt végétal béninois) à travers l'extraordinaire exploitation qui en est faite aux foires burkinabé. Ces échanges devraient pouvoir se faire non seulement au niveau des communautés inter-pays mais également entre les communautés nationales pour favoriser la diversification et préparer les grands marchés du futur.

La recherche doit également approfondir les connaissances sur les différentes variétés de céréales et leur aptitude à la transformation en divers produits. Des études sur les céréales en Afrique de l'Ouest ont en effet montré que les caractéristiques culinaires, organoleptiques et nutritives, de même que les rendements des produits dérivés, dépendent des caractéristiques des grains et que le choix de variétés adaptées aux caractéristiques des produits recherchés est fondamental pour les entreprises de transformation[11,12]. La reproduction de la qualité des produits traditionnels à valoriser nécessite la connaissance préalable des critères de qualité tels que perçus par les consommateurs[13] et la mise au point de méthodes et d'outils appropriés d'analyse pour les évaluer.

Une demande des producteurs est la mise à disposition d'équipements efficaces et adaptés à différentes échelles de production pour le décorticage du maïs, du sorgho, du mil ou du riz, le triage, ou l'émottage, le roulage et le séchage des produits

céréaliers de type couscous. Les expériences[3,14,15] réussies au Sénégal, au Mali, au Bénin sur le décorticage du sorgho, du mil, du riz, du maïs ou du fonio (décortiqueuse Sanoussi par exemple), le roulage du *ciacry*, du *aklui* (granules fermentés de maïs) ou du *yèkè-yèkè* (couscous de maïs) méritent d'être largement vulgarisés pour permettre d'en tirer le meilleur profit au niveau régional.

En général, les céréales ont de faibles teneurs en minéraux, mais sont riches en composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes et tannins) et en phytates ayant potentiellement des effets néfastes au double plan technologique et nutritionnel. Il est connu en effet, que les tannins peuvent se complexer avec les protéines et réduire leur digestibilité ou provoquer le trouble de la bière de sorgho. Les tannins peuvent également se complexer avec les amylases du malt de sorgho et inhiber leur activité amylolytique ou avec la trypsine et la lipase et réduire leur activité. Il est également connu que certains groupes de composés phénoliques peuvent complexer certains minéraux et réduire leur biodisponibilité. Quant aux phytates, et en particulier l'hexaphosphate et le pentaphosphate inositol, leur importance en nutrition tient à leur aptitude à former des complexes insolubles aux pH physiologiques avec les minéraux dont le calcium, le fer, le magnésium et le zinc et avec les protéines. Des possibilités de complexes insolubles ont même été évoquées entre les phytates, les minéraux divalents et les protéines[16]. Les composés phénoliques et les phytates sont des substances communément répandues dans le sorgho, mais leur niveau peut varier considérablement suivant les cultivars. Dans quelle mesure les équipements de décorticage diffusés pour les petites entreprises permettent de réduire leur teneur à un niveau acceptable? Le sorgho est utilisé pour produire divers aliments (*gowé* ou *sifanu*, *burukutu*, etc …) en combinant différentes opérations comme la germination, le décorticage, la fermentation, la cuisson. Ces opérations sont connues pour leur capacité à améliorer la qualité nutritionnelle des aliments dérivés. Mais la germination favorise aussi la formation de glucosides cyanogéniques, notamment la dhurrine chez le sorgho germé[17]. Il est absolument nécessaire d'optimiser et de standardiser ces opérations au niveau des procédés pour en tirer le meilleur profit. Il est également nécessaire de savoir dans quelle mesure les innovations technologiques empiriques dans l'artisanat alimentaire en milieu urbain affectent les pratiques traditionnelles reconnues comme favorables à une bonne nutrition.

La régularité de la qualité des produits est un critère fondamental de qualité pour fidéliser les consommateurs. Une difficulté majeure des entreprises est de reproduire la qualité des produits dans le temps. La qualité est en effet affectée par l'absence de normes, les pratiques non standardisées de fabrication, par exemple le choix non contrôlé des ingrédients et la variabilité de la qualité des matières premières utilisées (sorgho, maïs ou mil tout venant), l'absence d'instruments de mesure (balance, pHmètre, etc…). Les produits fermentés sont très importants dans la diversification des goûts en Afrique de l'Ouest. A Cotonou par exemple, 45% des produits céréaliers sont fermentés et 85% des produits fermentés sont produits et vendus par l'artisanat alimentaire[18]. Les céréales sont déficientes en certains acides aminés essentiels, en particulier la lysine. La fermentation peut être la méthode la plus économique et la plus simple pour améliorer la valeur nutritionnelle, les propriétés sensorielles et les qualités fonctionnelles des produits céréaliers. Mais les fermentations naturelles sont des sources importantes de variabilité de la qualité des produits. Or, la plupart des produits fermentés mis en marché subissent une fermentation naturelle (*tchoukoutou*, *kenkey*, *dolo*, etc…). Il est donc important de développer des méthodes adaptées de fermentation contrôlée pour les petites entreprises agro-alimentaires.

La diversification des goûts, des odeurs et des couleurs est un facteur de promotion de la consommation des produits locaux. Elle passe par la diversification des formes de consommation, donc par la conception de produits nouveaux. Les technologues,

les spécialistes de marketing et les sociologues doivent pouvoir s'associer pour ces types d'études sur des produits nouveaux (farines, semoules, brisures, biscuits, gâteaux, granulés, farines instantanées) en intégrant la commodité d'emploi, la compétitivité, la durée de conservation et l'innocuité des produits.

Rôle des structures de normalisation et de contrôle de qualité

Le développement d'une agro-industrie implique une production de qualité répondant aux normes internationales de production et de vente des produits alimentaires céréaliers. L'analyse de la situation actuelle des normes et du contrôle de la qualité des produits céréaliers fait apparaître un certain nombre de contraintes, liées notamment à l'absence de normes et à une insuffisance en matière d'information, d'éducation et de communication (IEC). Cette exigence de conformité aux normes de qualité nécessite non seulement du temps, des ressources humaines, matérielles et financières, mais aussi la participation de tous les acteurs publics (Etat, institutions de contrôle et de gestion de la qualité) et privés (organisations professionnelles, opérateurs économiques). Il est nécessaire de renforcer les capacités d'intervention des structures impliquées dans la normalisation, le contrôle et la promotion de la qualité des produits agricoles et alimentaires.

Rôle des agences de développement

Le développement d'une filière céréalière efficace en Afrique de l'Ouest nécessite de la part des agences de développement la mise en place de dispositifs d'appui efficaces et durables qui permettent de lever les goulots d'étranglement à la promotion des entreprises. Les agences de développement (ONG d'appui aux entreprises, structures de financement, Centre de formation) doivent baser leur appui sur des organisations professionnelles renforcées, la formation à l'entreprenariat et l'appui promotionnel aux entreprises méritantes.

RÉFÉRENCES

1. FAOSTAT. 2003. Internet: http://faostat.fao.org/default.jsp?language=EN.
2. Diouf M. Quelques aspects de la valorisation des céréales locales au Sénégal. In: Meyonga JM, Taye Bezuneh, Nwasike CC, Sedogo PM, Tenkouano A, eds. "Transformation et Utilisation Industrielle du Sorgho et Céréales Assimilées en Afrique". SAFGRAD/OUA /CNRST/CTA, 1995:29-35.
3. Broutin C, Sokona K. Innovations pour la promotion des céréales locales. Reconquérir les marchés urbains. Enda-Graf, Gret, 1999.
4. Sautier D, O'Déyé M, Bricas N, O'Déyé M, Faure J, Muchnik J. Mil, maïs et sorgho. Techniques et alimentation au Sahel. Paris : L'Harmattan, 1989.
5. Nago M, Akissoe N, Matencio F, Mestres C. End use quality of some African corn kernels. 1) Physico-chemical characteristics of kernels and their relationship with the quality of lifin, a traditional whole dry-milled maize flour from Benin. J Agric Food Chem 1997;45:555-64.
6. Nago CM, Hounhouigan DJ. La transformation alimentaire traditionnelle des céréales au Bénin. FSA/UAC, Bénin: CERNA, 1998;1.
7. Odunfa SA. African fermented foods. In: Wood BJB, ed. Microbiology of fermented foods. London and New York: Elseviers Applied Science Publishers, 1985;2:155-91.

8. Chukwurah EN. Industrial utilization of sorghum: limitations of sorghum in brewing. In: Meyonga JM, Taye Bezuneh, Nwasike CC, Sedogo PM, Tenkouano A, eds. "Transformation et Utilisation Industrielle du Sorgho et Céréales Assimilées en Afrique". SAFGRAD/OUA /CNRST/CTA, 1995:71-5.

9. Atokple IDK. Current progress towards the utilization of sorghum in brewing lager beer in Ghana. In: Meyonga JM, Taye Bezuneh, Nwasike CC, Sedogo PM, Tenkouano A, eds. "Transformation et Utilisation Industrielle du Sorgho et Céréales Assimilées en Afrique". SAFGRAD/OUA /CNRST/CTA, 1995: 61-9.

10. Bom Konde CP, Maïzi P, Sokona K. AVAL: six ans de savoir-faire agroalimentaires en Afrique de l'Ouest: bilan méthodologique. Réseau AVAL/CERNA-FSA-UAC/ENDA-Graf-Sahel/DTA-CNRST/IER/CIRAD-TERA/CNEARC, 1999.

11. Adeyemi IA. Quality considerations in the industrial utilization of maize. In: Fakorede MAB, Alofe CO, Kim SK, eds. Maize: improvement, production and utilization in Nigeria. Nigeria: Maize Association of Nigeria, 1993:233-38.

12. Massenon A, Hounhouigan DJ, Mestres C, Nago CM. Caractéristiques physico-chimiques et aptitudes technologiques de quelques variétés de maïs produites au Bénin. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin 1999;2:115-28.

13. Kayodé AP, Adégbidi A, Linnemann AR, Nout MJR, Hounhouigan DJ. Consumers' quality perception of farmers' varieties of sorghum and derived foods in Benin. (submitted for publication, 2003).

14. Hounhouigan DJ, Kayodé P, Mestres C, Nago CM. Etude de la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du *mawè*. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin 1999;2:99-113.

15. Hounhouigan DJ, Sèkpè H, Kayodé P, Mestres CA. Study of the mechanization of maize degerming for *mawe* production. Communication scientifique au Congrès International de Science et Technologie des aliments. Séoul, Corée, 22-27 April 2001.

16. Duhan A, Khetarpaul N, Bishnoi S. Content of phytic acid and HCl-extractibility of calcium, phosphorus and iron as affected by various domestic processing and cooking methods. Food Chem 2002;78:9-14.

17. Hulse JH, Laing ME, Pearson EO. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. London: Academic press, 1980.

18. Hounhouigan DJ. Fermentation of maize *(Zea mays L.)* meal for *mawè* production in Bénin. Physical, chemical and microbiological aspects. PhD thesis. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1994.

Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement

Oyewole Olusola B[1*], Asagbra Yemisi[2]

[1] Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria 110001.
[2] Federal Institute for Industrial Research, Oshodi (FIIRO), Ikeja, Lagos, Nigeria.

*Corresponding author: *oyewoleb@skannet.com*; *solaoyew@hotmail.com*

- Abstract -

African countries are not just facing the problems of food security but that of nutritional insecurity. Nutritional insecurity in Africa manifests itself in the form of micronutrient deficiencies in the diet. In this paper, micronutrients are defined as those vitamins and minerals needed in very small amounts that must be present in the diet to stimulate cellular growth and metabolism. Chronic micronutrient deficiencies in Africa are those associated with Vitamin A, Iron, Iodine, Zinc and Folic acid. In this paper, the possibilities of solving the micronutrient deficiency problem through food based strategies are discussed. Cassava is recognized as a suitable candidate for micronutrient intervention in Africa. This paper discusses traditional cassava processing in Africa and the wide range of food products which are made from this singular crop. The fortification of cassava with protein-rich legumes and the use of vitamin and protein enriching microorganisms for fermentation processes as a strategy of enhancing the nutritional quality of the products are discussed.

Strategies for employing cassava for micronutrient intervention are discussed. These include the promotion of fermentation processes to improve bioavailability of micronutrients in cassava diet; micronutrient fortification of cassava products; the changing of dietary attitude that will allow consumption of cassava products with local fruits and vegetables which are rich in micronutrients; co-fermentation of cassava with some micronutrient-rich vegetables and the promotion of cassava leaves as an important micronutrient source. Strategies for improving micronutrient status of the African people are suggested including research on indigenous knowledge, micronutrient status of lesser known African foods, micronutrient fortification, processing to improve bioavailability and information on the economics of micronutrient deficiencies in the continent.

Key words: Cassava – Processing – Nutrition – Enhancement.

- Résumé -

Amélioration de la transformation traditionnelle du manioc pour améliorer les situations nutritionnelles

Les pays africains ne font pas seulement face aux problèmes d'insécurité alimentaire mais aussi à ceux de l'insécurité nutritionnelle qui se manifeste sous la forme de carences en macro- et micronutriments. Actuellement, l'attention est portée sur les micronutriments essentiels car ils jouent des rôles importants dans certains processus métaboliques et dans le développement fœtal et mental de l'enfant. Les carences en certains micronutriments ont été identifiées comme ayant des conséquences importantes sur la santé publique. Dans cette contribution, les micronutriments sont définis comme des vitamines et des minéraux indispensables qui doivent être présents en très petites quantités dans l'alimentation pour stimuler la croissance cellulaire et le métabolisme. Les carences chroniques en micronutriments en Afrique sont celles relatives à la Vitamine A (VA), au fer, à l'iode, au Zinc et à l'acide folique. Les implications économiques et sociales de ces carences en micronutriments sont soulignées. En Afrique, l'anémie résultant de carences en fer et en VA est la cause sous-jacente de 20% de la mortalité maternelle. Environ 3% de bébés nés de mères déficientes en iode souffrent de crétinisme et de retards mentaux et physiques sévères. Des projections ont démontré que, dans les 7 prochaines années, environ 9 millions d'enfants en Afrique souffriront, à des degrés divers, de faiblesse intellectuelle parce que leurs mères étaient déficientes en iode pendant leur grossesse. La possibilité de résoudre les problèmes de carence en micronutriments à travers des stratégies reposant sur les aliments est discutée. Le besoin d'utiliser une culture indigène dans le cadre de programmes d'intervention et de promotion est souligné. Le manioc a été reconnu comme un candidat approprié pour des interventions relatives aux micronutriments en Afrique. Le manioc n'est pas seulement une racine riche en amidon (80% de la matière sèche), il contient aussi des éléments minéraux comme le calcium (50 mg/100g), le magnésium (64 mg/100g) et le fer (12 mg/100g). Il a été démontré que les feuilles de manioc sont riches en VA (11 775 μg d'équivalent β-carotène/g), en protéines (7 g/100g), en fer (7,6 mg/g) et en phosphore (119 mg/g). La contribution passe en revue les transformations traditionnelles du manioc en Afrique et la large gamme de produits alimentaires obtenus à partir de cette culture singulière. Le besoin de développer un mode de transformation et des plats appropriés à partir des feuilles de manioc est discuté. Comme exemple de stratégie permettant d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits, il est également question de la fortification des produits issus des racines de manioc par des légumes riches en protéines et par l'utilisation de microorganismes permettant de les enrichir en vitamines et en protéines au cours de procédés fermentaires. Les stratégies basées sur l'utilisation du manioc comme vecteur dans les interventions portant sur les micronutriments nécessitent la promotion de processus fermentaires pour améliorer la biodisponibilité des micronutriments, la fortification en micronutriments des produits dérivés du manioc; l'adoption d'habitudes alimentaires qui permettent la consommation du manioc avec des fruits et des légumes locaux; la co-transformation du manioc avec certains légumes et la promotion des feuilles de manioc. Les stratégies pour l'amélioration du statut en micronutriments en Afrique doivent prendre en compte des recherches sur la connaissance nutritionnelle indigène, des études de la teneur en micronutriments d'aliments africains peu connus, la fortification, les procédés de transformation pour améliorer la biodisponibilité et la prise de conscience des conséquences économiques des carences en micronutriments sur le continent.

Mots-clés: Manioc – Micronutriments – Transformation traditionnelle.

INTRODUCTION

The World Food Summit[1] stated that Food Security exists when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life. Food insecurity therefore is the lack of access to adequate food to maintain an active healthy living. Food insecurity is not simply caused by failure of agriculture to produce enough food, but also by many structural inadequacies that make it difficult for households to have access to food. FAO[2] reported that about 799 million people in developing countries do not receive enough energy from their diet to meet their needs. There is currently an increasing state of food insecurity in Africa. It has been noted that majority of the people in Africa are chronically hungry and about 25 percent of the world undernourished live in the African continent.

MICRONUTRIENT DEFICIENCIES IN AFRICA

Africa is not just suffering from the problem of food security but also that of nutritional insecurity. The latter arose as a result of non-availability or insufficient nutrients in the food intakes of the populace. One important nutritional insecurity issue in Africa is micronutrient deficiencies in the diet of the people. Micronutrients are those vitamins and minerals needed in very small amounts that must be present in the diet to stimulate cellular growth and metabolism[3]. Kennedy[4] reported that over 800 million people are not able to meet their daily energy requirements in their diets. More than this number is suffering from micronutrient deficiency. Many people suffering from micronutrient deficiency may not even know about their problem as they may have adequate food supply that meets their energy requirements but their diets may be deficient in one or more nutrients.

While about nineteen vitamins and minerals have been identified as micronutrients essential for physical and mental development and metabolic processes, some of these had been identified as having widespread public health consequences. These include deficiencies of iron, iodine, vitamin A, folic acid, calcium, and zinc.

Vitamin A

Vitamin A is required for the normal functioning of the visual and immune system and for normal growth and tissue repairs[5]. Vitamin A deficiency occurs when body stores are depleted and the amount remaining is not sufficient for normal physiological functioning[6]. Vitamin A deficiency can cause cornea damage resulting in various dimensions of blindness. It has been estimated that more than 250,000 pre-school children go blind each year as a result of Vitamin A deficiency[7]. Death of children due to immune system malfunctioning has been linked to Vitamin A deficiency.

There are two major sources of vitamin A. The first source is the pre-formed vitamin A (retinal) found in milk and milk products, eggs, fish, fish oils, shellfish, liver, chicken and organ meats[8]. The second source is the provitamin A carotenoids from plants, especially beta-carotene and to a lesser extent alpha-carotene contained in plant foods such as red palm oil, dark green vegetables, red and yellow vegetables, red and yellow orange fruits and some root and tuber crops[9].

In many developing countries, foods containing preformed vitamin A such as dairy products, eggs and liver are rarely eaten on sustained basis due to socioeconomic constraints and the majority of the populace derives most of their vitamin A from provitamin A carotenoids[10]. Also, many traditional methods for processing these

provitamin A carotenoid sources at household levels, such as thermal processing[11], blanching[12], sun-drying[13] cause significant loss of carotenoids in these tropical foods.

Iron

Iron is an important component of the red blood cells which enhances the oxygen-carrying capacity of the red blood cells. Reduction in the oxygen-carrying capacity of the red blood cells can occur as a result of decrease in the total number of red blood cells or decreased haemoglobin[4]. This reduction is called 'anaemia'. Iron deficiency is a major cause of anaemia. Iron Deficiency Anaemia has been found to be responsible for high cases of childbirth mortality, death before age of 5 years and incidences of low birth weight of babies[14].

Dietary sources of iron include haem sources as found in foods of animal origin such as meat, poultry and fish, and non-haem sources such as cereals, pulses, fruits and vegetables. Some of these dietary sources of iron contain antinutritional factors such as phytic acid and tannins which inhibit the absorption of iron in the body. Apart from these, parasitic infections such as malaria and hookworm promote iron loss in the body. Unfortunately, people in the African continent are pre-disposed to these limitating factors. Many areas of the African continent have mono-crop diets which contain iron-inhibiting anti-nutritional factors. Malaria is a prevalent sickness in Africa. Many African people are therefore iron deficient. There are however traditional food processing methods in Africa which can adequately get rid of these anti-nutritional factors in African foods. These processes include fermentation and germination, among others. Promotion of these processes that make African foods to be free of these limiting factors could be a way of solving the problem of iron-micronutrient deficiency at the household level.

Iodine

Among the micronutrients, the one whose deficiency problems has received wide attention is iodine deficiency. Iodine is an essential mineral required by the body to synthesize thyroid hormones (thyroxine). Sea foods and sea weeds are good sources of iodine. Apart from these, cereals, meat, egg and milk contain small amounts of iodine. Iodine deficiency results in the malfunctioning of the thyroid gland resulting in its swelling in a condition known as goitre. Iodine deficiency can be detected by measuring the urinary iodine or assessing thyroid function. About 13% of the world population are suffering from IDA[15].

Iodine deficiency is known to be responsible for endemic goiter and endemic cretinism. Goitre is the enlargement of the thyroid gland developing when the iodine content of the thyroid falls below 0.1 percent. Goitre is manifested when dietary iodine intake is below 50 microgrammes iodine per day.

Iodine deficiency has effects on growth and development, particularly brain development in the foetus, neonate and child and contributes to mental deficiency, deaf-mutism and spastic diplegia. Iodine deficiency has been identified as responsible for reduced mental capacity and brain damage in children. Maternal iodine deficiency can cause spontaneous abortion, stillbirth and impaired foetal development.

The most studied effect of iodine deficiency disorder is goitre. Apart from primary iodine deficiency, there are other varieties of agents (goitrogens) which can instigate goitre. The thiocyanate produced during the hydrolysis of the cyanogenic glucosides of some tropical foods such as cassava, lima beans, millet, bamboo shoots is a goitrogen[16]. Improperly processed cassava food had been implicated as a causative agent of endemic goiter. Household food processing that does not eliminate the goitrogens will pose risks to the consumers.

Zinc

Zinc is an essential component in many enzymes and is needed by the body for metabolism[14]. Dietary sources of zinc include organ meats, shellfish, eggs and dairy products. Zinc deficiency manifests as stunted growth of children, foetal mal-development.

TRADITIONAL FOOD SYSTEMS IN AFRICA AND MICRONUTRIENT PROBLEMS

The traditional food system in Africa is a mono-diet culture where the diet is largely cereal or tuber/root crop-based, with little or no other foods beyond these. Traditional food processing in Africa demands intensive cooking which promotes loss of the required micronutrients. Table 1 shows the factors affecting micronutrient availability in the African traditional food systems.

Africa is a continent suffering from a high level of hunger. Situations where people do not have enough food to eat also promote micronutrient deficiencies. There are many other social, economic and political factors that promote micronutrient deficiencies in Africa.

There are some traditional taboos against the consumption of some foods by the young people in some African communities. For example, young people are forbidden to take egg for the purpose of 'encouraging discipline'. Indeed, traditional African custom encourages the consumption of meat by the elderly while the young contends with minute quantities or no meat at all in their diet. Part of a strategy to solve micronutrients problem in Africa will involve enlightening the populace about the nutritional implications of these age-old nutritional taboos.

Table 1: Traditional constraints to micronutrient availability in the African household food system.

Micronutrient	Type	African sources	Constraints to availability at household level
Vitamin A	Vit. A	Milk, Egg, Liver, Fish, Fish-oil	Consumed in minute quantities; High cost;
	Pro A-carot	Red-palm oil, dark green vegetables, Fruits, lettuce	Seasonal products; Traditional cooking destroys
Iron	Haem-	Meat, Poultry, Fish	Cultural deprivation of the young
	Non-haem	Cereals, pulses, Fruits and vegetables	Seasonal, destructive processing
Iodine		Sea foods, Onion, Okra, Asparagus	Scarcity; High cost; Cultural low in diet

STRATEGIES FOR MICRONUTRIENT INTERVENTION

Various strategies have been recommended for dealing with micronutrient problems in Africa. These include:

Food supplementation and food fortification

Food fortification involves the addition of essential nutrients to foods for prevention or correction of a dietary deficiency. The fortification of salt with iodine is a well known example although various types of foods have been fortified with many different micronutrients including vitamin A, the vitamin B complex and iron. Fortification of sugar and dried skimmed milk with vitamin A has been reported in Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panama, and Pakistan. In the Republic of Tanzania, tea is fortified with vitamin A while monosodium glutamate (MSG) is fortified with vitamin A in Indonesia and the Philippines. Double fortification of some carriers (e.g. salt with iron and iodine in India and rice with iron and vitamin A in Brazil and the Philippines) has been reported.

Food-based strategies

Food based strategies include the promotion of food materials that will naturally supply the required micronutrients. Food-based strategies have been noted to be cost-effective, sustainable and preventive methods of solving the problem of micronutrient deficiency[6]. Unfortunately, this approach has not worked in societies that are mono-crop societies. It is in recognition of this last constraint that a new food-based strategy is being suggested. This is the use of traditional food crops to control micronutrient deficiencies.

Household / Community Food processing intervention

This is a nutritional intervention at the household level. This intervention does not necessary aim at changing the food habits or diets of the people but employs their traditional food habits and systems to meet the nutritional requirements of the people, including their micronutrient needs. The options that could be used in this intervention could involve the following:

- The nutritional enhancement of the traditional foods of the people
- Promotion of household processing technologies that will reduce loss of micronutrients.
- Promotion of food processing technologies that will destroy anti-nutritional factors that inhibit micronutrient absorption and bio-availability.
- Development of new processing technologies that could be adopted at the household levels for micronutrient promotions (e.g. supplementation).

EMPLOYING CASSAVA AS A VEHICLE FOR MICRONUTRIENT INTERVENTION AT HOUSEHOLD AND COMMUNITY LEVEL

The Cassava Crop

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is one of the most important food crops grown in Africa[17]. Cassava has assumed the status of a security and industrial crop in the tropics[18]. It serves a major source of calories for about 500 million people globally[19] and has been instrumental in alleviating the food crises in many war-torn and drought ravaged parts of Africa[20]. Cassava is grown for use as food in more than thirty nine African countries[21]. Cassava production in Africa is projected to grow at about 3 % per year in the next 20 years. FAO[22] had estimated that cassava production will increase to about 114 million tones by 2005 and continue into 2020 when the production is estimated to double the current level.

The main cassava producing countries of Africa include Nigeria, Benin, Kenya, Zambia, Tanzania, Uganda, Ghana, Zimbabwe, Democratic Republic of Congo and

Mozambique. Various other countries in Africa produce cassava and process it to a diversity of food and industrial products (figure 1).

Cassava and its products are widely consumed by Africans. Nutritional intervention through cassava products will reach out to many people in the continent.

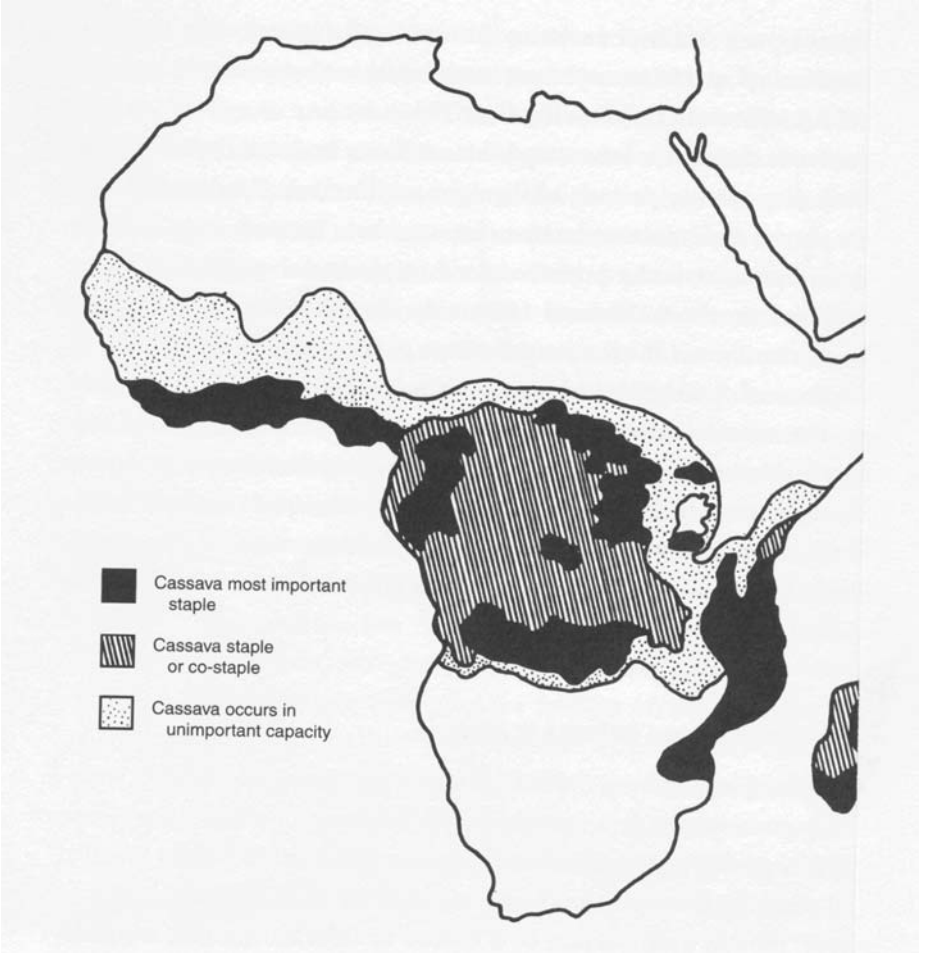


Figure 1: Cassava producing areas of Africa [23,24].

Traditional Cassava Processing

Cassava processing is the transformation of freshly harvested cassava roots and leaves into forms that are useful to man. Nambisan and Sundaresan[25] noted that processing of cassava is necessary for various reasons. These include improving palatability, reducing or eliminating potential toxicity and a means of preservation. Processing is also necessary to transform the raw cassava into other products which are useful to man.

In Africa, cassava is processed for human consumption than for any other use. Common processing operations for cassava include boiling, roasting and fermentation. Fermentation is by far the most common method of processing the cassava crop in Africa[26]. While the methods of fermentation vary from one locality to another, the fermentation processes can be categorized into solid state fermentation processes and sub-merged fermentation processes[27].

The unit operations involved in these two major methods of cassava fermentation processes are shown in various products made from cassava as shown in figure 2. Many local names are given to the same cassava products in Africa (table 2).

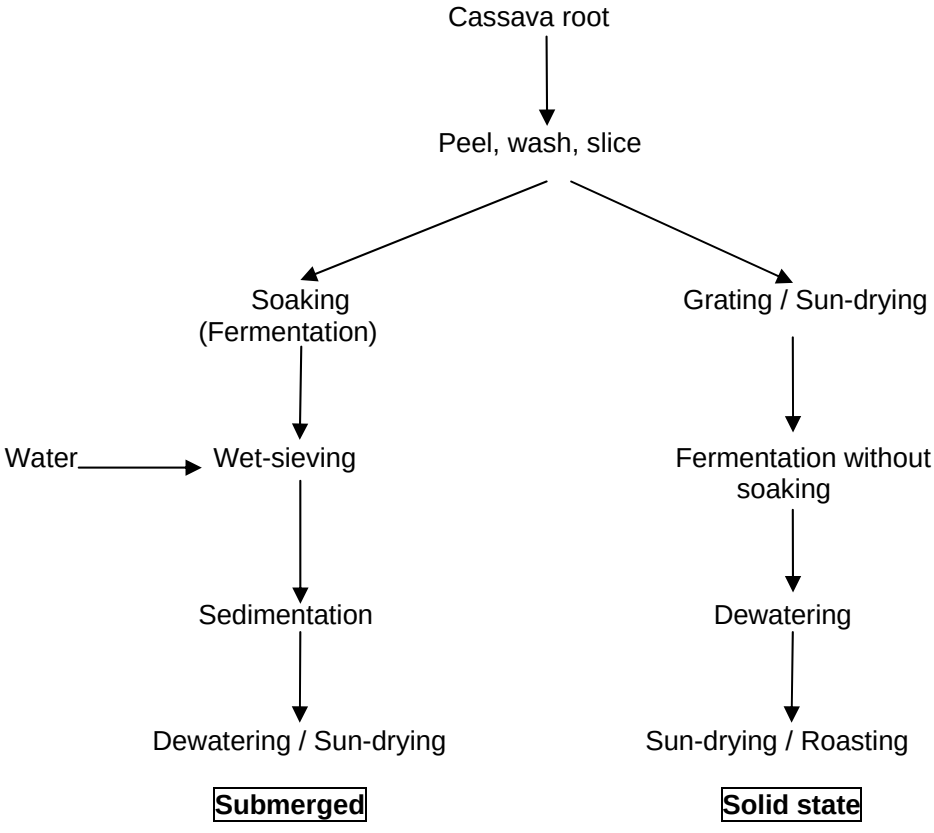


Figure 2: Solid state and submerged fermentation processing of cassava in Africa.

Table 2: Fermented cassava products of Africa.

Product name	Other names given to the product
Gari	*Koko-Gari; Eba; Agbelima; Kapok Pogari*
Fufu	*foufou; foofoo;fulful;foutou;* baton du manioc*; akpu; udep utim; pupuru; pukuru;* Farine*;Yakayeke; agbalima; water-fufu*
Lafun	*bombo; makessa; luku; cossettes; nshima; exidzi; makak; kanyanga; mapanga; maphumu*
Attieke	*Atieke*
Kokonte	*crueira; Alebo*
Chikwangue	*Ntuka; bugali; kmonmogo; chawada; bobolo; myondo; mboung; mangbele;* cassava bread
Placani	
Mould fermented flour	Tapioca flour
Cassava beer	*enguii; panvu; banuu; Uala*
Fermented boiled roots	*Meduame –M Bong*

Nutritional Constraints of Cassava

The cassava root is known to be composed largely of carbohydrates. Table 3 shows the nutritional composition of cassava root and leaves. Oyenuga[28] and Ketiku[29] reported that starch and sugar constitute 84% and 4.5% of the total dry carbohydrate of the dried cassava root, respectively.

Table 3: Nutrient Composition of fresh cassava roots and cassava leaves *(per 100g of edible portion).*

Nutrient	Unit	Cassava root	Cassava leaves
Food energy	kjoules	0.61	0.26
Water	g	62.5	80.5
Carbohydrate	g	34.7	9.6
Protein	g	1.20	6.8
Fat	g	0.30	1.3
Calcium	mg	33	206
Iron	mg	0.70	2.0
Vitamin A	I.U	trace	10,000
Thiamine, B1	mg	0.06	0.16
Riboflavin, B2	mg	0.03	0.30
Niacin	mg	0.06	1.80
Vitamin C	mg	36	265

Source: FAO Food Composition Table[24].

The protein content of the cassava root is low[30]. The cassava leaves are known to be richer in protein than the roots and the leaves also contain some essential amino acids[23]. Cassava leaves have been found to be a good source of protein and vitamins A and B. Unfortunately, the cassava leaves are discarded as wastes in many African communities.

The component of cassava which has attracted wide attention in the past is its high cyanogens potential[31]. Cassava is known to contain some potentially toxic cyanogenic glucosides which on hydrolysis produce toxic hydrogen cyanide[31]. Traditional processing of cassava as found in West Africa has been found adequate for detoxifying cassava[32,33]. However, there were cases of improper processing of cassava in difficult situations of drought, war among others. Consumption of improperly processed cassava products has been implicated in many diseased conditions including tropical ataxic neuropathy, *konzo*, goitre[34,35]. Shortcuts in cassava processing have been found to be responsible for dietary cyanide exposures[36].

In many African countries, age-old traditional methods are still being employed in traditional fermentation processes. There is need to improve some of the traditional processes in order to enhance the nutritional quality of the products. Cassava traditional processing can also be improved at the household levels in order to enhance the nutritional qualities of its products

IMPROVEMENTS TO TRADITIONAL HOUSEHOLD CASSAVA PROCESSING FOR NUTRITIONAL ENHANCEMENT

Some household processing interventions for enhancing the nutritional quality of cassava products include the following:

Co-fermentation of cassava with protein - rich legumes

The low protein content of cassava is a nutritional limitation. Many efforts have been made to improve the protein contents of cassava products. These include the fermentation of cassava with protein-enriching bacteria and moulds[37,38]. Akinrele[39] developed a process of direct supplementation of fermented cassava products with the flours of protein-rich legumes. These interventions were found to help in increasing the protein contents of cassava products. However, most of them are suitable for industrial situations rather than the household. Oyewole and Aibor[40] report a simple, household process for the co-fermentation of cassava with protein-rich cowpea and soyabean. The household processing technique that was developed is illustrated in figure 3.

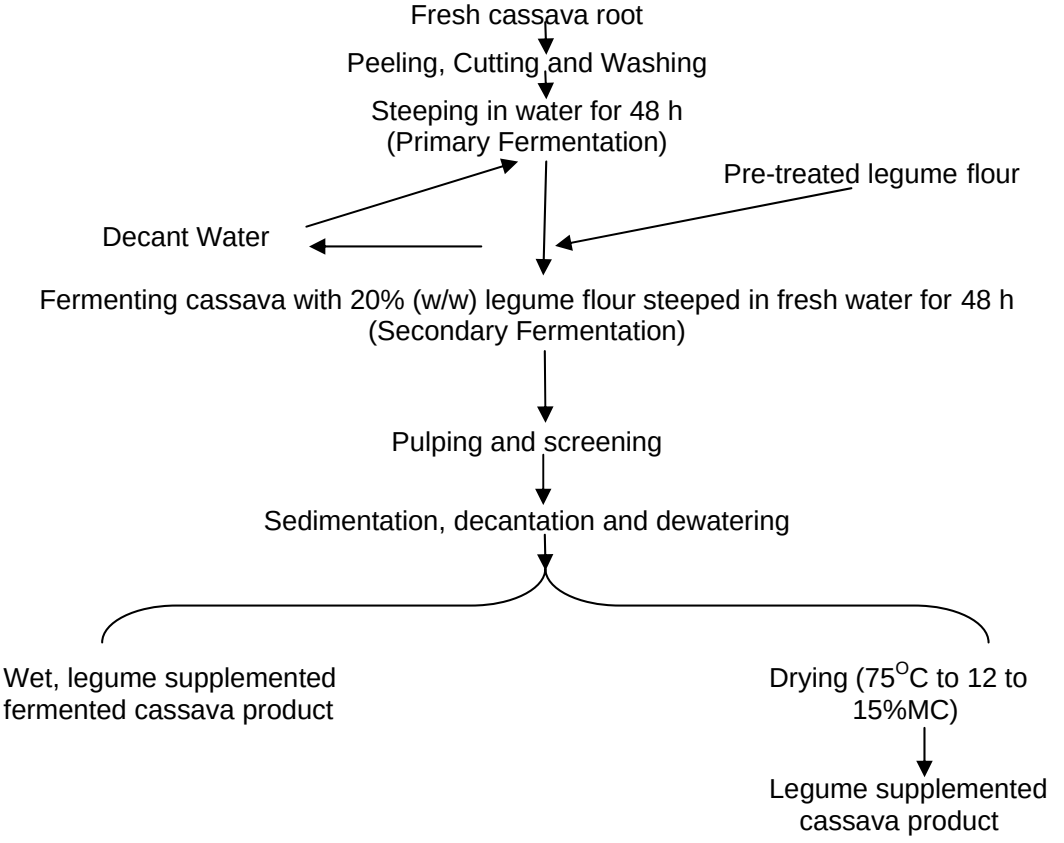


Figure 3: Scheme for the co-fermentation of cassava with legumes to produce protein-enriched fermented cassava products at the household level[39].

Through this scheme, co-fermentation of cassava with 20% cowpea and soyabean was found to increase the protein contents of the fermented cassava product from 1.8% to 5.5% and 8.2% respectively without affecting the organoleptic properties of the product[40]. This scheme recognizes the role of fermentation in removing the antinutritional components of cassava. There will still be need to encourage appropriate fermentation processes at household and community levels for many

other crops of Africa such as sorghum, millet, maize. This is because fermentation is known to be effective in removing antinutritonal factors that limit micronutrient absorption in foods. Peterson *et al*.[41] reported that improved cassava processing can help reduce iodine deficiency disorders in the Central African Republic. One of the methods that were found to be efficient is the lactic acid fermentation process as done in West Africa[42].

Promotion of the utilization of cassava leaves

As of date, the cassava leaves are thrown away as waste in many localities. However, the nutritional analysis of the leaves shows that they are a highly nutritious part of the cassava plant. The cassava leaves are rich in protein, calcium, Vitamin A, Vitamin C and contain some essential amino acids (table 3). The major constraint to the utilization of the leaves is their high cyanogenic glucoside content. This could be removed as in the case of the roots. In Ghana, a local beverage is produced from the cassava leaves. In some Nigerian villages, the cassava leaves are used as vegetable in soup preparations. There is need for more research into the utilization of cassava leaves.

Co-processing with micronutrient rich diets

There are some micronutrient-rich vegetables in many parts of Africa. Cassava is a crop which can be processed while mixed with many of these micronutrient rich sources. For example, red palm oil has been incorporated into the production of fermented cassava (*gari*) in some parts of Nigeria for ages. While the traditional processors may not be aware of the nutritional contribution of the red palm oil, it is known that this oil is an important source of Provitamin A carotenoids[43]. In Ghana, fermented cassava products are normally pounded with plantain and some other vegetables. These household processing methods can be used to improve the micronutrient intakes of the people in many African locations. Apart from these, there are many fermented cassava flour products that could be mixed with additives containing appropriate micronutrients at the household level. In many localities, cassava products are usually consumed with soup. There will be need to encourage the use of micronutrient rich vegetables and possible changing of dietary attitude that will allow consumption of other local fruits and vegetables which are rich in micronutrients[44].

STRATEGIES

In order to help many people in Africa, there is need to develop nutritional strategies to implement the various micronutrient interventions. There is need for a continuous education and awareness program on the importance of micronutrients and the effects of some traditional household food processing operations on the micronutrient contents of foods. Governments may need to consider the plight of the young people and encourage nutritional interventions through ‘‘school feeding’’ programmes. Community participation in household nutritional education will be necessary in many localities. These efforts will help in overcoming the problems of food insecurity and nutritional insecurity in Africa.

REFERENCES

1. World Food Summit. State of the World Food. Rome: FAO, 1996.
2. FAO. State of food insecurity in the World. Rome, 2002.

3. Probart C. Meeting Micronutrient needs (Editorial). Food Nutr Agric 2003;32:1-2.

4. Kennedy G. The scourge of 'hidden hunger': global dimensions of micronutrient deficiencies. Food Nutr Agric 2003;32:8-16.

5. Sommer A, West KP. Vitamin A deficiency: health, survival and vision. Oxford: Oxford University press, 1996.

6. Mulokozi GI. Content and In-Vitro Accessibility of provitamin A caroteneoids in some Tanzanian vegetables and fruits. PhD Thesis. Department of Chemistry and Bioscience and Food Science. Goteborg, Sweden: Chalmers University of technology, 2003.

7. WHO. Prevention of childhood blindness. Geneva: WHO, 1992.

8. Booth SL, Johns T, Kuhnlein HV. Natural food sources of Vitamin A and provitamin A. Food Nutr Bull 1992;14:6-19.

9. Cottrell RC. Introduction: Nutritional aspects of palm oil. Am J Clin Nutr 1991;53:989-1009.

10. Mulokozi G, Svanberg U. Effect of traditional open sun-drying and solar cabinet drying on carotene content and Vitamin A activity of green leafy vegetables. Plant Food Hum Nutr 2002;55:1-6.

11. Padmavati K, Udipi SA, Rao M. Effect of different cooking methods on beta carotene contents of vegetables. J Food Sci technol 1992;29:137-40.

12. Negi PS, Roy SK. Effect of blanching and drying methods on beta-carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables. Lebensm Wiss Technol 2000;33:295-8.

13. Thane C, Reddy S. Processing of fruits and vegetables: effects on carotenoids. Nutr Food Sci 1997;2:58-65.

14. WHO. Turning the tide of malnutrition, responding to the challenge of the 21st century. Geneva: WHO, 2002.

15. WHO. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination – a guide for programme managers. 2nd edition. Geneva: WHO, 2001.

16. Boundoux P, Mafuta M, Hanson A, Ermans AM. Cassava toxicity: the role of linamarin. In: Ermans AM, Mbulamoko NM, Delange F, Ahluwalia R, eds. "Role of cassava in the etiology of endemic goiter and cretinism". Canada: IDRC 136e, 1980:15-27.

17. de Bruijn GH, Fresco LO. The importance of cassava in world food production. Netherlands J Agric Sci 1989;37:21–34.

18. Oyewole OB. The powers at the roots: food and its microbial allies. UNAAB Inaugural lecture Series No. 15. Abeokuta, Nigeria: University of Agriculture, 2002:56.

19. Cock JH. Cassava: new potentials for a neglected crop. Boulder, Colorado, USA: West View Press, 1985:191.

20. Hahn SK, Keyser J. Cassava: A basic food of Africa. Outlook Agric 1985;14:95–9.

21. Hahn SK, An overview of African traditional cassava processing and utilization. Outlook Agric 1989;18:110–8.

22. FAO. Agricultural Statistics. 2002. Internet:http://faostat.fao.org/faostat/collections?version

23. Okigbo BN. Nutritional implications of projects giving high priority to the production of staples of low nutrititve quality. The case of cassava in the humid tropics of West Africa. Food Nutr Bull 1980;2:1-10.

24. Nweke FI, Dunstan SC, Spencer DSC, Lyman JK. The cassava transformation. Michigan State: University press, 2002:272.

25. Nambisan B, Sundaresan S. Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava. J Sci Food Agric 1985;36:1199-1203.

26. Okafor N, Lioma B, Oyolu C. Studies on the microbiology of cassava retting for *foo-foo* production. J Appl bacteriol 1984;56:1-13.

27. Oyewole OB. Cassava processing in Africa. In: Application of Biotechnology to traditional fermented foods. National research Council, USA. Washington, DC: National Academy press, 1992:89-92.

28. Oyenuga VA. Nigeria's food and feeding stuffs. Ibadan, Nigeria: University press, 1968:20-7.

29. Ketiku AO, Oyenuga VA. Sugars in cassava roots. J Sci Food Agric 1972;23:1451-5.

30. Oyewole OB, Odunfa SA. Effects of fermentation on the carbohydrate, mineral and protein contents of cassava during *fufu* production. J Food Compost Anal 1989;2:170-6.

31. Ayernor GS. Effects of the retting of cassava on product yield and cyanide detoxication. J Food Technol 1985;20:89-96.

32. Vasconcelos AT, Twiddy DR, Westby A, Reilly PJA. Detoxification of cassava during *gari* preparation. International J Food Sci Technol 1990;25:198-203.

33. Okafor N, Ejiofor MAN. The microbial breakdown of linamarin in fermenting pulp of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). J Appl Microbiol Biotechnol 1986;2:327-338.

34. Howlett WP, Brubaker GR, Mlingi N, Rosling H. *Konzo*, an epidemic upper motor neuron disease studied in Tanzania. Brain 1990;113:23-235.

35. Delange F, Bourdoux P, Colinet E, et al. Nutritional factors involved in the goitrogenic action of cassava. In: Delange F, Ahluwalia R, eds. Cassava Toxicity and Thyroid. Canada: IDRC, 1982.

36. Banea M, Poulter NH, Rosling H. Shortcuts in cassava processing and the risk of dietary cyanide exposure in Zaire. Food Nutr Bull 1992;14:137-42.

37. Raimbault M, Revah S, Pina F, Villalobos P. Protein enrichment of cassava by solid substrate fermentation using molds isolated from traditional foods. J Fermentation Technol 1985;63:395-9.

38. Daubresse P, Ntibashrwa S, Gheysen A, Meyer JA. A process for protein enrichment of cassava by solid substrate fermentation in rural conditions. Biotechnol Bioeng 1987;29:962-8.

39. Akinrele IA. Nutrient enrichment of *gari*. J Biol Appl Chem, 1967;10:19-23.

40. Oyewole OB, Aibor AM. Fermentation of cassava with cowpea and soyabean for an enriched *fufu*. Trop Sci 1992;33:9-15.

41. Peterson S, Legue F, Tylleskar T, Kpizingui E, Rosling H. Improved cassava processing can help reduce iodine deficiency disorders in the Central African Republic. Nutr Res 1995;15:803-12.

42. Westby A, Cho BK. Cyanogen reduction during lactic fermentation of cassava. Acta Hortic 1994;375:209-15.

43. Hedren E, Mulokozi G, Svanberg U. In vitro accessibility of carotenes from green leafy vegetables cooked with sunflower oil and red palm oil. Int J Food Sci Nutr 2002;53:445-53.

44. Chadha ML, Oluoch MO. Home based vegetable gardens and other strategies to overcome micronutrient malnutrition in developing countries. Food Nutr Agric 2003;32:17-21.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Potentialités nutritionnelles et technologie traditionnelle de transformation des denrées amylacées en Côte d'Ivoire

Amani* Georges N, Kamenan Alphonse

Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies des Aliments (UFR/STA), Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: *amanigeorges@yahoo.fr*

- Résumé -

En Afrique, l'insuffisance de données fiables sur les habitudes alimentaires de la population rend difficile la mise en œuvre de politiques durables de sécurité alimentaire. Pour mieux connaître les modes de préparation des plats traditionnels à base d'igname, manioc et banane plantain et les habitudes alimentaires des ivoiriens, une enquête de consommation par questionnaire a été réalisée dans la ville d'Abidjan auprès de 300 personnes des deux sexes âgés de 15 à 60 ans. Cette enquête a été complétée par des analyses chimiques des matières premières et par l'étude de la sensibilité des différentes farines obtenues aux enzymes digestives.

Au total 37 plats traditionnels à base de féculent ont été répertoriés: 18 à base de manioc, 12 de banane et 7 d'ignames. Ces plats subissent quatre types de cuisson: friture, cuisson au four ou sur la braise, cuisson à l'eau et cuisson à la vapeur. Au petit déjeuner, les abidjanais déclarent préférer l'*attiéké* (30%) et la bouillie d'igname (*n'gbo;* 24%). Au déjeuner, ils préfèrent les pâtes pilées de féculents (foutou banane, 44%; foutou igname, 21%). Au goûter, la friture de banane mûre (*alloco)* est préférée par 72% des personnes enquêtées alors qu'au dîner c'est le ragoût d'igname (*akpessi)* et le *foutou* de banane qui ont la préférence.

Les aliments les plus demandés, qui sont la banane mûre (47%) et l'igname (34%) (principalement la variété *Kponan* de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata*), sont aussi les plus sucrés (20% et 7% de sucre soluble, respectivement). Les ignames sont les plus riches en protéines avec des teneurs pouvant aller jusqu'à 10% en base sèche chez la variété *Bètè-bètè* (*D. alata*). Le test de digestibilité *in vitro* montre que les tubercules cuits à l'eau sont plus sensibles à l'hydrolyse enzymatique que ceux qui sont cuits dans la braise ou au four. Parmi toutes les préparations, la purée (*allouboué)* et le ragoût (*apkessi)* sont celles qui conservent le mieux leur valeur nutritionnelle.

Une meilleure connaissance des technologies traditionnelles, des préférences alimentaires et des potentialités nutritionnelles des denrées tropicales permettrait de définir une vraie politique de valorisation industrielle.

Mots-clés: Amylacés – Composition chimique – Habitude alimentaire – Digestibilité – Côte d'Ivoire.

- Abstract -

Nutritional potentialities and traditional processing of starchy crops in the Côte d'Ivoire

In Africa, the shortage of reliable database on the population eating habits makes sometimes the implementation of food safety policy difficult. Thus, a study has been conducted on methods of traditional starch based meals preparation, Ivorians eating habits, nutritional levels of usually consumed crops (Yams, cassava, plantain). Therefore, an investigation on eating habits in the district of Abidjan was conducted with a sample of 300 people of both sexes aged from 15 to 60 years old. This inquiry has been completed by raw materials chemical analysis and by a study of different flours susceptibility to digestive enzymes.

With regard to this answers registered, about 37 traditional starch based dishes have been listed (18, 12 and 7 meals respectively from cassava, plantain and yam). These meals can be divided according to 4 methods of preparation: fried, roasted, boiled and steamed. For breakfast Abidjan inhabitants prefer fermented cassava based couscous *attiéké* and boiled yam or *n'gbo* (respectively 29.6% and 24.1%). For lunch, pounded plantain and pounded yam (respectively 44.2% and 21.1%) are preferred. For snack ripened fried plantain or *alloco* is preferred by 71.7% of questioned people while for dinner stew type dish or *akpessi* and pounded plantain are preferred by the population.

The ripened plantain and the yam cultivar *Kponan* (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) being the most requested respectively at 47.3% and 33.8 % are also the sweetest (respectively 20% and 7% of sucrose content). Yams contain a lot of crude proteins up to 10% on dry basis for the cultivar *Bètè-bètè* (*Dioscorea alata*). Cassava and green plantain are the crops with the highest energy values (~ 394 calories/100g dry matter). The in vitro test of digestibility shows that boiled flours present the highest susceptibility to enzymatic hydrolysis than the ones roasted. Among all the preparations, mashed or *allouboué* and the stew or *apkessi* seem to be those that keep most of original nutrients. The mastering of traditional technology, of eating habits and nutritional value of tropical crops are necessary to define a good nutritional policy and increase their added value.

Key words: Starchy crops – Chemical composition – Eating habit – Digestibility – Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Les plantes amylacées sont des cultures alimentaires particulièrement importantes pour les zones tropicales et subtropicales. Au niveau mondial, les racines et tubercules viennent au deuxième rang des aliments de base après les céréales, avec une production totale annuelle d'environ 626 millions de tonnes, dont 153 millions en Afrique[1]. Elles jouent un rôle important dans l'alimentation de base des pays situés autour du golfe de Guinée et en Afrique centrale. Le Nigeria, la République Démocratique du Congo et la Côte d'Ivoire en sont les plus grands producteurs. Au cours de la campagne 2001, la Côte d'Ivoire a produit 3 millions de tonnes d'Igname, 1,5 millions de tonnes de manioc et 1,9 millions de tonnes de banane plantain[2].

La popularité des racines et tubercules en Afrique s'explique entre autres par le fait qu'ils s'insèrent particulièrement bien dans les systèmes culturels traditionnels. Suivant une étude de la COSA (Collaborative study on cassava in Africa) en 1989, les paysans africains cultivent principalement le manioc, l'igname etc., pour assurer la sécurité alimentaire[3]. Négligeant ce rôle historique des amylacées dans l'alimentation de la population, la plupart des gouvernements africains ne manifestent pas un grand intérêt quant à la poursuite de cette politique de sécurité[4]. La sécurité alimentaire nécessite non seulement une augmentation de la productivité mais aussi une utilisation effective et rationnelle par la voie de la transformation de tout ce qui est produit. Certains travaux de recherches ont mis en exergue les potentialités nutritionnelles de quelques denrées amylacées ainsi que leur mode de transformation[5,6,7,8]. A la suite de ces travaux il apparaissait nécessaire de mener une enquête auprès des consommateurs pour déterminer les préférences de la population en matière d'alimentation et faire des liaisons entre cette préférence et les valeurs nutritionnelles des aliments consommés, afin de tirer des conclusions sur la qualité de l'alimentation des africains et de proposer des stratégies pour une politique efficace d'autosuffisance et de sécurité alimentaire.

Le présent travail s'est donc donné pour objectifs:
- de déterminer la valeur nutritionnelle des denrées amylacées les plus couramment consommées en Côte d'Ivoire;
- d'inventorier de façon exhaustive les différents types de plats à base de ces denrées amylacées;
- de classifier les différents mets par groupe homogène ayant la même technologie de transformation;
- de déterminer les ordres de préférence et les périodes de consommation;
- et enfin, d'analyser l'influence de la technologie sur la disponibilité des nutriments et la digestibilité des aliments.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

Trois denrées alimentaires ont fait l'objet de notre étude. Il s'agit:
- de l'igname, espèce *Dioscorea alata* variétés *Florido* et *Bètè-Bètè* et de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata*, variétés *Kponan* et *Krenglè*.
- du manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ), variété aigre,
- de la banane plantain (*Musa spp*), peau verte (1 jour) et mûre (14 jours).

Méthodes

Méthodologie de l'enquête de consommation

L'étude a été réalisée pendant 6 semaines sur la base d'une enquête par questionnaire dans six communes de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), auprès de 300 consommateurs réguliers répartis comme suit:

- par sexe: 42% d'hommes et 58% de femmes,
- par tranches d'âge: 40 % de 15-30 ans, 42 % de 31-45 ans et 18% de 46-60 ans.

Analyses chimiques et nutritionnelles

Les teneurs en glucides, lipides, protéines et sels minéraux ont été déterminées selon les méthodes de l'AOAC[9]. La valeur énergétique a été évaluée en utilisant les coefficients de Merril et Watt[10]. Le test de digestibilité *in vitro* de l'amidon a été réalisé par l'hydrolyse des différentes farines pendant 120 minutes, avec un extrait du suc digestif d'escargot[11].

RÉSULTATS

Panorama des plats traditionnels ivoiriens à base des denrées amylacées

Les procédés de transformation sont divers et aboutissent à des aliments variés et typiques de la Côte d'Ivoire. Sur la base des réponses de l'enquête, il a été dénombré 37 plats traditionnels dont 18 mets à base de manioc (figure 1), 12 mets à base de banane plantain (figure 2) et 7 mets à base d'igname (figure 3). Ces aliments sont généralement désignés en langues nationales et sont répartis selon quatre modes de cuisson qui sont: la friture, la cuisson au four ou sur la braise, la cuisson à l'eau et la cuisson à la vapeur. Parmi les plats les plus couramment consommés on distingue:

- le *foutou:* le *foutou* est une pâte à texture collante qui s'obtient après épluchage et découpage des tubercules en morceaux. Ceux-ci subissent alors une cuisson dans l'eau bouillante jusqu'à leur ramollissement puis ils sont pilés à chaud dans un mortier après égouttage. Le *foutou* se prépare avec le manioc doux, la banane plantain, l'association manioc/banane ou les ignames de l'espèce *D. cayenensis-rotundata*. Il se mange associé avec une sauce riche en légumes et protéines;
- le *foufou:* le *foufou* se prépare avec la banane plantain de préférence non mûre, les ignames de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata* ou le manioc doux (figures 1, 2 et 3). Après cuisson des tubercules ou fruit en morceaux assaisonnés de condiments, ces morceaux sont égouttés puis écrasés en mélange avec de l'huile de palme;
- le *n'gbo* ou bouillie: le *n'gbo* est aussi appelé bouillie de banane, d'igname ou de manioc. Les tubercules sont épluchés, découpés en morceaux et cuits jusqu'à ébullition dans de l'eau salée, puis égouttés (figures 1, 2 et 3). Les matières premières utilisées sont le manioc doux, la banane plantain mûre ou verte et les ignames de l'espèce *D. alata*;
- l'*apkessi* ou ragoût: l'*apkessi* se prépare avec le manioc doux, la banane verte ou mûre et les ignames de l'espèce *D. alata*. Les tubercules sont épluchés, découpés en morceaux puis assaisonnés. Le mélange est cuit à point à l'eau bouillante. Le mélange se consomme à chaud sans égouttage;
- l'*allouboué* ou purée: l'*allouboué* est une spécialité culinaire authentique en Côte d'Ivoire et spécifique aux ignames, de préférence l'espèce *D. alata* (figure 3). Il est obtenu après cuisson à point en excès d'eau en mélange avec légumes et du poisson. Les tubercules en morceaux bouillis sont écrasés dans leur eau de

cuisson en purée. La même technologie appliquée à la banane mûre donne le *yroloko* (figure 2).

- l'*alloco* ou friture de banane mûre: le procédé consiste à éplucher les bananes puis à les découper soit en cubes, soit en tranches. Ces cubes ou tranches sont frites dans l'huile végétale chaude, puis égouttés, déshuilés et servis à chaud (figure 2);
- l'*attiéké* ou couscous de manioc aigre: ce plat est spécifique au manioc de variété amère (figure 1). Le procédé consiste à éplucher le manioc, à le découper, puis à le broyer. La pâte obtenue après broyage est mélangée avec un ferment naturel pendant une nuit puis essorée. Après granulation le produit est séché au soleil puis défibré. Les semoules obtenues sont enfin cuites à la vapeur;
- le *placali: c*omme l'*attiéké*, le *placali* est aussi spécifique au manioc de la variété amère. Après l'étape de la fermentation, la pâte est essorée puis tamisée pour éliminer les fibres et autres particules solides. Sous agitation à l'aide d'une spatule, le filtrat est cuit à l'eau (figure 1) à feu doux, dans une marmite jusqu'à l'obtention d'une masse alimentaire épaisse et translucide. Le *placali* se mange généralement accompagné de sauce feuille riche en protéines.

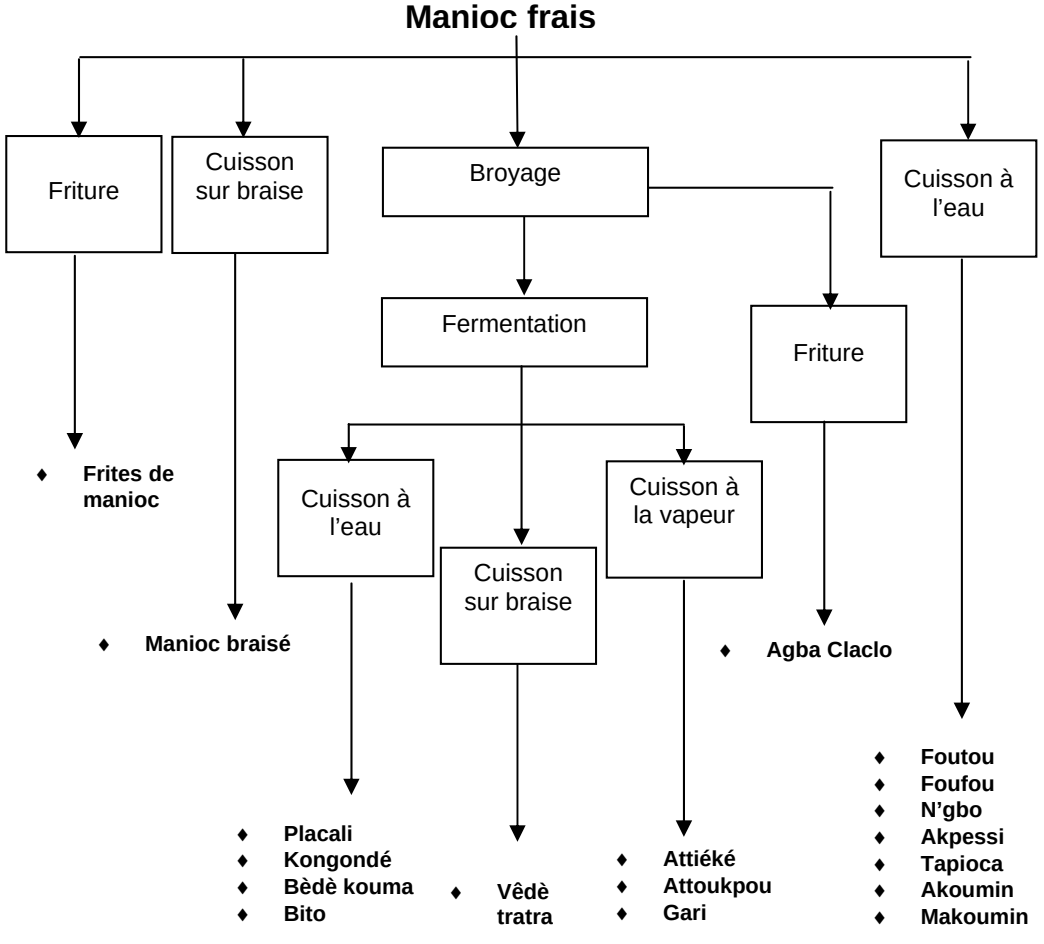


Figure 1: Procédés traditionnels de transformation du manioc frais.

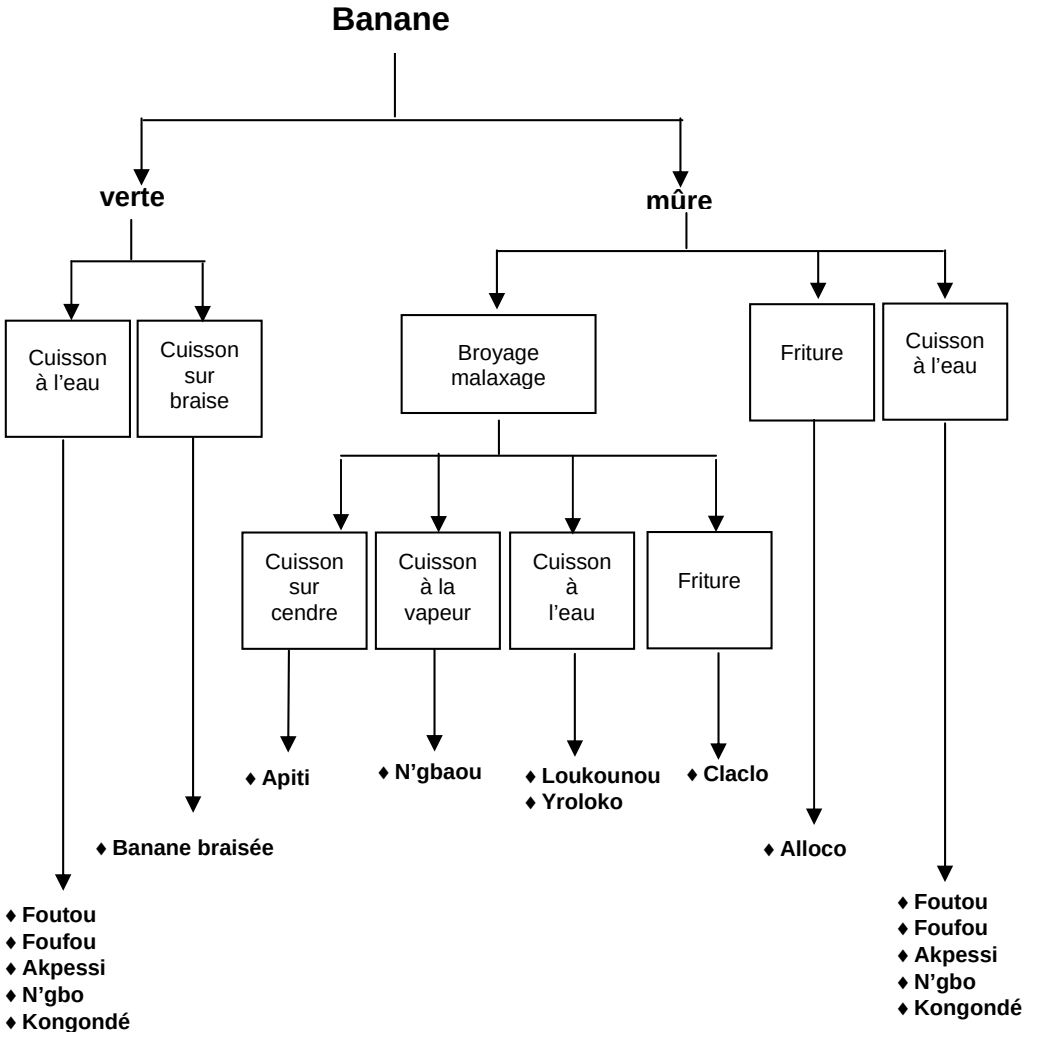


Figure 2: Procédés traditionnels de transformation de la banane.

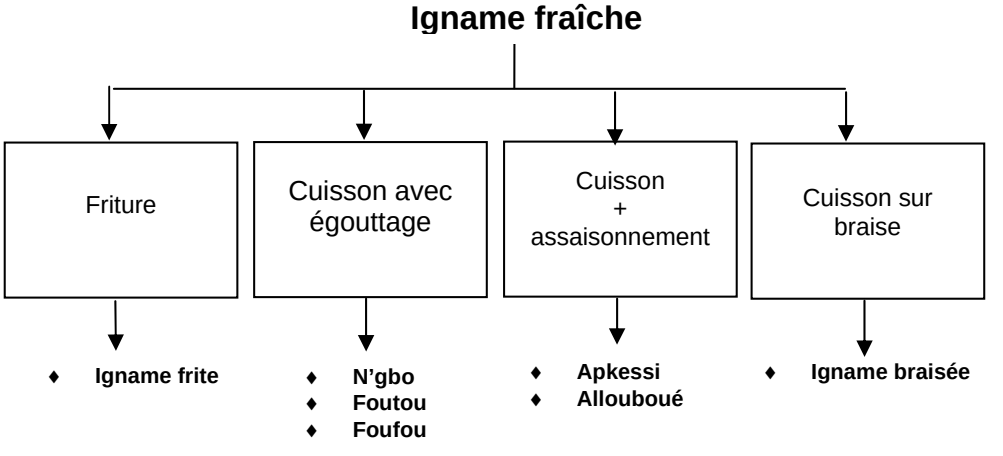


Figure 3: Procédés traditionnels de transformation de l'igname fraîche.

Mode de consommation

Les résultats de l'enquête montrent au regard des réponses déclarées, qu'au niveau des espèces, la préférence des Abidjanais va dans l'ordre décroissant suivant: la banane mûre (48 %), la variété d'igname *Krenglè* (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) (34 %) et le manioc (18 %).

Au petit déjeuner, la population abidjanaise déclare préférer le couscous de manioc aigre *attiéké*, la bouillie d'igname ou *n'gbo* et la pâte gélatinisé de manioc aigre ou *placali* (30%, 24% et 9% respectivement). Les 34 autres mets se partageant les 37% restants. Au déjeuner, sont préférées les pâtes pilées de féculents ou *foutou*. Dans l'ordre décroissant, 44% pour le *foutou* banane, 21% pour le *foutou* igname, et 12 % pour l'*attiéké*. Au goûter, la friture de banane mûre ou *alloco* est préférée par 72% des personnes enquêtées, suivi de la bouillie d'igname ou *n'gbo* et des frites d'igname (9% et 6% respectivement). Au dîner le *foutou* de banane vient encore en première positon des préférences déclarées de la population d'Abidjan, suivi du ragoût d'igname ou *akpessi* et de l'*attiéké* ou couscous de manioc (29 %, 17 % et 15 % respectivement)

Valeur nutritionnelle

La composition en nutriment, exprimée en base sèche, des denrées amylacées est résumée dans le tableau 1. Les glucides digestibles de l'igname, du manioc et de la banane plantain sont constitués essentiellement d´amidon et des oses simples. Les teneurs en amidon pour les différentes espèces d'igname sont comprises entre 72,1 et 77,5g/100g MS pour *Dioscorea alata*, de 70,9g et 76,5/100 g MS pour *Dioscorea cayenensis-rotundata*. La banane plantain a la teneur en amidon la plus élevée (83,3g /100g de MS). La teneur chute brutalement après 14 jours de conservation à 64,6 g pour 100g de MS au profit des sucres totaux (20,1%) contre seulement 0,43 % de sucres totaux dans la banane verte. Parmi les ignames, les variétés les plus riches en sucres totaux proviennent du complexe d'espèces *Dioscorea cayenensis-rotundata*: 7,22% pour la variété *Kponan* et 5,93% pour la variété *krenglè* (tableau 1).
Concernant les teneurs en protéines les différences interspécifiques sont importantes (tableau 1). Elles varient de 4,35 % chez la banane verte et le manioc à 9,59% chez la variété *Florido* (*Dioscorea alata*). Par contre le manioc et la banane verte (1 jour) possèdent le potentiel énergétique le plus élevé (394 cal/ 100g).

Tableau 1: Composition chimique de quelques denrée amylacées de Côte d'Ivoire *(g/100g de MS).*

Denrées	**Igname**				**Manioc**	**Banane**	
Espèces	*Dioscorea alata*		*D. Cayenensis-rotundata*		*Manihot esculenta*	*Musa spp*	
Variétés	*Florido*	*Bètè-bètè*	*Kponan*	*Krenglè*	amère	Verte 1 jour	Mûre 14 jours
Matières grasses	0,7	1,1	0,7	1,1	1,0	0,9	0,6
Protéines brutes	7,2	9,6	5,6	8,5	4,4	4,4	5,3
Amidon	72,1	77,5	76,5	70,9	79,9	83,3	64,6
Sucres totaux	5,0	2,9	7,2	5,9	4,1	0,4	20,1
Cendres	3,3	3,4	2,0	2,9	1,8	2,4	2,4
Sodium	0,02	0,004	0,02	0,02	0,006	0,03	0,002
Energie (cal)	383,9	382,1	364,9	385,3	394,7	394,2	389,3

Traitement technologique et digestibilité des aliments

La dégradation des amidons in vitro des farines a été déterminée pour les farines d'igname crues, précuites au four et à l'eau pendant 120 minutes. Les résultats de l'hydrolyse enzymatique des farines de la variété *Kponan* (*D. cayenesis-rotundata*) et de *Florido* (*D.alata*) sont représentés sur la figure 4. A l'état cru, toutes les farines apparaissent nettement plus difficile à hydrolyser. La farine crue de *kponan* est plus facilement hydrolysable que la farine crue de *Florido*.

Par contre, le test de digestibilité in vitro indique que les traitements thermiques, notamment la cuisson, affectent largement la susceptibilité des farines vis-à-vis du suc digestif de l'escargot. Après 2 heures d'incubation, le pourcentage moyen des sucres réducteurs libérés des farines cuites à l'eau (68,6 ± 0,04%) est de 5 fois plus importante que dans la farine crue (14,5 %) et 3 fois plus que celui de la farine précuite au four soit 28,4±0,06% (figure 4).

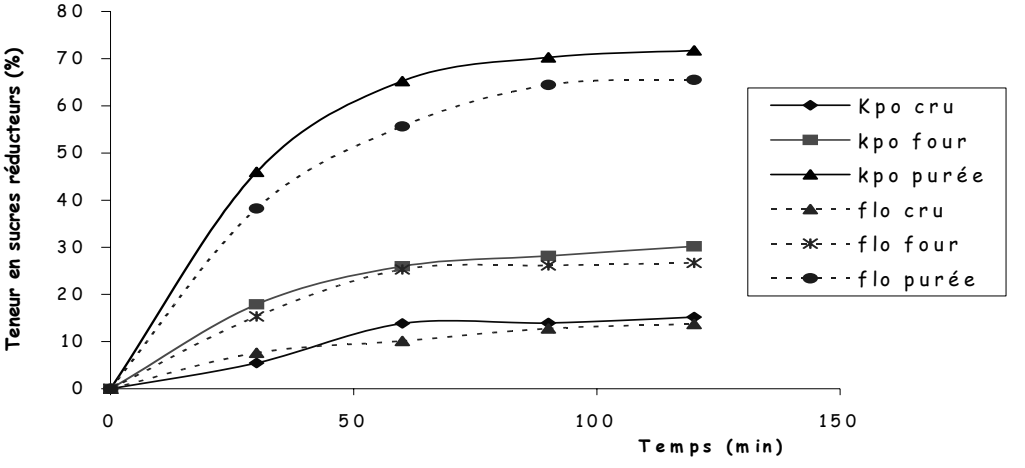


Figure 4: Cinétiques d'hydrolyse *in vitro* des farines d'ignames des cultivars *Kponan* (Kpo) et *Florido* (Flo) crues, cuites au four et cuites à l'eau.

DISCUSSION

Les effets des transformations technologiques peuvent être considérables. Les produits à base de denrées amylacées les plus consommées se différencient essentiellement par leur mode de cuisson. Ceux qui dominent sont connus sous les noms génériques de *foutou*, *n'gbo*, *apkessi* et *foufou*, qui utilise l'eau comme mode de cuisson. La durée de cuisson dans l'eau des tubercules en morceaux est un facteur déterminant pour la texture et leurs propriétés physico-chimiques. Lors de la cuisson, la durée et la pression utilisées influent sur la teneur en d'amidon[12]. Ce traitement thermique a pour effet de modifier les structures physico-chimiques du produit final. Cette cuisson favorise l'hydrolyse enzymatique par dispersion partielle de l'amidon.[13] La température peut aussi causer la destruction de composés thermolabiles notamment certaines vitamines[14]. La cuisson permet également d'augmenter la digestibilité de l'amidon en provoquant une gélatinisation qui facilite les dégradations enzymatiques dans l'intestin[15]. Elle améliore les qualités organoleptiques, détruit les agents pathogènes[16].

Au cours d'une cuisson dans l'eau bouillante, les tubercules peuvent non seulement perdre certains nutriments dont des acides aminés par solubilisation dans l'eau. La

teneur en minéraux diminuent également par dissolution; de même que les vitamines hydrosolubles[14,16]. On appauvrit ainsi le plat mais comme le *foutou* se consomme toujours avec une sauce, il y a une éventuelle compensation; tout dépend de la richesse de cette sauce[7].

Concernant les autres modes de cuisson, la cuisson sur braise provoque une augmentation notable de teneur en matière sèche et une diminution de la teneur en protéines brutes, en minéraux et en vitamines plus importantes que dans les tubercules cuits à l'eau[16]. En ce qui concerne la cuisson au four, la persistance de la structure cristalline malgré le traitement thermique est à l'origine de la faible sensibilité à l'amylolyse des produits cuits au four[13].

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Il ressort de ce qui précède que la Côte d'Ivoire regorge d'une forte diversité de plats traditionnels à base de manioc, d'igname et de banane plantain. C'est le manioc qui se positionne en tête de liste dans la pluralité des plats cuisinés, mais l'igname et la banane sont par contre les plus demandés.
Au niveau des habitudes de consommation, on distingue par ordre décroissant de préférence:

- au petit déjeuner: l'*attiéké* ou couscous de manioc aigre, le *n'gbo* igname et le *placali,*
- au déjeuner: le *foutou* de banane, le *foutou* d'igname et l'*attiéké*,
- au goûter: les frites de banane ou *alloco*, le *n'gbo* igname et les frites d'igname
- au dîner: le *foutou* de banane, l'*akpessi* igname et l'*attiéké*.

Du point de vue organoleptique, les denrées aux saveurs sucrées sont la banane mûre et l'igname. Ce dernier étant aussi le plus riche en protéines, alors que le manioc et la banane verte sont les plus énergétiques. La cuisson à l'eau rend les aliments plus digestibles. Les modes de préparation du ragoût (*akpessi*) et de la purée (*l'allouboué*) qui retiennent les substances nutritionnelles après la préparation sont à conseiller pour la consommation.

Malgré l'intérêt que présentent les denrées amylacées par leur acceptabilité et leur pouvoir énergétique, leur valeur nutritionnelle est très insuffisante pour qu'elles puissent contribuer efficacement à la couverture des besoins nutritionnels de la population. Des améliorations des procédés utilisés sont donc nécessaire pour augmenter leur teneur en nutriments afin qu'elles puissent être utilisées comme aliment de diversification.

Cependant à partir de ces données qui constituent une étude préliminaire, il serait souhaitable d'élargir l'échantillonnage à toute la Côte d'Ivoire et en Afrique de l'ouest. Ce qui devra permettre d'élaborer un répertoire régional harmonisé des plats traditionnels à base de denrées amylacées en corrélation avec les préférences nationales. Cette base de données pourrait aider les décideurs africains à planifier de façon durable une politique nutritionnelle cohérente.

RÉFÉRENCES

1. Bell A, Mück O, Schuler B. Les richesses du sol. Les plantes à racines et tubercules en Afrique: une contribution au développement des technologies de récolte et d'après récolte. Germany : DES, GTZ, 2000.

2. FAO. Production yearbook 2001. Rome: FAO, 2002;261. [Collection FAO statistique No.170]

3. Osswald P. Economie des racines et tubercules. Solagral, Paris, France, 1995:66.

4. Lynam JK. Définition du rôle des cultures à racines et tubercules dans le développement agricole de l'Afrique subsaharienne. In: Veelbehr E, ed. Racines, tubercules et légumineuses. Potentiel et limites pour résoudre les problèmes alimentaires en Afrique. DES, DWHH, CTA, Feldafing, RFA, 1989:35-65.

5. Trèche S, Guion Ph. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. Agron trop 1979;34:127-36.

6. Muchnick J, Vinck D. La transformation du manioc, technologies autochtones. Paris: PUF, 1984:172.

7. Mosso K, Kouadio N, Nemlin GJ. Transformation traditionnelle de la banane, du taro, et de l'igname dans les régions du centre et du sud de la Côte d'Ivoire. Industries alimentaires et agricoles 1996;113(3):91-6.

8. Vernier P, Hounhouigan J, Bricas N. La transformation des ignames en cossettes et les préparations culinaires dérivées. Eschborn : CIRAD/CERNA/PhAction/GTZ, 2000:28.

9. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis. 11th ed. Washington, DC: AOAC, 1980.

10. Merril AL, Watt BK. Energy value of food. Basis. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1955;74.

11. Yeboua A, Achy N, Diopoh K. Hydrolyse des substrats amylacés par les glycosidases du suc digestif d'Achatina belteata. Annales de l'Université d'Abidjan. 1986;tome XXII:306-7.

12. Ayenor GS. Particulate properties and rheology of pregelled yam *(Dioscorea rotundata*) products. J Food Sci 1974;41:180-2.

13. Amani NG, Aboua F, Kouadio K, Kamenan A. Influence of hydrothermal treatments on the physicochemical properties of cocoyam flours. Application to processing of the *fufu* type instant flour. Sci aliments 1997;17(1):35-44.

14. Trèche S. Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea spp*.) cultivées au Cameroun. Paris: Orstom éditions, 1989.

15. Bornet F. Technologie des amidons, digestibilité et effets métaboliques. Cah Nutr Diet 1992;27(3):170-8.

16. Bell A, Flavier JC. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive de l'igname au Cameroun. In : Terry ER, Oduro KA, Caveness F, eds. Plantes-racines tropicales*:* stratégie de recherche pour les années 80. Ottawa : IDRC-163f, 1982:225-34.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Influence of cowpea addition and dehydration technique and storage time on the nutritive value and rheological properties of maize-based traditional foods

Annor*George Amponsah, Afoakwa Emmanuel Ohene, Sefa-Dedeh Samuel, Sakyi-Dawson Esther

Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana, P. O. Box LG 134, Legon-Accra, Ghana.

*Corresponding author: *georgeannor@yahoo.com*

- Abstract -

Fortification of cereal-based traditional foods with legume protein can improve their nutritional value. The objective of this work was to find out the extent to which the addition of cowpea affects the desirable quality characteristics of traditional foods prepared from fermented maize and also to assess the effect of dehydration technique on the nutritive value, physico-chemical, functional and rheological properties of the products. A 2 x 2 x 4 factorial experiment with two cowpea level, two dehydration methods and four storage times as the respective variables was done. Two different modified traditional foods namely Oven-dried fermented maize flour and Solar-dried fermented maize flour were processed. Proximate analysis (moisture, protein, fat, ash, fibre and carbohydrate), pH, titratable acidity, fat acidity and rheological properties (pasting temperature, peak viscosity, viscosity at 95°C and 95°C-hold, and viscosity at 50°C and 50°C-hold) were evaluated using standard analytical methods. Cowpea addition caused only minimal changes in the proximate composition with the exception of protein content, which increased remarkably from 10.5 to 14.3%, and 10.7 to 14.4% with 20% cowpea addition for the solar-dried and oven-dried products respectively. The dehydration techniques used caused no remarkable changes in the proximate and chemical composition of the products. The product pH and fat acidity increased with concomitant decreases in titratable acidity with increasing cowpea addition. The cowpea level and dehydration method resulted in comparable rheological properties with pasting temperatures ranging from 72.6 to 73.6°C, peak viscosities between 2620 and 2780 BU and viscosities at 50°C between 2400 and 2720 BU for both the oven-dried and solar-dried fermented maize flours. The application of cowpea fortification and dehydration to traditional foods suggests a viable option of promoting the nutritional qualities of African maize-based traditional foods with acceptable rheological and cooking qualities.

Key words: African traditional foods – Cowpea fortification – Dehydration method – Nutritive value – Rheological properties.

- Résumé -

Influence de l'ajout de niébé, de la technique de séchage et de la durée de conservation sur la valeur nutritionnelle et les propriétés rhéologiques des aliments traditionnels à base de maïs

La fortification des aliments traditionnels à base de céréales par les protéines de légumineuses peut améliorer leur valeur nutritionnelle. L'objectif de ce travail était, d'une part, de mettre en évidence dans quelle mesure l'ajout de niébé modifie les caractéristiques de qualité souhaitée des aliments traditionnels préparés à partir de maïs fermenté et, d'autre part, d'évaluer l'effet de la technique de séchage sur la valeur nutritionnelle ainsi que sur les propriétés physico-chimiques, fonctionnelles et rhéologiques de ces produits.

Une expérience factorielle 3 x 2 avec comme facteurs de variation le taux d'incorporation du niébé et la technique de séchage a été réalisée. Trois différents aliments traditionnels modifiés ont été pris en compte: la farine de maïs fermenté séché à l'étuve; la farine de maïs fermenté séché au soleil; et le *Hausa Koko* (un produit épicé ouest africain à base de maïs). Ces aliments traditionnels modifiés ont été préparés par trempage du maïs dans l'eau pendant 24 heures, mélange avec du niébé et broyage simultané. Une pâte avec 50% d'humidité a été obtenue par addition d'eau et fermentation pendant 24 heures. Les produits séchés au soleil et à l'étuve ont été déshydratés en utilisant un séchoir solaire (40-60°C pendant 72 heures) et une étuve (60°C pendant 8 heures) et emballés dans des sacs en polypropylène avant d'être analysés. Le produit *Hausa Koko* a été préparé en ajoutant des épices à la farine de maïs fermenté et en utilisant les méthodes traditionnelles comprenant un trempage et une étape de fermentation. L'analyse globale (humidité, protéines, matières grasses, cendres, fibres et glucides), le pH, l'acidité titrable, l'acidité des matières grasses, l'absorption d'eau et les propriétés rhéologiques (température de gélatinisation, viscosité maximum, viscosité à 95°C et après maintien à 95°C, viscosité à 50°C et après maintien à 50°C) ont été mesurés en utilisant les méthodes analytiques standard.

L'ajout de niébé a provoqué seulement de faibles modifications au niveau de la composition globale, sauf pour la teneur en protéines, qui a augmenté de façon importante, en réponse à l'addition de 20% de niébé, de 10,5 à 14,3 g/100g, de 10,7 à 14,4 g/100g et de 10,4% à 14,7 g/100g, respectivement dans les produits séchés au soleil, séchés en étuve et dans le *Hausa Koko*. Les techniques de déshydratation utilisées n'ont pas occasionné de variations importantes au niveau de la composition globale des produits. Le pH du produit et l'acidité des matières grasses ont augmenté avec des baisses concomitantes de l'acidité titrable avec l'addition de niébé. L'addition de niébé et la méthode de déshydratation n'ont pas modifié notablement les propriétés rhéologiques avec des températures de gélatinisation variant de 72,6 à 73,6°C, des viscosités maxima comprises entre 2620 et 2780 BU et des viscosités à 50°C entre 2400 et 2720 BU que les farines de maïs fermenté aient été séchées en étuve ou au soleil.

L'utilisation de la fortification par le niébé et le séchage des aliments traditionnels constituent des options intéressantes pour améliorer les qualités nutritionnelles des aliments traditionnels africains à base de maïs tout en préservant leurs qualités rhéologiques et culinaires.

Mots-clés: Aliments traditionnels africains – Fortification au niébé – Méthode de déshydratation – Valeur nutritive – Propriétés rhéologiques.

INTRODUCTION

Maize processing in West Africa is based on traditional indigenous technology which utilizes local raw materials and in most cases, local equipment[1]. These technologies are simple, with most of them having been developed through experience in the production of products of desirable quality[1]. Common unit operations involved include steeping, sprouting, dehulling, milling, cooking (boiling, roasting, steaming) and fermentation[1,2].

Traditional foods are formulated based on local staples usually cereal grains such as maize, sorghum and rice, and roots and tubers such as yam and cassava[3]. These foods are eaten in large quantities and are expected to provide the bulk of the proteins needed for growth, but the quality of this protein leaves is much to be desired[3]. The result is the provision of foods with low nutritional value as they are not adequate sources of micro- and macro-nutrients[3].

The use of legumes such as cowpeas has been successfully used to increase the nutritional value of traditional foods and as well some researches have been done towards the development of some high-protein traditional foods from local staples[4]. Cowpeas have high protein content and constitute the natural protein supplements to staple diets[4]. Protein quality is synergistically improved in cereals-legume blends because of the lysine contributed by the cowpea and methionine contributed by the cereal[5].

The techniques commonly employed in traditional food developments include the formulation of high-quality protein foods and the enrichment of these foods by the incorporation of local staples to improve their nutritive value and rheological properties[6]. In an attempt to develop maize-based traditional food products with high protein content and good rheological properties, some West African fermented maize-based food products were fortified with cowpea and dehydrated using a cabinet drier at 60°C to develop a product with shelf life of at least 16 weeks. Studies on West African maize-based traditional foods that can retain their quality characteristics during storage are therefore important and deserve in-depth investigation. The objective of this study was to evaluate the effect of cowpea fortification, dehydration method and storage time on the nutritive value and rheological properties of some maize-based traditional foods.

MATERIAL AND METHODS

Materials

Maize (*Zea mays. L*. cv Obatampa) and cowpea (*Vigna unguiculata*. cv Amantin) were purchased from Ejura Farms in Accra, Ghana and used for the study.

Preparation of cowpea-fortified weaning foods

Maize dough was prepared by washing and steeping in water for 24 hours. Dehulled cowpea was added to the maize at 10 and 20% concentration and the maize-cowpea blend milled using a disc attrition mill (Agrico Model 2A, New Delhi) into a meal. The meal was made into a 50% moisture dough and allowed to ferment at room temperature for 24 hours to obtain the cowpea-fortified fermented maize dough. The dough was then divided into two parts. One part of it was dried in a solar drier (40-60°C) for 72 hours and milled into flour using a hammer mill (Christy and Norris Ltd, England), to pass through sieve number 6 (Approx) ASTM 35 and the flour packaged for the storage studies. The other portion of the dough was dried using an oven drier

(Model OV-160, Gallenkamp, England) at 60°C for 8 hours and milled into flour using a hammer mill, to pass through sieve number 6 (Approx) ASTM 35 and the flour packaged for the storage studies. The samples were packaged in polypropylene bags and stored under tropical ambient conditions (26-31°C, R H 85-100%) for a period of 6 months. Samples were analyzed after 0, 2, 4, and 6 months of storage for proximate analyses (moisture, fat, ash, protein and carbohydrate), pH and titratable acidity, fat acidity and rheological properties.

Methods

Chemical analyses

The moisture, crude protein (N x 6.25), fat and ash contents were determined by Association of Official Analytical Chemists' approved methods 925.10, 920.87, 920.85, 923.03 and 963.09 respectively[7]. Carbohydrate contents were determined by difference. The American Association of Cereal Chemists' Approved Methods 02-01A was used for fat acidity determination[8].

Rheological properties

The cooked paste viscosity of slurries made from concentrations of 10% (dry matter basis) flour in 500 ml water were measured using Brabender Viscoamylograph (Brabender, Duisburg Germany) equipped with a 700 cmg sensitivity cartridge. The viscosity of the slurries were continuously monitored as they were heated from 25°C at a rate of 1.5°C per minute to 95°C and held at 95°C for 30 minutes, cooled to 50°C at a rate of 1.5°C per minute and then held for 20 minutes at 50°C. The Brabender Viscoamylograph rheological indices (pasting temperature, peak viscosity, viscosity at 95°C and 95°C-Hold, and viscosity at 50°C and 50°C-Hold) were measured.

pH and Titratable Acidity

Ten grams of sample was mixed in 100 ml of CO_2 -free distilled water. The mixture was allowed to stand for 15 minutes, shaken at 5 minutes interval and filtered with Whatman No. 4 filter paper. The pH of the filtrate was measured using a pH meter (Model HM-30S, Tokyo, Japan). Ten (10) ml aliquots (triplicates) were pipetted and titrated against 0.1M NaOH to phenolphthalein end-point and the acidity was calculated as g lactic acid/100g sample.

Statistical analyses

The data obtained from the determinations were statistically analyzed using Statgraphics (Graphics Software System, STCC, Inc. U.S.A). Comparisons between sample treatments and the indices were done using analysis of variance (ANOVA) with a probability $p \leq 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of cowpea addition, dehydration method and storage on the nutritive value

The moisture content of the formulated weaning foods showed no major differences between the various treatments. The solar- and oven-dried products had moisture contents ranging from 6.61% to 6.42% and 5.13% to 5.29% respectively after processing (table 1). However, storage of the products caused slight increases in their moisture contents. The solar-dried products increased from 6.61% to 6.82% whereas

the oven-dried products increased from 5.13% to 5.72% within the six months of storage (table 1). Similar results were reported on the moisture content of some dehydrated fermented foods[6]. Analysis of variance (ANOVA) conducted on the data showed that all the variables (drying method, cowpea level and storage time) had no significant effect ($p \leq 0.05$) on the moisture content of the traditional foods. Even though slight variations were reported, the moisture changes in the products were not high enough to influence the product quality during the six months of storage.

There were variations in the ash content of all the products at the various cowpea levels. The ash contents of the samples increased when the cowpea concentration was increased from 10% to 20% (table 1). These variations might have resulted in the fortification of cowpeas to the weaning foods during formulation. Earlier studies reported that ash content of cowpeas is higher than that of maize[6]. Similar ash contents have been reported on fermented maize-cowpea blends[5]. During storage of the products, no remarkable changes in the ash content were observed. The ash contents of the products were fluctuating between 2.32% and 2.66% with all the different products in storage (table 1).

The protein contents of the products showed variations with the addition of cowpeas. Increasing the cowpea concentration (10-20%) increased the protein content of the products from 10.54 to 14.34% and 10.71 to 14.42% respectively for the solar- and oven-dried products (table 1). Initial studies on fermented maize revealed that the protein quality and quantity of the products improved considerably with cowpea fortification[6]. It has also been reported that the use of cowpea as a fortifying agent improves the protein contents of cereal diets[1]. However, the six months of storage of the products caused no observable changes in their protein contents (table 1). Analysis of variance conducted on the data indicated that drying method and storage time had no significant effects ($p \leq 0.05$) on the protein contents of the foods. Contrary to this, cowpea level significantly affected the protein contents of the traditional foods. This explains that fortification of maize-based foods with cowpea increases their protein content.

Contrary to the trends observed for the protein contents, decreasing trends were observed in the fat contents of the products with increasing cowpea concentration (table 1). This may be due to the observation that maize contains higher levels of fat than cowpeas[6]. Therefore, increasing cowpea concentration in traditional weaning foods leads to decreases in their corresponding fat contents. Trends observed during storage of the products indicated that no variations in fat content occurred in the stored products (table 1). ANOVA conducted on the data indicated that the addition of cowpeas had significant effect ($p \leq 0.05$) on the fat content of the products. Storage time and drying method however had no significant effect on the product fat contents. Addition of cowpeas to maize-based traditional foods therefore decreases the fat contents of the products. This is due to the fact that cowpeas have lower fat contents than maize hence addition of cowpeas to maize results in the overall decrease in the fat content of the products.

Variations in carbohydrate content were observed with cowpea concentration. The data showed that the carbohydrate content decreased with increasing cowpea concentration (table 1). However, during storage of the products, no major changes occurred in their carbohydrate contents within the six months of storage.

Table 1: Effects of cowpea fortification, dehydration method and storage time on the nutritive value of traditional foods.

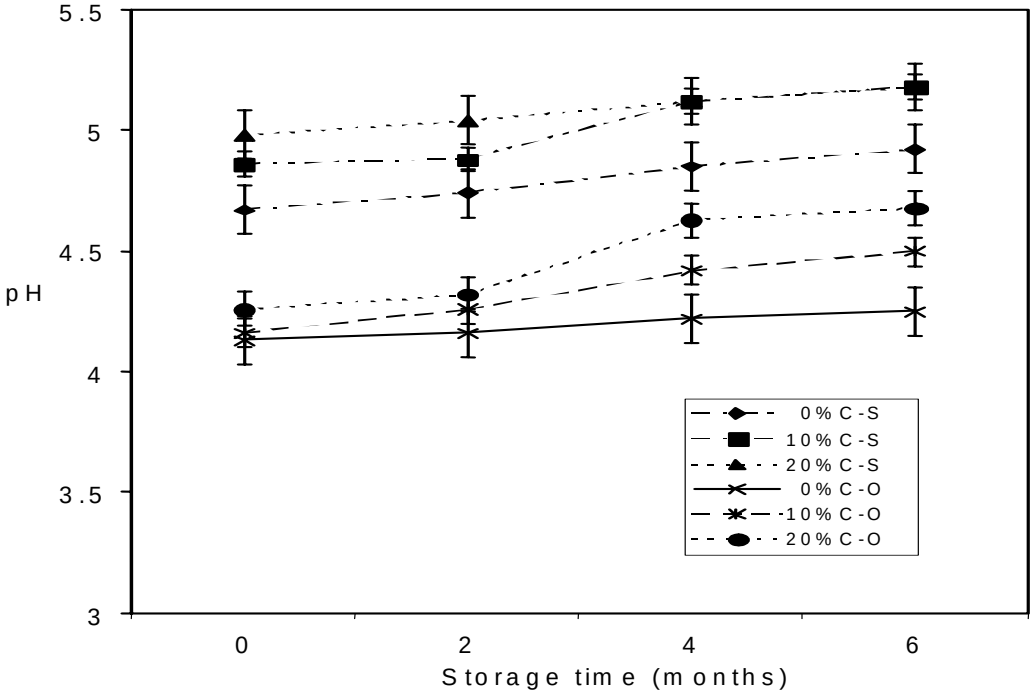
Characteristic	Drying method	Cowpea level (%)	Storage time (Months)			
			0	2	4	6
Moisture (%)	Solar-dried	0	6.61	6.64	6.73	6.82
		10	6.29	6.34	6.42	6.58
		20	6.42	6.63	6.59	6.72
	Oven-dried	0	5.13	5.26	5.34	5.23
		10	5.18	5.21	5.25	5.42
		20	5.29	5.32	5.28	5.72
Ash (%)	Solar-dried	0	2.47	2.43	2.48	2.41
		10	2.51	2.60	2.55	2.61
		20	2.64	2.69	2.63	2.58
	Oven-dried	0	2.42	2.44	2.38	2.32
		10	2.49	2.52	2.46	2.38
		20	2.62	2.57	2.55	2.66
Protein* (%)	Solar-dried	0	10.54	10.47	10.52	10.48
		10	12.71	12.77	12.85	12.89
		20	14.34	14.44	14.26	14.64
	Oven-dried	0	10.71	10.47	10.56	10.48
		10	12.64	12.77	12.82	12.62
		20	14.42	14.34	14.28	14.36
Fat (%)	Solar-dried	0	4.52	4.58	4.26	4.49
		10	4.32	4.26	4.47	4.41
		20	3.66	3.75	3.85	3.67
	Oven-dried	0	4.45	4.36	4.52	4.48
		10	4.32	4.28	4.35	4.37
		20	3.63	3.48	3.72	3.68
Carbohydrate** (%)	Solar-dried	0	75.67	75.94	79.67	75.95
		10	74.17	74.12	73.93	73.89
		20	73.43	73.24	73.07	73.31
	Oven-dried	0	77.36	77.32	77.12	77.34
		10	75.34	75.25	75.18	75.10
		20	74.12	74.28	74.08	74.19

**N x 6.25; ** By difference;*
Mean values of replicates, on dry matter basis.

pH and titratable acidity

The formulated weaning foods had pH values ranging between 4.13 and 4.98 after processing. The acidic nature of the products was due to the production of lactic acids associated with maize dough fermentation[10]. Cowpea fortification was observed to increase the pH and decrease titratable acidity of the products. The pH of the unfortified products increased from 4.67 to 4.98 and 4.13 to 4.26 with 20% cowpea levels respectively for the solar- and oven-dried products. Storage caused slight increases in pH in all the products (figure 1) with concomitant decreases in titratable acidity (figure 2). The pH levels increased from 4.67 – 5.18 and 4.13 - 4.71 respectively in the solar-dried and oven-dried products within the six months storage period. This means that slight increases in pH occurs during storage of cowpea-fortified fermented weaning foods resulting in the loss of acids in the products.

Contrary to this trend, titratable acidity levels decreased slightly during storage of the products (figure 2). This suggests that some of the acids produced during fermentation are lost during storage of the products. This increase in pH and consequential decrease in acidity associated with storage of cereal-based foods have been



0% C-S: Unfortified solar-dried product;
10% C-S: 10% cowpea-fortified solar-dried product
20% C-S: 20% cowpea-fortified solar-dried product;
0% C-O: Unfortified oven-dried product
10% C-O: 10% cowpea-fortified oven-dried
20% C-O: 20% cowpea-fortified oven-dried

Figure 1: Changes in pH of cowpea-fortified traditional weaning foods during storage.

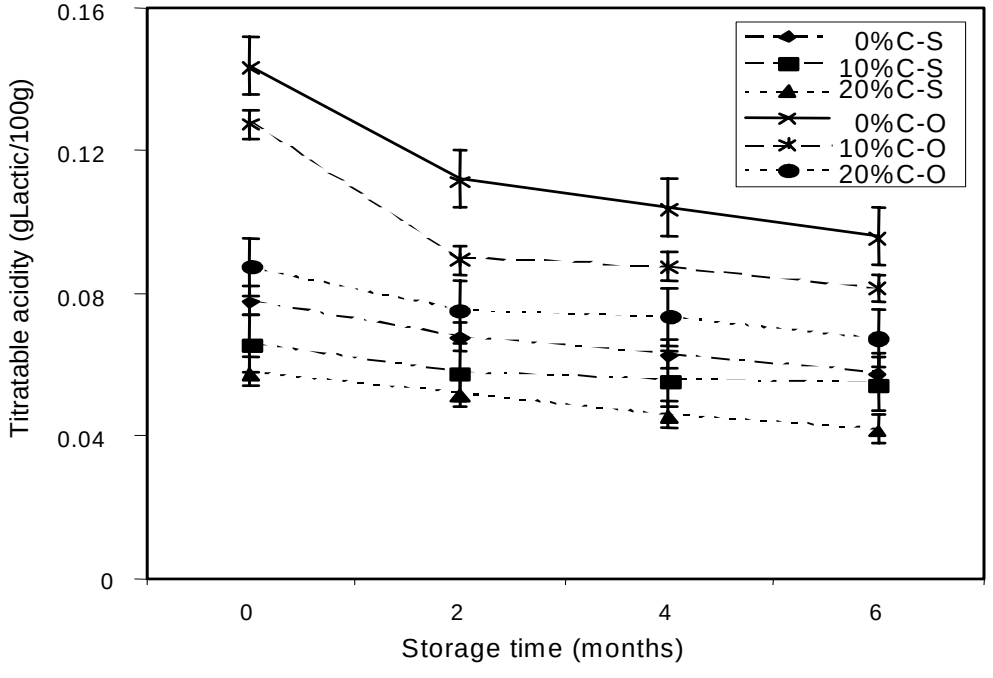
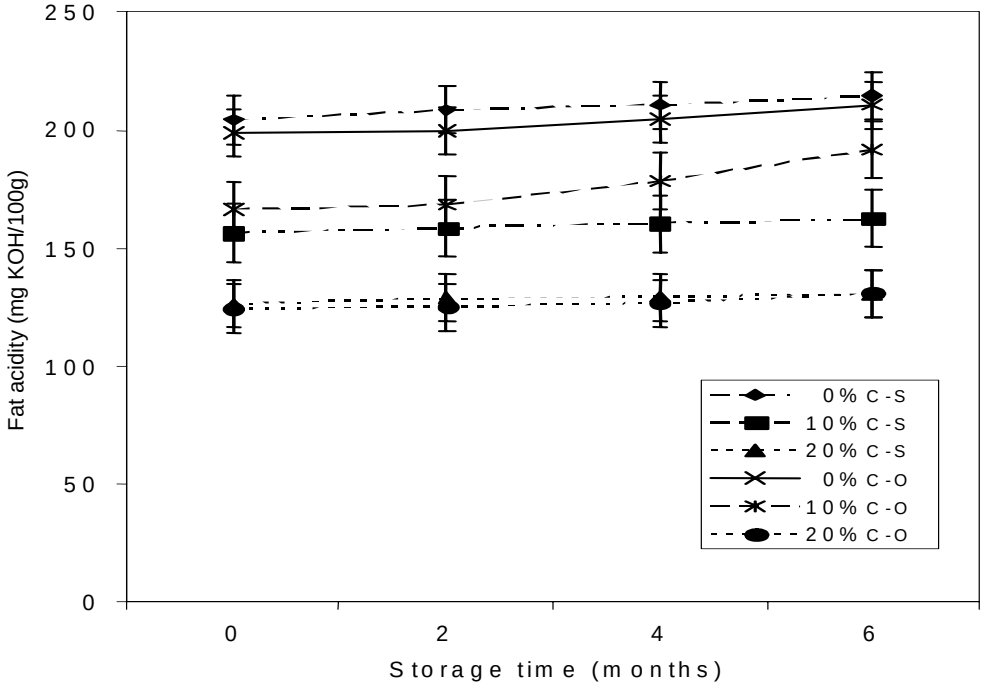


Figure 2: Changes in titratable acidity of cowpea-fortified traditional weaning foods during storage.

reported[9]. Analysis of variance conducted on the data showed that only the drying method significantly affected ($p \leq 0.05$) the pH and acidity levels of the weaning foods. This explains that even though some acids were lost during storage of the products their impact on the product quality was minimal and could not influence the storage quality of the weaning foods.

Fat acidity

Increasing cowpea concentration in the products decreased the fat acidity contents. It has been reported that cowpeas have low fat acidity levels ranging between 32.2 – 34.6%[10]. Hence, the addition of cowpea to maize-based products which have relatively high fat acidity levels tend to decrease the fat acidity of the cowpea-fortified products. Similarly, storage caused increases in fat acidity of the products (figure 3). The drying method used for the preparation of the weaning foods also influenced the degree of increase during storage of the products since drying processes of food products determine their water activity during prolonged storage. Fat acidity increased from 204.20 – 214.95 (mg KOH/100g dry sample) and from 198.64 – 210.65 (mg KOH/100g dry sample) for the unfortified solar- and oven-dried products respectively. The rate of increase in fat acidity levels with the oven-dried products during storage was however low as compared to those of the solar-dried samples which increased tremendously during storage (figure 3). This observation might be due to the barrier effects of the different drying temperatures used in the preparation of the products. The water activity, oxygen partial pressure and temperature in a pack have been observed to affect the rate of lipid oxidation on foods during storage[11]. Statistical analysis showed that the drying method, cowpea level and storage time significantly affected ($p \leq 0.05$) the fat acidity of the products.



0% C-S: Unfortified solar-dried product;
10% C-S: 10% cowpea-fortified solar-dried product
20% C-S: 20% cowpea-fortified solar-dried product;
0% C-O: Unfortified oven-dried product
10% C-O: 10% cowpea-fortified oven-dried
20% C-O: 20% cowpea-fortified oven-dried

Figure 3: Changes in fat acidity of cowpea-fortified traditional weaning foods during storage.

Cooked paste characteristics

Cowpea fortification at concentrations of 10% and 20% influenced some of the Brabender viscosity indices. The results (table 2) showed that the pasting temperatures of the products were not affected by cowpea fortification, dehydration method and storage time (table 2). This means that the fortified and unfortified products would take similar times to gelatinize during cooking. However, increasing cowpea concentrations led to increases in the viscosity of the products at 95° and 95°-HOLD. Since the viscosity at 95°C and 95°C-HOLD are indicative of the viscosity of products during cooking, the observed trend with cowpea addition suggests that cowpea fortification would slightly prolong the cooking times of the fortified products. Contrary to this trend, increasing cowpea concentration led to decreases in the viscosities at 50°C and 50°-HOLD (table 2).

Table 2: Effects of cowpea fortification, dehydration method and storage time on the rheological properties of traditional foods.

Characteristic	Drying method	Cowpea level (%)	Storage time (Months)			
			0	2	4	6
Pasting temperature (°C)	Solar-dried	0	72.6	73.2	73.1	73.4
		10	73.2	73.8	72.9	73.0
		20	72.8	73.1	73.6	72.8
	Oven-dried	0	73.2	73.0	73.6	73.8
		10	73.4	73.2	73.5	73.2
		20	73.8	73.1	73.4	73.2
Peak viscosity (BU)	Solar-dried	0	2860	2800	2880	2840
		10	2660	2670	2640	2660
		20	2620	2610	2630	2640
	Oven-dried	0	2780	2700	2740	2720
		10	2620	2610	2620	2630
		20	2600	2600	2580	2620
Viscosity at 95°C (BU)	Solar-dried	0	1150	1130	1120	1140
		10	1180	1150	1180	1160
		20	1270	1240	1260	1270
	Oven-dried	0	1120	1100	1120	1100
		10	1160	1130	1140	1150
		20	1250	1260	1240	1220
Viscosity at 95°C-HOLD (BU)	Solar-dried	0	900	930	910	920
		10	910	910	890	910
		20	930	940	920	940
	Oven-dried	0	890	870	900	880
		10	900	880	890	910
		20	920	910	920	910
Viscosity at 50°C (BU)	Solar-dried	0	2720	2680	2660	2640
		10	2460	2430	2450	2480
		20	2400	2440	2400	2440
	Oven-dried	0	2680	2640	2620	2630
		10	2380	2340	2360	2280
		20	2200	2180	2140	2180
Viscosity at 50°C-HOLD (BU	Solar-dried	0	2640	2610	2650	2640
		10	2600	2620	2580	2600
		20	2580	2580	2560	2580
	Oven-dried	0	2630	2610	2600	2610
		10	2560	2550	2530	2540
		20	2530	2510	2500	2520

BU: Brabender Units.

Storage for six months caused only slight variations in the Brabender viscoamylograph indices with drying method and cowpea level (table 2). The pasting temperatures of the stored products showed no observable variation during storage. However, peak viscosity and viscosity at 95°C of the oven- and solar-dried samples showed slight fluctuations during storage with the different cowpea levels used. These observed changes however did not affect the quality of the cooking characteristics of the weaning foods since the observed differences were not wide. Statistical analysis on the data indicated that only the drying method used for the preparation of the weaning

foods significantly affected ($p \leq 0.05$) the indices studied. This significant change with drying method is attributed to the varying degrees of dryness brought about by the different drying methods used during the preparation of the products. The cooking qualities of the weaning foods studied were however not affected by storage time and cowpea level, which implies that the cooking qualities of the products remained unchanged during storage.

CONCLUSION

The use of cowpea as a fortifying agent effectively increased the protein and ash contents of the maize-based traditional foods. No major variation in nutritive value and rheological properties were noted with dehydration method and storage time. However, increases in pH and fat acidity occurred with corresponding decreases in titratable acidity during storage of the products. The rheological properties were not influenced by any of the studied indices. Dehydration and cowpea fortification can therefore be employed for the production of high protein maize-based traditional foods with good rheological and cooking characteristics that can be stored for a long time.

REFERENCES

1. Sefa-Dedeh S, Mensah EO. Traditional food processing technology and high protein food production. Food Nutr Bull 1991;13:43-9.
2. Bressani R, Elias E. Guidelines for the development of processed and packaged weaning foods. Food Nutr Bull 1983;5:32-6.
3. Brown KH. The importance of dietary quality versus quantity for weanlings in the developed countries; a framework for discussion. Food Nutr Bull 1991;13:86-93.
4. Akpapunam MA, Sefa-Dedeh S. Traditional lactic acid fermentation, malt addition and quality development in maize-cowpea weaning blends. Food Nutr Bull 1995;16:75-80.
5. Bressani R. Grain quality of beans. Food Rev Int 1993;9(2): 237-97.
6. Sefa-Dedeh S, Frimpong K, Afoakwa EO, et al. Cowpea fortification of traditional foods. Presented at the World Cowpea Research Conference III. Ibadan, Nigeria, 4-7 September 2000.
7. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 13th edition. Washington, DC: AOAC, 1990.
8. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of Analysis. St. Paul, MN: AACC, 1983.
9. Sefa-Dedeh SK, Sakyi-Dawson EO, et al. Effect of drying method, packaging material and storage on the quality of cowpea-based weaning foods. Paper presented at the Annual Meeting of the Institute of Food Technologists. New Orleans, USA, 25-28 June, 2001.
10. Jespersen L, Halm M, Kpodo K et al. The significance of yeasts and moulds occurring in maize dough fermentation for *kenkey* production. Int J Food Microbiol 1994;24:239-48.
11. Quast DG, Karel M. Effects of environmental factors on the oxidation of potato chips. J Food Sci 1972;37:584-8.

Acknowledgements: *This study was funded through the Bean-Cowpea Collaborative Research Support Program by the USAID - Grant No. DAN-1310-G-SS-6008-00.*

Enterococcal bacteriocins from food sources

Castro Araceli, Ben Omar Nabil, Abriouel Hikmate, Lucas Rosario, Martínez-Cañamero Magdalena, Pérez-Pulido Rubén, Grande María J, Gálvez* Antonio

Universidad de Jaén, Área de Microbiología, Facultad de Ciencias Experimentales, 23071-Jaén, Spain.

*Corresponding author: *agalvez@ujaen.es*

- Abstract -

A collection of fifty enterococcal isolates from local food sources were screened for bacteriocin production. Fourteen strains of *Enterococcus faecium* and three strains of *E. faecalis* were selected. PCR amplification experiments indicated that ten of the strains possess genes encoding for the known bacteriocins enterocin A, B and P. In addition, three strains were positive for enterocin A and B genes, and one strain was positive for enterocin B and P genes. Three strains were negative for all the bacteriocin primers tested, which indicates that they may produce novel bacteriocins. Partially-purified concentrates from cultured broths were obtained by ammonium sulfate precipitation and dialysis. Activity of concentrates was lost after incubation with trypsin. However, most of the concentrates retained antimicrobial activities after being exposed to heat, extremes of pH or reducing agents. All bacteriocin preparations were active against *Listeria innocua* and *L. monocytogenes*. They were also active against a variable number of *E. faecalis* and *E. faecium* strains, although the spectra of inhibition were different for most of the bacteriocin samples tested. Only three samples were active against the nisin Z producer strain *Lactococcus lactis* JCM 7638, and none of the samples were active against *Bacillus cereus, B. coagulans, Staphylococcus aureus, Escherichia coli* or yeasts. These results suggest that enterococcal bacteriocins from this work could find application for the selective inhibition of *Listeria* and spoilage enterococci strains in foods.

Key words: Bacteriocins – Enterococci – Food preservation.

- Résumé -

Les Bactériocines produites par les entérocoques d´origine alimentaire

Les entérocoques font partie de la microbiote naturelle de beaucoup de produits fermentés traditionnels d'origine méditerranéenne et africaine. Ces fermentations se basent souvent sur le savoir-faire des petits producteurs et sont confrontées aux mêmes problèmes de contrôle et de sécurité alimentaire autour de la méditerranée et en Afrique de l'Ouest. Plusieurs bactéries lactiques produisent des bactériocines pouvant être utilisées comme agents bioconservateurs des aliments, compte tenu de leur utilisation ancienne dans le contrôle des fermentations en vue d'éliminer les bactéries pathogènes et de préserver les aliments.

Dans cette étude, une collection de 50 souches isolées de différents produits fermentaires a été étudiée au point de vue de la production de bactériocines. 13 souches de *Enterococcus faecium* et 4 souches de *E. faecalis* ont montré leur capacité à produire des substances antimicrobiennes en milieu liquide. L'amplification par PCR des gènes codant les bactériocines A, B et P a montré que 10 souches possèdent les gènes codant pour les bactériocines A, B et P. De plus, 2 souches étaient positives pour les entérocines A et B, et une souche était positive pour les bactériocines B et P. Cependant, 3 souches n'ont donné aucune amplification avec les amorces utilisées, ce qui indique que ces souches produisent probablement de nouvelles bactériocines.
Le temps nécessaire pour la production des bactériocines diffère d'une souche à une autre. Ainsi, quelques bactériocines ont été détectées dans les surnageants de cultures pendant la phase exponentielle de croissance, alors que d'autres ont été détectées pendant la phase stationnaire. Les concentrés partiellement purifiés de bactériocines ont été obtenus par précipitation avec le sulfate d'ammonium. L'activité de ces concentrés a été perdue après incubation avec la trypsine. Cependant, la majorité de ces concentrés ont été capables de conserver leur activité après avoir été exposés à la chaleur, à des pH extrêmes ou à des agents réducteurs.
Tous les extraits de ces bactériocines étaient actifs contre *Listeria innocua* et *L. monocytogenes*. Ils étaient aussi actifs contre un nombre variable de *E. faecalis* et *E. faecium*, bien que les spectres d'inhibition aient été différents pour la plupart des extraits. Seulement trois extraits étaient actifs contre la souche *Lactococcus lactis* JCM 7638 productrice de la nisine Z, et aucun de ces extraits n'était actif contre *Bacillus cereus*, *B. coagulans*, *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* ou les levures. Ces résultats suggèrent que ces bactériocines produites par les entérocoques peuvent être appliquées dans l'inhibition sélective de *Listeria* et des souches d´entérocoques qui altèrent les produits alimentaires.

L'usage des méthodes moléculaires peut être une approche d'intérêt général pour l´étude des propriétés particulières des bactéries lactiques, y compris la production des bactériocines. Comme indiqué dans ce travail, les aliments traditionnels fermentés de la région méditerranéenne et de l'Afrique peuvent être une intéressante source de nouvelles bactériocines. En plus, si les souches productrices de bactériocines se révélaient avoir des propriétés fonctionnelles intéressantes, elles pourraient être utilisées pour contrôler et améliorer la qualité et la sécurité des aliments africains et méditerranéens à travers des fermentations dirigées.

Mots-clés: Bactériocines – Entérocoques – Conservation des aliments.

INTRODUCTION

Enterococci are found as part of the natural microbiota of many traditional fermented foods in Mediterranean and African countries[1,2]. These fermentations often rely on the know-how of small producers and in this way face similar problems of food control and safety as small producing units from West Africa. Many lactic acid bacteria produce bacteriocins which can be used as natural biopreservatives in foods, based on their long history of safe use and the inhibition of food spoilage and pathogenic bacteria. Enterococci produce a variety of bacteriocins[3,4,5,6], some of which may be useful for preservation of traditional foods[7,8].

OBJECTIVES

The purpose of this work was the study of bacteriocin production among a collection of enterococci from food sources. Strains having antimicrobial activity against foodborne pathogenic and/or spoilage bacteria could find application as protective cultures to enhance food safety and shelf life. Furthermore, bacteriocinogenic strains may also have other functional properties (like, for example, degradation of nondigestible sugars as well as proteolytic and esterase activities) and they may play an active role in the fermentation and ripening of foods.

METHODOLOGY

Source of bacterial strains and bacteriocin production assay

A collection of 50 enterococci isolates from different foods (table 1) were tested for bacteriocin production by the spot-on-a-lawn method on brain heat infusion agar buffered with 0.15 M sodium phosphate, pH 7.2. After 12 h of incubation at 37ºC, the plates were overlayed with buffered soft agar previously inoculated with the indicator strain *E. faecalis* A-48-32. After further incubation for 12 h, the plates were examined for halos of inhibited growth around the spots.

Table 1: List of bacteriocinogenic strains used in this work, and source of isolation[10].

Strain	Origin	Species	Strain	Origin	Species
UJA1	Salami	*E. faecium*	UJA35	Pasteurized milk	*E. faecium*
UJA2	Salami	*E. faecium*	UJA36	Ham pate	*E. faecium*
UJA3	Salami	*E. faecium*	UJA37	Ham pate	*E. faecium*
UJA4	Salami	*E. faecium*	UJA38	Ham pate	*E. faecium*
UJA5	Ripened cheese	*E. faecium*	UJA39	Ham pate	*E. faecium*
UJA6	Ham	*E. faecium*	UJA40	Ham pate	*E. faecalis*
UJA7	Ham	*E. faecium*	UJA41	Ham pate	*E. faecalis*
UJA8	Ham	*E. faecium*	UJA42	Soft cheese	*E. faecalis*
UJA9	Ham	*E. faecium*	UJA44	Olives	*E. faecium*
UJA10	Natural Yoghourt	*E. faecalis*	UJA47	Manchego cheese	*E. faecium*
UJA11	Natural Yoghourt	*E. faecium*	UJA49	Manchego cheese	*E. faecalis*
UJA12	Ripened cheese	*E. faecium*	UJA50	Manchego cheese	*E. faecalis*
UJA13	Ham	*E. faecium*	UJA51	Sausage with olives	*E. faecium*
UJA14	Cured ham	*E. faecium*	UJA52	Sausage with olives	*E. faecalis*
UJA15	Chopped ham	*E. faecium*	UJA53	Sausage with olives	*E. faecalis*
UJA17	Salami	*E. faecium*	UJA54	Sausage with olives	*E. faecalis*
UJA18	Olives	*E. faecium*	UJA55	Sausage with olives	*E. faecalis*
UJA19	Natural juice	*E. faecium*	UJA56	Lupin	*E. faecalis*
UJA20	Natural juice	*E. faecium*	UJA57	Lupin	*E. faecalis*
UJA21	Soft cheese	*E. faecium*	UJA58	Goat cheese	*E. faecium*
UJA22	Ham pate	*E. faecium*	UJA59	Goat cheese	*E. faecalis*
UJA30	Olives	*E. faecium*	UJA60	Goat cheese	*E. faecium*
UJA32	Pasteurized milk	*E. faecium*	UJA61	Goat cheese	*E. faecalis*
UJA33	Pasteurized milk	*E. faecium*	UJA62	Goat cheese	*E. faecium*
UJA34	Pasteurized milk	*E. faecium*	UJA63	Goat cheese	*E. faecium*

Bacteriocin production and partial purification

Bacteriocin-producing strains were inoculated onto 500 ml of phosphate-buffered BHI broth and incubated for 8 h at 37ºC. Cells were removed by centrifugation, and the supernatants were tested for antimicrobial activity by the agar well diffusion method[9]. Bacteriocin activity was recovered from cultured broths by fractionated precipitation with ammonium sulfate at 4ºC. The precipitates collected by centrifugation were dissolved in distilled water to one tenth of the starting volume, and dialized overnight at 4ºC against distilled water through a 2000 mw-cutoff dialysis tubing. The resulting partially-purified extracts were used for the preliminary characterization of bacteriocins.

Preliminary characterization of bacteriocins

Partially-purified bacteriocin preparations were incubated with trypsin (1 mg/ml) at 37ºC for 3 h before they were tested for antimicrobial activity by the agar-well diffusion method as above. The absence of halos of inhibition indicated trypsin inactivation.

Stability to heat was tested by incubation of bacteriocin preparations (pH 6.5) at desired temperatures for different periods of time. The pH stability was determined by adjusting bacteriocin solutions to desired pH values and incubation at 37ºC for one hour. After treatment, samples were brought to neutral pH by addition of concentrated NaOH or HCl and readjusted to the same final volume (including the control samples) before they were tested for remaining activity.

Bacteriocin samples added of 20 mM dithiothreitol (DTT) were heated at 70ºC for 10 min in order to test bacteriocin resistance to this reducing agent.

Characterization of the bacteriocinogenic strains

Tests for virulence traits, antibiotic resistance, functional properties and genetic determinants encoding for known bacteriocins were described in a previous work[10].

RESULTS

Detection and characterization of bacteriocinogenic strains

A total of fourteen *E. faecium* and three *E. faecalis* strains produced antimicrobial substances. A summary of the main phenotypic traits of the bacteriocinogenic strains is shown on table 2. Strains of *E. faecium* most frequently expressed phenotypic traits of biotechnological interest (e.g. fermentation of raffinose and/or stachyose, and bile salt hydrolase (BSH) activity). Unfortunately, they also showed the highest degree of antibiotic resistance, some of them being resistant up to five different antibiotics (e.g. strain UJA62). By contrast, bacteriocinogenic *E. faecalis* strains were unable to ferment alpha galactoside sugars and only one strain showed BSH activity. Fortunately, none of the *E. faecalis* strains showed any remarkable antibiotic resistance.

Table 2: Summary of the main features of bacteriocinogenic strains used in this work[10].

Strain	Traits
E. faecium UJA6	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Lvx^r, BSH$^+$
E. faecium UJA8	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r
E. faecium UJA9	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r
E. faecium UJA13	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, QDA^r, BSH$^+$
E. faecium UJA14	Ery^r, Rif^r, $H_2O_2^+$
E. faecium UJA15	Ery^r, Rif^r, Raf$^+$, Stach$^+$, $H_2O_2^+$
E. faecium UJA17	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, QDA^r, Raf$^+$, Stach$^+$
E. faecium UJA20	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Cip^r, QDA^r, Raf$^+$, Stach$^+$, BSH$^+$
E. faecium UJA21	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Cip^r, Lvx^r, Raf$^+$, Stach$^+$
E. faecium UJA30	Ery^r, Rif^r, Cip^r, Lvx^r, BSH$^+$, $H_2O_2^+$
E. faecium UJA35	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Cip^r, Lvx^r, QDA^r, Raf$^+$, Stach$^+$, BSH$^+$
E. faecium UJA38	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Tet^r, BSH$^+$
E. faecium UJA51	*entA*$^+$, *entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Tet^r, BSH$^+$
E. faecalis UJA52	*entA*$^+$, *entB*$^+$, BSH$^+$
E. faecalis UJA55	*entA*$^+$, *entB*$^+$
E. faecalis UJA56	*entA*$^+$, *entB*$^+$
E. faecium UJA62	*entB*$^+$, *entP*$^+$, Ery^r, Rif^r, Tet^r, Cip^r, Lvx^r, Raf$^+$, BSH$^+$

entA, entB, entP: structural genes for enterocins A, B, and P, respectively.

Ery: erythromycin
Rif: rifampicin
Lvx: levofloxacin
BSH: Bile salt hydrolase activity
Raf: raffinose hydrolysis.
Tet: tetracycline
Cip: ciprofloxacin
QDA: quinupristin/dalfopristin
Stach: stachyose hydrolysis

Spectrum of inhibition

The inhibitory spectra of culture supernatants from bacteriocinogenic strains are shown in table 3. Strains UJA30 and UJA56 showed the broadest inhibitory spectra, and were active against 48% of the strains tested. Strain UJA56 carried the structural genes for enterocins A and B, but strain UJA30 did not contain structural genes for any of the bacteriocins tested, suggesting that it may produce a different kind of bacteriocin. Other strains showed narrower spectra of inhibition, in spite of the fact that most of them carried the structural genes for enterocins A, B and P (for example, strains UJA17, UJA20 and UJA38). Remarkably, some of the strains (e.g. UJA1, UJA2, UJA3, UJA4, UJA5, UJA18, UJA19, UJA33, UJA47, UJA52, UJA53 or UJA62) were inhibited by a large number of the culture supernatants, while others (UJA9, UJA13, UJA14, UJA15, UJA17, UJA22, UJA36, UJA37, UJA40, UJA41, UJA49, UJA50, UJA57, UJA58, UJA59, UJA60 and UJA61) were not inhibited by any of samples tested.

All culture supernatants from bacteriocinogenic strains were active against *L. innocua* and *L. monocytogenes*. Only three samples were active against the nisin Z producer strain *L. lactis* JCM 7638, and none of the samples were active against *B. cereus, B. coagulans* or *S. aureus*. These results suggest that bacteriocins described in this work could be used to inhibit *L. monocytogenes* in foods.

Table 3: Inhibitory spectra of culture supernatants from bacteriocinogenic strains.

Producer strains	Indicator strains (halo of inhibition, in mm)																	
	E. faecium UJA1	*E. faecium* UJA2	*E. faecium* UJA3	*E. faecium* UJA4	*E. faecium* UJA5	*E. faecium* UJA6	*E. faecium* UJA7	*E. faecium* UJA8	*E. faecalis* UJA10	*E. faecium* UJA11	*E. faecium* UJA12	*E. faecium* UJA18	*E. faecium* UJA19	*E. faecium* UJA20	*E. faecium* UJA21	*E. faecium* UJA30	*E. faecium* UJA32	*E. faecium* UJA33
E.faecium UJA30	12	13	13	12	11	11	11		9	9	9	10	13	12				12
E.faecalis UJA56	13	12	11	11	11	10	10	9				11	13	13	11	11		12
E.faecium UJA21	12	12	13	12	11	11	11						12	12			9	11
E.faecium UJA15	12	12	12	12	11	9	10					10	11					12
E.faecalis UJA52	12	12	12	11	11	9	9					12	12	12	10	11		12
E.faecium UJA8	12	11	13	12	12	11	10					9	10	10				11
E.faecium UJA13	11	11	12	11	11							11	10					11
E.faecium UJA51	11	11	12	11	11							11	11					11
E.faecium UJA6	12	12	12	12	12							10						11
E.faecium UJA35	10	11	10	11	11													
E.faecium UJA9	12	11	13	12	12	12	12					9	10					
E.faecium UJA38			10									11	9					11
E.faecium UJA20													14		14	13		13
E.faecium UJA14																		9
E.faecium UJA17												11	11					12
E.faecalis UJA55					10													
E.faecium UJA62																		

Producer strains	*E. faecium* UJA34	*E. faecium* UJA35	*E. faecium* UJA38	*E. faecium* UJA39	*E. faecalis* UJA42	*E. faecium* UJA47	*E. faecium* UJA51	*E. faecalis* UJA52	*E. faecalis* UJA53	*E. faecalis* UJA54	*E. faecalis* UJA55	*E. faecalis* UJA56[illegible]	*E. faecium* UJA62	*E. faecalis* S-47	*E. faecalis* A-48-32	*L. innocua* CEC910	*L. monocytogenes*	*L. lactis* JCM7638
E.faecium UJA30	9	9	10		11	12		9	9		9	9	13		11	10	12	
E.faecalis UJA56	11	11	14	13	11	11	12	9	9				11	13	13	10	10	14
E.faecium UJA21	9	9	11		10	12	11	11	10	9	9	10	12	10	10	10	11	
E.faecium UJA15	9	9			9	11	10	10	10	9	9	9	10	11	12	11	11	
E.faecalis UJA52	12	11	10	11									10	14	12	10	11	15
E.faecium UJA8					10	12		9	9			9	11	12	12	11	12	
E.faecium UJA13			10			12		10	10	10	10	9	12	11	10	11	11	
E.faecium UJA51						12		10	9	9	11	11	12	12	12	11	12	
E.faecium UJA6			10			12		9	10	10	9	11	12	13	12	12	13	
E.faecium UJA35						10		10	10	9	11	11	10		10	11	12	
E.faecium UJA9													11	11	13	11	11	
E.faecium UJA38						12		10	9	9	10	9		12	12	11	13	
E.faecium UJA20	13	13												15	11	16	18	
E.faecium UJA14								9	10		9		11	11	13	11	11	
E.faecium UJA17	9	9												14	11	16	19	
E.faecalis UJA55			11	11										13	13	10	11	10
E.faecium UJA62			10											12	12	9	12	

Other indicator strains not inhibited by any bacteriocin preparation: E. faecium strains UJA9, UJA13, UJA14, UJA15, UJA17, UJA22, UJA36, UJA37, UJA58, and UJA60; E. faecalis strains UJA40, UJA41, UJA49, UJA50, UJA57, UJA59, and UJA61; S. aureus CECT 436; B. cereus LWL1; B. coagulans CECT 4522.

Partial purification and characterization of bacteriocins

In order to carry out a preliminary characterization of the bacteriocins, these were recovered from cultured broths by ammonium sulfate precipitation. Highest yields were obtained in the 30 to 70% saturation range.

Antimicrobial activity of partially-purified concentrates was lost following trypsin treatment, indicating the proteinaceous nature of the inhibitors and suggesting their classification as bacteriocins. In addition, all bacteriocin extracts (with the exception of strain UJA6) remained active after being treated with the reducing agent DTT, suggesting that they lack thiol groups essential for bacteriocin activity.

Bacteriocin preparations from strains UJA6 and UJA35 lost their antimicrobial activities after being heated at 117ºC for 20 min. Preparations from the rest of the strains remained fully active after this heat treatment. Heat resistance of bacteriocins suggests that they are small peptides. Furthermore, heat resistance may be of great advantage since bacteriocins may remain active in foods after cooking, affording protection against further contamination with undesirable bacteria.

All the bacteriocin preparations remained active after being incubated for one hour under acidic conditions (pH 2.0), and also under alkaline pH (9.0) (with exception of strain UJA56). Stability under extreme pH conditions should also be an advantage for application of bacteriocins in food preservation.

CONCLUSION

The use of molecular methods may be an approach of general interest for the screening of particular properties of lactic acid bacteria, including food safety, functional properties, and bacteriocin production. Traditional fermented foods from the Mediterranean area and Africa can be the source of new bacteriocins, as shown by this work. Furthermore, bacteriocinogenic strains with selected functional properties could be used to upgrade food quality and safety of African and Mediterranean countries through a directed fermentation.

REFERENCES

1. Franz CAMP, Stiles ME, Schleifer KH, Holzapfel WH. Enterococci in foods –a conundrum for food safety. Int J Food Microbiol 2003;88:105-22.
2. Hugas M, Garriga M, Aymerich MT. Functionality of enterococci in meat products. Int J Food Microbiol 2003;88:223-33.
3. Gálvez A, Maqueda M, Martínez-Bueno M, Valdivia E. Bactericidal and bacteriolytic action of peptide antibiotic AS-48 against Gram-positive, Gram-negative bacteria and other organisms. Res Microbiol 1989;140:57-68.
4. Gálvez A, Valdivia V, Abriouel H, et al. Isolation and characterization of enterocin EJ97, a bacteriocin produced by *Enterococcus faecalis* EJ97. Arch Microbiol 1998;171:59-65.
5. Van Belkum MJ, Stiles ME. Nonlantibiotic antibacterial peptides from lactic acid bacteria. Nat Prod Rep 2000;17:323-35.
6. Nes IF, Holo H. Unmodified peptide-bacteriocins (class II) produced by lactic acid bacteria. In: Dutton CJ, Haxell MA, et al, eds. Peptide antibiotics. Discovery, modes of action, and applications. New York: Marcel Dekker, 2001:81-115.

7. De Vuyst L, Vandamme EJ. Bacteriocins of lactic acid bacteria. London: Chapman and Hall, 1994.

8. Abriouel H, Maqueda M, Gálvez A, Martínez-Bueno M, Valdivia E. Inhibition of bacterial growth, enterotoxin production and outgrowth of germinating spores in strains of *Bacillus cereus* by bacteriocin AS-48. Appl Environ Microbiol 2002;68:1473-7.

9. López-Lara I, Gálvez A, Martínez-Bueno, M. Maqueda M, Valdivia E. Purification, characterization, and biological effects of a 2nd bacteriocin from *Enterococcus faecalis* ssp *liquefaciens* S-48 and its mutant strain B-48-28. Can J Microbiol 1991;37:769-74.

10. Ben Omar N, Castro A, Lucas R, et al. Functional and safety aspects of enterococci isolated from different Spanish foods. Syst Appl Microbiol 2004;27:118-30.

Acknowledgements: *This work was supported by grant CAL01-059 (INIA-MCYT) and by the Junta de Andalucía Research Support Programme (PAI research group AGR230).*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Amylolytic lactic acid bacteria from *pozol*: a natural potential to produce complementary foods?

Díaz-Ruíz[1] Gloria, Guyot[2] Jean-Pierre, Ruíz-Terán[1] Francisco, Morlon-Guyot[2] Juliette, Wacher[1*] Carmen

[1] Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México.
[2] UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.

Corresponding author: wacher@servidor.unam.mx*

- Abstract -

Pozol is a maize acid beverage of Mayan origin, consumed in Southeastern Mexico. It is obtained from natural fermentation of nixtamal (heat and alkali treated maize) dough but nixtamalisation is not widely used in Africa. Hence, it is of interest to compare *pozol* with African maize-based fermented foods. As starch is the main carbohydrate of nixtamal, the participation of amylolytic lactic acid bacteria (ALAB) has been found to be important. In contrast with other starchy fermented foods from Africa, in which *Lactobacillus* is the main ALAB, *Streptococcus bovis* is the dominant species during *pozol* fermentation. The purpose of the present study was to compare *S. bovis* main physiol*ogi*cal characteristics with those of ALAB isolated from African fermented foods, as well as to evaluate its potential use to increase the energy density of nixtamal-based gruels to develop a new complementary food for young children.

S. bovis strain 25124 produces an α-amylase which is cell-associated, with optimum temperature of 30 - 37°C and neutral pH, but unstable at low pH values; whereas amylases from *Lactobacillus plantarum* A6 from *gari* and *Lactobacillus fermentum ogi* strains have optimum activity at lower pH values and higher temperatures. It showed extremely low amylase yield relative to biomass [139 U (g cell dry weight)$^{-1}$] and specific rate of amylase production [130.7 U (g cell dry weight)$^{-1}$ h^{-1}], when compared with *L. plantarum* A6 and *L. fermentum Ogi*. In contrast, it showed a high specific growth rate (0.94 h^{-1}) and an efficient energy conversion yield to bacterial cell biomass [0.31 g biomass (g substrate)$^{-1}$]. These would confer the strain competitive advantage and are the possible reasons for its dominance during fermentation.
Because of its physiol*ogi*cal characteristics, *S. bovis* has a potential as a starter culture to ferment nixtamal dough; however, because of its instability at low pH values, it would only be active at the initial stages of fermentation. In contrast, *Lactobacillus fermentum ogi* strains amylase would be active in the acidified substrate.

Key words: *Pozol* – nixtamal – Lactic acid bacteria – Amylase – Complementary foods.

- Résumé -

Les bactéries lactiques amylolytiques du *pozol* ont-elles un potentiel naturel pour produire des aliments de complément ?

Le *pozol* est une boisson acidulée d'origine Maya consommée au Sud-Est du Mexique. Elle est obtenue par fermentation naturelle du nixtamal (maïs cuit à la chaux), mais la technique de la nixtamalisation (cuisson alcaline) est très peu répandue en Afrique. Ainsi, une comparaison entre le *pozol* et les aliments fermentés africains à base de maïs présente un certain intérêt. Les bactéries lactiques sont responsables de l'acidification de la pâte et, l'amidon étant le principal glucide du nixtamal, les bactéries lactiques amylolytiques (BLA) ont un rôle déterminant. Contrairement à de nombreux aliments amylacés fermentés africains pour lesquels les principales BLA appartiennent au genre *Lactobacillus*, *Streptococcus bovis* est l'espèce qui domine pendant la fermentation du *pozol*. L'objectif de ce travail est de déterminer les principales caractéristiques physiologiques de *Streptococcus bovis* pour les comparer avec celles d'autres BLA isolées d'aliments fermentés africains (*Lactobacillus*), et d'évaluer son utilisation potentielle pour augmenter la densité énergétique de bouillies préparées à partir de nixtamal, en vue de développer un nouvel aliment de complément du jeune enfant.

La souche *S. bovis* 25124 a été cultivée à 30°C en milieu MRS à base d'amidon. Les concentrations en biomasse, en sucres totaux et réducteurs, en acide lactique, glucose, maltose, oligoholosides (du maltotriose au maltoheptaose), l'activité amylolytique et le pH ont été déterminés dans le milieu de fermentation prélevé toutes les 30 min. La stabilité de l'amylase dans des extraits bruts de *S. bovis* a été déterminée à différents pH (3 à 7,5) et températures (15 à 60°C). *S. bovis* 25124 a un rendement cellulaire en amylase [139 U (g poids sec cellulaire)$^{-1}$] et une vitesse spécifique de production d'amylase [130.7 U (g poids sec cellulaire)$^{-1}$ h^{-1}] extrêmement bas. En revanche, elle présente un taux spécifique de croissance (0.94 h^{-1}) et un rendement cellulaire relatif au substrat consommé [0.31 g biomasse (g substrat)$^{-1}$] élevés. Ces dernières caractéristiques conféreraient à la souche un avantage compétitif et pourraient expliquer sa dominance pendant la fermentation. Son amylase est associée à la cellule et présente des optima de température entre 30-37°C et de pH à la neutralité, mais est instable aux bas pH. C'est une α-amylase qui produit à partir de l'amidon du maltotetraose (G4) comme principal maltooligoside. De par ces caractéristiques, *S. bovis* pourrait être utilisé comme culture starter pour fermenter des pâtes de maïs nixtamalisées. Son amylase devrait être capable d'hydrolyser et de diminuer la viscosité de bouillies produites à partir de nixtamal. Toutefois, en raison de son instabilité aux bas pH, elle ne pourrait être active que pendant les premières heures de la fermentation. En revanche, l'α-amylase de *Lactobacillus fermentum ogi* E1 est active à des pH plus bas, permettant d'envisager un couplage des deux souches pour hydrolyser l'amidon et augmenter la densité énergétique de bouillies destinées aux jeunes enfants.

Mots-clés: *Pozol* – Nixtamal – Bactéries lactiques – Amylase – Aliments de complément.

INTRODUCTION

Pozol is a maize acid beverage of Mayan origin, consumed in Southeastern Mexico[1]. To prepare it maize grains are boiled in lime-water during approximately 90 min, then washed with water and hand-rubbed to remove the pericarp. These grains are called nixtamal. They are coarsely ground and kneaded to obtain a dough, which is shaped into balls, wrapped in banana leaves and left to ferment at ambient temperature. The acidified dough is suspended in water to obtain a refreshing beverage[2].

The concentration of mono- and disaccharides from maize is drastically reduced during nixtamalization, so that starch is then the main carbohydrate available for fermentation[1]. In contrast, other methods to prepare maize before fermentation, as soaking (as in *ogi* and *kenkey)* and germination (kaffir beer), would increase the concentration of sugars[3]. Hence, it is of interest to compare *pozol* with African maize fermented foods.

A natural fermentation occurs and lactic acid bacteria are responsible for acidification of the dough[4]. As starch is the main carbohydrate of nixtamal, the participation of amylolytic lactic acid bacteria (ALAB) in this fermentation has been found to be important. In contrast with other starchy fermented foods from Africa in which *Lactobacillus* is the main ALAB[5,6], *Streptococcus bovis* is the dominant species during *pozol* fermentation[7].

Infant growth is crucial during the first months and up to 2 years of age, hence special attention to their feeding is needed during that time. Breastfeeding is considered the best food during the first months, but from 4 to 6 months children require complementary foods. This is a critical step, as adequate foods need to be used in order to prevent them from becoming malnourished[8]. It is common to use cereal-based gruels or porridges as complementary foods in underdeveloped countries. These are accessible and easy to prepare, but their high starch content makes them extremely viscous after cooking and they do not provide the required energy density.

Fermentation with amylolytic lactic acid bacteria isolated from *pozol* would be an option to reduce their viscosity and increase their energy density.

The purpose of the present study was to determine *Streptococcus bovis* main physiological characteristics, to compare them with those of ALAB isolated from African fermented foods (*Lactobacillus*), as well as to evaluate its potential use to increase the energy density of nixtamal-based gruels to develop a new complementary food for young children.

MATERIALS AND METHODS

Streptococcus bovis strain 25124, isolated from *pozol* by our group[7] was grown on MRS-starch medium (with 20 g $liter^{-1}$ soluble potato starch instead of glucose) at 30°C. Cultures were grown in 1-liter flasks with 800 ml medium. They were inoculated with 25 ml of 12 h precultures grown in the same medium at 30°C. The fermentation broth was sampled every 30 min. Concentration of biomass was determined by measuring optical density at 600 nm and converted to dry weight, measured after two washing and centrifugation cycles and drying at 80°C until constant weight.

Cells were removed by filtration through 0.22 μm pore size membranes. Lactic was quantified on a Perkin Elmer 250 liquid chromatograph with hydrogen loaded ion-exchange column (BioRad Aminex HPX-87H, 300 by 7.8 mm) and a Perkin Elmer 30 refractive index detector. The mobile phase was 0.01 N H_2SO_4 with a flow rate of 0.6 ml min^{-1} at 50°C. Hydrolysis products from starch were determined by HPLC, using a

Prodigy 5 ODS 2 C_{18} column (250 by 4.6 mm; Phenomenex) with a flow rate of 0.8 ml min^{-1} at 35°C and the refractive index detector. Glucose and maltose were determined by using a commercial enzymatic test (product 1113950, Boehringer, Mannheim, Germany). Total and reducing sugars concentrations were determined by the methods of Dubois et al.[9] and Miller[10], respectively. Residual starch concentration was determined by measuring the iodine-starch complex color[11.]

To measure cell-bound amylase activity, 10 ml cultures were centrifuged (27,200 x g during 15 min at 4°C); the pellets were washed and suspended in 0.1 M phosphate buffer (pH 6.8). The activity was assayed at pH 6.8 and 37°C by measuring the iodine-complexing ability of starch[5]. One enzyme unit was defined as the amount of enzyme hydrolysing 10 mg of starch in 30 min.

To prepare crude extracts, bacteria were grown in MRS-starch medium for 4 hours. Cultures were centrifuged (10 min at 15,300 x *g* and 4°C) and the cell pellets were washed with water. Cells were treated with 4 mg ml^{-1} lysozyme in TS buffer (50 mM Tris/HCl, pH 8, 25% w/v sucrose) for 1 h at 37°C. Protoplasts were sonicated a variable number of cycles with intermediate cooling using a Sonic dismembrator 550 (Fisher). Triton X-100 (Sigma) at final concentration of 1% was added to the disrupted cells and they were agitated at low temperature. Cell debris was removed by centrifugation (15 min at 27200 *g* and 4°C). Crude extract amylase activity was quantified in the crude extract by measurement of the iodine complexing ability of starch at pH and temperature optima as previously described by Agati *et al*.[5]. The effect of pH on crude extract activity was studied over the pH range 4.0 - 7.5 with 0.1 M citrate-phosphate buffer and over pH 7.5 - 9.0 with 0.1 M Tris-HCl buffer. The same buffers were used to determine pH stability, pH 3 value was also considered. One volume of crude extract amylase was dialysed against water, diluted in an equal volume of the above buffers and the mixture was incubated during 25h at 30°C. After this time residual activities of samples were determined under standard conditions, $CaCl_2$ was added at a final concentration of 50 mM.

The effect of temperature was studied between 10 and 65°C at pH 6.8. Stability of α-amylase was estimated by incubating crude extracts at 15, 25, 30, 37, 45, 50, 55 and 60°C at pH 6.8 for 60 min. $CaCl_2$ was added at a final concentration of 50 mM. Samples were cooled in an ice-water bath after incubation and the residual activities were determined.

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of *S. bovis* 25124 amylase

Optimum pH and temperature of *S. bovis* 25124 amylase were between 6.6 and 6.75 and 36 - 40°C. The maximum stability of this amylase was observed at pH 6.5. It was more stable at pH values between 7.0 - 9.0 than at acidic pH values, with a sharp decrease in activity at the pH range 5.0 to 6.0. Complete enzyme inactivation was found at pH 4. This amylase was sensitive to 1 h incubation at temperatures above 30°C, losing most (70%) of its activity at 45°C. The amylase of *L. plantarum* A6 isolated from retted cassava[6] has optimum pH 5.5 and 65°C**.** Conditions for amylase from *L. fermentum* strains isolated from *ogi* are 4.5 - 5 and 35 - 45°C[5]. Amylase of *pozol* strain has optimum temperature close to the ambient temperature that prevails during maize processing into *pozol*, whereas optimum pH relates more with the conditions that develop during the first 6 h of fermentation (table 1). Maltotriose, maltotetraose, maltoheptaose and maltohexaose were obtained from starch hydrolysis by *S. bovis* amylase crude extract, and this mode of action is similar to that of an α-

amylase. It is interesting to observe that it is well adapted to initial pH conditions which prevail in nixtamal due to alkaline cooking, but their instability at acidic pH will probably limit its action in the course of fermentation.

Table 1: Characteristics of amylases from ALAB isolated from starchy fermented foods.

Strain	Temperature for optimum activity	pH for optimum activity	Stability to temperature	Stability to pH	Food
Streptococcus bovis 25124	36-40°C	6.5-6.75	< 40°C	> 5	*Pozol*
Lactobacillus plantarum A6	65°C	5.5	Not available	>4.5	Retted cassava[6]
Lactobacillus fermentum Ogi	35-45°C	4.5-5.0	Not available	Not available	*Ogi*[5]

Comparison of growth parameters on starch of *S. bovis* from *pozol* and of *Lactobacillus* sp. isolated from African starchy fermented foods

Amylolytic lactic acid bacteria from other starchy fermented foods[5,6] have been identified as members of the genus *Lactobacillus*; however, the predominant ALAB in *pozol* was found to be related to *Streptococcus bovis.* It is possible that nixtamalization of maize selects for this bacterium, which is thermoduric and capable of growing in the presence of 6.5% NaCl and at pH 9.6. A comparison of kinetic data of this microorganism with species of *Lactobacillus* isolated from retted cassava and *ogi*, are presented in table 2. Metabolic quotients and $Y_{lac/s}$ are in the range of classical values reported for other ALAB, which are between 1.1-3.1 g (g cell dry weight)$^{-1}$ h^{-1} for q_{lac}, 2.3-3.5 g (g cell dry weight)$^{-1}$ h^{-1} for q_s and 0.67-0.84 (g g^{-1}) for $Y_{lac/s}$. All other parameters were different. *S. bovis* is characterized by a low yield of lactic acid relative to biomass ($Y_{lac/x}$), extremely low of both amylase yield relative to biomass ($Y_{amy/x}$) and specific rate of amylase production (q_{amy}), and by high specific growth rate and biomass yield ($Y_{x/s}$). These last characteristics are very different from those described for ALAB such as amylolytic strains of *L. plantarum* and *L. fermentum*.

The specific growth rate determined for the *pozol S. bovis* strain (0.94 h^{-1}) could give it a competitive advantage over the other non-amylolytic LAB species of *pozol*. Though substrate consumption and lactate production parameters are in the classical range observed for other ALAB (table 2), relatively high value of $Y_{x/s}$ indicates efficient energy conversion into biomass, which would also confer an additional competitive advantage, in spite of a very low efficiency in starch hydrolysis and total sugar consumption. Nevertheless, other parameters would need to be considered, as those related to tolerance at low pH of *S. bovis* strains and their amylase. In particular, taking into account low pH instability of the amylase, competitive advantages should be effective only during the first hours of *pozol* fermentation, when pH is still high enough, and progressively counterbalanced by the inhibitory effect due to acidification. Amylases of some ALAB isolated from African fermented foods, as *L. fermentum* isolated from *ogi*, have optimum low pH values[5] and would be active throughout the fermentation.

Table 2: Yields and metabolic quotients for *Streptococcus bovis* strain 25124, *Lactobacillus plantarum* A6 and *Lactobacillus fermentum Ogi* E1.

Parameter	Value obtained for		
	S bovis 25124 [a]	*L. plantarum* A6[12]	*L. fermentum Ogi* E1[13]
Total sugar consumed (%)	25.5	Nd	78
Y x/s (g g $^{-1}$)	0.31	Nd (0.18)	0.1
Y lac/s (g g $^{-1}$)	0.78	Nd (0.84)	0.33
Ylac/x (g g $^{-1}$)	2.56	Nd (4.7)	3.3
Yamy/x (U g $^{-1}$)	139	2300 (5700)	5400
μ (h $^{-1}$)	0.94	0.43 (0.41)	0.35
qlac [g (g cell dry weight) $^{-1}$ h $^{-1}$]	2.4	3.1 (3.0)	1.1
qs [g (g cell dry weight) $^{-1}$ h $^{-1}$]	3.0	Nd (2.3)	3.5
qamy [U (g cell dry weight) $^{-1}$ h $^{-1}$]	130.7	989 (2337)	1890

Y x/s (growth yield relative to substrate);
Y lac/s (lactic acid yield relative to substrate);
Ylac/x (lactic acid yield relative to biomass);
Yamy/x (amylase yield relative to biomass);
μ (maximum specific growth rate);
qlac (specific rate of lactic acid production);
qs (specific rate of substrate consumption);
qamy (specific rate of amylase production).
( ) Fermentations at controlled pH (6.0);
Nd = not determined;
a. This work.

CONCLUSION

Because of its physiological characteristics, *S. bovis* has a potential as a starter culture to ferment nixtamal dough. Its amylase should be able to hydrolyze starch and decrease the viscosity produced by nixtamal´s starch; however, because of its instability at low pH values, it would only be active at the initial stages of fermentation.

S. bovis, in mixed culture with low pH resistant amylase producing ALAB, have a potential use to increase the energy density of gruels for young children.

ALAB isolated from African starchy fermented foods, such as *ogi* and *gari*, belong to a different genus (*Lactobacillus*); characteristics of their amylases are also different (in some cases resistant to low pH values), so they would remain active longer during the acidification stage of the substrate.

Differences in substrate preparation (nixtamalization vs soaking) seem to have a profound effect on the kind of microbiota that is established, as well as on the characteristics of their amylases.

REFERENCES

1. Wacher C, Cañas A, Bárzana E, Lappe P, Ulloa M, Owens JD. Microbiology of indian and mestizo *pozol* fermentations. Food Microbiol 2000;17:251-56.
2. Ulloa M, Herrera T, Taboada J. Mexican *pozol*. In: Steinkraus KH, ed. Handbook of indigenous fermented foods. New York: Marcel Dekker, 1983:226-33.
3. Steinkraus KH, ed. Handbook of indigenous fermented foods. New York: Marcel Dekker, 1996.

4. Wacher MC, Cañas A, Cook PE, Bárzana E, Owens JD. Sources of microorganisms in *pozol*, a traditional Mexican fermented maize dough. World J Microbiol Biotechnol 1993;9:226-74.

5. Agati V, Guyot JP, Morlon-Guyot J, Talamond P, Hounhouigan DJ. Isolation and characterization of new amylolytic strains of *Lactobacillus fermentum* from fermented maize doughs (*mawe* and *ogi*) from Benin. J Appl Microbiol 1998;85:512-20.

6. Giraud E, Brauman A, Keleke S, Lelong B, Raimbault M. Isolation and physiological study of an amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum*. Appl Microbiol Biotechnol 1991;36:379-83.

7. Díaz-Ruiz G, Guyot JP, Ruiz-Terán F, Morlon-Guyot J, Wacher C. Microbial and physiological characterization of weakly amylolytic but fast-growing lactic acid bacteria: a functional role in supporting microbial diversity in *pozol*, a Mexican fermented maize beverage. Appl Environ Microbiol 2003;69(8):4367-74.

8. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO, 1998.

9. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal Chem 1956;28:350-6.

10. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Anal Chem 1959;31:426-8.

11. Nakamura LK. *Lactobacillus amylovorus*, a new starch-hydrolyzing species from cattle waste-corn fermentations. Int J Syst Bacteriol 1981;31:56-63.

12. Guyot JP, Calderón M, Morlon-Guyot J. Effect of pH control on lactic acid fermentation of starch by *Lactobacillus manihotivorans* LMG 18010T. J Appl Microbiol 2000;88(1):176-82.

13. Calderón M, Loiseau G, Guyot JP. Nutritional requirements and simplified cultivation medium to study growth and energetics of a sourdough lactic acid bacterium *Lactobacillus fermentum Ogi* E1 during heterolactic fermentation of starch. J Appl Microbiol 2001;90:508-16.

Effect of processing and preservation on the iron and vitamin A levels of some species of *Vernonia*

Ejoh[1*] Richard A, Tanya[1] Agatha N, Djuikwo[1] Vivian N, Mbofung[1] Carl M

Department of Food Science and nutrition, ENSAI, University of Ngaoundere, P.O. Box 455 Ngaoundere, Cameroon.

*Corresponding author: *ejohrab@yahoo.com / RichardEjoh@hotmail.com*

- Abstract -

Vernonia, commonly known as Bitterleaf in most West and Central African countries, is a widely consumed leafy vegetable in Cameroon. Though consumed by a large proportion of the population, cultivation is limited to the southern parts of the country and mostly in the rainy season. In order to ensure availability in non growing areas or seasons, the vegetable is usually processed and preserved. Processing and preservation methods used are thought to influence the nutrient content of these vegetables. The present study was carried out to determine the changes in iron and vitamin A levels due to different processing and preservation methods of four species of *Vernonia* (*V. amygdalina, V. calvoana* var. bitter*, V. colorata* and *V. calvoana* var. non bitter*)*.

The processing methods were squeeze–washing, boiling and squeeze–washing with different concentrations of natron (0N, 1N and 2N). The methods of preservation were drying, using solar radiation and ovens at different temperatures (45, 60 and 75°C) and freezing for 0, 10, 30 60 and 120 days. Vitamin A was analysed using Chromatographic method while iron content was determined by atomic absorption spectrophotometry.

Results showed that these leafy vegetables are good sources of iron and vitamin A. Iron values varied from 6.4 ± 0.3 in *V. calvoana* to 15.2 ± 0.4 mg/100 g DM (dry matter) in *V. colorata* and are significantly ($P < 0.05$) affected by processing methods with losses amount to as much as 42% in the non bitter variety of *V. calvoana*. On the other hand the use of natron (W2) led to an increase of up to 9.5% in the iron content of *V. amygdalina*. Drying or freezing did not affect iron levels. Vitamin A levels ranged from 30.0 ± 1.0 in *V. amygdalina* to 41.5 ± 1.0 mg/100 g DM in *V. colorata* for the raw samples and tended to diminish with processing especially in the very bitter species that required intense squeeze-washing and rinsing. Freezing processed samples for up to 10 days had no significant influence on the vitamin A content.

On the whole, squeeze-washing and rinsing was the best treatment to preserve vitamins A while the best temperature for drying was 45°C.

Key words: *Vernonia* species – Drying – Freezing – Processing – Iron – Vitamin A.

- Résumé -

Effet de la transformation et de la conservation sur les teneurs en fer et en vitamine A de certaines espèces de *Vernonia*

Le *Vernonia*, généralement connu comme une feuille amère dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et centrale, est un légume-feuille largement consommé au Cameroun. Bien que consommé par une grande proportion de la population, sa culture est limitée à la partie Sud du pays, principalement pendant la saison des pluies. Afin d'assurer sa disponibilité en dehors des zones de culture et de la saison des pluies, ce légume-feuille est généralement transformé et conservé. On pense que les méthodes de transformation et de conservation utilisées influencent sa teneur en nutriments. La présente étude a été menée pour déterminer les variations des teneurs en fer et en vitamine A sous l'effet des modes de transformation et de conservation pour quatre espèces de *Vernonia* (*V. amygdalina, V. calvoana* var. amer*, V. colorata* et *V. calvoana* var. non amer*)*.

Les modes de transformation étudiés ont été le lavage-pressage, la cuisson à ébullition et le lavage-pressage dans des solutions de concentration en natron 0, 1 et 2 N. Les modes de conservation pris en compte ont été le séchage au soleil et dans des étuves à différentes températures (45, 60 et 75°C) ainsi que la congélation pendant 0, 10, 30, 60 et 120 jours. La teneur en vitamine A a été déterminée par chromatographie et la teneur en fer par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les résultats montrent que ces légumes-feuilles sont de bonnes sources de fer et de vitamine A. Les teneurs en fer varient de 6,4 $\pm$ 0,3 mg/100g MS dans le *V. calvoana* à 15,2 $\pm$ 0,4 mg/100g MS dans *V. colorata* et sont significativement ($p < 0,05$) affectées par les modes de transformation avec des niveaux de pertes allant jusqu'à 42% dans la variété non amère de *V. calvoana*. D'autre part, l'utilisation de natron (W2) conduit à une augmentation de 9,5% de la teneur en fer pour *V. amygdalina*. Le séchage et la congélation après transformation n'ont pas modifié les teneurs en fer. Les teneurs en Vitamine A dans les échantillons frais vont de 30,0 $\pm$ 1,0 mg/100g MS dans le *V. amygdalina* à 41,5 $\pm$ 1,0 mg/100gMS dans le *V. colorata* et tendent à diminuer avec la transformation spécialement dans les espèces très amères (*V. amygdalina* et *V. calvoana* var. amer) qui nécessitent un lavage-pressage et un rinçage intenses. La congélation des échantillons traités pendant 10 jours n'a pas eu d'influence significative sur la teneur en vitamine A.

Dans l'ensemble, le lavage-pressage et le rinçage se sont révélés le meilleur traitement pour conserver la vitamine A tandis que la meilleure température de séchage a été 45°C.

Mots-clés: Espèces de *Vernonia* – Séchage – Congélation – Fer – Vitamine A.

INTRODUCTION

Iron and vitamin A deficiencies are known to be some of the most common forms of malnutrition that affect the most vulnerable groups[1,2]. Worldwide, the highest prevalence of iron deficiency is found in infants, children, adolescents and women of childbearing age, especially pregnant women. In Africa, vitamin A deficiency affects close to 18 million of preschool children among which 1.3 million are affected by xerolphtalmia. In many developing countries, leafy vegetables are the main sources of iron and vitamin A for the population[3]. These vegetables constitute a major component of most Cameroonian dishes[4] and provide the cheapest and most accessible sources of minerals and vitamins to the poor and most vulnerable populations that suffer from crude shortages of these micronutrients. *Vernonia* is a leafy vegetable known in most West and Central African countries for both animal and human nutrition. In Asia, it is also widely used in traditional medicine. Consumption in Cameroon is high and mostly in the form of *ndole*[5,6]. The bitterness and the foaming properties of the different species of *Vernonia* necessitate the use of different processing techniques such as squeeze-washing, crushing and rinsing, boiling and the use of natron. Latunde–Dada[7] found that *Vernonia amygdalina* contains high levels of minerals. However, their bioavailability was low because of the presence of anti-nutritional factors. Udosen and Ukpanah[8] observed that processing causes losses in minerals and some of the anti-nutritional factors. Little information is available on the effect of processing on the different species of *Vernonia* in Cameroon. This study was carried out to determine the effect of processing and preservation on iron and vitamin A levels of some species of *Vernonia* in Cameroon.

MATERIALS AND METHODS

The leaves and young shoots of four species of *Vernonia* (two non bitter and two bitter) were collected from an experimental farm in Ngaoundere, Cameroon. They were then sorted and rinsed under running tap water to remove dust. These samples were further sliced before being subjected to different processing techniques such as squeeze washing, boiling and the use of natron. Squeeze–washing involved an elaborate crushing, washing, rinsing and squeezing to reduce bitterness and foam. The process is more elaborate for the bitter species. The boiling process involved boiling about 450g of the sliced vegetable in one litre of water containing 0, 10 or 20 grams of natron for 10 minutes. To determine the influence of drying, a 2X5X4 factorial design was used. Two species *(V. amygdalina* and *V. calvoana*), subjected to the five treatments above were dried in 4 different drying conditions - sun drying and drying in an oven at 45°C, 60°C, and 75°C. The effect of duration of freezing was determined on only one species (*V. calvoana*), stored at –18°C in a freezer for 10, 30, 75, and 120 days (5X5 factorial design).

The samples thus treated were dried at 45°C, ground and stored in air tight containers for laboratory analyses. The ash values were obtained after incineration of the samples in a muffle furnace at 550°C and the iron levels determined by atomic absorption[9]. Analysis of vitamin A in the form of total carotenoids was first extracted using a mixture of hexane - acetone 30/70 (v/v) then separated by column chromatography and quantified using a spectrophotometer[10]. All analyses were done in triplicate.

RESULTS

Results of the ash values of the raw samples of the four species of *Vernonia* are presented in table 1. These values ranged from 7.69 ± 0.11 for *V. amygdalina* to 11.96 ± 0.10 g/100g DW for *V. calvoana* non bitter. Significant variations ($P < 0.05$) were also observed within the different species analysed as well as due to the different processing techniques with losses of between 19.5 and 30%.

Table 1: The effect of processing on ash levels of the four species of *Vernonia (in mg/100g DW).*

	V. amygdalina	*V. calvoana* var. bitter	*V. colorata*	*V. calvoana* var. non bitter
R	7.72 ± 0.11^{a}	10.52 ± 0.30^{a}	11.84 ± 0.27^{a}	11.96 ± 0.15^{a}
W	$5.65 \pm 0.8b$	9.08 ± 0.18^{b}	10.10 ± 0.21^{b}	10.78 ± 0.19^{b}
Wb	5.37 ± 0.59^{b}	6.46 ± 0.27^{c}	8.42 ± 0.08^{c}	8.85 ± 0.14^{d}
W1	6.19 ± 0.46^{b}	6.15 ± 0.26^{c}	8.86 ± 0.6^{c}	9.49 ± 0.21^{c}
W2	5.40 ± 0.37^{b}	6.61 ± 0.18^{c}	10.09 ± 0.19^{b}	10.85 ± 0.12^{b}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
R =Raw W= Squeeze-washing WB = Blanching and squeeze-washing
W1= blanching in 1N natron and squeeze-washing W2= Blanching in 2 N natron and squeeze-washing

Table 2 shows the effect of processing on the levels of iron of the different species of *Vernonia* studied. The non-bitter species (*V. colorata* and *V. calvoana* var. non bitter) had higher levels of iron (15.22 ± 0.35 and 12.08 ± 0.45mg DW/100g, respectively). Iron levels significantly varied ($P < 0.05$) with the different processing techniques. Boiled and squeeze-washed samples (Wb) had a maximum of 42% loss in Fe in *V. calvoana* var. non bitter and the use of the natron (W2) caused an increase of iron content of 9.5% for *V. amygdalina*. No significant effect on the iron levels was observed when the different species were subjected to different drying and freezing conditions (tables 3, 4 and 5).

Table 2: The effect of processing on the Fe levels of the four species of *Vernonia (in mg/100g DW).*

	V. amygdalina	*V. calvoana* var. bitter	*V. colorata*	*V. calvoana* var. non bitter
R	7.52 ± 1.57^{a}	6.39 ± 0.26^{a}	15.22 ± 0.35^{a}	12.08 ± 0.45^{b}
W	5.30 ± 0.46^{ab}	3.46 ± 0.24^{d}	9.77 ± 0.32^{b}	6.91 ± 0.54^{d}
Wb	4.79 ± 0.15^{ab}	3.92 ± 0.17^{d}	9.21 ± 0.74^{b}	8.70 ± 0.34^{c}
W1	7.18 ± 0.38^{a}	5.81 ± 0.01^{b}	15.02 ± 0.96^{a}	16.02 ± 0.49^{a}
W2	8.01 ± 0.73^{a}	4.68 ± 0.04^{c}	16.67 ± 1.10^{a}	16.09 ± 0.00^{a}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Table 3: Effect of drying on iron levels of *V. amygdalina* subjected to different drying conditions *(in mg/100gDW).*

	R	W	Wb	W1	W2
Sun-dried	5.84 ± 0.22	5.07 ± 0.63	5.11 ± 0.40	8.37 ± 0.58	8.21 ± 0.23
45°C	7.52 ± 0.00	5.30 ± 0.46	4.79 ± 0.15	7.18 ± 0.38	8.01 ± 0.73
60°C	6.59 ± 0.11	4.26 ± 0.89	5.92 ± 0.45	7.69 ± 0.66	7.64 ± 0.32
75°C	5.62 ± 0.33	4.98 ± 0.15	4.16 ± 0.20	8.86 ± 0.95	8.39 ± 0.51

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Table 4: Effect of drying on iron levels of *V. calvoana* subjected to different drying conditions (*in mg/100gDW)*.

	R	W	Wb	W1	W2
0 day	6.39 ± 0.96	3.46 ± 0.24	3.92 ± 0.17	5.81 ± 0.01	4.68 ± 0.04
10 days	4.52 ± 0.27	4.14 ± 0.60	3.13 ± 0.08	6.30 ± 0.97	5.46 ± 0.03
30 days	5.26 ± 0.64	4.64 ± 0.04	4.79 ± 0.46	6.13 ± 0.61	5.37 ± 0.11
75 days	6.06 ± 0.85	5.40 ± 1.59	4.44 ± 0.19	6.61 ± 0.27	5.05 ± 0.97
120 days	6.06 ± 0.48	4.62 ± 0.53	5.50 ± 0.56	6.51 ± 0.77	5.75 ± 0.80

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Table 5: Effect of freezing on the iron levels of *V.calvoana* subjected to different processing methods *(in mg/100gDW).*

	R	W	Wb	W1	W2
0 day	6.39 ± 0.96	3.46 ± 0.24	3.92 ± 0.17	5.81 ± 0.01	4.68 ± 0.04
10 days	4.52 ± 0.27	4.14 ± 0.60	3.13 ± 0.08	6.30 ± 0.97	5.46 ± 0.03
30 days	5.26 ± 0.64	4.64 ± 0.04	4.79 ± 0.46	6.13 ± 0.61	5.37 ± 0.11
75 days	6.06 ± 0.85	5.40 ± 1.59	4.44 ± 0.19	6.61 ± 0.27	5.05 ± 0.97
120 days	6.06 ± 0.48	4.62 ± 0.53	5.50 ± 0.56	6.51 ± 0.77	5.75 ± 0.80

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

The levels of carotenoids in the different species subjected to different processing techniques are shown in table 6. Carotenoid levels ranged from 30.0 ± 1.0 in *V. amygdalina* to 41.5 ± 0.9 mg/100g DW in *V. colorata* for the raw samples. These levels were considerably reduced when samples were subjected to different processing methods (P<0.05). More losses of carotenoids were observed for the bitter species (*V. amygdalina* had 50% and *V. calvoana* var. bitter had 67%). Meanwhile *V. calvoana* var. non bitter had 43% and *V. colorata* had 49 % loss. The greatest losses, were noted when 2N natron was used in processing.

Table 6: Effect of different treatments on the levels of carotenoid of the different species of *Vernonia (mg/100g).*

	V. amygdalina	*V. calvoana* var. bitter	*V. colorata*	*V. calvoana* var. non bitter
R	30.0 ± 1.0^{a}	38.5 ± 0.3^{a}	41.5 ± 0.9^{a}	35.8 ± 0.2^{a}
W	21.6 ± 0.4^{b}	16.9 ± 1.0^{b}	26.0 ± 0.5^{b}	28.5 ± 0.2^{b}
Wb	21.9 ± 0.4^{b}	16.5 ± 1.4^{b}	21.2 ± 3.3^{b}	27.8 ± 1.8^{b}
W1	16.4 ± 3.4^{c}	14.9 ± 1.8^{b}	22.5 ± 1.0^{b}	21.8 ± 3.9^{c}
W2	14.9 ± 0.4^{cd}	12.8 ± 0.4^{c}	21.2 ± 2.1^{b}	20.2 ± 0.3^{c}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Tables 7, 8 and 9 show the variations of the different conditions of drying and freezing. Losses due to drying were significant for the raw samples with maximum loss of 43% when samples of *V. amygdalina* was dried at 75°C, while carotenoid levels dropped from 38.5 ±0.3 to 26.1 ± 0.2 mg/100g DW, i.e. 32% when solar drying was applied for *V. calvoana* var. bitter. Table 8 shows the effect of duration of freezing at –18°C on the carotenoid levels of *Vernonia calvoana.* Significant losses at P< 0.05 were observed after 10 days of freezing. Freezing for periods from between 0 to 10 days showed no

significant variation (P< 0.05) for both the raw and processed samples of *V. calvoana* var. bitter (P>0.05)

Table 7: Effect of different drying conditions on the carotenoid levels of *V. calvoana* (mg/100gDW).

	R	W	Wb	W1	W2
Sun-dried	26.1 ± 0.2^{d}	14.2 ± 3.3^{ab}	12.8 ± 1.4^{a}	12.7 ± 1.7^{b}	17.5 ± 0.7^{a}
45°C	38.5 ± 0.3^{a}	16.9 ± 1.0^{a}	16.4 ± 1.5^{a}	14.9 ± 1.8^{a}	12.8 ± 0.4^{b}
60°C	34.2 ± 0.8^{b}	17.0 ± 2.3^{a}	14.6 ± 3.8^{a}	15.4 ± 2.6^{a}	17.0 ± 0.2^{a}
75°C	36.2 ± 0.5^{c}	13.4 ± 0.8^{ab}	13.9 ± 4.6^{a}	12.4 ± 0.8^{b}	12.2 ± 2.2^{b}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Table 8: Effect of different drying conditions on the carotenoid levels of *V. amygdalina (mg/100gDW).*

	R	W	Wb	W1	W2
Sun-dried	17.7 ± 0.5^{b}	13.4 ± 1.2^{b}	14.3 ± 1.2^{b}	7.0 ± 0.2^{c}	8.7 ± 0.6^{c}
45°C	30.0 ± 1.0^{a}	21.6 ± 0.4^{a}	21.9 ± 0.3^{a}	16.4 ± 3.4^{a}	14.9 ± 0.4^{a}
60°C	19.5 ± 0.1^{b}	12.3 ± 0.8^{b}	12.1 ± 0.6^{b}	12.1 ± 2.6^{a}	11.6 ± 0.3^{b}
75°C	17.1 ± 1.3^{b}	13.1 ± 12.5^{b}	11.2 ± 0.0^{c}	8.4 ± 20^{b}	9.8 ± 0.8^{c}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

Table 9: Effect of time of freezing on the carotenoid levels of *V. calvoana (mg/100gDW).*

	R	W	Wb	W1	W2
0 day	38.5 ± 0.3^{a}	16.9 ± 1.0^{a}	16.5 ± 1.5^{a}	14.9 ± 1.8^{a}	12.8 ± 0.4^{a}
10 days	37.0 ± 0.2^{a}	16.8 ± 0.4^{a}	12.0 ± 0.1^{b}	11.1 ± 1.9^{a}	11.0 ± 0.5^{b}
30 days	23.9 ± 0.5^{b}	14.9 ± 0.6^{b}	10.4 ± 0.2^{c}	10.3 ± 0.1^{ab}	6.7 ± 0.6^{c}
75 days	13.9 ± 0.4^{c}	10.5 ± 1.8^{c}	8.3 ± 1.4^{d}	9.1 ± 0.8^{b}	8.7 ± 1.8^{b}
120 days	14.1 ± 158^{c}	10.4 ± 0.7^{c}	11.0 ± 0.6^{c}	6.1 ± 0.2^{c}	6.7 ± 0.6^{c}

Means ± SD, for each column, means with different superscripts are significantly different (P < 0.05).
R, W, WB, W1, W2: see table 1.

DISCUSSION

Iron deficiency problems remain prominent in developing countries. It serves as a carrier of oxygen to the tissues from the lungs by red blood cell haemoglobin, as a transport medium for electrons within cells, and as an integrated part of important enzyme systems in various tissues. The high values of iron observed in all four species of *Vernonia* is a good indicator that these food items are good sources of this mineral when compared to values obtained for cereals and tubers[11]. These values were also higher than values obtained for *Amarathus paniculatus* and *A. teunifolious*[12]. High losses in ash and iron due to different processing methods could be explained by the fact that these minerals remain soluble in water in the course of squeeze-washing. However these losses were not so high in samples treated with natron and this could be explained by the fact that natron contains some minerals that could remain after processing.

Vitamin A deficiency remains a major problem in Cameroon, affecting mostly the people in the Northern provinces[13,14]. Its role in vision and growth regulation has made the public health officials to look for urgent and rapid methods of combating the problem. Leafy vegetables remained one of the most important and cheapest sources of vitamin A. Processing generally leads to losses[15]. High levels of carotenoids, found in the raw samples of the different species of *Vernonia* were destroyed during processing. These losses were more important in the bitter species: *V. amygdalina* and *V. calvoana* var. bitter. This could be explained by the fact that processing was more intense in the bitter species. High losses, also found when 2N natron was used in processing proved that though carotenoid is not hydrosoluble, it could be destroyed by the use of alkaline in cooking. The losses observed as a result of processing in the present study are higher than those in the literature[15,16], and this can be attributed to variations in processing methods.

Conclusively, the *Vernonia* species studied provide substantial quantities of iron, and vitamin A. The non-bitter species were found to be exceptionally richer in these two nutrients. Higher values of iron were found in samples boiled with natron. Squeeze-washing and rinsing seems to be the best treatment to preserve vitamins A. Losses were more prominent in the bitter species that require intense squeeze-washing and rinsing. Drying at 45°C is best recommended while freezing for less than 10 days is most appropriate for the conservation of vitamin A. However because of the increased demand for these nutrients, and the lack of possibility to avoid processing and conservation, it is therefore pertinent that the use of other sources of vitamin A and iron be considered imperative.

REFERENCES

1. FAO/WHO. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome: FAO, 1988. [Food and Nutrition Series No. 23]
2. Mc Lauren F. Guide pratique sur la vitamine A dans la santé et la maladie. Sight and Life, 2002.
3. Ifon ET, Bassir O. The nutritive value of some Nigerian leafy vegetables- part 2. The distribution of protein, carbohydrates (including ethanol soluble sugars), crude fat fibre and ash. Food Chem 1980;5:231-5.
4. Westphal E, Embrechts J, Mboumboue P, Mouzong B, Westphal-Stevens JMC. L'agriculture autochtone au Cameroun. Wageningen: Veenman, 1985;175.
5. Tombet D. Contribution à l'étude des plantes légumières du Centre-Sud Cameroun (Systématique et Biochimie).Thèse de 3e cycle. Yaoundé: Université de Yaoundé, Fac. Sciences, 1983.
6. Dupriez H, De Leener P. Jardins et vergers d'Afrique. Collection Terre et Vie. l'Harmattan Apica, ENDA, CTA, 1987:354.
7. Latunde-Dada GO. Effect of processing on iron levels in an availability from some Nigerian vegetables. J Sci Food Agric 1990;53(3):355-61.
8. Udosen EO, Ukpanah UM. The toxicants and phosphorus content of some Nigerian vegetables. Plant Foods Hum Nutr 1993;44:285-9.
9. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists. 14th edition. Washington, DC: AOAC, 1984.

10. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists. 10th edition. Washington, DC: AOAC, 1965.
11. FAO. Table de composition alimentaire à l'usage de l'Afrique. Rome : FAO, 1968.
12. Singhal RS, Kulkarni. Composition of the seeds of some Amaranths species. J Sci Food Agric 1987;42(4)211-20.
13. Domngang FM, Gouado I, Teugwa P, Moundipa P. Evaluation du statut vitaminique A et E de certaines population rurales de extrême Nord du Cameroun. Proceedings of the first annual conference of Bioscience. 1990;504.
14. Minsanté/Unicef Cameroun. Enquête Nationale sur la carence en vitamine A et l'anémie. Cameroun: Minsanté/Unicef, 2001.
15. Nagra SA, Khan S. Vitamin A losses in Pakistan cooking. J Sci Food Agric 1989;46(2):355-61.
16. Renqvist UH, Vreeze AC, Evenluis B. The effect of traditional cooking on carotene content in tropical leafy vegetable. Indian J Nutr Diet 1978;15(5):154-8.

Acknowledgements: *We thank the International Foundation for Science, Sweden and the Organisation of Islamic Conference, Pakistan for their financial support.*

Influence du trempage, de la germination, de la fermentation et de l'ajout de phytases sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les farines de mil

Icard-Vernière[*1] Christèle, Greffeuille[1] Valérie, Caporiccio[2] Bertrand, Trèche[1] Serge, Besançon[2] Pierre

[1] UR 106 ''Nutrition, Alimentation, Sociétés'', IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.
[2] Laboratoire de Nutrition, Université Montpellier II, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier, France.

*Auteur correspondant: *christele.verniere@mpl.ird.fr*

- Résumé -

L'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments de complément du jeune enfant nécessite une réduction de leur teneur en phytates, chélatants naturels du fer et du zinc. Des farines de mil ont été préparées au laboratoire après trempage des graines, fermentation, germination, trempage en présence de phytase. La biodisponibilité du fer et du zinc dans ces farines a été estimée selon plusieurs méthodes *in vitro* ou *ex vivo* (cultures cellulaires) dans le but de les comparer. Les pourcentages de réduction de la teneur en IP6 par rapport aux graines brutes sont respectivement, après trempage, germination, fermentation ou ajout de phytase de <1, 63, 99 et 95%. Après digestions *in vitro*, les pourcentages de fer et de zinc dialysés ou solubles après trempage sont équivalents à ceux des graines brutes (respectivement 5 et 19% pour le fer, 5 et 16 % pour le zinc). C'est après fermentation (25 et 31 % pour le fer, 34 et 33 % pour le zinc) et après ajout de phytase (21 et 26 % pour le fer, 25 et 32 % pour le zinc) que les pourcentages de minéral dialysés ou solubles sont les plus importants. Les effets de la germination sont beaucoup moins marqués: 14 et 22 % pour le fer, 19 et 27 % pour le zinc. Les extractabilités à l'HCl du fer et du zinc montrent une amélioration des estimations de la biodisponibilité après fermentation et ajout de phytase par rapport aux résultats obtenus sur les graines brutes, l'effet du trempage ou de la germination étant beaucoup plus faible. L'estimation de la biodisponibilité du fer et du zinc après cultures cellulaires donne des résultats analogues. Les 4 méthodes *in vitro* ou *ex vivo* ont des répétabilités proches et faibles.

Cette étude confirme que la biodisponibilité du fer et du zinc est très liée à la teneur en phytates dans les farines de mil. Elle est améliorée significativement après fermentation et ajout de phytase. L'estimation de la biodisponibilité des minéraux après digestions *in vitro* puis centrifugation est une méthode répétable, facile à mettre en œuvre et applicable au suivi d'opérations technologiques.

Mots-clés: Procédés traditionnels – Phytates – Fer – Zinc – Biodisponibilité.

- Abstract -

Influence of soaking, germination, fermentation and phytase addition on iron and zinc bioavailability in millet flours

Introduction: Complementary foods of young children contain few iron and zinc. The bioavailability of these minerals is reduced by phytates who bind them. The improvement of the nutritional quality of these foods goes with a reduction of phytate content and the possibility to evaluate mineral bioavailability.

Methods: Millet flours are prepared using different manufacturing processes: soaking of the seeds (15h, 30°C), fermentation (24h, 30°C), germination (96h, 30°C), soaking with phytase (17h, 55°C). The bioavailability of iron and zinc in these flours was estimated according three *in vitro* methods in order to compare them: HCl extractability, *in vitro* digestions followed by dialysis («dialyzed» mineral) or by a centrifugation («soluble» mineral). An attempt with the *ex vivo* method of cell cultures was realized: determinations of ferritin and zinc absorbed in Caco-II cells were realized for the respective evaluation of iron and zinc bioavailabilty. Phytate (IP6) contents were determined by ionic chromatography and minerals by atomic spectrophotometry after dry ashing.

Results: Reduction of IP6 contents, in percents, compared to whole seeds were respectively after soaking, germination, fermentation or phytase adding: <1, 63, 99 and 95%. In the same way, highest HCl extractabilities of iron were obtained after phytase adding (47%) and fermentation (40%), when it was only of 11 and 20% after soaking and germination, and 9% in whole seeds. For zinc, similar results were obtained: HCl extractabilities were respectively 82, 92, 67 and 71% for the above-cited processes and 70% in whole seeds. After *in vitro* digestions, dialyzed or soluble iron and zinc after soaking were the same in flours and in whole seeds (respectively 5 and 19% for iron, 5 and 16% for zinc). The most important quantities of dialyzed or soluble minerals were obtained after fermentation (25 and 31% for iron, 34 and 33% for zinc) and after phytase adding (21 and 26% for iron, 25 and 32% for zinc). The effects of germination were less important: 14 and 22% for iron, 19 and 27% for zinc. The estimates of iron and zinc bioavailabiliy after cells cultures gave analogous results. The 4 *in vitro* or *ex vivo* methods have similar and small repeatability.

Conclusion: This work confirms that mineral bioavailability is strongly linked to phytate content. Mineral bioavailability is significantly improved after fermentation, phytase adding and germination. The estimate of iron and zinc bioavailability after *in vitro* digestions followed by a centrifugation is a method with a good repeatability, easy-to-use and adapted to technological process studies. Cell cultures could be a more accurate tool, but its use is limited by the cost and the time needed for its implementation.

Key words: Traditional processes – Phytates – Iron – Zinc – Bioavailability.

INTRODUCTION

Dans les pays du Sud, les aliments de complément du jeune enfant sont généralement des bouillies à base de céréales ou de racines et tubercules. Les micronutriments y sont souvent en quantité insuffisante pour couvrir les besoins des enfants et leur biodisponibilité y est très faible. En effet, des facteurs antinutritionnels comme les phytates, naturellement présents dans ces plantes, peuvent chélater les minéraux comme le fer et le zinc, et donc limiter leur absorption et leur utilisation par l'organisme. L'amélioration de la qualité nutritionnelle de ces aliments nécessite donc une réduction maximale des teneurs en phytates au cours des procédés traditionnels de préparation. De nombreuses études ont déjà mesuré les réductions des teneurs en phytates au cours de différents traitements technologiques, comme la fermentation, la germination, le trempage, l'extrusion[1]. Cependant, peu d'entre elles ont tenté de mettre en relation les diminutions de teneurs en phytates avec la biodisponibilité des minéraux étudiés, excepté par le biais de rapports molaires Phytates/Fer, Phytates/Zinc ou Phytates*Calcium/Zn[2]. Il existe cependant trois principaux types d'évaluation de la biodisponibilité des minéraux: méthode chimique (extractabilité HCl), méthodes *in vitro* (digestions *in vitro*, cultures cellulaires) ou méthodes *in vivo* (dosages isotopiques).

Le but de la présente étude est donc d'évaluer l'influence de procédés traditionnels africains utilisés entre autres pour la fabrication de farines infantiles (trempage, germination, fermentation et ajout de phytases) sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans des farines de mil. Les résultats des estimations de la biodisponibilité du fer et du zinc, obtenus avec différentes méthodes *in vitro* ou *ex vivo*, seront comparés entre eux et avec les teneurs en phytates des produits.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Nature, préparation et conditionnement des échantillons

Cette étude a été réalisée sur un lot de graines de mil (*Pennisetum glaucum*) provenant du Burkina Faso auquel ont été appliqués plusieurs procédés technologiques (figure 1). La fermentation proprement dite est réalisée dans une étuve à 30°C après filtration dans une mousseline dont la maille est inférieure à 250 µm de façon à reproduire en laboratoire la fabrication artisanale du *Ben-saalga* burkinabè[3]. Pour la germination, les graines préalablement lavées à l'eau de Javel (10% v/v) sont étalées sur du coton hydrophile recouvert de papier absorbant maintenu humide, dans une étuve à 30°C. Le traitement par la phytase correspond au protocole de Shen[4]: 50 g de farine et 60 mg de phytase (de blé, Sigma P1259) sont incubés dans du tampon acétate à pH 5,15 pendant une nuit à 55°C. L'activité phytasique est ensuite stoppée par acidification à pH 2 par ajout de HCl 5N.

Méthodes d'estimation des minéraux biodisponibles

Extractabilité HCl

1 g de farine est hydrolysé *in vitro* dans 50 ml de HCl 0,03N à 37°C pendant 3h puis filtré sur papier Whatman n°42 avant dosage des minéraux par spectrométrie d'absorption atomique.

Digestions *in vitro*

Ces méthodes comprennent deux étapes principales: reproduction de la digestion gastrique par l'addition de pepsine à pH 2 puis simulation de la digestion intestinale

par ajustement du pH à 7 et addition d'un mélange de pancréatine et d'extrait de bile. Le pourcentage de minéraux «biodisponibles» est ensuite déterminé après centrifugation en fin de digestion intestinale pour évaluer la quantité de minéraux solubles présente dans le surnageant (% minéral soluble).

Modèle cellulaire Caco-2

L'obtention et la culture des cellules ont suivi les protocoles décrits par Puyfouhloux et al.[5],ceux des digestions *in vitro* précédant le dépôt des digestas sur les cellules celui de Glahn et al.[6]

Estimation de l'absorption du fer

Pour ces expériences, les cellules sont ensemencées dans les plaques de six puits à raison de 300.000 cellules par puits et utilisées 21 jours après ensemencement. La digestion est effectuée dans un insert placé au-dessus des cellules, formant ainsi un système à deux chambres avec les cellules dans la partie inférieure. La chambre supérieure est constituée par l'insert au fond duquel est fixée une membrane de dialyse (seuil de coupure 15000PM, Spectra/Por 2.1, Spectrum Laboratories Inc., Los Angeles) grâce à un anneau en téflon. L'insert contenant la membrane de dialyse est placé au-dessus des cellules et un aliquote de 1,5 ml du digesta intestinal est déposé à l'intérieur. Les cellules ainsi mises en contact avec le digesta par diffusion à travers la membrane de dialyse sont incubées pendant 2 h, à 37°C avec une agitation faible. Les inserts sont ensuite retirés et le milieu de la chambre inférieure, additionné de 1ml de MEM dans chaque puits, est laissé en contact avec les cellules pendant 22 h supplémentaires. Les cellules sont ensuite récoltées pour la détermination des teneurs en ferritine, proportionnelles à celle du fer intracellulaire[7]. L'absorption du fer contenu dans les échantillons est comparée avec celle du $FeSO_4$ et celle d'une solution de fer et d'acide ascorbique (2:1 mol/mol).

Transport et rétention du zinc et du fer

Pour les mesures de transport du zinc et du fer, les cellules sont ensemencées sur des inserts en polycarbonate dans des plaques de six puits à raison de 300.000 cellules par insert et utilisées 18 jours après ensemencement. Les cellules se trouvent donc dans la chambre supérieure du système à deux compartiments. 2 ml de MEM sont déposés dans la chambre inférieure. Les plaques de cultures sont ensuite incubées 2 h, à 37°C sous agitation douce. Le milieu de la chambre inférieure est ensuite collecté dans des tubes afin de doser la quantité de zinc et de fer ayant traversé la couche cellulaire. Cette mesure permet d'évaluer les quantités de fer et de zinc effectivement absorbées par les cellules. De plus, les cellules sont récoltées selon la même procédure que pour les mesures de ferritine (3 rinçages et sonication) afin de doser la quantité de minéral présente dans les cellules après digestion. Cette mesure permet d'évaluer la quantité totale de minéraux prélevée dans le milieu contenant le digesta. Le transport et la rétention du fer et du zinc contenus dans les échantillons sont comparés avec ceux du sulfate de fer ($FeSO_4$) et du sulfate de zinc ($ZnSO_4$). De plus un 'blanc' ne contenant que les enzymes utilisées pour la digestion est déposé sur deux puits. Les valeurs obtenues pour le blanc sont retranchées aux valeurs obtenues avec les échantillons.

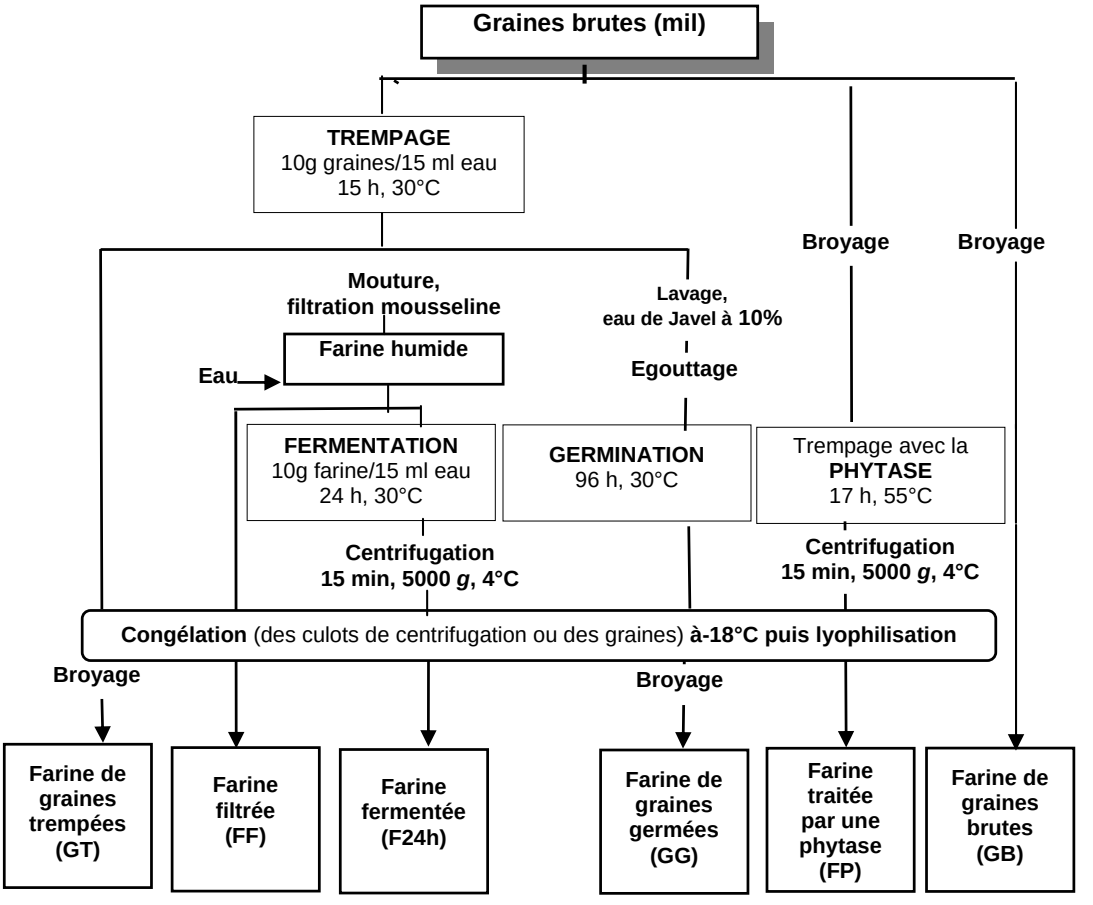


Figure 1: Protocole d'obtention et nomenclature des échantillons.

Méthodes de dosage

Les phytates (IP6) ont été dosés par chromatographie ionique à haute performance[8], sur colonne Omnipac Pax-100 (DIONEX, 4500i, Sunnyvale, USA). Les minéraux ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique (VARIAN, SpectrAA 200, Australie) après minéralisation par voie sèche pendant 2 h à 530°C. Les solutions prélevées au cours des expériences avec les cellules Caco-2 contenant des quantités très faibles de minéraux, les dosages ont été réalisés par spectrométrie d'absorption en plasma induit. La ferritine a été dosée avec le kit ferritine-CT (CIS bio international, France), les protéines dans les cellules avec le kit DC ProteinAssay (BioRad).

Analyses statistiques

Les résultats obtenus par les différentes méthodes ont été analysés à l'aide du logiciel STATGRAPHICS Plus, version 5.0 (Manugistic, Inc., Rockville, EU).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La biodisponibilité du fer et du zinc a été estimé dans les graines brutes et dans les farines obtenues après trempage, filtration, fermentation, germination et trempage en présence de phytase.

Influence des procédés technologiques sur la dégradation des phytates et sur la biodisponibilité des minéraux

L'évolution de la biodisponibilité du fer dans les produits de transformation du mil est donnée dans le tableau 1. Les trois méthodes étudiées mettent en évidence des différences significatives entre les valeurs obtenues pour la biodisponibilité du fer entre les graines germées, la farine fermentée et la farine traitée avec la phytase mais aucune ne met en évidence des différences significatives entre les graines brutes et les graines trempées. Par ailleurs, seuls le traitement par de la phytase et la fermentation permettent d'obtenir une augmentation importante de la biodisponibilité du fer par les méthodes *in vivo*. La mesure de la ferritine est la seule méthode qui ne met pas en évidence une augmentation de la biodisponibilité du fer à l'issue de la germination. Après filtration de la farine à l'aide d'une mousseline, seule l'extractabilité HCl est augmentée de manière significative par rapport à l'extractabilité dans les graines trempées.

Tableau 1: Comparaison de la biodisponibilité du fer dans les produits de transformation du mil par différentes méthodes *in vitro* et *ex vivo.*

Echantillons	% fer extractible HCl	% fer soluble après digestion *in vitro*	% ferritine formée par rapport au $FeSO_4$
Graines brutes	9 [a]	19 [a]	5,1 [a]
Farines obtenues après trempage	11 [a]	20 [a,b]	nd
Farines obtenues après filtration	17 [b]	17 [a,b]	nd
Farines obtenues après germination	20 [c]	22 [b]	5,9 [a]
Farines obtenues après trempage en présence de phytase	47 [d]	26 [c]	11,7 [b]
Farines obtenues après fermentation	40 [e]	31 [d]	16,2 [c]

Les estimations de biodisponibilité suivies d'une lettre identique ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.
nd= non déterminé.

Pour le zinc (tableau 2), aucune méthode ne met en évidence une augmentation significative de la biodisponibilité par simple trempage. Seule la méthode de digestion *in vitro* montre une augmentation significative de la biodisponibilité dans les graines germées. Les trois méthodes classent dans le même ordre de biodisponibilité croissante les échantillons de graines brutes, de graines germées, la farine fermentée et la farine traitée par la phytase. Les valeurs obtenues par extractabilité HCl et digestion *in vitro* sont beaucoup plus élevées que celles obtenues avec la méthode utilisant le modèle cellulaire; en revanche, les variations relatives qui peuvent être mises en évidence avec cette dernière sont beaucoup plus importantes que celles qui peuvent être observées avec les deux premières.

Phytates et indicateurs de biodisponibilité du fer et du zinc

L'importance de la dégradation des phytates est donnée dans le tableau 3 en pourcentage de la teneur initiale dans les graines brutes pour les différents échantillons étudiés. Le trempage n'a pas d'effet significatif sur la dégradation des phytates. En revanche, la filtration à travers la mousseline, la germination, le traitement par la phytase ainsi que la fermentation induisent des diminutions des teneurs en phytates croissantes et toutes significativement différentes les unes des autres. Cependant, seuls le traitement par la phytase et la fermentation permettent une réduction de plus de 95% des teneurs en phytate. L'ordre dans lequel se classent les échantillons selon l'importance croissante de la réduction des phyates est identique à celui dans lequel ils se classent en fonction de l'estimation de leur biodisponibilité par les différentes méthodes (tableaux 1 et 2) sauf pour les échantillons de farine fermentée et de farine traitée par la phytase. L'analyse de variance met cependant en évidence une forte interaction entre les méthodes de dosage et les échantillons, c'est-à-dire que selon la méthode utilisée, les écarts entre les valeurs obtenues pour chaque échantillon sont différents: par exemple, si on considère les échantillons de graines brutes et de graines germées, le pourcentage de dégradation des phytates est très différent (0 à 63%) dans ces deux échantillons mais leur extractabilité HCl du fer et du zinc sont proches et les pourcentages de minéraux solubles après digestion *in vitro* sont quasiment égaux.

Tableau 2: Comparaison de la biodisponibilité du zinc dans les produits de transformation du mil par différentes méthodes *in vitro* et *ex vivo.*

Echantillons	% zinc extractible HCl	% zinc soluble après digestion *in vitro*	% zinc transporté à travers la couche cellulaire
Graines brutes	70 ^{a,b}	16 ^{a}	0,4 ^{a}
Farines obtenues après trempage (GT)	67 ^{a}	15 ^{a}	nd
Farines obtenues après filtration	77 ^{b,c}	16 ^{a}	nd
Graines germées	71 ^{a,b,c}	27 ^{b}	3,6 ^{a,b}
Farines traitée par la phytase	82 ^{c}	32 ^{c}	6,9 ^{b}
Farine fermentée	92 ^{d}	33 ^{c}	12,6 ^{c}

Les estimations de biodisponibilité suivies d'une lettre identique ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%. *nd = non determiné.*

Tableau 3: Comparaison des teneurs en phytates dans les produits de transformation du mil.

Echantillons	Phytates dégradés (%)
Graines brutes	0 ^{a}
Farines obtenues après trempage	0,7 ^{a}
Farines obtenues après filtration	13 ^{b}
Graines germées	63 ^{c}
Farine traitée par la phytase	95 ^{d}
Farine fermentée	99 ^{e}

Les pourcentages de dégradation suivis d'une lettre identique ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5%.

En mettant en relation l'estimation de la biodisponibilité du fer et du zinc (figures 2a et 2b) avec la diminution de la teneur en phytates dans les produits de transformation du mil, on observe que:

- quelle que soit la méthode utilisée pour l'estimer, la biodisponibilité du fer et celle du zinc varie peu dans les échantillons dont la teneur en phytates a été faiblement réduite (graines brutes et trempées, farine filtrée);
- la dégradation importante des phytates observée dans les graines germées se traduit par une augmentation notable de la biodisponibilité lorsqu'elle est estimée par les méthodes d'extractabilité HCl (pour le fer) et de digestion *in vitro* (pour le fer et le zinc). En revanche, cette réduction semble être insuffisante pour que des répercussions soient observées au niveau de l'estimation de la quantité de fer et de zinc absorbée par les cellules.
- Seuls les taux de dégradation importants (≥ 95%) obtenus dans la farine fermentée et la farine traitée par la phytase s'accompagnent d'une amélioration sensible de la biodisponibilité estimée par la méthode utilisant le modèle cellulaire

La mise en relation des taux de dégradation des phytates et des estimations de la biodisponibilité du fer et du zinc obtenus sur un nombre plus important d'échantillons de teneurs en phytates différentes devrait permettre de déterminer des valeurs seuils du taux de dégradation en phytates ou de la teneur résiduelle en phytates au-delà desquelles la réduction de la teneur en phytate a un effet significatif favorable sur la biodisponibilité des minéraux.

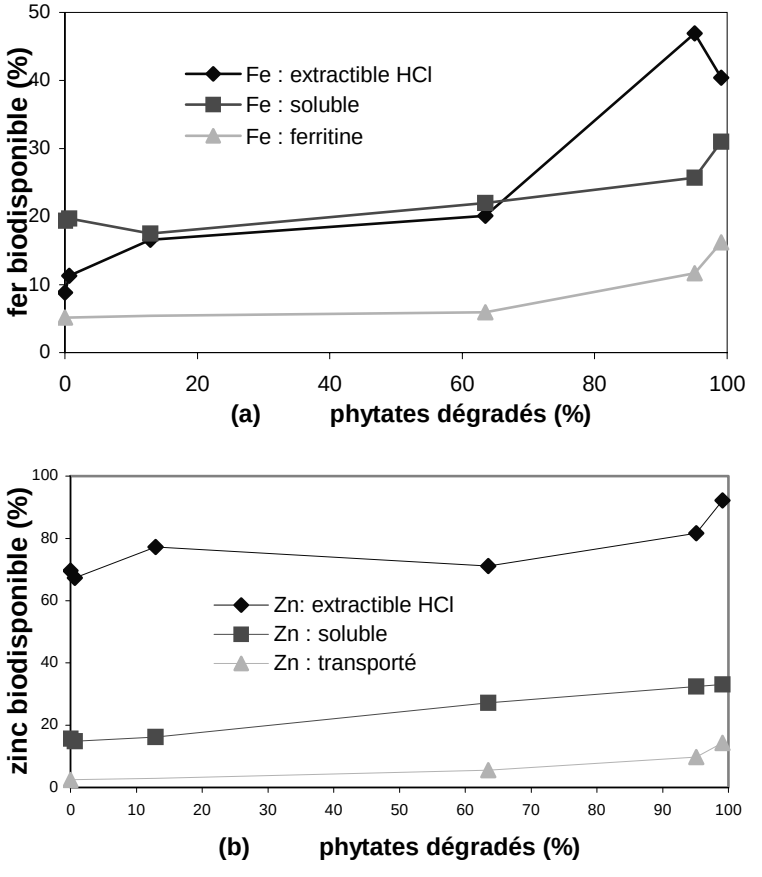
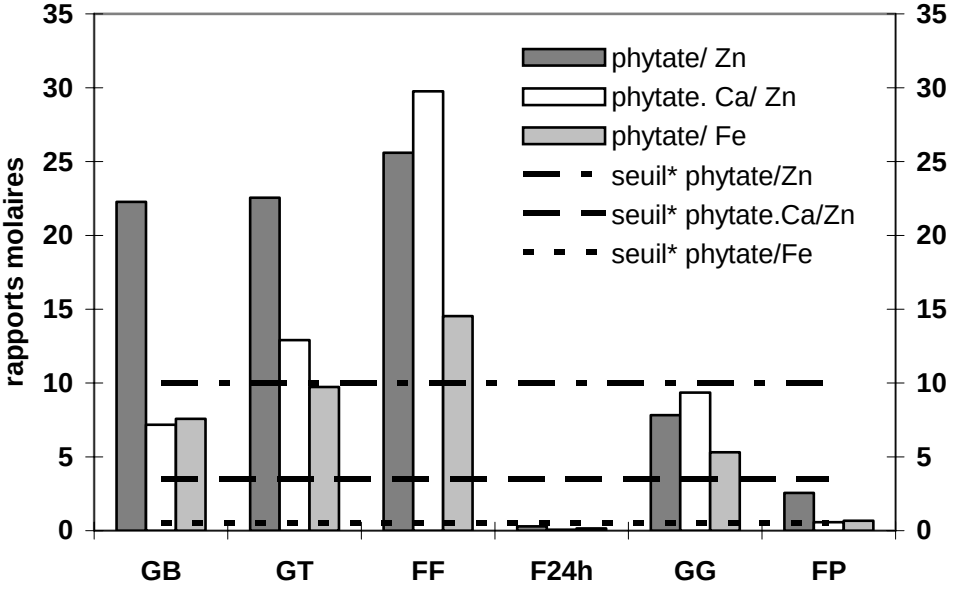


Figure 2: Variations de la biodisponibilité du fer (a) et du zinc (b) estimée selon différentes méthodes en fonction du pourcentage de dégradation des phytates mesuré dans les échantillons.

Par ailleurs, l'effet des procédés utilisés (figure 3) a également été évalué en calculant les indicateurs couramment utilisés de biodisponibilité que sont les rapports molaires[10]. Etant donné que pour le rapport phytate/zinc, des valeurs supérieures à 10 sont généralement associées à des carences en zinc[2], il semblerait que, dans pour nos différentes farines de mil, seuls la fermentation et le traitement par la phytase, voire la germination, permettraient d'obtenir une biodisponibilité du zinc acceptable. Les valeurs des rapports molaires phytate*calcium/zinc, dont le seuil se situe aux alentours de 3,5, confirmeraient les données précédentes, excepté pour la germination. Pour le rapport molaire phytate/fer, certains auteurs placent la limite d'amélioration de la biodisponibilité à 10-15[2], d'autres, notamment pour les aliments fortifiés, à environ 0,1- 0,5[9]. Il semblerait donc que pour le fer, comme pour le zinc, seuls la fermentation et l'ajout de phytase au cours de la transformation du mil peuvent être envisagés afin d'améliorer la biodisponibilité de ces minéraux.



** Seuil du rapport molaire pour lequel la biodisponibilité serait améliorée.*

Figure 3: Rapports molaires phy/Fe, phy/Zn et phy*Ca/Zn dans les produits de transformation du mil.

CONCLUSION

Cette étude confirme que la biodisponibilité du fer et du zinc est très liée à la teneur en phytates des céréales. Elle est améliorée significativement après fermentation, ajout de phytase et, de façon plus limitée, après germination. L'estimation de la biodisponibilité des minéraux après digestion *in vitro* puis centrifugation est une méthode répétable, facile à mettre en œuvre et applicable au suivi d'opérations technologiques. Les cultures cellulaires pourraient constituer un outil de diagnostic plus fin, mais d'utilisation plus limitée en raison de leur coût et du temps nécessaire à leur mise en œuvre.

RÉFÉRENCES

1. Sathe S, Venkatachalam M. Influence of processing technologies on phytate and its removal. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. Food phytates. London: CRC Press, 2002:157-88.
2. Weaver CM, Kannan S. Phytate and mineral bioavailability. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. Food phytates. London: CRC Press, 2002:211-23.
3. Guyot JP, Mouquet C, Tou EH, Counil E, Traore AS, Trèche S. Etude de la transformation du mil (*Pennisetum glaucum*) en *ben-saalga*, une bouillie fermentée traditionnelle du Burkina Faso. Affiche présentée à l'atelier international «Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: le rôle des technologues et des nutritionnistes». Ouagadougou, 23-28 novembre, 2003.
4. Shen X, Weaver CM, Kempa-Steczko A, Martin BR, Phillippy BQ, Heaney RP. An inositol phosphate as a calcium absorption enhancer in rats. J Nutr Biochem 1998;9:298-301.
5. Puyfouhloux G, Rouanet JM, Besançon P, Baroux B, Baccou JC, Caporiccio B. Iron availability from iron-fortified spirulina by an in vitro digestion/Caco-2 cell culture model. J Agric Food Chem 2001;49:1625-9.
6. Glahn RP, Lai C, Hsu J, Thompson JF, Guo M, Van Campen DR. Decreased citrate improves iron availability from infant formula: application of an in vitro digestion/Caco-2 cell culture model. J Nutr 1998(a);128:257-64.
7. Glahn RP, Lee OA, Yeung A, Goldman MI, Miller DD. Caco-2 cell ferritin formation predict nonradiolabeled food iron availability in an in vitro digestion/ Caco-2 cell culture model. J Nutr 1998(b);128:1555-61.
8. Talamond P, Gallon G, Trèche S. Rapid and sensitive liquid chromatographic method using a conductivity detector for the determination of phytic acid in food. J Chromatogr A 1998;805:143-7.
9. Hurrell RF. Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability. J Nutr 2003;133:2973S-2977S.
10. Lestienne I, Icard-Vernière C, Mouquet C, Picq C, Trèche S. Effect of soaking cereal grains and legumes seeds on iron, zinc, and phytate contents. Food Chem, 2005;89: 421-425.

Remerciements: *Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" financé par la Commission Européenne (www.mpl.ird.fr/cerefer), contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Study of the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into *ben-saalga*, a fermented gruel from Burkina Faso

Guyot[1*] Jean-Pierre, Mouquet[1,2] Claire, Tou[1,2] El Hassane, Counil[1] Emilie, Traore[2] Alfred S, Trèche[1] Serge

[1] UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
[2] CRSBAN/UFR-SVT/Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Corresponding author: *jpguyot@mpl.ird.fr*

- Abstract -

Ben-saalga is a Burkinabè fermented gruel which is widely consumed by young children. Preliminary results obtained from surveys performed in producing units at Ouagadougou (Burkina Faso) on the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into *ben-saalga* are presented. Briefly, the processing consists of the following steps: washing of the grains (optional), soaking, grinding, wet sieving of the resulting dough, settling and cooking. The processing is characterised by the large amount of water used relative to the initial amount of raw material and by the duration of the soaking and the settling being the longer steps (16h and 11h, respectively). During the soaking and the settling the pH decreased, the final pH being lower during the settling. The soaking step is mainly characterized by an alcoholic fermentation, whereas the settling step is dominated by a lactic acid fermentation. A strong decrease in the content of antinutritional factors, such as phytates and raffinose, was observed throughout the processing, but the resulting gruel had a very low dry matter content. Investigations are under progress to improve the energy density and the lipid and protein content of *ben-saalga*.

Key words: *Ben-saalga* – Millet – Fermentation – Processing – Lactic acid.

- Résumé -

Etude de la transformation du mil (*Pennisetum glaucum*) en *ben-saalga*, une bouillie fermentée traditionnelle du Burkina Faso

Le *ben-saalga* est une bouillie burkinabè traditionnelle obtenue par cuisson d'une suspension diluée de pâte fermentée de mil. Des enquêtes réalisées à Ouagadougou ont montré qu'elle était largement consommée par les jeunes enfants. Nous présentons ici la description du procédé traditionnel de transformation du mil en *ben-saalga* et les principales modifications chimiques qui l'accompagnent. Les résultats présentés sont obtenus à partir d'enquêtes et de prélèvements réalisés auprès de 24 unités de production. Les teneurs en phytates (IP6), mono- et diholosides ont été déterminées par HPIC, celles en lactate, acétate et éthanol par HPLC.

Les différentes étapes consistent successivement en un lavage des grains, un trempage, l'ajout d'ingrédients (e.g. gingembre, menthe, poivre noir), un broyage, un tamisage de la pâte obtenue, une décantation et une cuisson finale. Les principales caractéristiques sont (s: écart-type):

- l'importante consommation d'eau (moyenne = 80 l; s = 12) pour une quantité moyenne initiale de matière première de 6,6 kg (s = 3,9);
- la durée du trempage et de la décantation qui sont respectivement de 16 h (s = 7; min 6, max 31) et de 11 h (s = 4; min 2, max 20);
- la très faible teneur en matière sèche (MS) de la bouillie avant addition de sucre (7,3 g/100g) correspondant à une densité énergétique d'environ 30 kcal/100g.

Le pH en fin de décantation (moyenne = 3,7; s = 0,1) est inférieur à celui en fin de trempage (moyenne = 4,4; s = 0,1). Le trempage est caractérisé par une production d'éthanol supérieure à celle d'acide lactique, alors que l'étape de décantation est dominée par une fermentation lactique. Les autres modifications chimiques du mil au cours du procédé se caractérisent par une diminution des teneurs en saccharose et en raffinose, alors qu'il est observé une augmentation transitoire des teneurs en glucose et en fructose. La teneur en phytates (IP6) varie de 0,67g MS (s = 0,05) dans les grains lavés à 0,18 g/100g MS (s = 0,12) dans la pâte fermentée, avec le taux de diminution le plus important (65%) observé lors de la décantation. La teneur en protéines diminue de 10,2 g/100g MS (s = 0.6) dans la graine à 6,0 g/100g MS (s = 2,1) dans la pâte fermentée, ce qui s'explique par l'élimination de fractions riches en protéines lors du tamisage.

Pour améliorer la qualité nutritionnelle du *ben-saalga* en vue de son utilisation par les jeunes enfants, la densité énergétique peut-être augmentée par ajout d'une source d'α-amylase (malt, enzymes commerciales) et les teneurs en protéines et en lipides améliorées par co-fermentation avec des légumineuses. Une telle approche se justifie aussi par la possibilité de réduire naturellement les teneurs en phytates et α-galactosides.

Mots-clés: *Ben-saalga* – Mil – Fermentation – Transformation – Acide lactique.

INTRODUCTION

Although a great deal of information is available on numerous traditional cereal and cassava-based fermented foods[1], many descriptions do not rely on a statistically sound approach, and are most often based on the description of only one (or a very few) traditional producing units. Some reasons of this difficulty to obtain information which attempt to describe as best as possible the reality are due to the fact that such studies, considering the surveys, the sampling and the processing of numerous samples of material, are heavy to perform, time consuming and expensive. In addition, there is not always an easy access to these traditional producing units, which often are cottage or family (micro)-enterprises, thus results obtained can be very frustrating when balanced against the amount of work to get it.

When attempts are made to give a more extensive description based on relatively high number of processing (producing) units, with intention to produce reliable data, often previous estimates on the existing number of units in a determined place are lacking, which prevents to randomise the producing units to be investigated and which could introduce bias. Thus there is no clear vision of the true variability of the different processes applied in terms of duration and mass balance. Furthermore, there is also a lack of information on the extent of the variability of the physico-chemical characteristics of the resulting foodstuffs. This could impair any strategy (i) to improve the existing processes if the expectations of the producers and consumers are to be taken into account, and (ii) to establish standards if a more reliable quality of foodstuffs is expected. Sustainability in quality must be developed through the implementation of reliable approaches in order to properly address two major challenges:

- to feed the urban population with good nutritional and sanitary quality products;
- to sustain the commercial exchanges between countries: importation and exportation requires quality criteria.

Taking into account these points, i.e. difficulties and expected outcomes, the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum)* into *ben-saalga*, a traditional Burkinabè gruel obtained by cooking a diluted fermented paste of pearl millet is being studied in the frame of an European research project (the “Cerefer” project), with the objective to elaborate ways to improve its nutritional and sanitary quality.

The particular interest for millet based fermented gruels (*ben-saalga* and its derived foodstuff: *ben-kida*) is based on results from previous surveys performed in Ouagadougou in 1999 in 70 representative producing units[2]. This study allowed estimating that 49% of households consume these fermented gruels. Among the households considered as regular consumers, it was shown that 75% of children less than 5 years old consume regularly millet-based fermented gruels, whereas only few adults (19%) are consumers, justifying an increased interest for this traditional gruel as a complementary food for young children. It must also be emphasized that the same surveys showed that these gruels are produced only by women, which in majority are Muslim (92%) and belong to the *Mossi* ethnic group (73%). Another interesting point was that the passing down of the traditional knowledge is made by a direct ascendant (mother) in 31% of the cases or by another member of the family in 34% of the cases.

As preliminary results, we report here on the description of the traditional processing of pearl millet into *ben-saalga* and on main chemical changes occurring during the process. The choice of focusing more specifically the study on the gruel *ben-saalga* is justified by the fact that the corresponding processing diagram is also part of the processing diagram of *ben-kida.*

MATERIAL AND METHODS

Observations and sampling in producing units

24 producing units of fermented gruels (*ben-saalga* and *ben-kida)* have been randomly selected from a list of 93 units identified one year before (1999) during a preliminary survey on the production, commercialisation and consumption of *ben-saalga* in Ouagadougou[2].

To describe the different steps of the processing and characterise the variability of the resulting product, the following measurements were performed in the producing units: duration of each step; weighing of raw material used (grains, other ingredients, water), intermediary products, waste and final products; measurement of pH. Samples of product at the different stages were taken and freeze-dried for further analysis.

Fermentation kinetics

Since producing units were at the family scale, access to the different stages of the processing was not always easy, mainly for operations occurring overnight, which illustrates the limit of the approach as indicated in the introduction. Thus fermentation kinetics during soaking and settling were investigated by reproducing field conditions based on survey data and described here (tables 1 and 2). Experiments were performed at the University of Ouagadougou at ambient temperature, using identical recipients to those used by the producers. For soaking, five independent pilot scale experiments were performed. For settling, three series of independent triplicate experiments were performed. Grains for the soaking experiment and non fermented paste for the decantation experiment were bought from 3 different producers.

Analytical methods

Phytate (IP6) content was determined on freeze-dried samples by HPIC using an Omnipac Pax-100 anion-exchange column[3].

Lactic acid, acetate, ethanol in supernatants from the soaking and settling steps were analysed by HPLC using an Aminex HPX-87H column, and mono- and disaccharides were analysed by HPIC using a Carbopac PA1 column[4].

Crude protein (Nx6.25) was determined by the Kjeldahl's method.

Table 1: Amount of material and water used at the different steps of processing to prepare *ben-saalga*.

	Mean	sd*	Median	Min	Max
pearl millet (kg)	6.6	3.9	5.9	1.8	18.1
water for washing (l)	12.5	10.5	10.3	0.0	39.2
water for soaking (l)	8.9	4.2	8.8	3.3	15.3
ground millet (kg)	10.5	4.6	10.8	4	17.1
water for grinding (l)	5.7	4.9	5.0	0.0	20.3
wet dough (kg)	12.8	7.7	10.9	1.9	32.3
water for sieving (l)	39.3	22.7	31.8	9.9	106.9
Supernatant of the sieving step used for cooking (l)	23.9	11.1	24.3	5.1	46.8
fermented paste used for cooking (kg)	9.1	3.8	9.7	2.6	15.3
water added during cooking (l)	13.4	9.8	13.3	0.0	31.7

**standard deviation.*

Table 2: Duration of the different steps during the traditional processing of pearl millet into *ben-saalga*.

	Duration			
	Mean	sd*	Median	Min-Max
Washing before soaking (min)	10	7	6	2-25
soaking (h)	16	7	16	6-31
Washing after soaking (min)	11	9	8	2-40
Grinding (including time to go to the milling unit) (min)	50	39	38	13-190
sieving (min)	23	14	18	5-60
settling (h)	11	4	10	2-20
cooking of the fermented paste (min)	11	11	6	1-40

**standard deviation.*

RESULTS AND DISCUSSION

Description of pearl millet processing into *ben-saalga*

From measurements performed at the producing units, the successive following steps were determined (figure 1): washing of the grains (optional), soaking, washing, wet grinding (pepper, ginger, mint, aniseed can be added at this step), sieving, settling of the paste resulting from sieving and cooking. This diagram is similar to other processing of cereals starting with a soaking step (e.g. *ogi*, *mawè, poto-poto*). Amount of material and water used to produce *ben-saalga* and durations and pH at the different steps are indicated in Table 1 and 2, respectively. It has to be emphasized that the processing requires large volumes of water (mean = 80 l, s = 12 l) compared to the initial amount of raw material (mean = 6.6 kg, s = 3.9 kg), the sieving being the most consuming step with the use of 39.3 l (s = 22.7 l). The soaking and the settling are the longer steps (table 1). During the soaking the pH decreases from an average initial value of 6.6 (s = 0.1) to an average final value of 4.4 (s = 0.1) and during the settling the pH decreases from 5.5 (s = 0.2) to 3.7 (s = 0.1), suggesting that a fermentation occurs during these steps (table 2). At the end of processing, the gruel is characterised by a very low dry matter content (7.3 g/100g, s = 2.3 g/100g, n = 4) corresponding to an energy density of about 125 kJ (30 kcal)/100g of gruel.

From table 3, it can be seen that the major changes observed in the chemical composition of pearl millet during processing are:

- a decrease in the phytate (IP6) content throughout the processing with the highest reduction (65%) during settling;
- a strong lowering of the sucrose and raffinose contents, whereas fructose and glucose transiently increased between soaking and grinding;
- a decrease in the crude protein content from 10.2 g/100g DM in the grains to 6.0 g/100g DM in the fermented paste. This decrease is due to the elimination of some protein rich fractions at the sieving step.

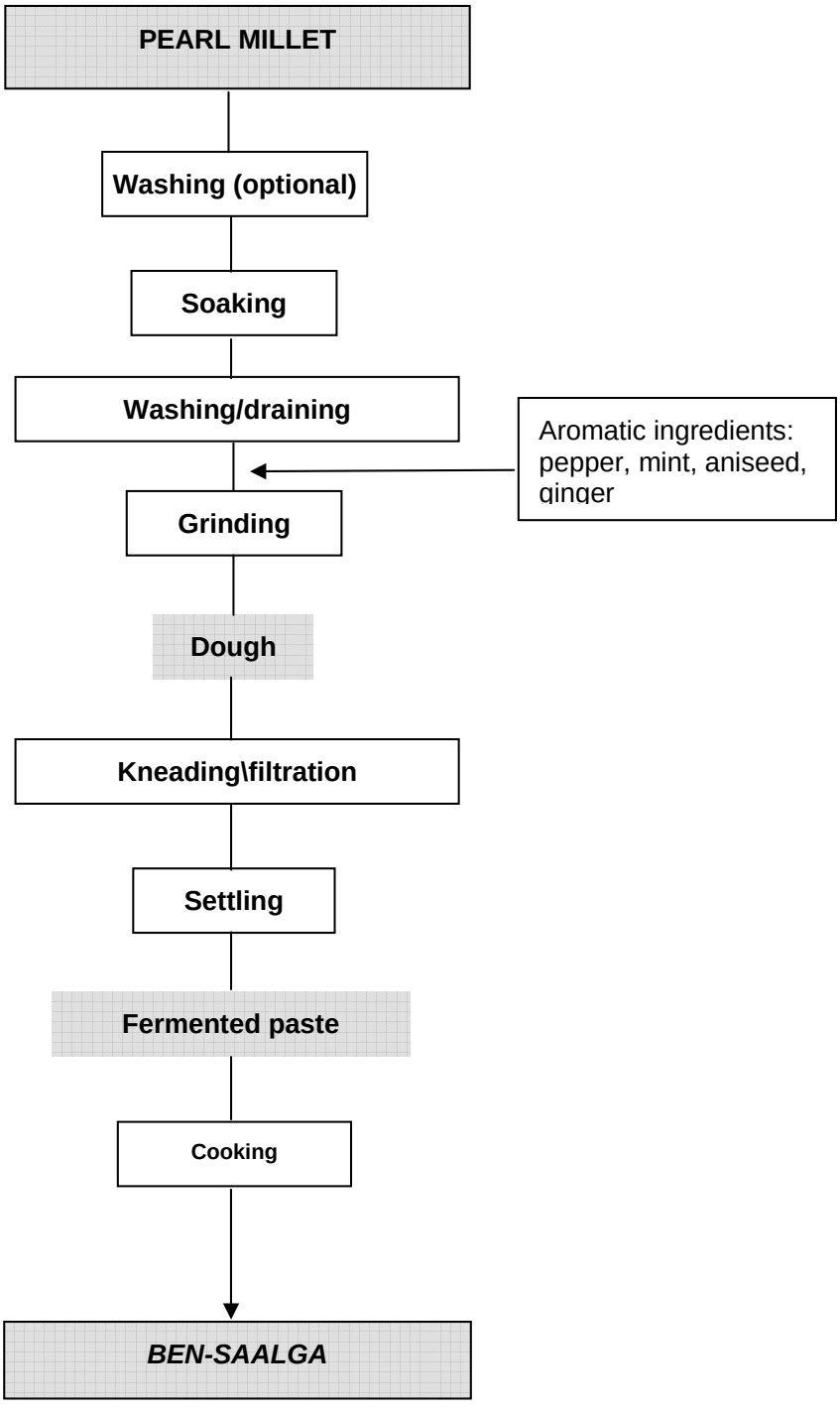


Figure 1: Traditional processing of pearl millet into *ben-saalga*.

Table 3: Main chemical changes occurring during the processing of pearl millet into *ben-saalga (results are average values in g/100g DM with standard deviation in brackets).*

	Proteins	Phytate (IP6)	Glucose	Fructose	Sucrose	Raffinose
washed grains	10.2 (0.6)	0.67 (0.05)	0.12 (0.08)	0.08 (0.07)	1.09 (0.33)	0.48 (0.23)
soaked grains	10.1 (0.6)	0.63 (0.10)	0.30 (0.20)	0.10 (0.09)	0.27 (0.17)	0.21 (0.16)
non fermented paste	8.7 (1.2)	0.51 (0.13)	1.36 (0.56)	0.31 (0.20)	0.03 (0.02)	0.04 (0.05)
fermented paste	6.0 (2.1)	0.18 (0.12)	0.23 (0.59)	0.05 (0.05)	0.01 (0.01)	0.08 (0.27)

Fermentation kinetics

Decrease of pH during soaking and settling led to investigate the kinetics of product formation in order to better characterize these steps.

Surprisingly, the soaking step is characterised by a higher production of ethanol than lactic acid (figure 2A). In contrast, as expected from the low final pH observed, the decantation step is dominated by lactic acid fermentation (figure 2B). Production of ethanol is also observed with traces of acetate. It has to be emphasized that lactic acid formation showed a large variability as indicated by standard deviations (figure 2B), whereas ethanol and acetate concentrations did not vary so much. Variability in lactic acid production demonstrates the need to establish conditions allowing controlling the process and reducing the extent of variability. Such a control would be important to produce gruels with more defined characteristics.

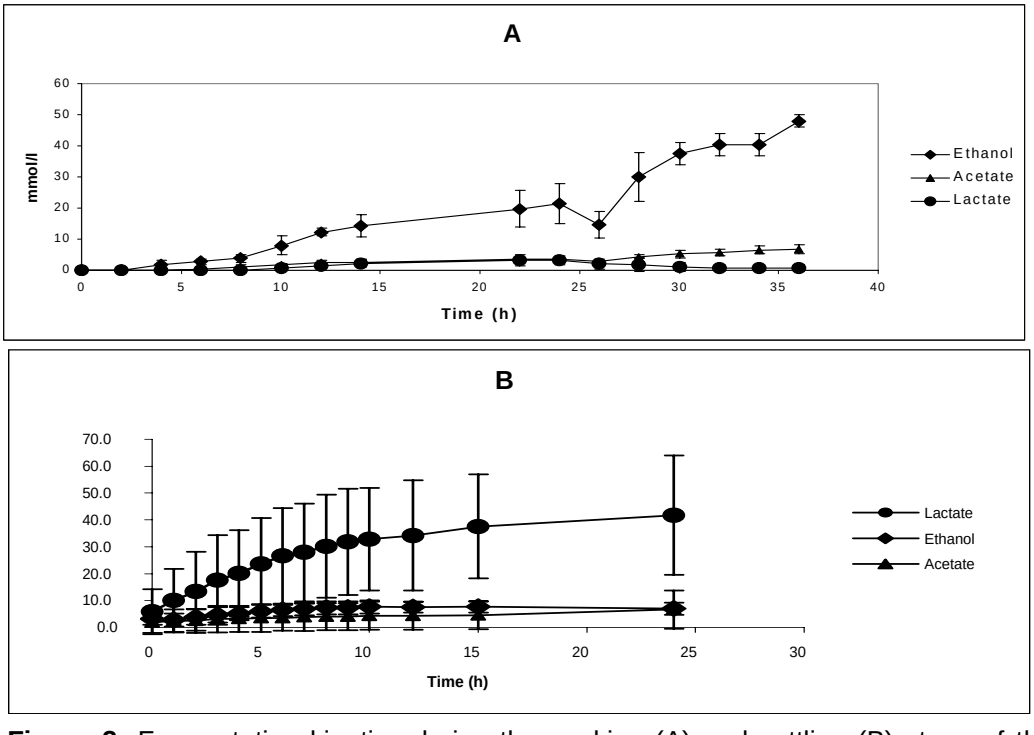


Figure 2: Fermentation kinetics during the soaking (A) and settling (B) steps of the processing of pearl millet into *ben-saalga* (Y-axis in mmol/l; bars are standard deviations).

Samples taken in different producing units at the soaking and settling steps are being analysed in order to establish comparisons between the experimental data and field data.

CONCLUSION

Processing of pearl millet into *ben-saalga* involves two fermentation steps: soaking and settling. Whereas the soaking step seems dominated by an alcoholic fermentation, fermentation kinetics experiments show that a lactic acid fermentation occurs during the settling step, contributing to impart some natural protection against food-borne pathogens.

Levels of antinutritional factors, such as phytates and raffinose are naturally decreased during fermentation. However, considering the low energy density and protein content of *ben-saalga*, additional improvements are necessary to produce complementary foods with appropriate characteristics. Energy density can be increased by adding α-amylase sources (e.g. malt); lipid and protein content can be improved by co-fermentation with beans and pulses.

REFERENCES

1. Steinkraus KH. Handbook of indigenous fermented foods. New York: Marcel Dekker, 1995:211-64.
2. Djossou VA. Etude de la production, de la commercialisation et de la consommation des bouillies à base de petit mil fermenté à Ouagadougou, Burkina Faso. Mémoire de DESS Industries Agro-Alimentaires. Ouagadougou: Université de Ouagadougou, 2000.
3. Talamond P, Doulbeau S, Rochette I, Guyot JP, Trèche S. Anion-exchange high-performance liquid chromatography with conductivity detection for the analysis of phytic acid in food. J Chromatogr A 2000;871:7-12.
4. Calderon M, Loiseau G, Guyot JP. Nutritional requirements and simplified cultivation medium to study growth and energetics of a sourdough lactic acid bacterium *Lactobacillus fermentum* Ogi E1 during heterolactic fermentation of starch. J Appl Microbiol 2001;90:508-16.

Acknowledgments: *This work was funded by the European Commission contract N° ICA4-CT-2002-10047 (www.mpl.ird.fr/cerefer/).*

Pozol, a popular Mexican traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough

Guyot[1*] Jean-Pierre, Trèche[1] Serge, Rio[1] Dolores, Espinosa[2] Judith, Centurión[2] Dora, Wacher[3] Carmen

[1] UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.
[2] Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Unidad Sierra, 86000 Villahermosa, Tabasco, México.
[3] Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México.

[*]Corresponding author: *jpguyot@mpl.ird.fr*

- Abstract -

As in numerous African countries, in Mexico maize is used to produce a great variety of traditional foodstuffs. Among them, *pozol* is a slightly acidic beverage made from a fermented maize dough, consumed in the Southeast part of Mexico. It is produced in small-scale or family sized processing units, as well as in urban or in rural areas. In order to better know *pozol* producers and consumers, and to characterise maize processing into *pozol* in an urban area, a first survey allowed to identify 62 producing units and to characterise their general characteristics. This survey was followed by a more detailed characterization made in 12 small producing units at Villahermosa (México). 79% of the producers are women of which 61% are more than 45 years old. They process between 5 and 375 kg of maize/day (median: 33kg) with a very low profit margin. The profits significantly increase (p<0.005) as production increases. From the sample of units surveyed, one producing unit out of ten is in deficit. Variable costs represent 79% of the total costs. Maize is the most expensive variable cost and it varies between 21.9 and 82.3% (mean value: 49%), mineral water represents 11.9%. Consumers belong to the low income class and 59% are male. 57% of consumers give *pozol* to their young children. However, although none give *pozol* as gruel to their young children, 80% would agree to prepare gruel from *pozol* as a complementary food.

Processing steps consist of cooking maize in lime (nixtamalization), washing, grinding, kneading the resulting dough (at this step roasted ground cocoa can be added), and fermentation (1 to 15 days). The beverage is made by blending the fermented dough with water, to which milk, horchata and sugar can be added. No major changes in the proximate composition of maize were observed during processing. The beverage has a very low dry matter content (10.1 ± 4.3 g/100gDM). Future research will focus on methods to increase the energy density of gruels prepared from *pozol* in order to meet the nutritional requirements of young children.

Key words: *Pozol* – Maize – Lactic acid fermentation – Small-scale processing units.

- Résumé -

Le *pozol*: une boisson fermentée traditionnelle mexicaine réalisée à partir d'une pâte de maïs cuit à la chaux

De nombreux procédés africains de production d'aliments fermentés à base de céréales débutent par une étape de trempage des grains, avec ou sans lavage préliminaire. Au Mexique, la transformation du maïs débute par une étape originale appelée «nixtamalization» qui consiste à cuire les grains de maïs dans une solution de chaux. Le *pozol* est un exemple typique d'une boisson traditionnelle réalisée à partir de pâte fermentée de maïs cuit à la chaux. Cette boisson était déjà consommée par les civilisations antiques méso-américaines, bien avant que les Espagnols et les Portugais n'aient découvert l'Amérique et «exporté» le maïs (et le manioc) en Afrique.

Nous présentons ici des résultats sur la transformation du maïs en *pozol* à une échelle artisanale à Villahermosa, ville de l'état de Tabasco au Sud-Est du Mexique. Cette étude avait pour objectif de mieux connaître les procédés tels qu'ils sont pratiqués en zone urbaine afin, le cas échéant, de développer des voies adaptées d'amélioration de la qualité nutritionnelle du *pozol* pour son utilisation en alimentation du jeune enfant. Des enquêtes ont été réalisées auprès de 62 unités de production pour déterminer les caractéristiques des producteurs. Douze ont été ensuite tirées au sort pour une étude plus détaillée des différentes étapes de la transformation.

La plupart des producteurs (79%) sont des femmes dont 61% ont plus de 45 ans et 71% sont mariées. 53% des producteurs travaillent avec leur famille et 10% ont des employés. 77% des producteurs vendent à la fois la pâte fermentée et la boisson directement aux consommateurs qui ont pour 61% d'entre eux entre 25 et 50 ans. Parmi les acheteurs qui donnent du *pozol* à leurs jeunes enfants (57%), 60% le font quotidiennement. Toutefois, la contribution du *pozol* à l'ingéré énergétique de ces enfants reste à déterminer. En ce qui concerne la transformation, tous les producteurs utilisent du «maïs blanc» acheté pour 61% d'entre eux au marché officiel. La quantité initiale de maïs utilisée peut varier de 5 à 375 kg/jour (médiane: 33 kg). Les principales étapes sont: la cuisson en présence de chaux (1h55), le lavage (29 min, pendant cette opération le péricarpe est éliminé), le broyage (1h45), le pétrissage (1h08, de la poudre de cacao grillé peut être ajoutée). Une pâte est ensuite obtenue et mise à fermenter de 1 à 15 jours, selon les préférences du consommateur. Le pH d'une pâte fermentée de 3 jours est de 4,0±0,2. Pour préparer la boisson, la pâte fermentée est mélangée avec de l'eau seule dans 70% des cas, ou mélangée avec du lait, de l'orgeat et du sucre.

En dépit de la combinaison de la «nixtamalisation» avec la fermentation lactique naturelle, les bouillies préparées à partir du *pozol* ne présentent pas les caractéristiques requises pour couvrir les besoins énergétiques des jeunes enfants. Des études sont en cours pour déterminer des méthodes permettant d'augmenter la densité énergétique de telles bouillies.

Mots-clés: Fermentation lactique – *Pozol* – Maïs.

———————————

INTRODUCTION

In Africa, cereals (sorghum, millet, maize) are used to produce numerous fermented foodstuffs such as *ogi* in Benin, Nigeria, Ghana, *mahewu* in South Africa, *uji* in Eastern Africa*, kenkey* in Ghana, *poto-poto* in The Congo, etc. Among the cereals used, maize is an important staple crop. It originated in Mexico. However, Mexican maize based fermented foodstuffs are less known around the world. In Mexico, more than 605 ways to prepare maize-based foods are known, including a great diversity of alcoholic beverages and lactic acid fermented foods which are still prepared in small-scale and family sized processing units, mainly in rural areas.

Many African manufacturing procedures of cereal-based fermented foods start with soaking of the grains (with or without a preliminary washing). In Mexico, maize processing starts with an original step called « nixtamalization », which consists of cooking maize kernels in a lime solution. For example, *pozol* is a typical traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough which is suspended in water[1,2]. This acidic beverage was consumed by ancient Mesoamerican civilizations much before the Spanish and Portuguese discovered America and "exported" maize (and cassava) to Africa. Since this time until now, it is used for different purposes as food or refreshing beverage, for religious ceremonies and for its curative properties.

At the present time, *pozol* is consumed in rural and urban areas of South-East Mexico. It is produced at family and cottage level and its traditional processing shares some similarities with that of numerous traditional fermented foods and beverages in Africa. Different methods of processing have been described[2] depending on whether it is produced by rural (*pozol indigena*) or urban communities (*pozol mestizo*). The microbiology of *pozol* has been the subject of different studies, which show the importance and diversity of lactic acid bacteria[3,4,5]. It is believed that nixtamalization plays an important role in affecting the microbial community by decreasing the initial concentration of readily available mono- and disaccharides. Recent results show that amylolytic streptococci and enterococci could have a great influence on structuring the *pozol* microbial community[6]. In contrast, most amylolytic lactic acid bacteria which have been so far isolated from African cereal-based fermented foods belong to the species *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus fermentum*[7, 8].

In the present work, results on maize processing into *pozol* in cottage producing units at Villahermosa, a city of the state of Tabasco (Southeast Mexico), are presented. The aim of this study was to better know the producers and consumers and to describe this processing as practiced in an urban area, in order to further develop adapted and simple techniques to improve the nutritional quality of *pozol* for infant and young children feeding. Also, taking into account its widespread consumption, *pozol* can also be an interesting support for the implementation of fortification strategies.

MATERIAL AND METHODS

An exhaustive inventory of producers was performed in five districts of Villahermosa (Tabasco, Mexico) which were clustered into three areas: AREA 1 (1 district) corresponds to the historical centre of the city; AREA 2 (2 districts) corresponds to an old part of the city (around 200 years old) that resulted from the merging of 2 small villages with the city; AREA 3 (2 districts) corresponds to a more recent part of the city (around 30 years old). The inventory identified 62 producing units. All these producing units were surveyed to determine the general characteristics of producers, and producing units. After this study, from the initial sample of 62 units, 12 were omitted since it appeared that only part of their production was made in Villahermosa.

The detailed characterization of the different steps of the processing and the economical studies were performed in 12 small producing units at Villahermosa randomly selected among the remaining 50 units identified in 5 representative districts of the city. For that purpose, a stratification of the producing units was performed according to the amount of maize processed per day and the duration of the processing.

The survey on consumers was done at the level of the retail outlets belonging to the same 12 producers which were randomly selected as indicated above. One consumer was interviewed every 15 min (starting after the first consumer of the day) during one selling day for each retail outlet. Data resulting from surveys were processed using the software Epi Info 6.04d.

Proximate composition of maize and *pozol* samples was determined on a composite sample resulting from samples collected in the 12 randomly selected producing units. The following analyses were made according to official methods (AOAC): crude protein by the Kjeldahl method (Nx6.25), crude lipids by the Soxhlet method, fibres by the Van Soest method[9] (ADF). Carbohydrate content was estimated by difference. The energy density was calculated by applying the following coefficients: 16.7 kJ (4 kcal)/g of proteins or carbohydrates, 37.6 (9 kcal)/g of lipids.

RESULTS

Characteristics of the producers

A general survey was performed on the 62 producing units identified in the 3 areas investigated in Villahermosa. It is interesting to note that similarly to situations in Africa, *pozol* production relies on women and is performed at a small scale. Most of the producers (79%) are women, 61% of which are more than 45 years old and 71% are married. 95% of producers are natives of the state of Tabasco and the remaining 5% are from the neighbour state Chiapas. 53% of the producers work only with their families, and 10% with employees. 77% of producers are retailers and sell both the fermented dough and the beverage. 90% of producers consume also the *pozol* they produce, but the self-consumption is minor since it represents only 1/4 of the production for 2% of those producers which process no more than 10 kg of maize.

As for the know-how of producers, 54% of them acquired it recently (less than 5 years ago). For 74% of producers, the know-how was passed down by a direct ascendant (another similarity with African producers), 14% learnt to produce *pozol* by themselves by observation of others, and 12% learnt it from another member of the family or a friend.

Cost-effectiveness of the producing units

The survey of 12 representative producing units indicated that variable costs represent 79% of total charges. Purchase of maize represents the most important variable cost which varies between 21.9 and 82.3% (mean value: 49%), the second important expense is cocoa (13.3%, Min: 2.7%, Max: 24.1%) when it is used and mineral water (11.9%, Min: 3.4%, Max: 22.3%). Fixed costs are lower than 6% for processing units which do not have employees. Depreciation costs are very variable: depending on the presence or not of employees, they may vary from 3.1 to 100% of fixed costs (mean value: 32.5%). As for profits, there is only a very small difference between the gross profit margin and the net margin. The net margin for producers is very low and one producing unit out of 10 was in deficit. The difference in the amount of maize which is processed explains the variability in the observed margins between producers. There

is a significant relation ($p<0.005$) between the level of production and margins: the profit margins increase with increasing production.

Characteristics of the consumers

The survey of 118 consumers interviewed at 12 retail outlets indicated that *pozol* is mainly consumed by the middle-class and the poor, which is another common characteristic with African consumers of fermented cereal-based foods. *Pozol* is consumed daily by 56% of the consumers. 37% of consumers are unemployed and among those who have a job, 86% have a low income. The majority of consumers are male (59%). 61% of the consumers are aged between 25 and 50 years. Most of the consumers (80%) have children. Among those who gave *pozol* to their young children (57%), 60% did it on a daily basis. The contribution of *pozol* to the energy intake of young children has to be estimated yet. Young children consume *pozol* as a beverage, but never as a gruel in contrast to children in many African countries where fermented cereals are used as complementary foods. However, 80% of Mexican consumers surveyed in the city of Villahermosa would agree to feed their young children with gruels prepared from *pozol*, because they believe that *pozol* is “nutritious and contains a lot of vitamins”. The remaining 20% did not agree at all for unexplained fear. Such results support the idea that a new complementary food made from *pozol* and consumable as gruel could be developed.

Characterization of the processing

A detailed characterization of the processing of maize into *pozol* was made in the 12 representative producing units randomly selected and allowed to establish the diagram shown in figure 1. All producers use “white maize” and 61% of them bought it at the official market. The initial amount of maize used can vary from 5 kg to 375 kg/day (median: 33 kg). The average total duration of processing (including roasting and grinding cocoa) is 7h27, but it can vary between 1h36 and 18h05 according to the amount of maize to be processed. The main steps consist of: cooking in lime (mean: 1h 55, Min: 1h00, Max: 2h45), washing (29 min, Min: 10 min, Max: 1h00; during this operation the pericarp is eliminated), grinding (1h 45, Min: 15 min, Max: 8h00), kneading (1h08, Min: 10 min, Max: 6h00; at this level roasted ground cocoa can be added). A dough is then obtained, which is further fermented between 1 to 15 days, according to the preferences of the consumers. The pH value of a 3-day fermented dough is 4.0 ± 0.2. To prepare the beverage, the fermented dough is blended with water alone (70% of the cases) or milk, *horchata* (a beverage made of raw soaked rice) and/or sugar are added according to consumer preference.

No major changes in the composition of maize were observed throughout the processing (table 1), except a slight increase of crude lipids content in the 3-day fermented dough. Adding cocoa increased crude lipids and fibre contents and decreased the carbohydrate content, but without consequences on energy content of the beverage on a dry matter basis. However, the dry matter content of the beverage is low (10.1 ± 4.3 g/100gDM) and when gruels are prepared from *pozol*, their consistency is similar to that of gruels prepared from maize flour without adding a source of amylase (not shown).

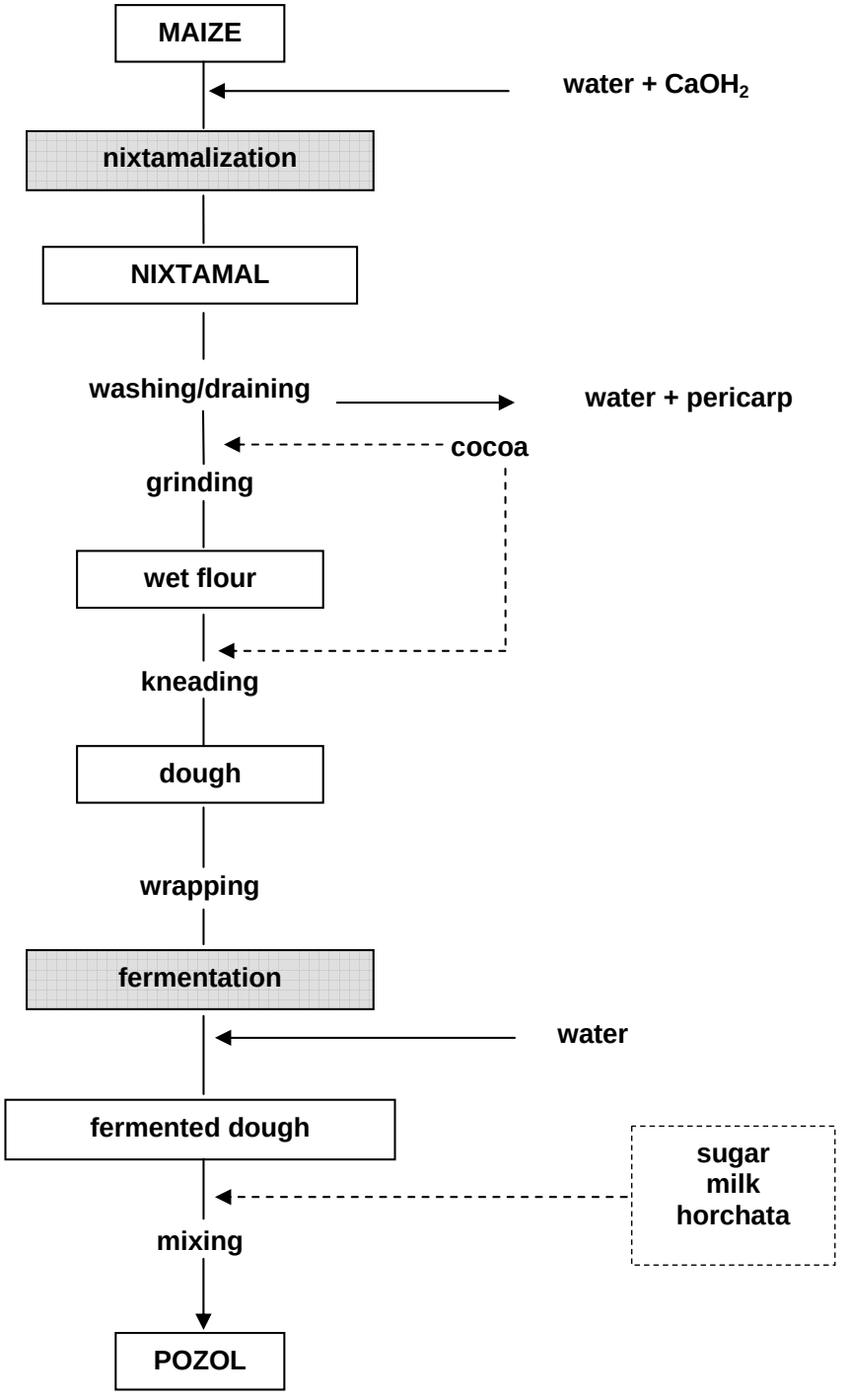


Figure 1: Processing of maize into *pozol (dotted lines are for facultative operations).*

Table 1: Changes of proximate composition (g/100 g dry matter) of maize during its processing into *pozol* (data obtained from average samples taken in 12 representative units).

	Crude Protein	Crude Lipids	Fibres	Ash	Total Sugars	Energy (kJ/100gDM)
Maize (grains)	10.2	4.5	3.7	1.4	80.4	1680
Nixtamal	9.8	4.7	4.3	1.2	80.0	1676
Dough	10.0	5.6	4.0	1.4	79.0	1697
fermented dough *(3 days)*	10.2	5.5	3.7	1.4	79.3	1701
fermented dough with cocoa *(3 days)*	10.6	9.2	9.8	1.5	68.8	1672

CONCLUSION

This preliminary investigation indicates that *pozol* produced in an urban area is consumed by the low income class and by young children. However, to develop a complementary food which meets the nutritional requirements of young children, more detailed studies are required to determine ways to increase the energy density of *pozol*-based gruels and to quantify changes of micronutrients (e.g. vitamins and minerals) and of antinutritional factors (e.g. phytates) during processing.

It is interesting to observe that in spite of the nixtamalization step (during which most microorganisms die), a natural lactic acid fermentation takes place. According to Wacher[2], inoculation with lactic acid bacteria can occur during the grinding of cooked maize. Such information is interesting in the sense that processing of cereals to elaborate fermented foods in Africa involves a grinding step and contribution of this step to the microbial diversity of these foods still needs to be evaluated.

REFERENCES

1. Ulloa M, Herrera T, Taboada J. Mexican pozol. In: Steinkraus KH, ed. Handbook of indigenous fermented foods. New York: Marcel Dekker, 1983:226-33.
2. Wacher MC. Estudios sobre la microbiologia del pozol. PhD Thesis in Chemical Sciences. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 1995.
3. Ampe F, Ben Omar N, Moizan C, Wacher C, Guyot JP. Polyphasic study of the spatial distribution of microorganisms in Mexican pozol, a fermented maize dough, demonstrates the need for cultivation-independent methods to investigate traditional fermentations. Appl Environ Microbiol 1999;65:5464-73.
4. Wacher C, Cañas A, Bárzana E, Lappe P, Ulloa M, Owens JD. Microbiology of Indian and Mestizo pozol fermentations. Food Microbiol 2000;17:251-6.
5. Escalante A, Wacher C, Farrés A. Lactic acid bacterial diversity in the traditional Mexican fermented dough pozol as determined by 16S rDNA sequence analysis. Int J Food Microbiol 2001;64:21-31.

6. Diaz-Ruiz G, Guyot JP, Ruiz-Teran F, Morlon-Guyot J, Wacher C. Microbial and physiological characterization of weak amylolytic but fast growing lactic acid bacteria: a functional role in supporting microbial diversity in pozol, a Mexican maize sourdough. Appl Environ Microbiol 2003;69:4367-74.

7. Johansson ML, Sanni A, Lonner C, Molin G. Phenotypically-based taxonomy using API 50 CH of lactobacilli from Nigerian Ogi, and the occurrence of starch fermenting strains. Int J Food Microbiol 1995;25:159-68.

8. Sanni A, Morlon-Guyot J, Guyot JP. New efficient amylase-producing strains of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus fermentum* isolated from different Nigerian traditional fermented foods. Int J Food Microbiol 2002;72:53-62.

9. Van Soest PS. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J Assoc Off Anal Chem 1963;46:829-35.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Survival of enteropathogenic bacteria in lactic-acid fermentation of cereal gruels

Kingamkono Rose Rita

Tanzania Commission for Science and Technology Ali Hassan Mwinyi Road, Kijitonyama P.O. Box 4302, Dar es Salaam, Tanzania.

Corresponding author: *rkingamkono@costech.or.tz*

- Abstract -

Lactic-fermented cereal gruel, widely consumed in Tanzania as a soft drink and a complementary food for young children was evaluated for its potential to inhibit growth of common enteropathogenic bacteria and heat-labile (LT) enterotoxin production. Single strains of enteropathogenic bacteria were inoculated into the gruel at the beginning of the fermentation process initiated using three different starters namely: a microbial starter culture (SC) prepared by inoculum recycling of a previous lactic-acid fermented cereal gruel batch; germinated sorghum flour (PF) or a combination of SC and PF. Number of viable cells (CFU/ML) for each enteropathogenic bacterium was then measured from samples collected at intervals during the fermentation process. The presence of LT enterotoxin was also determined from the samples using Chinese hamster ovary cell test.

Results showed that combining a daily recycled SC and PF resulted in a faster decrease in pH and growth inhibition of enteropathogenic bacteria ($p<0.05$) than using either of the starters alone. The growth inhibition rate was correlated with pH development ($r=0.71$; $p<0.01$). Production of LT enterotoxin was inhibited in lactic-fermented cereal gruel but not in control gruels.

In conclusion, lactic-fermented cereal gruel prepared using a combination of a daily-recycled SC with PF results in accelerated increase in acidity, which is a key factor to the inhibitory effect to common enteropathogenic bacteria. This makes such lactic-fermented cereal gruel to have a potential in inhibiting the growth of common enteropathogenic bacteria and production of LT enterotoxins.

Key words: Cereals – Diarrhoea – Lactic acid fermentation – Complementary foods.

- Résumé -

Survie des bactéries entéropathogènes au cours de la fermentation lactique des bouillies de céréales

Les bouillies de céréales ayant subi une fermentation lactique, qui sont largement consommées en Tanzanie comme boisson et comme aliment de complément pour les jeunes enfants, ont été évaluées pour leur capacité à inhiber le développement des bactéries entéropathogènes et la production d'entérotoxines thermolabiles (LT). Des souches isolées de bactéries entéropathogènes ont été inoculées à la bouillie au début du processus de fermentation en utilisant trois différents ferments, à savoir un starter microbien (SC) préparé à partir du recyclage de précédentes bouillies ayant subi une fermentation lactique; de la farine de sorgho germé (PF) ou une combinaison de SC et PF. Le nombre de cellules viables (CFU/ML) pour chaque bactérie entéropathogène a été mesuré à partir d'échantillons collectés durant le processus de fermentation. La présence d'entérotoxines LT a aussi été déterminée sur les échantillons à l'aide d'un test utilisant des cellules ovariennes de hamster chinois.

Les résultats ont montré que le fait de combiner le SC et le PF recyclés quotidiennement entraînait une diminution plus rapide du pH et une inhibition plus importante des bactéries entéropathogènes ($p<0.05$) que l'utilisation des ferments seulement. Le taux d'inhibition était corrélé avec le développement du pH ($r=0.71$; $p<0.01$). La production d'entérotoxines LT était inhibée dans la bouillie de céréales ayant subi une fermentation lactique mais pas dans les bouillies témoin.

En conclusion, les bouillies de céréales ayant subi une fermentation lactique en utilisant une combinaison de SC recyclés quotidiennement et de PF font l'objet d'une augmentation rapide de l'acidité qui est le facteur clé pour inhiber les bactéries entéropathogènes courantes. Cela confère aux bouillies de céréales ayant subi une fermentation lactique une capacité à inhiber la croissance des bactéries entéropathogènes courantes et la production d'entérotoxines LT.

Mots-clés: Céréales – Diarrhée – Fermentation lactique – Aliments de complément.

INTRODUCTION

Cereal gruels which are common complementary foods in sub-Saharan Africa, if properly cooked and served immediately, they are normally free from diarrhoea causing bacteria and therefore safe for consumption. However, time constraints and fuel shortages being a common feature in sub-Saharan Africa, not only results in inadequate cooking, permitting the contaminating bacteria to survive the cooking process[1,2], but also compel many poor households to prepare the gruels once to last for several meals. Poor storage conditions which are also prevalent in this part of the world often permit overgrowth of contaminating enteropathogens making the gruel a potential source of transmission of diarrhea to young children[2-4]

When cold or hot storage is not feasible, fermentation may be considered as an alternative and affordable technology. Lactic Acid Fermentation (LAF) is one of the oldest forms of bio-preservation[5] suppressing growth of enteropathogenic and spoilage bacteria[6-9]. Lactic-acid fermented cereal foods with pH ≤ 4.0 have been shown to inhibit growth of common diarrhea-causing bacteria[10,11] and therefore to have the potential to increasing child-feeding frequency in poor sanitary environment by making it possible to prepared food once to last for several meals without posing a health risk to the child.

In Tanzania, a lactic-fermented cereal/cassava-based gruel is consumed as a soft beverage and in some cultures, is used as a complementary food. This has also been reported to suppress growth of enteropathogenic bacteria[12]. However, these observations were based on enteropathogenic bacteria inoculated to pre-fermented gruel. In normal rural life, with poor environmental sanitation, enteropathogenic bacteria may contaminate ingredients and start to multiply before the fermentation process begins.

Different fermentation procedures are used in gruel fermentation, which may lead to variation in the pH development in the fermenting gruel. This implies that enteropathogen contaminating ingredients of the gruel may show different growth patterns. The present study simulated and compared three different traditional ways of cereal gruel fermentation in Tanzania. It assessed pH development and attempted to evaluate survival of enteropathogenic bacteria and production of enterotoxins during the fermentation process.

OBJECTIVES

The present study evaluated the effect of LAF of cereal gruel on survival of common enteropathogenic bacteria and enterotoxin production when contamination happens before fermentation has begun.

STUDY METHODS

Lactic-fermented cereal gruel preparations

Three common methods of lactic-fermented cereal gruel fermentation used in Tanzania were simulated in a laboratory. It involves cooking slurry of ungerminated cereal flour in water (10% w/w) for 20 min. to a soft gruel and cooled to luke-warm temperature (35°C). A starter was then added and left to ferment at room temperature (25-32°C) for approximately 10 to 12 hours or overnight after which it was considered ready for consumption.

The three methods basically differ on the starters added. One involved addition of a microbial starter culture (*SC*) from an old batch of lactic-fermented cereal gruel[12] at a rate of 10% (v/v) into freshly prepared maize gruel (10% dry matter) and incubated for 24 hours at 30°C (pH 3.1 to 3.3). The second involved addition of germinated cereal flour, *power flour* (*PF*), as an enzyme starter at a rate of 5% (w/w flour), and the third combined *SC* and *PF.* Gruels without starters were used as controls (*c*). SC recycled daily or stored at 20°C for 7, 14 or 28 days was tested and fermentation was done at 32°C.

Enteropathogenic bacteria tested

Single strains from 6 common enteropathogenic bacteria, including *Bacillus cereus (No.10781), Campaylobacter jejuni (No.27943), Escherichia coli (ETEC, No. 28662), Salmonella typhimurium (No.18375), Shigella flexineri (No. 9566)* and *Staphylococcus aureus (No. 1798)* all from the Culture Collection, University of Gothenburg, Sweden, were simultaneously inoculated with the starters into the gruels at the beginning of fermentation to levels of about 10^4 to 10^7 c.f.u/mL.

To evaluate strain survival variability of enteropathogenic bacteria from the same genus, 28 strains of bacteria, selected according to their virulence properties and source were inoculated to lactic-fermented cereal gruel fermenting with *SC + PF* as a starter.

The pH, acidity and viable pathogens were determined at intervals of 4, 6 and 12 hours. Titratable acidity was determined by titrating 10g of the gruel mixed with 90mL of distilled water, using 0.1M NaOH with phenolphthaline as an indicator and acidity calculated as % lactic acid (w/w).

Bacterial techniques

Viable colonies were counted by spread plating 0.2mL samples onto different media: blood agar (CM55 Oxoid) for *Bacillus cereus*, Staphylococcus medium no. 110 (BBL) for *Staphylococcus aureus*; blood-free selective (BFS) media for *Campylobacter jejuni*[13] Drigalski agar for ETEC; and desoxycholate/citrate (DC) agar and xylose/lysine/desoxycholate (XLD) agar for *Salmonella typhimurium* and *Shigella flexineri.* BFS agar was incubated in a micro aerobic atmosphere (5% O_2, 10% CO_2, and 85% N_2) at 42°C for 48h. All other plates were incubated aerobically at 37°C for 24h.

Effect on enterotoxin production

Three strains each of enteropathogenic *Campylobacter and E. coli* and one non-toxigenic strain of *E. coli* inoculated to lactic-fermented cereal gruel fermenting with *SC + PF.* Control gruels and nutrient broth with added pure cholera toxin (10 ng cholera toxin per mL. of gruel) and pure cholera toxin alone were used a positive controls. Control gruels alone, lactic-fermented cereal gruel alone and lactic-fermented cereal gruel with added non-toxin producing test bacteria were used as negative controls.

The method by Ruiz- Palacious *et al*[14] was adopted for the detection of the enterotoxin activity using Chinese hamster ovary cells (CHO cells) in flat-bottom micro-titer well rackets (Nunc@). Number of cells (%) in a well elongated (cytotonic effect) were registered to indicate presence of L T enterotoxin.

Gruel preparations

Lactic-fermented cereal gruel and control gruels were prepared as described previously in the *in vitro* studies. The control gruels were further enriched with roasted groundnut paste (10% w/w, DM). In the third diet in the hospital-based study, the *PF* was added to reduce the viscosity[15] and then was re-boiled to eliminate all risks of contamination. The control gruel and that with *PF* were prepared freshly each morning and kept warm in a thermos flask. These were served hot and lactic-fermented cereal gruel was served cold (27-28°C).

Data analysis

Regression analysis was done with pH development, lactic acid development or number of surviving enteropathogenic bacteria as the response variables and the type of starter used, fermentation time in hours and interaction between starter used and fermentation time as the predictor variables. A Tukey HSD post hoc test[16] was used for the comparison of the slope of regression lines, means of pH values and the number of viable enteropathogenic bacteria.

RESULTS AND DISCUSSION

pH development

A rapid decrease in pH is the key to a successful fermentation that will decrease undesirable microorganisms and is dependent on the initial stages of the fermentation[6]. *PF* contains high quantities of amylase enzymes in an active form[15], while recycled *SC* contains large populations of LAB[11,17-19]. The amylases in *PF* hydrolyze starch in the gruel into simple sugars which are the primary substrates fermented by LAB[6,20], resulting in an enhanced fermentation process. We observed a significantly ($p < 0.05$) faster decrease in pH to < 4 during the first 12 hours of fermentation in lactic-fermented cereal gruel fermented with *PF +SC* than either *PF* or *SC* alone (figure 1) indicating a faster and enhanced fermentation process.

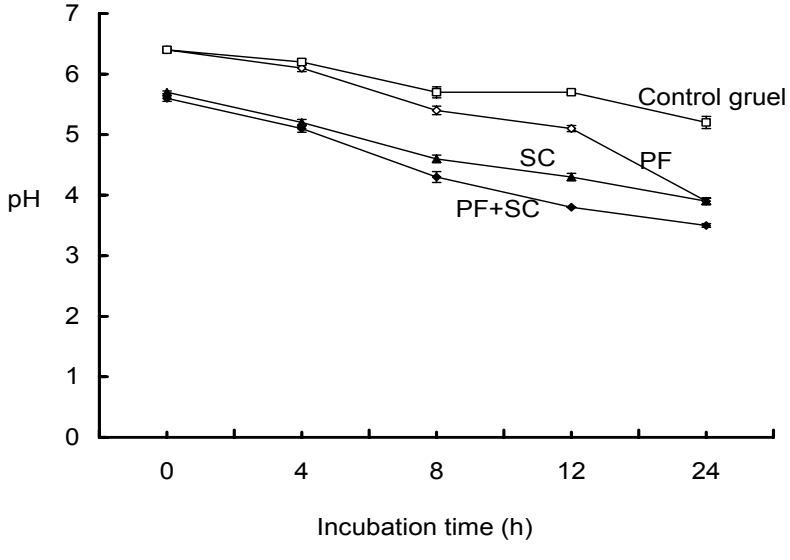


Figure 1: Starter used and pH development *(SC: starter culture; PF: germinated sorghum flour).*

The spontaneous nature of fermentation by indigenous non-selected LAB in lactic-fermented cereal gruel with *PF* alone and low levels of simple sugars in lactic-fermented cereal gruel with *SC* alone may account for the delay in the fermentation process[6,20]. Yusof *et al.*[21] also observed that cereal malt as a saccharifying agent to rice starch was an essential step for a significant lactic acid-fermentation. In our study, *PF* was the saccharifying agent.

Effect of recycling SC on pH and acidity development

When a starter culture is recycled, selection of microorganisms takes place in favour of those that grow best in acidic medium, making them dominant, accelerating decrease in pH and stabilizing after two to three cycles[11,17-19]. In these studies, the rate of decrease in pH (figure 2) was faster ($p<0.05$) in the first six hours of fermentation in the gruels fermented with added *SC* that had been recycled daily or stored for seven days than in gruels with *SC* stored for 28 days. These results corresponded to the acidity development ($r = -0.94$, $p < 0.01$).

Studies by Svanberg *et al.*[12] reported dominating microorganisms in the *SC* as being *Lactobacillus lactis*, a strain of *Lactobacilus* and a yeast, *Candida krusei*, characterized with the 'API 50CHL' and API 20C'kits (API Systems S.A., La Balme les Grottes, Montalieu, France) for Lactobacillus and yeast, respectively. We also found a lactic acid at an acetic acid ratio of 9:l (w/w) by high performance liquid chromatography (HPLC) analysis.

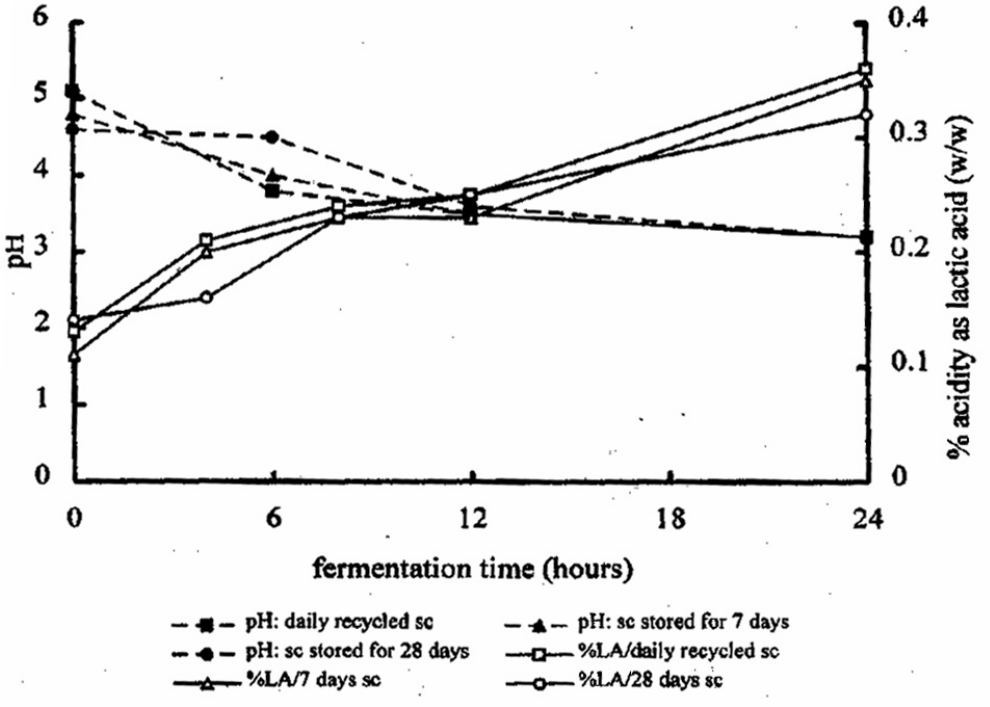


Figure 2: Effect of storage of SC on pH and acidity development.

Effect of starters used on survival of enteropathogenic bacteria

A proper cooking process would destroy any bacteria contaminating the ingredients used to prepare the gruel. Apparently, this is not always the case, as demonstrated by Rowland *et al.*[2], who observed bacterial contamination in the order of 10^4 CFU/g gruels immediately after simmering, indicating inadequate cooking. Cross contami-

nation can occur through the handler and handling equipment[2,22]. The starter added post-cooking may also be a source of contamination making lactic-fermented cereal gruel a potential transmitter of enteropathogenic bacteria should the fermentation be not effective.

A low pH is among prime factors in exerting antagonistic effect on enteropathogenic bacteria and undesirable microorganisms[6,8,23,24]. We registered a reduction in number of viable cells of all enteropathogenic bacteria tested (figure 3), which was positively correlated with pH development ($r = 0.71$, $p < 0.01$) in congruent with reports by Svanberg *et al*.[12], Nout *et al*.[11,18] and Mensah *et al*.[25]. The inhibitory effect was also significantly faster ($p < 0.01$) in lactic-fermented cereal gruel with *PF + SC* than with *SC* or *PF* alone or in the control gruel.

Yusof *et al*.[21] also observed a more inhibitory effect on three enteric bacterial pathogens when using cereal malt, a source of amylases in combination with *L. lactis* or *L. bavaricus* during fermentation of a rice-based complementary food than when using cereal malt alone as a starter.

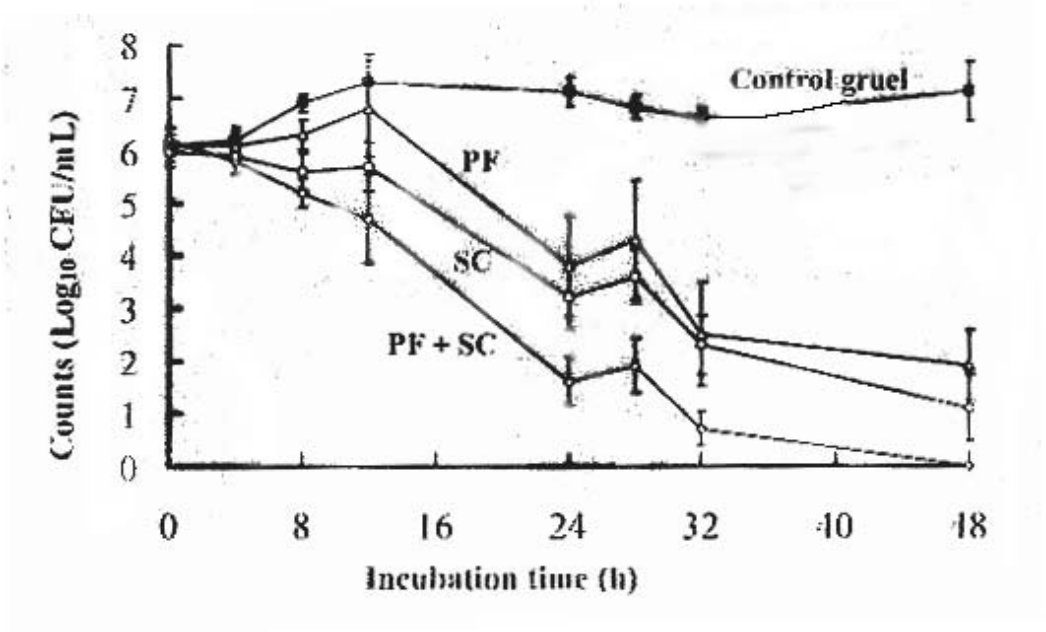


Figure 3: Campylobacter, ETEC, Salmonella and Shigella) in *'lactic-fermented cereal gruel'* fermenting using different starters (*SC: starter culture; PF: germinated sorghum flour)*.

Effect of storage of SC on survival of enteropathogenic bacteria

A complete growth inhibitory effect of four different strains from different bacterial species inoculated at a low dose was achieved within 6 and 12 hours of fermentation only when using *SC* recycled daily (table 1). When it was stored for more than seven days, a complete inhibition was achieved between 12 and 24 hours. The enteropathogenic bacteria inoculated in high doses, were eliminated after a longer time (12 and 24 hours) than those inoculated in low doses ($p < 0.05$).

Table 1: Viable enteropathogenic bacterial in fermenting gruels with *PF* + *SC*[1,2,3].

Dose level	*SC* storage time	Fermentation time (h)			
		0	6	12	24
High	Recycled daily	6.74	5.87	1.82[b]	0.0
Low	Recycled daily	3.42	2.53	0.00[a]	0.0
	7	3.57	3.53	1.13[ab]	0.0
	14	3.42	3.40	1.50[b]	0.0
	28	3.24	3.33	2.13[b]	0.0

1 = Mean value of 4 gruel samples (log, CFU/mL) including ETEC, Salmonella and Shigella.
2 = Starter culture recycled daily or stored for 7, 14 or 28 days.
3 = Values within the same column followed by different letters (a-b) are significantly different (p< 0.05).

Strain variability

We found no strain variability in the rate of inhibitory effect within a genus but different rates of inhibitory effect were observed between the six genera (figure 4). Campylobacter strains were the most sensitive and were below detectable levels within six hours while strains of Bacillus and ETEC survived longer but could not be detected beyond 24 hours.

Our results here are in conflict with those by Mensah *et al.*[25] who detected six of the 20 strains of S. flexneri inoculated in fermenting maize dough to survive up to 48 hours after inoculation. However, Mensah *et al*.'s report is based on the spontaneous fermentation technique, which may result in variations in the quality of the final product[17,18], subsequently influencing antimicrobial activity[6]. The within-genus uniformity we have observed in this study can therefore be ascribed to the use of a daily-recycled *SC* in combination with *PF*.

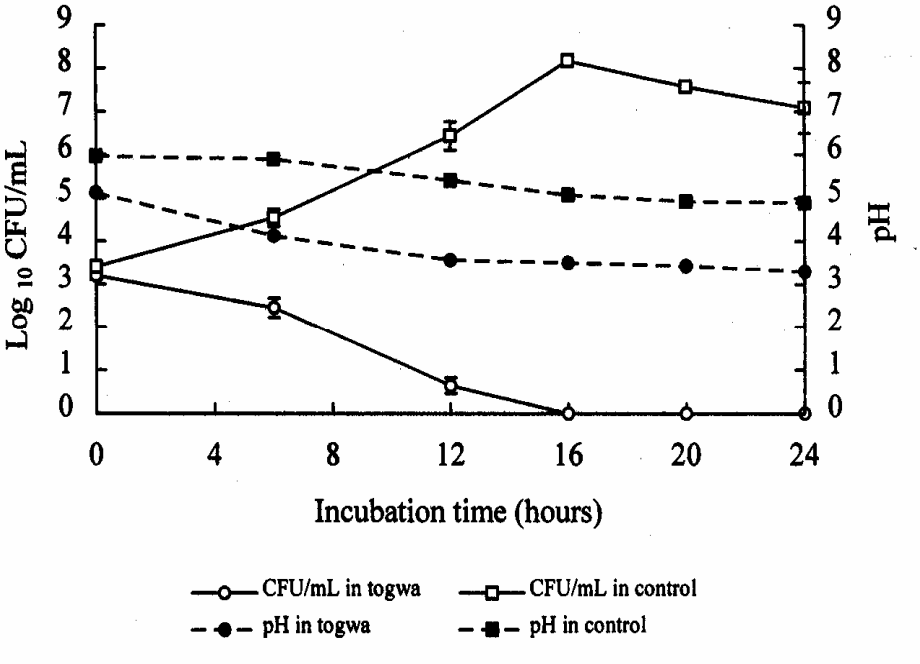


Figure 4: Number of viable cells of entropathogenic bacteria (mean of 28 strains) in *'lactic-fermented cereal gruel'* fermenting with daily recycled *SC* + *PF.*

Enterotoxin production

We did not detect LT enterotoxins in the fermenting lactic-fermented cereal gruel with added toxin-producing test bacteria or in the fermenting lactic-fermented cereal gruel with added pure cholera toxin (table 2) even though ETEC survived longer than 12 hours (data not shown) where as LT enterotoxin activity was detected after eight hours of incubation with inoculated *C. jejuni* strains (table 2, data not shown). Cholera toxin added to the control gruel was also toxigenic to the CHO cells throughout the incubation period.

Table 2: L T -enterotoxin activity of *C. jejuni* and *E.coli* strains incubated in fermenting gruels.

	Toxin activities		
	Test bacteria	Non-toxin *E.coli*	Cholera toxin
'*Lactic-fermented cereal gruel*' (pH<4)	-ve	-ve	-ve
Control gruel	+ve	-ve	+ve
Nutrient broth	+ve	ND	ND
'*Lactic-fermented cereal gruel*' (pH 6.5)	-ve	ND	+ve
'*Lactic-fermented cereal gruel*' alone (pH<4)	-ve		
'*Lactic-fermented cereal gruel*' (pH 6.5)			-ve
Pure cholera toxin alone			+ve
Control gruel alone			-ve

Our observation are in agreement with reports by El-Sawy *et al*.[26] who observed an inhibited growth and enterotoxin production of *S. aureus* inoculated in lactic acid-fermenting milk, and Naguib *et al*.[27] who observed this in ripening cheese. Domenech *et al.*[28] also reported inhibited growth and enterotoxin production of 4 strains of *S. aureus* inoculated in nutrient broth acidified to pH 4 by six different organic acids, including lactic, citric, ascorbic, acetic, pyruvic, or propionic acid, with lactic acid being the most effective.

The rapid decrease in pH and increase in titratable acidity in the lactic-fermented cereal gruel (figure 2 & 3) suppressed the growth of the enteropathogenic bacteria, thereby inhibiting production of LT enterotoxins (table 2). Kato *et al*.[29] could not detect enterotoxin production by *S. aureus* inoculated simultaneously with *L. plantarum* or *P. cerevisiae* as a starter in anaerobically fermenting sausages, even when the inoculums level of *S. aureus* was as high as 10^5 or 10^6 cells /g.

The protective effect of low pH for the CHO cells might be a result of either acid denaturation of the toxin[30], a modification of the toxin by metabolites or enzymes released by LAB[31] or a change in CHO cell surface structure, rendering the toxins harmless to the CHO cells. Ruiz-Palacios *et al*.[14] found toxin produced by *C. jejuni* to be partially inactivated at pH 4.

Adjusting the pH to about 6.5, however, recovered the effect of cholera toxin against the CHO cells indicating a re-activation of the toxin activity or relieving of the protective effect for the CHO cells (table 2). Chordash & Potter[31] reported a remaining lower enterotoxin titer from Staphylococcus toxin A, which was first incubated with LAB and subsequently adjusted the pH to neutral levels. No enterotoxin activity was, however, detected in our studies after adjustment the pH of the supernatants of

fermenting gruels with added test bacteria (table 2). These data suggest either that there was no production of enterotoxins or that there was an irreversible inactivation of toxin activity.

CONCLUSION

Our studies have demonstrated a potential solution to the problem under discussion. We have shown that lactic-fermented cereal gruel, has a potential for reducing contamination of complementary foods with diarrhoea-causing bacteria. The inhibitory effect is enhanced when the fermentation process involves use of a daily-recycled *SC* in combination with *PFf.* Production of heat labile entrotoxins is also inhibited.

These observations provide an opportunity to minimize the possible transmission of common enteropathogenic bacteria and LT -enterotoxins to young children through complementary foods in developing countries. Since lactic-fermented cereal gruel is normally considered ready for consumption after the gruel has been left to ferment for 12 hours, a technique using a daily recycled *SC* in combination with *PF*, ensures a microbiologically safe product within the normal traditional lactic-fermented cereal gruel fermentation time.

REFERENCES

1. Ekanem EE, Akitoye CO, Adedeji OT. Food hygiene behaviour and childhood diarrhea in Lagos, Nigeria: A case-control study. J Diarrhoea Dis Res 1991:219-26.
2. Rowland MGM, Barrell RAE, Whitehead RG. Bacterial contamination in traditional Gambian weaning foods. Lancet 1978;21:136-8.
3. Black RE, Brown HK, Baker S, Abdul Alim ARM, Merson MH. Contamination of weaning foods and transmition of enteropathogenic E.coli diarrhea in children in rural Bangladesh. Trans R Soc Trop Med Hyg 1982;76:259-64.
4. Simango C. Fecal contamination of weaning foods in Zimbabwe. In: Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, eds. Improving Young Child Feeding in Eastern and Southern Africa: Household-level Food Technology. Ottawa, Canada: IDRC, 1988;240-4.
5. Soomro AH, Masud T, Anwaar K. Role of Lactic Acid Bacteria (LAB) in food preservation and human health. Pak J of Nutr 2002;1(1):20-4.
6. Daeschel MA, Andersson RE, Fleming HP, et al. Microbial ecology of fermenting plant materials. FEMS Microbiol Rev 1987;46:357-67.
7. Fernandes CF, Shahani KM, Amer MA, et al. Therapeutic role of dietary Lactobacilli and Lactobacillus fermented diary products. FEMS Microbiol 1987;46:343-56.
8. Lindgren SE, Dobrogosz WJ. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. FEMS Microbiol Rev 1990;87:149-64.
9. Branca F, Rossi L. The role of fermented milk in complementary feeding of young children: lessons for transition countries. Eur J Clin Nutr 2000;56(4):16S-20S.
10. Mensah PPA, Tomkins AM, Drasar BS, et al. Effect of fermentation of Ghanaian maize dough on the survival and proliferation of 4 strains of *Shigella flexneri*. Trans R Soc Trop Med Hyg 1988;82:635-6.

11. Nout MJR, Rombouts FM, Havelaar A. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant foods ingredients on some pathogenic microorganisms. Int J Food Microbiol 1989b;8:351-361.

12. Svanberg U, Sjögren E, Lorri W, et al. Inhibited growth of common enteropathogenic bacteria in lactic-fermented cereal gruel. World J Microb Biot 1992;8:601-6

13. Chan STH, Mackenzie AMR, Fuite LA et al. Modified blood-free selective and enrichment media for isolation of thermophilic *Campylobacter*. In: Kaijser B, Falsen E, eds. Proceedings of the 4th International Workshop on *Campylobacter* Infections. Göteborg, Sweden: University of Göteborg, 1987:83.

14. Ruiz-Palacios GM, Torres J, Torres NI, Escamilla E, Ruiz-Palacios BR, Tamayo, J. Cholera-like enterotoxin produced by Campylobacter jejuni, characterization and clinical significance. Lancet 1983;ii:250-3.

15. Mosha AC, Svanberg U. Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. Food Nutr Bull 1983;5:10-14.

16. Wilkinson L. SYSTAT: The system for Statistics. Evanston, IL: SYSTAT Inc, 1988.

17. Nout MJR, de Dreu MA, Zuurbier AM, Bonants van Laarhoven TMG. Ecology of controlled soybean acidification for tempe manufacture. Food Microbiol 1987;4:165-72.

18. Nout MJR, Roumbouts FM, Hautvast GJ. Accelerated natural lactic fermentation of infant food formulations. Food Nutr Bull 1989a;11:65-73.

19. Nout MJR. Accelerated natural lactic fermentation of cereal-based formulas at reduced water activity. Int J Food Microbiol 1992;16:313-22.

20. Andersson RE, Eriksson CE, Salomonsson BAC, Theander O. Lactic acid-fermentation of fresh and stored carrot: Chemical, microbial and sensory evaluation of products. Lebensm-Wiss Technol 1990;23:34-40.

21. Yusof RM, Baker TA, Morgan JB, Adams MR. Effect of ragi and L-lactate-producing culture om enteric pathogens in a rice-based weaning food. World J Microb Biot 1995;11:654-7.

22. Black RE, de Romana GL, Brown KH, Bravbo N, Bazalar OG, Kanashiro HC. Incidence and etiology of infantile diarrhea and major routes of transmission in Huascar, Peru. Am J Epidemiol 1989;129:785-99.

23. Andersson R. Inhibition of *Staphylococcus aureus* and spheroplasts of gram-negative bacteria by an antagonistic compound produced by a strain of *Lactobacillus plantarum*. Int J Food Microbiol 1986;3:149-60.

24. Adams MR, Hall CJ. Growth inhibition of food-borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures. Int J Food Sci Tech 1988;23:287-92.

25. Mensah P, Tomkins AM, Drasar BS, Harison T. Antimicrobial effect of fermented Ghanaian maize dough. J Appl Bacteriol 1991;70:203-10.

26. El-Sawy M, Gamal RF, Naguib K, Sharaf OM. Viability of Staphylococcus aureus and presence of TN-ASE & enterotoxins in Egyptian zabady during manufacturing and storage at different temperatures. Ann Agric Sci, Faculty of Agriculture. Ain Shams University, Cairo, Egypt, 1986;31:53-67.

27. Naguib MM, Mahmoud SZ, Sabbour MM, Rifat AA, Tawfeek N, Naguib, K. Growth and enteretoxin production of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in Ras-cheese during ripening. Egypt J Food Sci 1987;15:133-9.

28. Domenech A, Hernandez FJ, Orden JA, Goyache J, Lopez B, Suarez G, Gomez-Lucia E. Effect of six organic acids on staphylococcal growth and enterotoxin production. Z Lebensm Unters Forsch 1992;194:124-8.

29. Kato T, Nosaka H, et al. Effects of anaerobic incubation on Staphylococcal growth and enterotoxin production in fermented sausage. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 1990;37:396-402.

30. Troller AJ. Staphylococcal growth and enterotoxin production-factors for control. J Milk Food Technol 1976;39:499-503.

31. Chordash RA, Potter NN. Stability of Staphylococcal eneterotoxin A to selected conditions encountered in foods. J Food Sci 1976;41:906-9.

Acknowledgements: *Collaborative studies between the Tanzania Food and Nutrition Centre, Tanzania; Department of Food Science, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden; Department of Clinical Bacteriology, Gothenburg University, Sweden; Institute of Child Health, Center for International Child Health, London, UK and Department of Paediatrics, Muhimbili University College of Health Sciences, Tanzania with a financial support from the International Program in the Chemical Sciences (IPICS), Uppsala University, Sweden, and Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries (SAREC) and Overseas Development Administration, UK is highly appreciated. These studies have been published elsewhere.*

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Influence of regular consumption of lactic-acid fermented cereal gruel on enteropathogenic faecal bacteria and intestinal function in young children

Kingamkono Rose Rita

Tanzania Commission for Science and Technology, Ali Hassan Mwinyi Road, Kijitonyama, PO Box 4302, Dar es Salaam, Tanzania.

Corresponding author: *rkingamkono@costech.or.tz*

- Abstract -

Lactic-acid fermented (LAF) cereal gruel, widely consumed in Tanzania as a soft drink and a complementary food for young children, was evaluated for its preventive and therapeutic effects against diarrhoea.

In a community study, prevalence of enteropathogenic bacteria in rectal faecal swabs from healthy children was measured before, during and after consumption of a LAF cereal gruel. Children consuming unfermented gruel were used as controls.

At a pediatric ward, young children with diarrhoea were given LAF cereal gruel or unfermented cereal gruel. Recovery of intestinal mucosal damage was measured using the lactulose:mannitol (L/M ratio) permeability test. Age-matched healthy children from a local maternal and child health clinic were used as controls.

Compared with baseline, the prevalence of pathogenic faecal bacteria was reduced during the study period in children consuming LAF cereal gruel ($p<0.001$). Children in the LAF cereal gruel group showed a faster drop in L/M ratio between admission day and day three compared with the other two study groups ($p<0.04$). The L/M ratio on day three was also lower ($p<0.01$) than in the other two groups.

Key words: Cereals – Diarrhoea – Lactic acid fermentation – complementary foods.

- Résumé -

Influence d'une consommation régulière de bouillies préparées à partir de céréales ayant subi une fermentation lactique sur les bactéries fécales entéropathogènes et la fonction intestinale chez les jeunes enfants.

Les bouillies préparées à partir de céréales ayant subi une fermentation lactique sont largement consommées en Tanzanie comme boissons non alcoolisées et comme aliments de complément pour les jeunes enfants. L'objectif de ce travail était d'évaluer leurs effets préventifs et thérapeutiques contre les diarrhées.

Dans une étude en milieu communautaire, la prévalence des bactéries entéropathogènes dans des prélèvements fécaux du rectum d'enfants sains a été mesurée avant, pendant et après la consommation de bouillies de céréales fermentées. Des enfants consommant des bouillies non fermentées ont été utilisés comme témoins.

Dans une étude réalisée en unité hospitalière pédiatrique, des bouillies de céréales soit fermentées soit non fermentées ont été données à des jeunes enfants. La guérison des lésions de la muqueuse intestinale a été mesurée par le test de perméabilité au lactulose:mannitol (L/M ratio). Des enfants sains de même âge en provenance d'un centre de santé maternelle et infantile ont été utilisés comme témoins.

La première étude a montré que, par comparaison avec la période précédant l'étude, la prévalence des bactéries fécales pathogènes a été réduite significativement dans les selles des enfants pendant la période où ils ont consommé des bouillies de céréales fermentées ($p<0,001$). La seconde étude a montré, au cours des trois jours suivant l'admission, une diminution significativement plus rapide du rapport L/M chez les enfants du groupe recevant des bouillies de céréales fermentées que chez les enfants des deux autres groupes de l'étude ($p<0,04$). Le rapport L/M au troisième jour était aussi plus bas ($p<0,01$) dans le groupe des enfants recevant des bouillies fermentées que dans les 2 autres groupes.

Mots-clés: Céréales – Diarrhée – Fermentation lactique – Aliments de complément.

———————————

INTRODUCTION

Diarrhoeal infections contribute to childhood malnutrition not only through loss of nutrient already ingested but also restricting feeding due to severe pains and cultural beliefs in some parts of Tanzania where children with diarrhoeas are restricted to feed believing that it will worsen the diarrhoea (personal observations). It is among the common causes of death in young children especially in developing countries[1,2] causing approximately 4 million deaths each year[3] and younger children (< 2 years old) being particularly at higher risk[4]. Many of the diarrhea illnesses are caused by rotavirus and bacterial origin[4,5,6]. Due to poor hygienic conditions in developing countries, the protective effect of breastfeeding against exposure of infants to contaminated food and water with potential diarrhea-causing bacteria[7,8] becomes limited upon commencement of complementary feeding[7]. Thus while emphasis on breast feeding is rightly placed, the need for safe complementary foods is equally important.

Fuel shortage which is also common in these countries results in inadequate cooking, permitting the contaminating bacteria to survive the cooking process[9]. Storage of foods in high ambient temperatures favours proliferation of the contaminating bacteria to levels able to cause diarrhea[10,11,12] complicating the matter even more. Giving freshly prepared foods is limited by time, high work burden on the mothers and fuel constraints.

Integrated approaches designed to reduce ingestion or contact with faecal material can prevent diarrhea. However, such approaches in developing countries are limited by costs involved underscoring the need to promote safer complementary foods. In addition to improved nutritive value, such foods should be reasonably resistant to enteropathogenic bacteria contamination even after storing them in ambient temperatures for a long time. Furthermore, the technology involved in their production should be of low-cost to be affordable by the poor.

Lactic Acid Fermentation (LAF) is one of the oldest forms of bio-preservation[12]: it suppresses growth of enteropathogenic and spoilage bacteria[7,12-17] and therefore it represents a potential in increasing child-feeding frequency in poor sanitary environment by making it possible to prepare food once to last for several meals without posing a health risk to the child.

A lactic-fermented cereal/cassava-based, beverage consumed in Tanzania and in some cultures, as a complementary food has also been reported to suppress growth of enteropathogenic bacteria[14]. However, this observation was based on enteropathogenic bacteria inoculated to pre-fermented *'cereal gruel'*. In normal rural life, with poor environmental sanitation, enteropathogenic bacteria may contaminate ingredients and start to multiply before fermentation process begins.

OBJECTIVES

The present study evaluated the influence of regular consumption of LAF cereal gruel on enteropathogenic faecal bacteria and intestinal function in young children.

STUDY METHODS

Influence on faecal bacteria

This was evaluated in healthy 6-60 months old young children in a controlled feeding study conducted in one village from November to December 1995 (dry and warm season). Children were listed by age and sex chronologically and alternatively assigned to LAF cereal gruel made from maize flour prepared using a combination of *SC* + *PF* (study diet) or to unfermented maize gruel, (control) after obtaining consents from parents or guardians. The feeding session took place once a day at around 10.00 am in a day care centre for 13 consecutive days under the supervision of 4 nutritionists. Identification of enteropathogenic bacteria was done on rectal swabs collected from children in a separate room by three clinical microbiologists who were blinded to children's dietary groups. The collection was done at baseline (day 1), during the feeding period (days 7 and 13) and at follow-up day (14 days after feeding had stopped).

Influence on intestinal permeability

Intestinal permeability and repair of mucosal damage during acute diarrhoea illness in infants (6 to 25 months old) admitted at a paediatric diarrhoea treatment unit at Muhimbili Medical Centre (medical school hospital) in Dar es Salaam, Tanzania between July and December 1992. Children were eligible if they had commenced complementary feeding, did not have any congenital or chronic conditions interfering with food intake, and did not have kwashiorkor. After consent from the parent/guardian, they were randomly assigned to consuming either LAF cereal gruel with pH ≤ 4 (study diet) or unfermented maize gruel with or without PF (control gruels). Acute diarrhoea was defined as stools that were more watery and more frequent than usual for less than 14 days based on parent's history and severe enough to require admission to the hospital diarrhoea treatment ward.

Children were entered into the study after rehydration, between 4 to 24h. after admission. Clinical diagnosis of other symptoms, such as malaria and systemic infections, was made at admission and in some children, confirmed with laboratory tests.

LAF Cereal gruel preparation

Slurry of ungerminated maize flour was cooked in water (10% w/w) for 20 min. to a soft gruel and cooled to luke-warm temperature (35°C). A starter culture (SC) from an old batch of a LAF cereal gruel[18] was then added at a rate of 10% (v/v) into the freshly prepared gruel in combination with germinated cereal flour, power flour (PF) at a rate of 5% (w/w flour). The mixture was then left to ferment at room temperature (25-32°C) for overnight after which it was considered ready for consumption.

Gruels without starters were used as controls (c) and were further enriched with roasted groundnut paste (10% w/w, DM). In the third diet in the hospital-based study, the PF was added to reduce the viscosity[19] and then was re-boiled to eliminate all risks of contamination. The control gruel and that with PF were prepared freshly each morning and kept warm in a thermos flask. These were served hot and the LAF cereal gruel was served cold (27-28°C).

In the community-based study, sugar was added to both control gruels and the LAF *cereal gruel* just before feeding to make them more palatable. This was done only in the case of the unfermented gruels in the hospital-based study. The pH of the LAF

cereal gruel assessed daily using a portable pH-meter ranged between 3.1 and 4.1 (mean = 3.7), and the mean pH of control gruels were 6.3.

For the hospital-based study, the study diets were prepared in the hospital and given ad libitum five times a day. All feeds were of a similar viscosity, but the energy density of the LAF cereal gruel and gruel with *PF* had energy densities approximately 50% higher than the control gruel. Breastfeeding and oral rehydration therapy following a watery stool were encouraged. Energy intakes whilst in hospital, enthropometric data and the duration of diarrhoea were recorded for each child. The details for these data and those for clinical diagnosis of other symptoms are presented elsewhere[20].

Confounding factors

The studies were preceded by collection of baseline information. Potential confounding factors collected included age, sex, anthropometric measurements, health and feeding pattern of the children. Others recorded were history of treatments for any illness within two weeks prior to the baseline, food handling and social economic factors of the households.

At baseline, characteristics of the children in both the community and hospital-based studies were equally distributed between the groups except that for the community study, there was a significantly larger proportion of girls in the control diet than in the LAF cereal gruel group ($p < 0.01$) and that the median age for stopping breastfeeding (24.3 months) in the LAF cereal gruel group was lower ($p < 0.02$) than the control group (26.5 months). There were also significantly more children ($p < 0.03$) who received antibiotics prior to the baseline in the group assigned to the gruel with *PF* or the LAF cereal gruel in the hospital-based study.

Identification of faecal enteropathogenic bacteria

The rectal swabs were transported in a Stuart transport media[21] to the laboratory and cultivated within 3 to 4 hours for screening of Campylobacter, EHEC:0157, ETEC, Salmonella and Shigella. Standard methods as in the *in-vitro* studies were used for the identification of Campylobacter, ETEC; Salmonella and Shigella and EHEC from sorbitol-McConkey-agar and further confirmed by microscopical for Campylobacter and standard microbiological and serological methods for EHEC:0157, ETEC, Salmonella and Shigella respectively.

For the identification of heat labile LT enterotoxin produced by *E. coli* the Phadebact$^{(R)}$ ETEC-LT test were used as per the manufacturer's recommendation (Karo-Bio Diagnostic AB, Huddinge, Sweden). Strains of *E. coli* were collected and transported in a Stuart transport media to Sweden for further identification of toxin production (ETEC-LT) and serotyping (E. coli:0157) of EHEC. For identification of EHEC, the diagnostic reagents for E. coli 0157 latex test DR 620 M, Oxoid were used (Unipath Limited, Basingstoke, Hampshire, England).

Intestinal permeability tests

Intestinal permeability tests were carried out at entry (day 1), approximately three days after admission and at follow-up (two and four weeks after discharge). Children's urine samples were collected in a bag before and for five hours after giving children 20 mL of water containing 5 g lactulose and 1 g mannitol. The bags contained one drop of 20% w/v chlorhexidene gluconate (to prevent bacterial degradation of the sugars). Intestinal permeability tests were also carried out at a local Well Child Clinic on 30 healthy children of the same age as the study children. Urine sample volumes were recorded and aliquots of urine were stored at -200 C until analysis.

The mucosal damage was evaluated by measuring differential sugar absorption test[22,23] from the urine collected. The test utilizes inert sugars, lactulose with a molecular weight (MW) of 340 and radius (r) of 0.54 nm, which can not permeate a healthy mucosal cell wall, and mannitol with MW = 180 and r = 0.4 nm, which can permeate[22]. Because they are inert, they are excreted through urine at a similar rate[24]. The ratio of lactulose to lannitol (L/M ratio) recovered in the urine after a known dose gives an indication of the intestinal permeability. The specificity and sensitivity of the test for severe villas atrophy are 98% and 95%, respectively[25].

The method by Northrop et al.[26] was adopted for measurement of lactulose and that by Lunn et al.[27], modified by Blood et al.[28], was adopted for the mannitol assay. These assays are based on enzymatic hydrolysis of the sugars to NADPH in the case of lactulose and NADH in the case of mannitol. For the lactulose assay, the sample is divided into two sets. One set is first treated with β-galactosidase before phosphorylation to NADPH. In this case, the NADPH will emanate from both simple sugars produced from enzyme hydrolysis of the lactulose as well as from free simple sugars in the urine sample. The second set is directly subjected to phosphorylation. The amount of NADPH produced is measured in a Cobas Bio analyzer through absorption at 340 nm. The change in absorption between set 1 and 2 corresponds directly to the concentration of lactulose in the sample.

For the mannitol assay, a known amount of sample was mixed with a coenzyme reagent (NAD, hexokinase and A TP, (Sigma Chemicals Company) and warmed at 37°C. Absorbance was then measured at 340 nm in a Cobas Bio analyzer. D-mannitol dehydrogenase enzyme was added, and the mixture was incubated for an additional 10 minutes at 37°C followed by a second reading of absorbance. A standard sample of mannitol was also run concurrently with the sample. The difference between readings one and two is equal to the concentration of mannitol in the sample in comparison with the standard mannitol. According to Northrop et al.[26] and Blood et al.[28], these methods are precise, specific, sensitive and compares well with other methods and avoid the complex computations involved when polymers of polyethylene glycols (PEG) are used as probe substances[25].`

Data analysis

Paired and un-paired t-tests were performed to compare the prevalence of enteropathogenic bacteria in children within and between groups, respectively, for each sampling day in the community study. The same methods were used to compare the L/M ratios in the hospital-based study. The analysis was further controlled for most of the potential confounders, including breastfeeding, and was considered significant at the 5% probability level.

RESULTS AND DISCUSSION

Influence of regular Consumption of LAF cereal gruel on faecal entero-pathogenic bacteria

We observed a significant ($p < 0.001$) decrease in the proportion of children with isolated enteropathogen during the study period and follow-up day in association with consumption of LAF cereal gruel using a paired t-test[30] (figure 1). This finding is supported by the observations from the *in vitro* studies that showed that LAF cereal gruel with a pH ≤ 4 suppress growth of enteropathogenic bacteria[31,32] and enterotoxin production[33]. The inverse association of LAF cereal gruel consumption and the risk of

colonization with enteropathogenic bacteria increased with a higher intake frequency of LAF cereal gruel (figure 1).

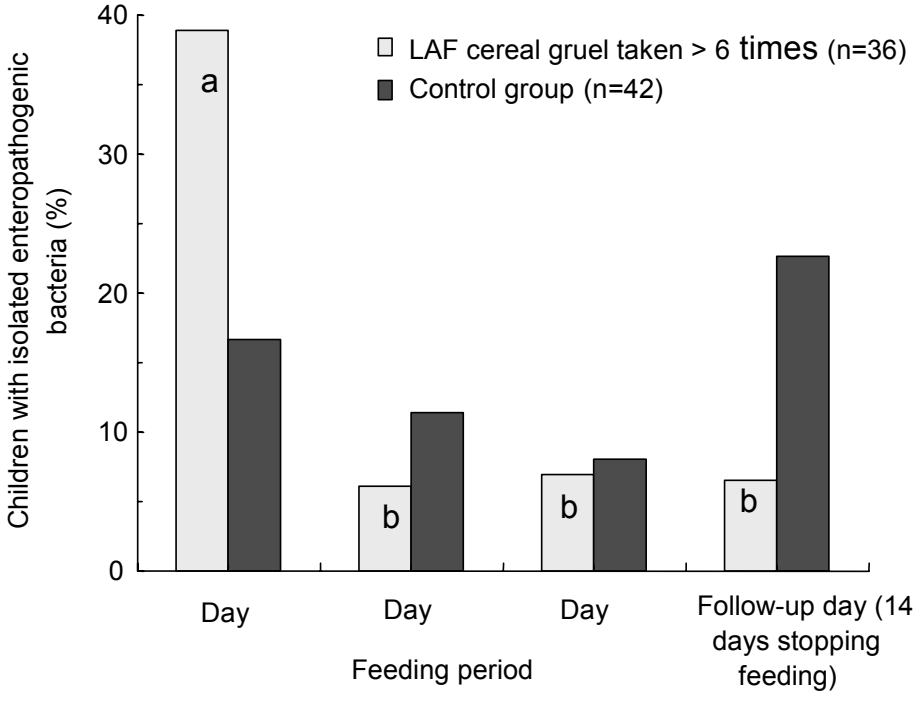


Figure 1: Enteropathogenic faecal bacteria in young children (6-60 months) given LAF cereal gruel or unfermented gruel once per day for 13 consecutive days.

Three factors may act synergistically in inhibiting the establishment of entero-pathogenic bacteria in the intestines. First, improvement of the microbiological quality of the LAF cereal gruel, resulting in a lower transmission of enteropathogenic bacteria; secondly, survival of LAB through the stomach passage, grow and exert an inhibitory effect on enteropathogenic bacteria in the gastric canal, as demonstrated by Lidbeck et al.[34], Johansson et al.[35] and Graham et al.[36] and thirdly, LAB adhering to the intestinal wall after passage through the stomach[34-36], resulting in competition for nutrients and space[37].

The inverse association still persisted even after stratifying by all the potential confounders registered at baseline, indicating absence of a confounding effect by these variables. The uniformity of the characteristics of the households and the children themselves except for sex and median age for stopping breastfeeding lends an explanation to the observations.

Lorri and Svanberg[38] reported a lower number of diarrhoea episodes among regular consumers of the LAF cereal gruel in a community-based study in Tanzania. Brunser et al.[39] in Santiago reported a significantly lower incidence of diarrhoea, duration of episodes and carrier rates for enteropathogenic bacteria in young children fed on acidified milk for two months compared with children fed on non-acidified milk over a six month period. Similarly, Lidbeck et al.[34] and Alm[40] reported that LAB given as fermented milk resulted in decolonization of individuals with enteropathogenic bacteria strains from Salmonella, *E. coli* and *Bacillus* genus.

Using gnotobiotic chicks as an animal model, Watkins and Miller[41-42] observed that LAB adjuncts given as a prophylactic treatment was better than when given as a therapy. In the present study, the number of children (23 in the LAF cereal gruel group

and 7 in the control group) from whom enteropathogenic bacteria were isolated at baseline was small. It was therefore not possible to show any significant therapeutic effect of the LAF cereal gruel in comparison with that of control gruel during the study period and follow-up day. However, following children who were free from enteropathogenic bacteria at baseline, the prevalence of enteropathogenic bacteria during the study period and on the follow-up day was relatively lower (not significant) among the LAF cereal gruel children compared with control children (table 1). This indicates that LAF cereal gruel protects children from becoming colonized by enteropathogenic bacteria.

Table 1: Proportion of children with isolated enteropathogenic bacteria at baseline, on day 7, 13 and follow-up day.

	LAF cereal gruel	**Control**	**p-value[1]**
Number of children who were free from enteropathogens at baseline	29	19	
% of children with isolated enteropathogens on:			
Day 7	6.9	5.3	
Day 13	3.4.	10.5	0.17
Follow-up day (14 days after feeding	6.9	21.1	0.08

[1]*un-paired t-text.*

During diarrhoea illnesses, intestinal permeability to larger sugars such as lactulose increases and that to smaller molecule sugars remain the same or decrease, resulting in a higher L/M ratio. Previous work by Behrens et al.[22], Ford et al.[33], Stintzing et al.[43] and Lawson et al.[44] suggest that severely malnourished children with diarrhoea have a chronically higher L/M ratio. We also found that children admitted to hospital with acute diarrhoea had a significantly ($p < 0.001$) higher intestinal permeability (mean L/M ratio = 0.85), then the healthy children (0.14)[45] (figure 2).

Fuller[46] mentioned three beneficial effects of probiotic treatment, including provision of nutrients or enzymes, antibacterial substances and live bacteria that metabolize *in vivo* to provide the nutrients, enzymes of antibacterial substances. In our study, we observed a decrease in the L/M ratio of children in all three study-groups over time. By the first and second follow-up, the L/M ratios were close to values found in the healthy children (data not shown).

Since there was no way to ascertain that mothers continued to give their children the assigned diet after discharge, analysis of the effect of dietary treatment on intestinal permeability was limited only on the fall in L/M ratio by day 3 after admission. We also recorded a significant fall ($p < 0.05$, paired t-test) in the L/M ratio between admission day and day 3 in the LAF cereal gruel group compared with the study groups that were consuming unfermented gruels. The L/M ratio on day three in the LAF cereal gruel children was also significantly ($p < 0.01$) lower than the groups that were consuming unfermented gruel by unpaired-test (figure 2). These results indicate that LAF cereal gruel may be supplying some substances that are important for mucosal cell nutrition. The protection of colonization by enteropathogenic bacteria and production of enterotoxins in the gastric lumen may also provide conducive conditions for hastening mucosal cell recovery[37].

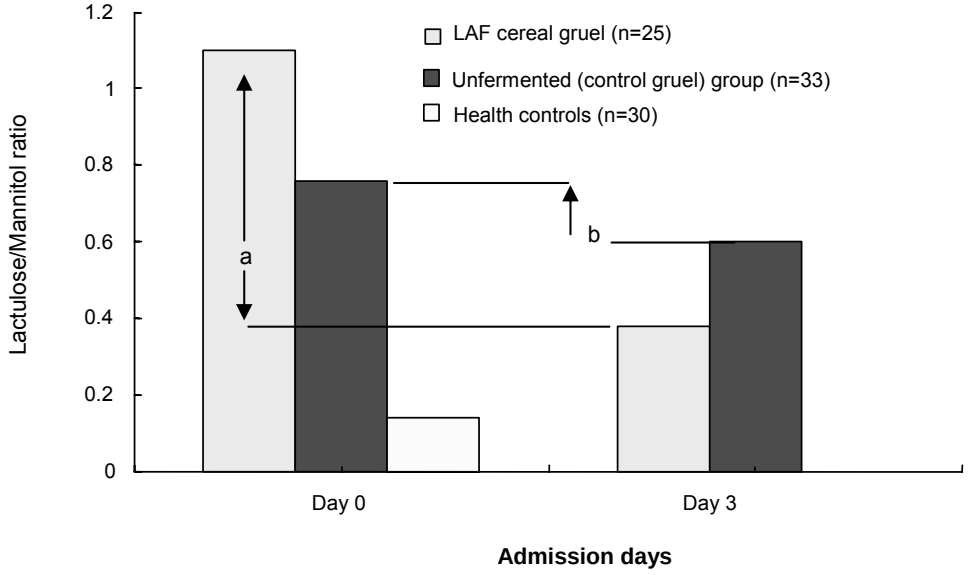


Figure 2: Geometric mean L/M ratio for each dietary treatment group at baseline and during the study period.

Food and energy intake

Studies by Darling et al[20], revealed that although the conversional group consumed more food than the LAF cereal gruel group ($p<0.05$), the LAF cereal gruel group had higher energy intake almost as high as the freshly prepared unfermented gruel + power flour (*PF*) than the conversion group (figure 3). Further, food intake in children consuming gruel + *PF* did not differ from either of the other two groups but calorie intake was higher from the conventional group. These results indicate that it is possible to increase energy and other nutrient intake in young children using LAF cereal gruel.

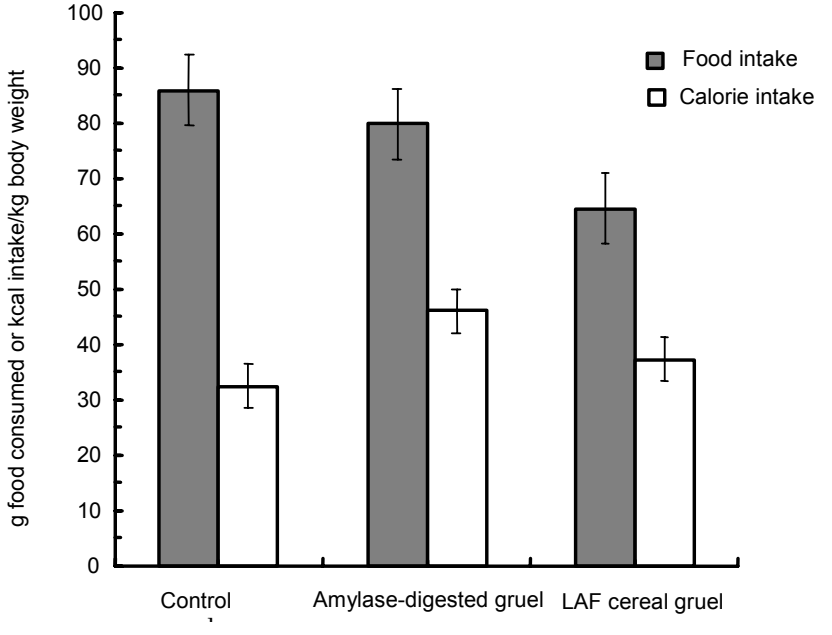


Figure 3: Food consumed and energy intake/kg body weight/day.

CONCLUSION

These studies have demonstrated that a regular consumption of LAF cereal gruel, with pH<4 has both a theraupetic and prophylactic effect on colonization of diarrhoea-causing bacteria. An intake of once a day, three times a week is sufficient to lower the risk of becoming colonized with enteropathogenic bacteria.

Young children regularly consuming such LAF cereal gruel will have reduced risks of becoming colonized by enteropathogenic bacteria. This might result in lowered incidences of diarrhoea caused by bacteria since the colonization of healthy children with enteropathogenic bacteria normally predisposes them to develop diarrhoea symptoms later on. The extended effect of LAF cereal gruel against colonization with enteropathogenic bacteria up to 14 days after its consumption has been stopped offers an advantage over freshly prepared complementary foods.

The hastened recovery of intestinal mucosal cells during diarrhoea in response to consumption of LAF cereal gruel is beneficial, since damaged mucosa results in impaired nutrient absorption and hence loss. Efforts to improve environmental sanitation and personal hygiene and to promote breast-feeding in control of diarrhoeal diseases in young children in developing countries are correctly placed. The use of fermented cereal gruels prepared using a combination of regularly recycled *SC* in combination with *PF* should complement such efforts. Regular intake of such gruels two to three times a week is sufficient to offer their protective effect.

Moreover the possibility to increase the amount of dry matter in LAF cereal gruel preparation when its preparation involves germinated cereal flour as well gives it even more credit in addressing young child nutrition in terms of increasing nutrient in fewer meal per day. This coupled with its improved storability overcomes the need for more frequent young child food preparations in a day consequently reducing women workload.

Applicability and proposed future research

Both germination and fermentation technologies are known to improve food biological value thus making the nutrients more available thereby reducing the risk of developing malnutrition. These technologies are well known in developing Africa and are applicable at household level.

However, we do not know enough yet about efficacy in reducing growth faltering and improvement of intestinal permeability over a prolonged feeding period and in chronic raised intestinal permeability. Also to be sure about safety of preparations in varied community setting needs to be done before they can widely be promoted. Studies are also needed to determine community and cultural acceptability and possibility for central production.

REFERENCES

1. Mahalabis D. Feeding practices in relation to childhood diarrhoea and malnutrition. In: Chen LC, Scrimshaw NS, eds. Diarrhoea and malnutrition: interactions, mechanisms and interventions. New York: Plenum Press, 1982:223-34.
2. WHO. Persistent diarrhoea in children in developing countries: Memorandum from a WHO meeting. Bull World Health Organ 1988;66:706-17.
3. Unicef. Facts for life. Internet: http://www.unicef.org/ffl/07/.

4. Orlandi PP, Silva T, Magalhães GF, et al. Enteropathogens associated with diarrhoeal disease in infants of poor urban areas of Porto Velho, Rondônia: a preliminary study. Rio de Janeiro: Mem Inst Oswaldo Cruz, 2001;5:621-5.
5. Baqui AH, Sack RB, Black RE, et al. Enteropathogens associated with acute and persistent diarrhoea in Bangladeshi children less than 5 years of age. J Infect Dis 1992;166:792-6.
6. Soares V. Acute diarrhoea in infants part 1. Internet: http://www.medstudents.com.br/pedia/pedia9.htm.
7. Feachem R, Koblinsky MA. Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children: promotion of breast-feeding. Bull World Health Organ 1984;62:271-91.
8. Reddy NR, Roth SM, Eigel WN, et al. Foods and food ingredients for prevention of diarrhoeal disease in children in developing countries. J Food Prot 1988;51:66-75.
9. Ekanem EE, Akitoye CO, Adedeji OT. Food hygiene behaviour and childhood diarrhea in Lagos, Nigeria: A case-control study. J Diarrhoeal Dis Res 1991:219-26.
10. Rowland MGM, Barrell RAE, Whitehead RG. Bacterial contamination in traditional Gambian weaning foods. Lancet 1978;21;136-8.
11. Black RE, Brown HK, Baker S, Abdul Alim ARM, Merson MH. Contamination of weaning foods and transmition of enteropathogenic E.coli diarrhea in children in rural Bangladesh. Trans R Soc Trop Med Hyg 1982;76: 259-64.
12. Black RE, de Romana GL, Brown HK, Bravo N, Bazalar OG, Kanashiro HC. Incidence and etiology of infantile diarrhea and major routes of transmission in Huascar, Peru. Am J Epidemiol 1989;129;785-99.
13. Soomro AH, Masud T, Anwaar K. Role of Lactic Acid Bacteria (LAB) in food preservation and human health. Pak J Nutr 2002;1(1):20-4.
14. Daeschel MA, Andersson RE, Fleming HP, et al. Microbial ecology of fermenting plant materials. FEMS Microbiol Rev 1987;46:357-67.
15. Fernandes CF, Shahani KM, Amer MA, et al. Therapeutic role of dietary Lactobacilli and Lactobacillus fermented diary products. FEMS Microbiol 1987;46:343-56.
16. Lindgren SE, Dobrogosz WJ. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. FEMS Microbiol Rev 1990;87:149-64.
17. Branca F, Rossi L. The role of fermented milk in complementary feeding of young children: lessons for transition countries. Eur J Clin Nutr 2000;56(4):16S-20S.
18. Svanberg U, Sjögren E, Lorri W, et al. Inhibited growth of common enteropathogenic bacteria in lactic-fermented cereal gruel. World J Microb Biot 1992;8:601-6.
19. Mosha AC, Svanberg U. Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. Food Nutr Bull 1983;5:10-4.
20. Darling JC, Kitundu JA. Improved energy intakes using amylase-digested weaning foods in Tanzanian children with acute diarrhoea. J Pediatr Gastr Nutr 1995;21:73-81.
21. Gästrin B, Kallings LO, Marcetic A, et al. The survival of different bacteria in various transport media. Acta Pathol Microbiol Scand 1968;74:317-80.

22. Behrens RH, Lunn PG, Northrop CA, et al. Factors affecting the integrity of the intestinal mucosa of Gambian children. Am J Clin Nutr 1987;45:1433-41.

23. Ford RPK, Menzies IS, Philips AD, et al. Intestinal sugar permeability: relationship to diarrhoeal disease and small bowel morphology. J Pediatr Gastr Nutr 1985;4:568-74.

24. Menzies IS. Transmucosal passage of inert molecules in health and disease. In: Strandhauge E, Heintze K, eds. Intestinal absorption and secretion. London: MTP Press, 1983;523-43.

25. Nathavitharana KA, Lloyd DR, Raafat F, et al. Urinary mannitol:lactulose excretion ratios and jejunal mucosal structure. Arch Dis Child 1988;63:1054-9.

26. Northrop CA, Lunn PG, Behrens RH. Automated enzymatic assay for the determination of intestinal permeability probes in urine. 1. Lactulose and lactose. Clin Chim Acta 1990;187:79-87.

27. Lunn PG, Northrop CA, Northrop AJ. Automated enzymatic assay for the determination of intestinal permeability probes in urine. 2. Lactulose and lactose. Clin Chim Acta 1989;187:163-70.

28. Blood J, Ingle AR, Allison N, et al. Rapid enzymatic method for the measurement of mannitol in urine. Ann Clin Biochem 1991;28:401-6.

29. Annon. Intestinal permeability, (Editorial). Lancet 1985;256-8.

30. Kingamkono RR, Sjögren E, Svanberg U, et al. Enteropathogenic bacteria in faecal swabs of young children fed on lactic acid fermented cereal gruel. Epidemiol Infect 1999;122:23-32.

31. Kingamkono RR, Sjögren E, Svanberg U, et al. pH and acidity in lactic-fermenting cereal gruels: effect on viability of enteropathogenic microorganisms. World J Microb Biot 1994;10:664-9.

32. Kingamkono R, Sjögren E, Svanberg U, et al. Inhibition of different strains of enteropathogens in lactic-fermenting cereal gruel. World J Microb Biot 1995;11:299-303.

33. Kingamkono RR, Sjögren E, Svanberg U, et al. Inhibition of enterotoxin production by, and growth of enteropathogens in a lactic acid-fermenting cereal gruel. World J Microb Bact 1998;14:661-7.

34. Lidbeck A, Edlund C, Gustafsson JA, et al. Impact of Lactobacillus acidophilus supplements on the human oropharyngeal and intestinal microflora. Scand J Infect Dis 1987;19:531-7.

35. Johansson ML, Molin G, Jeppsson B, et al. Administration of different Lactobacillus strains in fermented oatmeal soup: In vivo colonization of human intestinal mucosa and effect on the indigenous flora. Appl Environ Microbiol 1993;59:15-20.

36. Graham E, Holm SE, Lilja H, et al. Interference of a *Lactococcus lactis* strain on the human gut flora and its capacity to pass the stomach and intestine. Scand J Nutr 1994;38:2-4.

37. Sherman LA, Savage DC. Lipoteichoic acids in Lactobacillus strains that colonize the mouse gastric epithelium. Appl Environ Microbiol 1986;52:302-4.

38. Lorri W, Svanberg U. Lower prevalence of diarrhoea in young children fed on lactic acid-fermented cereal gruels. Food Nutr Bull 1994;15:57-63.

39. Brunser O, Araya M, Espinoza J, et al. Effect of an acidified milk on diarrhoeal disease and carrier state in infants of low socio-economic stratum. Acta Paediatr Scand 1989:259-64.

40. Alm L. The effect of Lactobacillus acidophilus administration upon the survival of Salmonella in randomly selected human carriers. Prog Food Nutr Sci 1983;7:13-7.

41. Watkins BA, Miller BF. In vivo inhibitory effects of *Lactobacillus acidophilus* against pathogenic *Escherichia coli* in gnotobiotic chicks. Poult Sci 1982;61:1298-308.

42. Watkins BA, Miller BF. Competitive gut exclusion of avian pathogens by *Lactobacillus acidophilus* in Gnotobiotic chicks. Poult Sci 1983; 62:1772-78.

43. Stintzing G, Johansen K, Magnusson KE, Svensson L, Sundqvist T. Intestinal permeability in small children during and after rotovirus diarrhoea assessed with different sized polyethyleneglycols. Acta Paediatr Scand 1986;75:1005-9.

44. Lawson GR, Nelson R, Laker MF et al. Gut regulatory peptides and intestinal permeability in acute infantile gastroenteritis. Arch Dis Child 1992;67:272-6.

45. Willumsen JF, Darling J, Kitundu JA, et al. Dietary management of acute diarrhoea in children: Effect of fermented and amylase digested weaning foods on intestinal permeability. J Paediatr Gastr Nutr 1997;24: 235-41.

46. Fuller R. Probiotics. J Appl Bacteriol 1986;61:IS-7S.

Acknowledgements: *Collaborative studies between the Tanzania Food and Nutrition Centre, Tanzania; Department of Food Science, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden; Department of Clinical Bacteriology, Gothenburg University, Sweden; Institute of Child Health, Center for International Child Health, London, UK and Department of Paediatrics, Muhimbili University College of Health Sciences, Tanzania with financial support from the International Program in the Chemical Sciences (IPICS), Uppsala University, Sweden, and Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries (SAREC) and Overseas Development Administration, UK is highly appreciated. These studies have been published elsewhere.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn

Lestienne* Isabelle, Icard-Vernière Christèle, Picq Christian, Trèche Serge

UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *lestienn@mpl.ird.fr*

- Résumé -

Les effets du trempage (procédé utilisé pour la préparation de farines infantiles) sur les teneurs en fer (Fe), zinc (Zn) et phytates (Phy) de graines de céréales (maïs, mil, riz, sorgho) et de légumineuses (ambérique, niébé, soja), ainsi que les perspectives d'amélioration de ces effets par combinaison avec des procédés mécaniques sur les graines de mil et de soja, ont été étudiés en vue d'évaluer l'intérêt du trempage pour l'amélioration de la biodisponibilité des minéraux.

Les teneurs en phytates (IP6) dosées par HPIC dans les différents types de graines étaient comprises entre 236 et 1084 mg / 100 g MS. Dans les graines de céréales, excepté le mil, les rapports molaires Phy/Fe étaient supérieurs à 14 et les rapports Phy/Zn supérieurs à 20. En raison de teneurs en minéraux plus fortes et de teneurs en phytates plus faibles, ceux des graines de légumineuses en revanche étaient inférieurs (sauf pour le mil) et le plus souvent inférieurs aux valeurs limites à partir desquelles une faible biodisponibilité des minéraux est généralement observée. Un trempage de 24 h des graines entières a entraîné une diffusion importante dans l'eau du fer et, dans une moindre mesure, du zinc, et conduit à une réduction significative ($p \leq 0{,}05$) de la teneur en phytates des graines de riz (17%), maïs (21%), soja (23%) et mil (28%). Les rapports molaires Phy/Fe n'ont pas été améliorés et les rapports molaires Phy/Zn n'ont été que légèrement diminués.

La combinaison du trempage avec le décorticage ou le broyage des graines de mil et de soja a permis d'obtenir des dégradations en phytates plus fortes (38% après 24 h de trempage de graines de mil décortiquées et 44% après 8h de trempage de la farine de soja). Cependant, la diffusion des minéraux étant facilitée par les traitements mécaniques subis par les graines, les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn n'ont pas pu être diminués en proportion. Les plus fortes diminutions des rapports molaires ont été observées pour le trempage de 8 h de la farine de mil (de 10,8 à 7,6 pour Phy/Fe et de 20,2 à 15,0 pour Phy/Zn) et le trempage de 24 h des graines entières de soja (de 10,4 à 9,4 pour Phy/Fe et de 23,8 à 19,6 pour Phy/Zn).

Mots-clés: Trempage – Phytates - Fer – Zinc – Biodisponibilité.

- Abstract -

Effects of soaking of cereal and legume seeds and flours on phytate content and Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios

Introduction: Phytate (Phy) is known as the main factor responsible of the low bioavailability of iron (Fe) and zinc (Zn) in foods. Previous studies have shown that molar ratios of Phy/Fe and Phy/Zn higher than 10-14 and 15-20 respectively are good indicators of these low bioavailabilities. Soaking is a process commonly used to prepare infant flours and its effects on Fe, Zn and Phy contents of seeds (whole, dehulled or milled into flour) of cereals (maize, millet, rice, sorghum) and legumes (mung bean, cowpea, soybean) have hence been studied in order to investigate its interest for the improvement of mineral bioavailability.

Methods: Phytate contents were estimated by determination of *myo*-inositol-hexaphosphate (IP6) by HPIC Dionex. Mineral contents were determined by atomic absorption spectrometer.

Results: Phytate contents were 762, 908, 925 and 1084 mg/100gDM in grains of millet, maize, sorghum and rice and 236, 559 and 878 mg/100gDM in seeds of mung bean, cowpea and soybean, respectively. In cereal grains, with the exception of millet (Phy/Fe=5 and Phy/Zn=19), molar ratios of Phy/Fe were more than 14 (sorghum, 23; maize, 34; rice, 56) whereas Phy/Zn molar ratios were more than 20 (rice, 36; maize, 41; sorghum, 63). Owing to higher mineral contents and lower phytate contents, the molar ratios of legume seeds (for Phy/Fe and Phy/Zn, respectively, 3 and 8 for mungbean; 8 and 16 for cowpea; 10 and 24 for soybean) were lower than those of cereals (except for millet) and mostly lower than the limit values above which a low bioavailability of minerals is generally observed. Soaking of whole seeds for 24h has induced an important leaching of iron into the soaking water and, at a lower degree, of zinc, and led to a significant reduction (p<0.05; Duncan's test) of phytate content of rice (17%), maize (21%), soybean (23%) and millet (28%). The molar ratios of Phy/Fe have not been improved and those of Phy/Zn have just been slightly decreased. For millet and soybean, the combination of soaking with husking or milling of seeds allowed obtaining higher phytate degradation rates (38% after soaking of dehulled millet grains for 24h and 44% after soaking of soybean flour for 8h). However, the leaching of minerals is facilitated by mechanical treatments undergone by seeds, so the Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios could not be notably decreased.

Conclusion: Soaking of seeds (whole, dehulled or milled into flour) has limited effects on phytate contents and on molar ratios of Phy/Fe and Phy/Zn of cereal and legume seeds. The combination of soaking with other treatments, as fermentation or germination, hence seems to be necessary to significantly improve the bioavailabilities of iron and zinc in flours used to prepare gruels for infants.

Key words: Soaking – Phytate – Iron – Zinc – Bioavailability.

INTRODUCTION

Dans les pays en développement, les besoins en fer et en zinc des personnes à risques (femmes et jeunes enfants) ne sont souvent pas couverts en raison de la faible biodisponibilité de ces minéraux dans des régimes majoritairement composés de céréales et de légumineuses[1]. Ce manque de diversité concernant les matières premières alimentaires est une des causes importantes de déficiences en fer et en zinc, notamment pour les enfants en période d'alimentation complémentaire qui passent de l'allaitement exclusif au régime alimentaire familial.

En effet, bien que constituant des sources potentielles de minéraux, les céréales et les légumineuses sont souvent riches en facteurs antinutritionnels qui réduisent leur biodisponibilité[2]. Ainsi, le fer stocké principalement sous une forme inorganique (non-héminique) dans les tissus végétaux a un taux d'absorption de 1 à 10%, tandis que 20 à 40% du zinc est absorbable[3]. De nombreuses études ont montré que l'acide phytique, *myo*-inositol hexaphosphate (IP6) est le principal agent chélateur réduisant la biodisponibilité des cations divalents[4]. De ce fait et grâce à des corrélations effectuées avec des études *in vivo*, les biodisponibilités du fer et du zinc peuvent être estimées par leurs rapports molaires avec les phytates. Davies et Olpin[5] ont montré que des rapports molaires phytates sur zinc (Phy/Zn) supérieurs à 10-15 inhibaient progressivement l'absorption du zinc chez des rats nourris avec des régimes à base d'albumen d'œuf additionnés de phytates ou de zinc. De la même façon, Saha et al.[6] ont montré que l'absorption de fer radioactif chez le rat diminuait significativement quand les rapports molaires phytate sur fer (Phy/Fe) étaient supérieurs à 10-14 dans des régimes à base de farine de blé contenant entre 0,19 et 1,85 g de phytates / 100 g MS. Un moyen d'améliorer les biodisponibilités en fer et en zinc est donc de réduire ces rapports molaires (Phy/Zn<15-20 et Phy/Fe<10/14) en réduisant les teneurs en phytates, ce que certains traitements biologiques comme la fermentation[7] ou la germination[8] par exemple permettent de faire en dégradant jusqu'à 80% des phytates. L'application de ces traitements reste cependant limitée en raison du travail supplémentaire qu'ils nécessitent ou des propriétés organoleptiques particulières qu'ils induisent. Le trempage, en revanche, qui peut être utilisé comme étape préliminaire à ces procédés, ne présente pas ces inconvénients et permet de débuter la réduction des teneurs en phytates[9,10].

Les objectifs de cette étude étaient, d'une part, de caractériser les effets du trempage sur les teneurs en phytates et les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn de graines de céréales et de légumineuses et, d'autre part, d'évaluer si une combinaison du trempage avec d'autres procédés simples permettait d'améliorer ces effets. Les effets du trempage (dans des conditions applicables au niveau des ménages) ont été évalués sur 4 espèces de céréales et 3 espèces de légumineuses couramment utilisées dans la préparation d'aliments de complément dans les pays du sud. Les combinaisons de procédés, en revanche, ont été testées sur une seule espèce de céréale (mil) et une seule espèce de légumineuse (soja) choisies pour leurs intérêts nutritionnels et leur forte consommation et consistaient à faire subir aux graines un traitement mécanique (applicables dans les petites unités de production de farines) avant trempage.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nature et origine des graines étudiées

Les graines de céréales provenaient du Burkina Faso (mil, *Pennisetum glaucum;* sorgho, *Sorghum bicolor*) et de France (maïs, *Zea mays;* riz, *Oryza sativa*), et celles de légumineuses de Chine (soja, *Glycine hispida max*), du Sénégal (niébé, *Vigna unguiculata*) et de Madagascar (ambérique, *Vigna radiata*).

Traitements appliqués

- Décorticage et broyage: Les graines décortiquées de mil et de soja et leur farine (de granulométrie correspondant à celle des farines locales) ont été obtenues à l'aide d'un décortiqueur (SATAKE TM 050, 750-1450 rpm). et d'un broyeur de laboratoire (PERTEN Falling number type 3303, 2800 rpm).
- Trempage des graines: 100 g de graines sèches entières ou décortiquées sont mises à tremper dans 300 ml d'eau minérale (Evian) pour les céréales et dans 500 ml pour les légumineuses. Les graines sont trempées pendant 24 h à 30°C sous agitation douce (60 rpm) dans un incubateur. Après égouttage et congélation, les graines sont lyophilisées et broyées afin d'obtenir des particules de farine de granulométrie inférieure à 500 µm. Chaque trempage a été réalisé en double.
- Trempage des farines: La proportion farine/eau (90 g / 300 ml) a été calculée pour permettre ensuite la préparation de bouillies de mil de consistance et de densité énergétique acceptables pour les enfants[11]. La durée de trempage a été limitée à 8 h afin d'éviter un début de fermentation.

Méthodes analytiques

Les quantités de phytates ont été estimées par détermination des teneurs en IP6 par séparation HPIC sur colonne échangeuse d'anions Dionex selon la méthode de Talamond et al.[12] avec de légères modifications (centrifugation après extraction à 4500*g*, 4°C pendant 20 min et dilution du résidu avant injection dans 2 ml d'eau milliQ). Les teneurs en fer et en zinc ont été déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique après minéralisation à 530°C pendant 2h.

Chaque détermination a été réalisée en triple.

RÉSULTATS

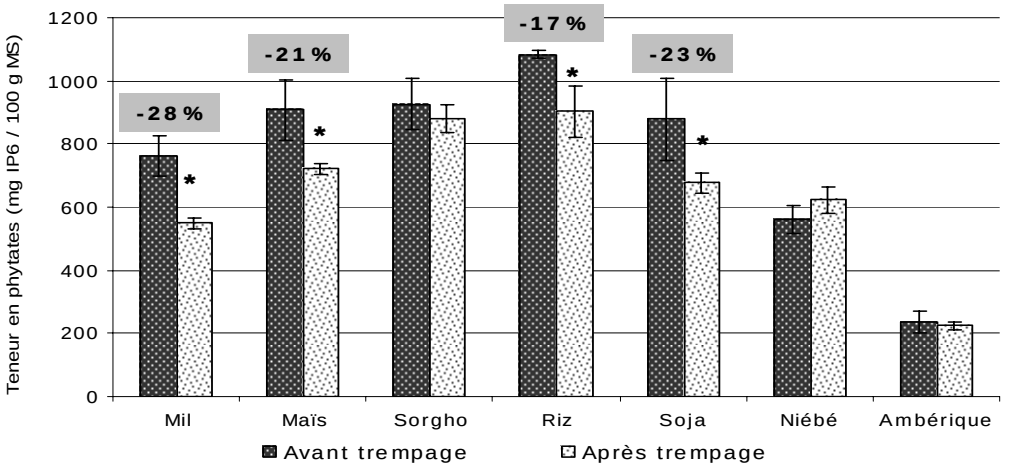
Effet du trempage sur la biodisponibilité du fer et du zinc de différentes espèces de céréales et de légumineuses

Les teneurs en phytates des différentes espèces de céréales et de légumineuses avant et après trempage sont représentées sur la figure 1.

Les valeurs obtenues pour les graines brutes (mil: 762, maïs: 908, sorgho: 925, riz: 1084, soja: 878, niébé: 559, ambérique: 236 mg IP6 / 100 g MS) sont proches de celles reportées par Reddy[13] excepté pour le soja et l'ambérique qui sont plus faibles (1000 à 2200 mg / 100 g MS pour le soja et 590 à 1100 mg / 100 g MS pour l'ambérique dans la littérature).

Des réductions des teneurs en phytates, plus ou moins fortes selon l'origine de la graine, ont été obtenues après trempage des graines entières. Deux groupes peuvent être distingués: riz, maïs, soja et mil, groupe pour lequel on observe des réductions significatives ($p \leq 0{,}05$) des teneurs en phytates (respectivement 17, 21, 23 et 28%) et

ambérique, sorgho et niébé, groupe pour lequel les réductions ne sont pas significatives.



Moyennes de 3 déterminations avant trempage et de 6 déterminations après trempage, les barres verticales représentant les écart-types des moyennes.
**Moyennes significativement différentes au niveau 5% (test de Duncan[16]).*

Figure 1: Variation des teneurs en phytates (mg IP6 /100 g MS) des différentes espèces de céréales et de légumineuses après trempage des graines entières pendant 24 h.

Les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn des différentes espèces de céréales et de légumineuses avant et après trempage sont représentés sur la figure 2.

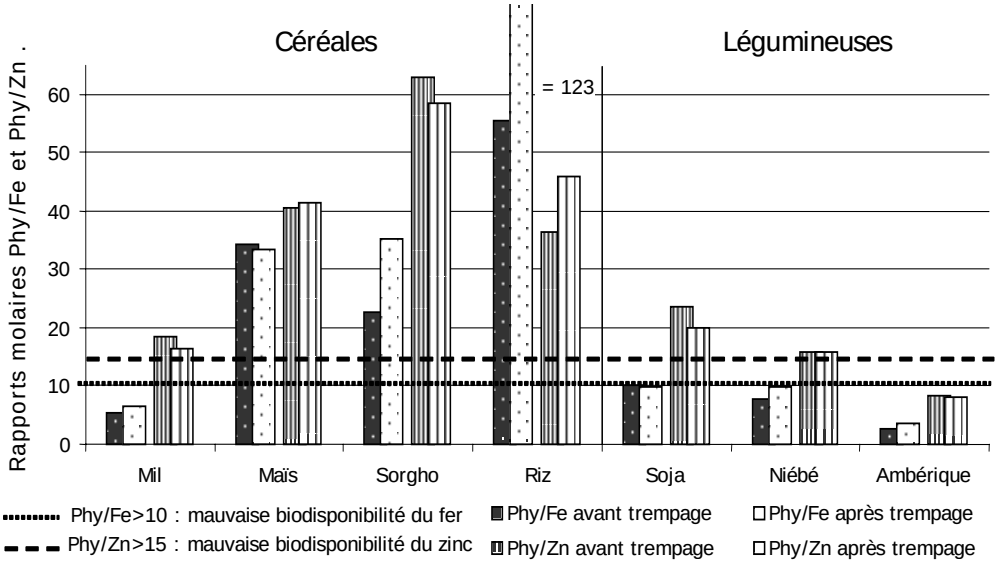


Figure 2: Effet d'un trempage de 24 h des graines entières des différentes espèces de céréales et de légumineuses sur leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn.

Les rapports Phy/Fe des graines brutes sont globalement en accord avec ceux reportés par Allen et Ahluwalia[14]. Ils sont inférieurs ou égaux à 10 pour le mil (5,3), le

soja (10,1), le niébé (7,8) et l'ambérique (2,8) qui doivent donc présenter une biodisponibilité du fer acceptable. Les rapports Phy/Zn du riz (36,3), du maïs (40,6) et du sorgho (62,8) sont très supérieurs à la valeur limite (15-20) correspondant à une biodisponibilité acceptable et en sont proches pour le mil (18,5) et le soja (23,5).

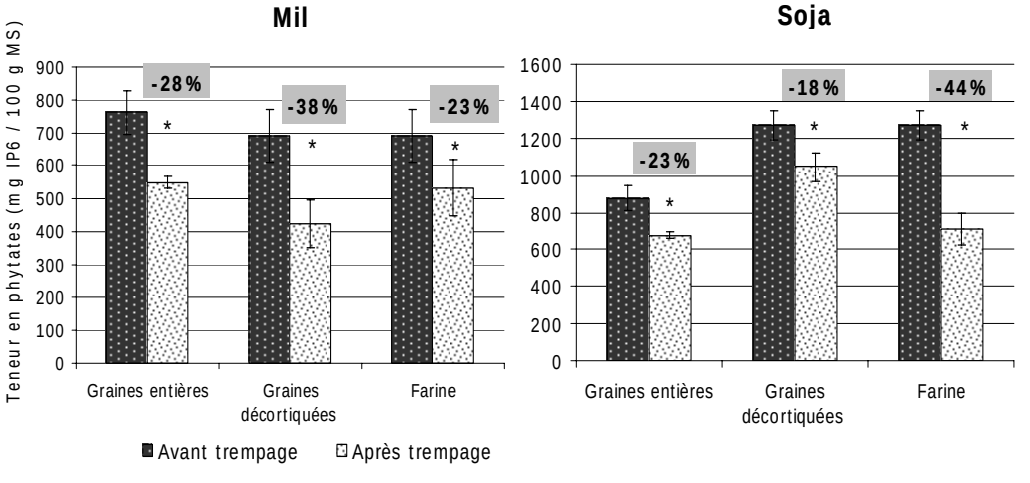
Le trempage des graines entières ne permet pas de diminuer les rapports molaires Phy/Fe qui restent supérieurs à 10 pour le maïs, le sorgho et le riz. Ces rapports molaires augmentent même après trempage, particulièrement ceux du sorgho (35) et du riz (123), en raison d'une diminution des teneurs en fer. Concernant les rapports Phy/Zn, on observe une légère diminution pour la plupart des espèces, mais ils restent supérieurs (41, 46, et 58 respectivement pour le maïs, le riz et le sorgho) à la valeur au-dessus de laquelle l'absorption du zinc est généralement plus faible.

Effet de combinaison de procédés sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les graines de mil et de soja

Les variations des teneurs en phytates après application des différents traitements sont représentées en figure 3.

Concernant le mil, le décorticage ne provoque pas de variation significative de la teneur en phytates. Comme vu précédemment, le trempage 24 h des graines entières entraîne une dégradation de 28% des phytates ($p \leq 0{,}05$). L'ajout d'une étape de décorticage avant trempage entraîne une dégradation supplémentaire de 10%. En revanche, le trempage pendant 8 h des graines décortiquées et broyées ne permet pas d'augmenter encore cette dégradation (23%), certainement en raison de la plus courte durée de trempage adoptée.

Pour le soja, les résultats observés sont très différents. Le décorticage entraîne une forte augmentation de la teneur en IP6 (+45%) ce qui confirme les résultats reportés par Reddy[13] comme quoi les phytates des légumineuses se trouvent en quasi-totalité dans l'endosperme de la graine. Le trempage 24 h des graines entières permet de dégrader 23% des phytates ($p \leq 0.05$), tandis que celui des graines décortiquées ne conduit qu'à 18% de dégradation. En revanche, on obtient 44% de dégradation avec un trempage de 8 h de la farine.



Moyennes de 3 déterminations pour le matériel avant trempage et de 6 déterminations pour le matériel après trempage, les barres verticales représentant les écart-types des moyennes. Les pourcentages de perte en IP6 sont calculés par rapport à la teneur dans le matériel mis à tremper.
**Moyennes significativement différentes au niveau 5% (test de Duncan)[16].*

Figure 3: Variation des teneurs en phytates (mg IP6 / 100 g MS) après différents traitements appliqués aux graines de mil et de soja.

Concernant les rapports molaires (figure 4), il y a une augmentation des rapports Phy/Fe après décorticage en raison de la localisation majoritaire du fer dans les enveloppes et le rapport Phy/Zn du soja augmente également en raison de la plus forte teneur en IP6 dans les graines décortiquées. Le trempage conduit à une réduction des teneurs en minéraux (notamment du fer) qui diffusent dans le milieu de trempage[15].

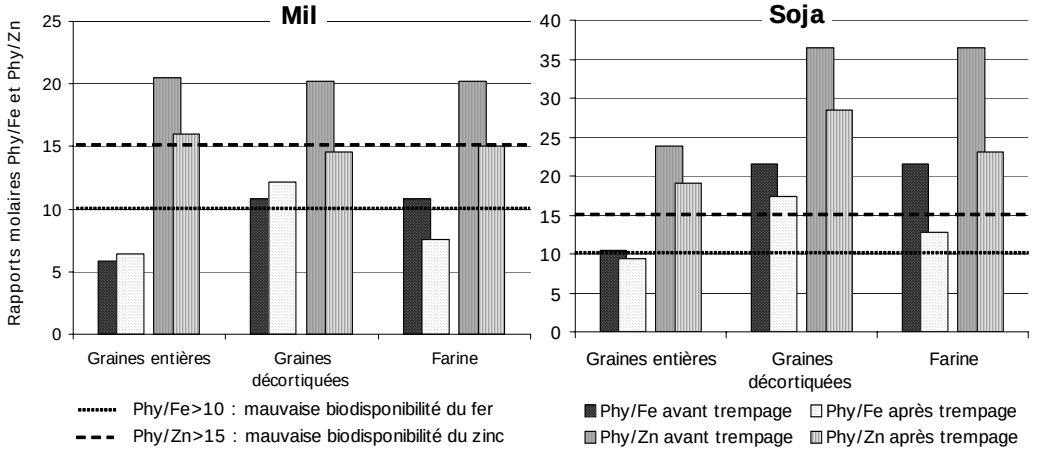


Figure 4: Effet de différents traitements appliqués aux graines de mil et de soja sur leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn.

Pour le mil, bien que le trempage des graines décortiquées permette d'obtenir le taux de dégradation en phytates le plus fort, il s'agit du traitement le moins efficace en terme d'amélioration du rapport molaire Phy/Fe qui augmente de 10,8 à 12,2 en raison d'une diffusion du fer proportionnellement supérieure à la dégradation des IP6, tandis que le rapport Phy/Zn diminue de 20,2 à 14,6. En revanche, le trempage de la farine de mil permet d'améliorer les deux rapports qui passent de 10,8 à 7,6 pour Phy/Fe et de 20,2 à 15,0 pour Phy/Zn.

Pour le soja, malgré la forte dégradation des phytates obtenue avec le trempage de la farine, les plus importantes diminutions des rapports molaires sont observées avec le trempage des graines entières (de 10,4 à 9,4 pour Phy/Fe et de 23,8 à 19,1 pour Phy/Zn). En effet, pour les autres traitements les rapports sont fortement augmentés en raison de la forte teneur en IP6 des graines décortiquées.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude relative à des procédés de transformation des aliments utilisables aux niveaux des ménages et des communautés susceptibles de modifier la biodisponibilité des minéraux permettent de proposer quelques améliorations concernant l'étape de trempage intervenant dans le procédé de préparation de farines utilisables comme aliment de complément.

Un trempage de 24 h à 30°C de graines entières permet de réduire significativement les teneurs en phytates de certaines espèces de céréales et de légumineuses. Mais, étant donnée la perte par diffusion d'une partie des minéraux, et surtout du fer, pendant le trempage, les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn ne sont pas améliorés en conséquence. En ce qui concerne les combinaisons de procédés applicables aux graines de mil et de soja, elles ont également un effet modéré sur les rapports

molaires Phy/Fe et Phy/Zn, bien que certaines permettent d'augmenter considérablement le taux de dégradation des phytates par rapport à celui obtenu après un trempage seul. Les résultats sont, par ailleurs, différents pour les deux types de graines. Nous retiendrons comme procédés les plus efficaces pour la diminution des rapports molaires, le trempage 8 h de la farine pour le mil et le trempage 24 h des graines entières pour le soja.

Une optimisation des conditions de trempage devrait permettre d'augmenter la dégradation des phytates, cependant le trempage sera toujours insuffisant pour entraîner des taux de dégradation suffisants pour entraîner une réelle amélioration de la biodisponibilité des minéraux et devra donc être couplé avec d'autres traitements, comme la fermentation ou la germination, pour que les farines ainsi obtenues offrent des biodisponibilités en fer et en zinc acceptables.

RÉFÉRENCES

1. Gibson RS. Zinc nutrition in developing countries. Nutr Res Rev 1994;7:151-73.
2. Frölich W. Bioavailability of micronutrients in a fibre-rich diet, especially related to minerals. Eur J Clin Nutr 1995;49(3):116S-22S.
3. Solomons NW, Ruz M. Zinc and iron interaction: Concepts and perspectives in the developing world. Nutr Res 1997;17(1):177-85.
4. Weaver CM, Kannan S. Phytate and mineral bioavailability. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. Food phytates. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002:211-24.
5. Davies NT, Olpin SE. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats. Brit J Nutr 1979;41(3):590-603.
6. Saha PR, Weaver CM, Mason AC. Mineral bioavailability in rats from intrinsically labeled whole wheat flour of various phytate levels. J Agric Food Chem 1994;42:2531-5.
7. Marfo EK, Simpson BK, Idowu JS, Oke OL. Effect of local food processing on phytate levels in cassava, cocoyam, yam, maize, sorhum, rice, cowpea and soybean. J Agric Food Chem 1990;38(7):1580-5.
8. Mahgoub SEO, Elhag SA. Effect of milling, soaking, malting, heat-treatment and fermentation on phytate level of four Sudanese sorghum cultivars. Food Chem 1998;61:77-80.
9. Vijayakumari K, Siddhuraju P, Pugalenthi M, Janardhanan K. Effect of soaking and heat processing on the levels of antinutrients and digestible proteins in seeds of *Vigna aconitifolia* and *Vigna isnensis*. Food Chem 1998;63(2):259-64.
10. Duhan A, Khetarpaul N, Bishnoi S. Content of phytic acid and HCl-extractability of calcium, phosphorus and iron as affected by various domestic processing and cooking methods. Food Chem 2002;78(1):9-14.
11. WHO. Energy required from complementary foods and factors affecting their intake. In: Report WHO/NUT/98.1. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva, FL:WHO, 1998:45-76.
12. Talamond P, Gallon G, Trèche S. Rapid and sensitive liquid chromatographic method using a conductivity detector for the determination of phytic acid in food. J Chromatogr A 1998;805:143-7.

13. Reddy NR. Occurrence, distribution, content, and dietary intake of phytate. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. Food phytates. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002:25-52.

14. Allen LH, Ahluwalia N. Improving iron status through diet. The application of knowledge concerning dietary iron bioavailability in human populations, OMNI Opportunities for Micronutrients Interventions. Washington, DC: John Snow, Inc./OMNI, 1997.

15. Saharan K, Khetarpaul N, Bishnoi S. HCl-extractability of minerals from ricebean and fababean: influence of domestic processing methods. Innovative Food Science & Emerging Technologies 2001;2(4):323-5.

16. Duncan DB. Multiple range and Multiple-F tests. Biometrics 1955;11:1-42.

Remerciements: *Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Cerefer (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N° ICA4-CT-2002-10047. Nous remercions I. Rochette pour la prise en charge des analyses de phytates sur HPIC, ainsi que C. Mouquet, J.P. Guyot et S. Chanliau pour leurs conseils.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Improving the digestibility and availability of nutrients from sorghum flour though improved malting techniques

Mbofung* Carl MF, Fombang Edith N

Dept of food science and nutrition ENSAI, University of Ngaoundéré, Cameroon.

*Corresponding author: *cmbofung@yahoo.com*

- Abstract -

Although sorghum is a staple for millions of Africans and offers great potential for use in the formulation of complementary foods for infants, its digestibility and the optimum bioavailability of its nutrients is often curtailed by the presence of high levels of antinutritional factors (ANF). Germination has been reported to reduce the concentration of ANF in malted grains and to improve its nutritional quality. The degree to which germination influences these changes has been shown to vary with germination conditions and grain variety. The present study was carried out to determine the interactive effect of varying malting conditions (steeping time, steeping temperature and duration of germination) on the level of some nutrients and ANF (phytic acid, alpha amylase inhibitors, trypsin inhibitors and tannins) in sorghum grains. Cleaned sorghum (Madjeri variety) samples obtained from IRAD – Cameroon was steeped in distilled water five times its weight for volume for 8, 12 & 16 hrs at 28, 30 & 35 °C respectively, and germinated for various periods of 0, 24, 48 and 72h at 30°C. The steep solutions were analysed for specific conductivity, leached sugars and proteins. Steeped grains, germinated grains and unsteeped controls were analysed for proteins, fat, ash and carbohydrates, water soluble sugars and proteins, phytates, alpha amylase inhibitors, tannins, trypsin, pepsin protein digestibility and malting loss. The effect of germination on the different parameters measured was found to be significantly influenced by the duration of germination as well as steeping conditions. Thus when steeped for 16h at 28°C and germinated for 72hrs at 30°C, ANF dropped and in-vitro pepsin digestibility increased by 28%. When these conditions were maintained and only the steeping temperature modified to 30° or 35°C the relative in-vitro digestibility increased by 42.6 and 33.5% respectively. Using second order polynomial response contour plot equations, the combination of steeping at between 30 and 33 °C for 10 to 16 hours and germinating for 72h at 30°C we estimated to be the optimum for the production of sorghum malt of good nutritional quality and digestibility and with negligible levels of ANF.

Key words: Sorghum – Malting – Digestibility – Nutrient availability – Antinutritional factors.

- Résumé -

Amélioration de la digestibilité et de la disponibilité des nutriments de la farine de sorgho à l'aide de techniques améliorées de maltage

Bien que le sorgho soit un aliment de base pour des millions de personnes en Afrique et offre un grand potentiel d'utilisation pour l'élaboration des aliments de complément pour les nourrissons, la biodisponibilité optimale de ses nutriments est souvent réduite par la présence de facteurs anti-nutritionnels (FAN). La germination est connue pour réduire la concentration en FAN dans les grains maltés et améliorer leurs qualités nutritionnelles. Il a été démontré que le degré auquel la germination influence ces changements varie avec les conditions de germination et la variété du grain. La présente étude a été menée pour déterminer les effets et les interactions de différentes modalités de maltage (durée de trempage, température de trempage et durée de germination) sur les teneurs en certains nutriments et FAN (acide phytique, inhibiteurs d'alpha amylase, inhibiteurs de la trypsine et tanins) dans les grains de sorgho. L'atteinte de cet objectif devrait permettre d'obtenir certaines informations susceptibles de contribuer à la définition de conditions de maltage adéquates indispensables pour réduire significativement les concentrations en FAN et en même temps limiter la perte de nutriments et améliorer la digestibilité et la disponibilité des nutriments.

Des échantillons de sorgho nettoyés (variété Madjeri) obtenus auprès de l'IRAD-Cameroun, ont été trempés dans des volumes d'eau distillée équivalents à 5 fois leur masse pendant 8, 12 et 16 heures à 28, 30 et 35°C, respectivement, et mis à germer pendant 0, 24, 48 et 72 heures à 30°C. Des mesures de conductivité spécifique et des déterminations de teneurs en sucres et en protéines solubles ont été réalisées dans les eaux de trempage. Les grains trempés, les grains germés et des contrôles correspondant à des grains non trempés ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en protéines, lipides, cendres, glucides, sucres et protéines solubles dans l'eau, phytates, inhibiteurs d'alpha amylase, ainsi que la digestibilité à la trypsine et à la pepsine de leurs protéines et les pertes au cours du maltage.

Les effets de la germination sur les différents paramètres mesurés se sont révélés significativement influencés par la durée de germination ainsi que par les conditions de trempage. Ainsi, les teneurs en facteurs anti-nutritionnels diminuent et la digestibilité *in vitro* par la pepsine est augmentée de 28% quand les grains sont trempés pendant 16h à 28°C et germé pendant 72 heures à 30°C. Lorsque ces conditions sont maintenues et que seule la température de trempage est modifiée pour atteindre 30°C ou 35°C, la digestibilité *in vitro* augmente, respectivement de 42,6 et 33,5%. En utilisant des équations polynomiales de second degré, on a pu estimer qu'un trempage entre 30 et 33°C pendant 10 à 16 heures et une durée de germination de 72 h à 30°C correspondent aux conditions optimales pour la production de malt de sorgho ayant une bonne qualité nutritionnelle, une bonne digestibilité et de faibles teneurs en FAN.

Mots-clés: Sorgho – Maltage – Digestibilité – Disponibilité des nutriments – Facteurs anti-nutritionnels.

———————————

INTRODUCTION

Sorghum is an important food crop in the diets of millions of people in Africa and Asia accounting for a reasonable proportion of their protein and energy intakes. As a staple of the people of northern Cameroon, it offers great potential as a source of energy and some proteins for human nutrition and especially in complementary food formulations. However, the presence of anti-nutritional factors (ANF) has been reported to constitute an important handicap to their effective utilisation in human nutrition and particularly in complementary foods[11].

Generally, germination has been reported to reduce the concentration of anti-nutritional factors in malted grains and to improve its nutritional quality[10,21,30]. The degree to which germination influences these changes has been shown to vary with germination conditions and grain variety.

Prior to germination grains are steeped. Steeping rehydrates the grain, activates enzymes, triggers metabolic processes and thus facilitates the process of germination[19]. It would thus seem that the duration of steeping and consequently the degree of rehydration of the grain would have an effect on the germination process. In addition steeping results in leaching of nutrients and antinutrients into the steep medium[20,28]. This loss could also affect the performance of the grain during germination. Most studies on the malting of sorghum hardly pay attention to the steeping conditions.

Given these facts, the present study was carried out to determine the effect of malting conditions on the availability and digestibility of nutrients as well as the influence on the antinutritional factors that affect them. Specifically, the study was carried out to determine the interactive effect of varying such germination conditions as steeping time and temperature and duration of germination on the level of some nutrients and anti-nutritional factors (phytic acid, alpha amylase inhibitors, trypsin inhibitors and tannins), and the solubility and digestibility of proteins in a draught resistant sorghum variety, *Madjeri*, commonly grown in the northern parts of Cameroon.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Sorghum variety, *Madjeri* was obtained from the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) in Maroua, Cameroon.

Methods

The experimental design used was a 3x3x4 factorial design comprising 3 steeping temperatures (28°C, 30°C, 35°C), 3 steeping times (8h, 12h, 16h) and 4 germination times (0h, 24h, 48h, 72h), with germination taking place at a constant room temperature of 30°C. Experiments were carried out in duplicates.

Response factors measured were proximate composition (crude proteins, carbohydrate, fat and ash content), the water soluble sugar and crude protein content, as well as the level of specific ANF factors (phytates, tannins, alpha amylase inhibitors and trypsin inhibitors). Pepsin digestibility of the proteins in flours obtained from different malts and the extent of malting loss was equally determined. All analyses were carried out in triplicates. Germination was carried out according to the scheme presented in figure 1.

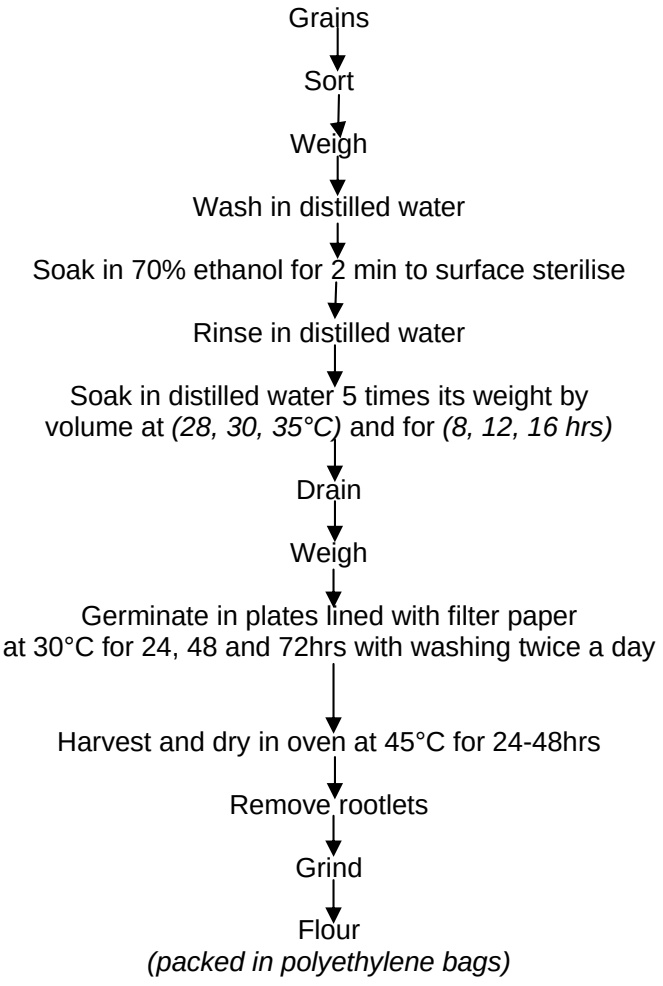


Figure 1: Experimental scheme for the production of sprouted sorghum flour.

Methods of analyses

Proximate Analysis

Moisture, fat, ash and carbohydrates were determined using standard AOAC[2], methods, while crude protein content was assayed by a microkjeldahl method[5].

Water-soluble sugars and proteins

To determine water-soluble sugars and crude proteins, samples were extracted[10] and analysed using appropriate methods[9,24].

Antinutritional Factors ANF

Phytic acid was determined by the New Chromophore method[1]; tannins and Alpha amylase inhibitors respectively by the protein precipitation method[18] and the starch/iodine procedure[17] while trypsin inhibitors were determined by the Kakade method[7].

In Vitro Pepsin Protein Digestibility

This was determined according to a modified method[12]. In this procedure 1g of sample was mixed with 35 ml of 0.1M phosphate buffer with pepsin (1.5g pepsin/L pH 2.0), incubated for 2hrs in a shaking water bath at 37°C and centrifuged at 10000 rpm for 15 min. The residue was washed in 10 ml of phosphate buffer and re-centrifuged at 10000 rpm for 15 minutes and the supernatant pooled and analysed for protein content by the Lowry method[9]. Results obtained were expressed as % protein digested following 2hr of pepsin action.

Malting Loss

Malting loss was the difference in weight between the germinated and the ungerminated grains.

Statistical Analysis

The *SPSS for Windows* statistical package[22] as well as the *Statistica* software[23] were used for the statistical analysis of results. Data obtained were examined statistically for variation among treatment conditions (ANOVA). Pearson correlation analysis was also carried out to determine the relationship between the various response and experimental factors. Regression analysis was used to approximate the fitness of the data to a linear model.

The experimental design used was based on the assumption that the malting process is a system affected by three independent variables namely, steeping time, steeping temperature and germination time. For each response factors *Y,* measured, a mathematical function *f* relating the response factor to the independent variables was assumed to be given by the following relationship[29]:

$$Y = f\left(X_1, X_2, X_3\right)$$

Due to the unknown and complex form of the function *f* a second degree polynomial equation was assumed to approximate the true function. Thus,

$$Y = b_o + \sum_{i=1}^{3} b_i X_i + \sum_{i=1}^{3} b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} b_{ij} X_i X_j$$

Where b_o, b_i, b_{ii} *and* b_{ij} are constant coefficients and x_i are the independent variables.

Using multiple regression techniques installed in the statistical package (*Statistica*), these coefficients and the mathematical equations relating the response factors with the independent variables were automatically generated and used to determine the theoretical zones of optimal response. Contour plots illustrating the effect of the experimental factors on the dependent factors were plotted.

RESULTS AND DISCUSSION

The proximate composition of steeped and germinated sorghum

Table 1 shows the proximate composition of the sorghum grain following steeping and germination. Fat and ash decreased with germination. Fats are the major energy source for the growing plant[8,15]. Minerals have also been reported to be required by the plant during its early stages of growth[6]. Decrease in minerals might have been due

to leaching during steeping. Crude proteins, similarly decreased with steeping ($r = -0.45$, $P<0.0001$) and germination ($r = -0.77$, $P<0.0001$) time, partly through leaching into the steep medium and also due to the fact that they also provide energy for the growing embryo[6]. However, it had previously been suggested that it is the quality rather than the quantity of proteins that is more often affected during germination as storage proteins are degraded and new proteins synthesised with changes in amino acid profiles[8].

Table 1: Effect of steeping time, temperature and germination time on proximate composition of sorghum malts.

Steeping Temperature (°C)	Germination time (hours)	Steeping time (hours)	Carbohydrate		Crude Protein		Fat		Ash	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
			% Dry matter							
28°C	0	8	85.7	0.03	10.17	0.04	2.80	0.03	1.30	0.01
		12	86.3	0.03	9.42	0.04	2.96	0.10	1.34	0.01
		16	86.6	0.20	9.43	0.07	2.70	0.02	1.24	0.17
	24	8	86.3	0.16	10.22	0.07	2.34	0.00	1.15	0.17
		12	87.3	0.09	9.38	0.03	2.28	0.00	1.04	0.08
		16	87.9	0.07	9.36	0.04	1.61	0.01	1.09	0.04
	48	8	87.6	0.03	9.54	0.01	2.05	0.02	0.85	0.03
		12	87.9	0.07	9.34	0.07	2.00	0.01	0.80	0.05
		16	89.0	0.08	8.70	0.06	1.47	0.00	0.81	0.04
	72	8	89.2	0.01	9.18	0.01	0.87	0.01	0.80	0.01
		12	89.2	0.10	9.22	0.05	0.98	0.02	0.61	0.08
		16	88.6	0.12	9.36	0.02	1.32	0.01	0.75	0.10
30°C	0	8	85.5	0.03	10.16	0.03	3.05	0.05	1.27	0.01
		12	86.2	0.06	9.72	0.06	2.88	0.01	1.25	0.03
		16	86.4	0.04	9.64	0.05	2.70	0.02	1.24	0.03
	24	8	87.1	0.06	9.88	0.06	1.79	0.00	1.19	0.02
		12	86.9	0.03	9.59	0.06	2.40	0.01	1.16	0.03
		16	87.4	0.07	9.62	0.04	1.74	0.02	1.20	0.01
	48	8	87.9	0.05	9.57	0.05	1.40	0.01	1.15	0.01
		12	88.0	0.02	9.10	0.03	1.84	0.01	1.11	0.01
		16	88.7	0.05	8.70	0.04	1.52	0.01	1.13	0.01
	72	8	88.4	0.09	9.18	0.04	1.38	0.01	1.02	0.05
		12	88.8	0.05	8.63	0.06	1.51	0.01	1.06	0.02
		16	88.7	0.05	8.70	0.04	1.52	0.01	1.13	0.01
35°C	0	8	85.5	0.04	10.16	0.04	3.10	0.02	1.28	0.02
		12	86.7	0.02	9.73	0.01	2.31	0.01	1.23	0.04
		16	86.6	0.04	9.75	0.02	2.37	0.01	1.27	0.01
	24	8	86.9	0.04	9.66	0.05	2.21	0.01	1.21	0.04
		12	87.4	0.05	9.62	0.04	1.85	0.00	1.17	0.02
		16	87.1	0.06	9.55	0.04	2.21	0.01	1.18	0.03
	48	8	87.6	0.07	9.41	0.04	1.85	0.01	1.12	0.03
		12	88.3	0.03	8.79	0.02	1.78	0.01	1.10	0.00
		16	88.0	0.05	8.77	0.04	2.16	0.00	1.09	0.01
	72	8	88.4	0.06	9.13	0.06	1.34	0.02	1.09	0.06
		12	88.5	0.04	8.72	0.01	1.69	0.01	1.07	0.02
		16	88.4	0.03	8.72	0.02	1.85	0.01	1.00	0.01

The influence of malting conditions on nutrient values

Water Soluble Sugars

Following germination, water soluble sugars in grains (indicative of their level of bioavailability) increased (table 1) with values ranging from 1.35 – 9.97g/100gdm. Malted sorghum water soluble sugar content was significantly ($p<0.0001$) influenced by the individual and interactive effects of steeping time, temperature and germination time. Water soluble sugars and germination time were positively correlated ($r = 0.86$, $P<0.0001$), and their relationship could be given by the regression equation: *Soluble Sugars = 0.692 + 1.974GX; with* $R^2 = 0.79$. GX is the germination time in hours.

Increase in soluble sugar contents such as reported for millet sprouts[13] have been explained to be as a results of the fact that, during germination amylase enzymes are activated and these partially breakdown carbohydrates into maltooligo-saccharides[10] Inferring from the level of soluble sugars in this study, this enzyme activity seemed to be significantly influenced ($p<0.0001$) by the steeping temperature (figure 2) with 30°C appearing as the most favourable temperature. The observation of a significant negative correlation between the amounts of soluble sugars and AAI ($r = -0.7504$, $p<0.0001$) tannins ($r = -0.6657$, $P<0.0001$) and phytic acid ($r = -0.89$, $P<0.0001$), also suggests that, these anti-nutritional factors have some inhibitory influence on amylase activity.

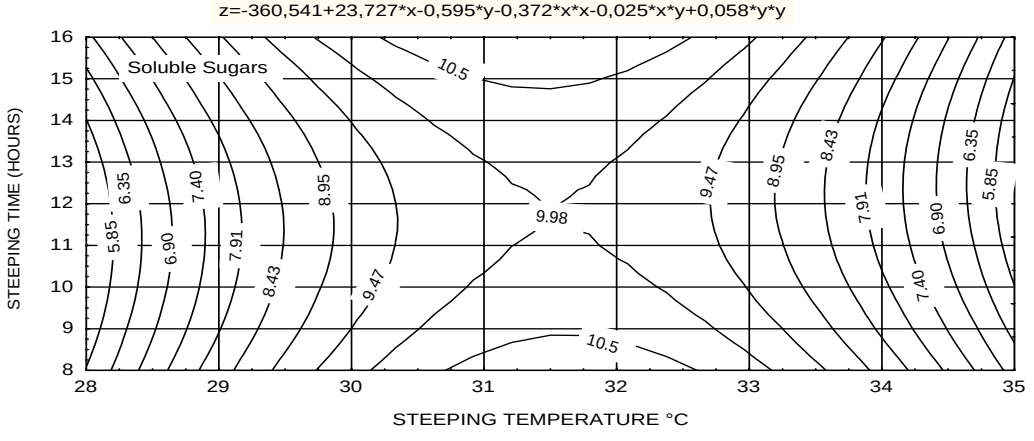


Figure 2: Contour plot of the changes in soluble sugar content (% DM) of malted sorghum as a function of steeping temperature and time.

Water Soluble Crude Protein

Soluble crude protein levels were singly and interactively significantly ($p<0.0001$) affected by the germination variables (table 1). On a comparative basis, germination time had a stronger influence ($r^2 = 0.63$) on protein solubilisation, than steeping time ($r^2 = 0.07$). Values of soluble crude protein ranged from 0.89 - 1.77g/100gdm. During germination proteolytic enzymes are activated and these degrade insoluble protein fractions into small water soluble peptides, resulting in solubilisation of proteins[4]. The results of this study indicate that the degree of the solubilisation of proteins during germination depend on the steeping water temperature (figure 3). Proteolytic activity appeared to be enhanced at 30°C, as evident in the higher values of soluble crude protein obtained in grains steeped at this temperature and germinated for 72h.

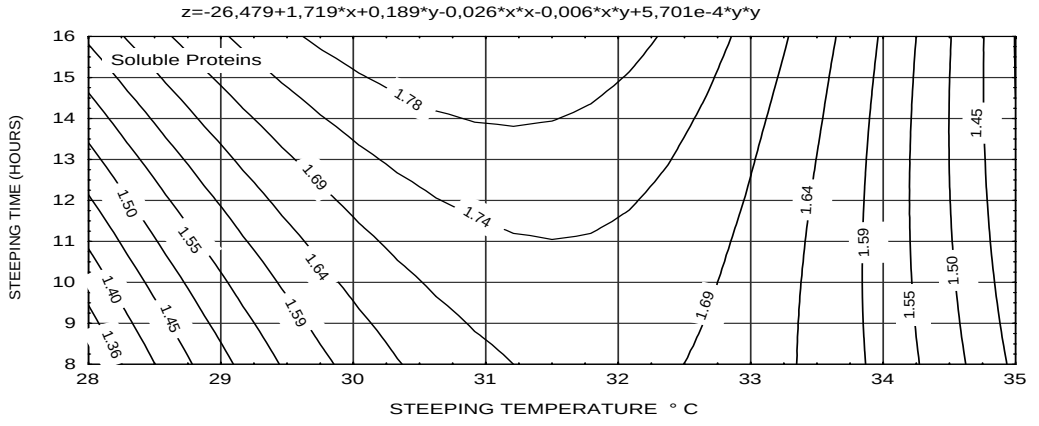


Figure 3: Contour plot of the changes in soluble protein content (% DM) of malted sorghum as a function of steeping temperature and time.

The effect of malting on antinutritional factors

Phytic Acid (PA)

Phytic acid content of malted grains was negatively and significantly correlated with germination time (GX) ($r = -0.89$, $P<0.0001$) but positively correlated ($r = 0.27$, $P<0.01$) with temperature (T). Statistical analysis of the data disclosed a fit of these variables to the linear regression model: $PA = 7.779 + 0.396ST - 1.114GX$ with an r^2 value of 0.85. Irrespective of the steeping temperature, the pattern of decrease in phytic acid with germination time proceeded in two phases, an initial lag phase which lasted for 24 hours followed by a relatively rapid phase. The existence of a lag phase probably represents the period preceeding the commencement of phytase enzyme synthesis. Varying results have been reported in the literature on the effect of germination on phytic acid reduction. Thus while a 35.8% decrease in sorghum phytates was reported after 48h of germination[25], other studies[26] reported a decrease of 29% in sorghum grains after 72h of germination. Although these differences may be related to genetic factors, this study has also shown that germination conditions equally play a role. Evaluation of the variation of phytate content of sorghum in malted sorghum as a function of steeping time and temperature using a second order polynomial response surface plots (figure 4) revealed that the phytate levels were lowest when steeping was carried out around 30 and 32°C irrespective of the duration of steeping. On the whole, the reduction in phytic acid level after 72h germination varied with the steeping temperature, and values ranged from 34- 40% in grains steeped at 28°C, 41- 44% for grains steeped at 35°C to 41- 46% for those steeped at 30°C. These results underscore the importance of treatment condition of temperature and duration of steeping as influencing factors on the performance of sorghum during germination, and suggest a need to use the right germination conditions for better phytate reduction.

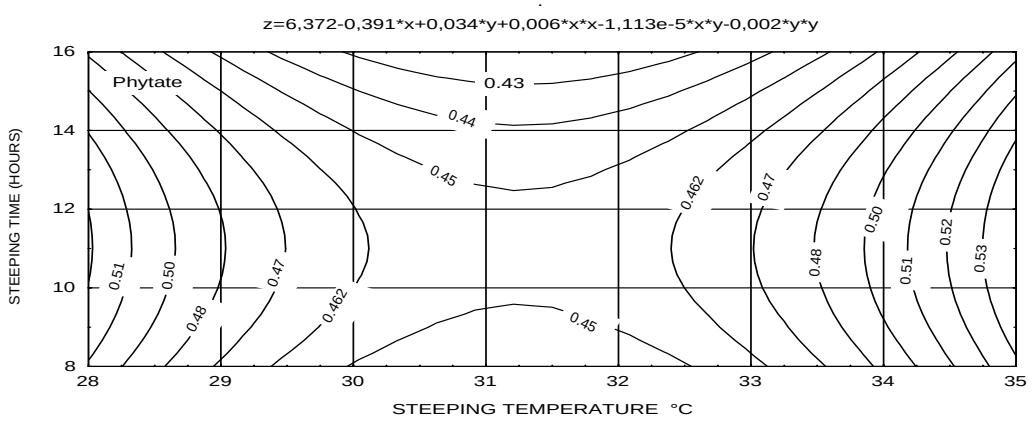


Figure 4: Contour plot of changes in phytate (% DM) content of malted sorghum as influenced by steeping temperature and time.

Alpha Amylase inhibitors – AAI

Changes in AAI were found to be significantly (P<0.0001) influenced by the individual and interactive effect of steeping time and temperature and germination time (table 2). AAI decreased appreciably (r = -0.8696, P<0001) with germination, but increased significantly (r = 0.2829; P<0.001) with steeping temperature. Generally AAI decreased linearly with increase in germination time at 28 and 30°C, whereas at 35°C, it decreased linearly with germination up to 48h after which it changed only slightly. In relative terms, over 85% of AAI present in grains steeped at 28 and 30°C were eliminated after 72 hours of germination. In grains steeped at 35°C the decrease was lower and was <75%. This lower reduction could be related to the poor germination capacity observed in grains steeped at 35°C.

Table 2: Effect of steeping temperatures and steeping time on sorghum anti-nutrient levels and pepsin protein digestibility (PPD).

Steeping Temp. (°C)	Germ. Time (hours)	Steeping Time (hours)	**Phytate** % DM		**AAI** AAI units/100g		**Tannins** % prot. precipitated		**PPD** **%**	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
28°C	72	8	0.52	0.22	9.64	2.03	37.96	0.36	9.55	0.10
		12	0.51	0.13	4.17	1.20	37.42	0.36	9.96	0.12
		16	0.48	0.17	9.95	1.81	32.02	0.37	10.96	0.09
30°C	72	8	0.43	0.11	14.09	0.00	37.95	0.60	10.62	0.15
		12	0.49	0.21	14.64	0.80	36.22	0.25	10.74	0.04
		16	0.43	0.18	14.47	0.80	36.36	0.37	11.49	0.08
35°C	72	8	0.54	0.16	20.31	0.00	35.41	0.36	10.90	0.03
		12	0.52	0.06	30.29	0.78	33.48	0.12	11.15	0.00
		16	0.51	0.06	45.37	0.00	36.70	0.25	11.56	0.10

Tannins

Variations in tannin content of sorghum malt was significantly ($p<0.0001$) influenced by the different conditions studied (table 2). With particular reference to the effect of steeping conditions (figure 5), germination was most effective in reducing tannins when grains were steeped at lower temperatures, with a 33-43% reduction in grains steeped at 28°C compared to a mere 16-22% for grains steeped at 30 and 35°C. A possible explanation or this low drop in tannin levels in grains steeped at higher temperatures could be that tannins leached from the grains during steeping might have been imbibed into the endosperm giving higher residual values in these grains prior to the onset of germination. The low germination potential of grains steeped at 35°C could further explain the low drop in their tannin content upon germination. Tannins decreased steeply in grains steeped at 28°C, and gently as the steeping temperature increased. Some results in the literature[10], indicate that tannins in maize and rice decreased by about 50% after steeping for 6h and germinating for 72h at room temperature. It would therefore seem that steeping for shorter periods at lower temperatures prior to germination is favourable for tannin loss, as it probably prevents imbibition of leached tannins.

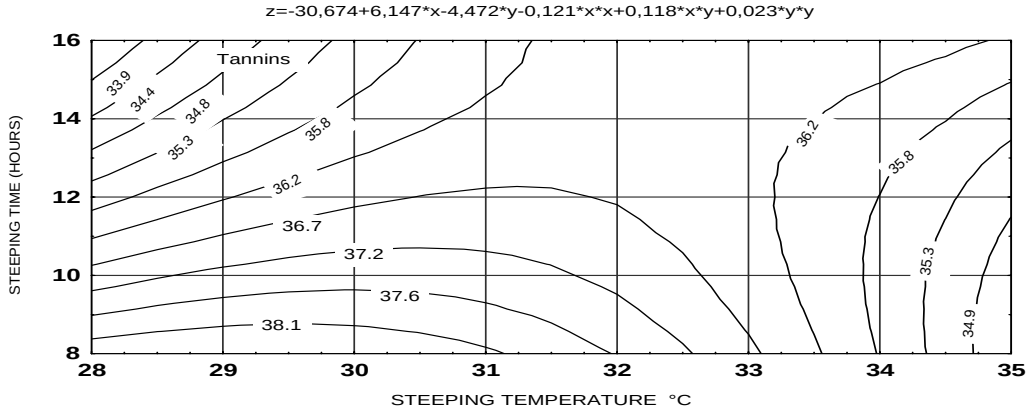


Figure 5: Contour plot of changes in tannin content (%protein precipitated) of malted sorghum as a function of steeping time and temperature.

Trypsin Inhibitors (TI)

Steeping followed by germination was effective in reducing trypsin inhibitors, though most of the TI were lost during steeping than during germination proper (table 3). Correlation analysis showed that of the 3 variables studied only an increase in germination and steeping times brought about a significant decrease in trypsin inhibitors ($r = -0.5793$, $P<0.003$; $r = -0.4203$, $P<0.04$ respectively). From an initial concentration of 0.051TIU/mg sample, trypsin inhibitors were reduced by 4 - 14% after 12h of steeping and by 12 - 18% after 16h of steeping, with higher temperatures giving higher losses. Decrease in trypsin inhibitors during steeping have been attributed to leaching[3], with higher temperatures and longer steeping time favouring the loss. The time-temperature effect was further evident in the extent of decrease after 72h of germination; grains steeped for 16h contained relatively less trypsin inhibitors than those steeped for shorter periods. For all steeping times, decrease with germination was highest at steeping temperatures of 30°C. During germination proteolytic enzymes are activated[27] and could be responsible for the breakdown of trypsin inhibitors. The higher losses observed in grains steeped at 30°C coupled with the

higher increase in water soluble proteins observed at this same temperature, seem to suggest that proteolytic activity was highest at this temperature.

Table 3: Effect of steeping time and temperature and germination time on Trypsin Inhibitor Activity (TIU/mg Sample) in sorghum.

Steeping Time (Hours)	Germi-nation time (Hours)	Steeping Temperature °C					
		28°C		30°C		35°C	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
12	0	0.049	0.001	0.044	0.001	0.044	0.001
	72	0.047	0.001	0.039	0.001	0.040	0.001
16	0	0.045	0.001	0.042	0.001	0.042	0.001
	72	0.040	0.001	0.037	0.001	0.038	0.001

N.B. Trypsin inhibitor concentration in unsteeped sorghum sample = 0.051 TIU/mg sample.

Pepsin protein digestibility (PPD) of malted sorghum

Germination has been shown to lead to a reduction in ANF that would normally inhibit protein digestion[10,14] and also to the activation of endogenous proteolytic enzymes[15]. As a result of this, PPD of germinated grains was observed to increase with germination time to a maximum of about 30%. Analysis of variance also revealed that the influence of steeping time, temperature and germination time as well as their interactions on 2h pepsin protein digestibility was significant ($p<0.0001$). PPD correlated positively with all the germination variables studied, steeping temperature ($r = 0.2638$, $P<0.001$), steeping time ($r = 0.2063$, $P<0.01$) and germination time ($r = 0.8827$, $P<0.0001$). Statistical analysis of the data disclosed a fit to the following linear regression model: *PPD = 5.718 + 0.88GX + 0.198ST + 0.179SX; w*ith a correlation coefficient of 0.84 ($p<0.0001$,w), where *ST SX* and *GX,* are respectively the steeping temperature (°C), steeping time (hours) and germination time (hours). The changes in the level of pepsin protein digestibility also fitted a second order polynomial model represented by the plot in figure 6. Based on this equation, grains steeped within the temperature range of 30 to 33°C present the highest level of pepsin protein digestibility.

Malting loss

Although malting has been shown to improve the nutritional quality of sorghum through inactivation of anti-nutritional factors and indigestible residues, it could also result in excessive rootlet formation and dry matter loss, with adverse consequences on malt yield, quality and functionality[14]. In the present study, malting loss ranged from 8 -16%. Analysis of variance showed that variation in malting loss was significantly ($P<0.0001$) influenced by the individual and the interactive effects of the experimental variables (table 1). Malting loss increased with steeping temperature in the order 30, 28, 35°C. This indicates a higher germination potential and possibly enzymatic activity in grains steeped at 30°C. The high amylase and proteolytic activities, as apparent from nutrient solubilisation, coupled with the higher decreases in phytates and AAI in sorghum grains steeped at 30°C, support this assertion, and go further to show the influence of steeping temperature on the germination process. Irrespective of steeping temperature, losses were highest at 8h of steeping and lowest at 16h.

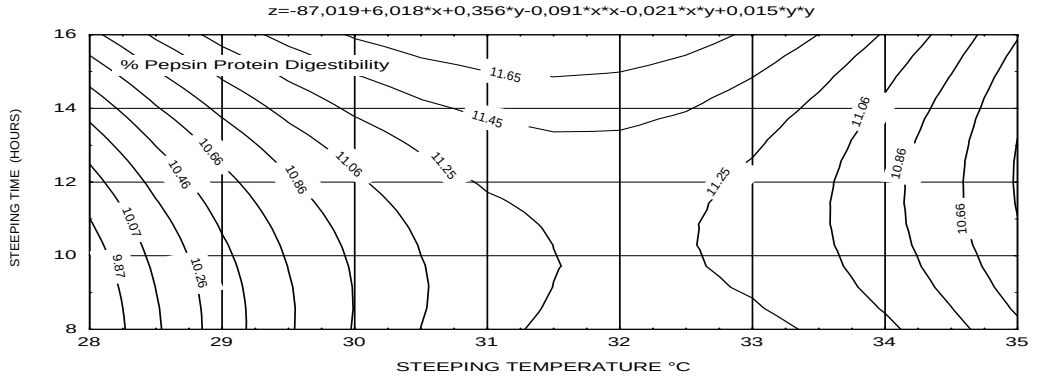


Figure 6: Contour plot of changes in pepsin protein digestibility (%) of malted sorghum as a function of steeping time and temperature.

CONCLUSION

While it is commonly acknowledged that sorghum germination leads to a reduction of anti-nutrients and an increase in the solubility of certain nutrients (proteins and carbohydrates), the results of the present study clearly show that the extent to which these changes take place is a function of such malting conditions as steeping time and temperature. Of the three variables (steeping time, steeping temperature and germination time) investigated in this study, the germination time had the most significant influence on all the response factors measured. Steeping time and temperature were significant in most cases with a synergistic effect on the influence of the germination time.

Solubility of sugars and proteins increased with germination time indicating the activation of amylolytic and proteolytic enzymes with consequent breakdown of carbohydrates and proteins to water soluble forms. Judging from the level of soluble nutrients the activity of these enzymes is favoured by steeping temperatures in the neighbourhood of 30°C. The predicted optimal conditions obtained from polynomial equations confirm this. With particular reference to the anti-nutritional factors (Phytic acid, alpha amylase inhibitors-AAI, trypsin inhibitor and tannins), the effect of malting conditions on these anti-nutrients was not uniform. In most cases however, significant reductions of the anti-nutritional factors were observed for grains soaked at temperatures of 28-30°C for 12-16h and germinated for 72h. Soaking at 35°C produced in most cases relatively less desired results. In general the 2h pepsin digestibility of the proteins increased by about 30% following germination.

REFERENCES

1. Ali IM, Ponnamperuma AJP, Youssef SH. New chromophore method for phytic acid determination. AACC*,* 1986;63*:*475-8.
2. Association of Official Analytical chemists. Official methods of analysis. 16th ed. Washington, DC: AOAC, 1984.
3. Barimalaa IS, Anoghalu SC. Effects of processing on certain antinutrients in Bambara groundnuts (*Vigna ubterranean*) cotyledons. J Sci Food Agric 1997;73:186-8.

4. Bhise VJ, Chavan JK, Kadam SS. Effect of malting on proximate composition and *in vitro* protein and starch digestibility of grain sorghum. J Food Sci Technol 1988;25:237-9.

5. Devani MB, Shishoo CJ, Shah SA, Suhagia BN. Spectrophotometric method for the determination of nitrogen in kjeldahl digest. J Assoc Official Anal Chem 1989;72:953-6.

6. Elmaki HB, Babiker EE, El-Tinay AH. Changes in chemical composition, grain malting, starch and tannin content and protein digestibility during germination of sorghum cultivars. Food Chem 1999;64:331-6.

7. Kakade ML, Rackis JJ, Mc Ghee JE, Puski G. Determination of trypsin activity of soy products: a collaborate analysis of an improved procedure. Cereal Chem 1974;51:376-80.

8. King RD, Puwastein P. Effects of germination on the proximate composition and nutritional quality of Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds. J Food Sci 1987;52:106-8.

9. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. J Biol Chem 1951;193:265-9.

10. Marero LM, Payumo EM, Aguinaldo AR, Matsumoto I, Homma S. Anti-nutritional factors in weaning foods prepared from germinated cereals and legumes. Food Sci Technol-Leb 1991;24:177-81.

11. Mbofung CMF, Ndjouenkeu R, Nganou RK. Chemical and Nutritional profile of eleven sorghum cultivars grown in the northern part of Cameroon. Proceedings of the Cameroon Bioscience Society, 1990;1.

12. Mertz ET, Hasen MM, Cairns-Whittern C, Kirleis AW, Tu L, Axtell JD. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 1984;81:1-12.

13. Mtebe K., Ndabikunze B, Bangu NTA, Mwemezi E. Effect of cereal germination on the energy density and nutrient content of Togwa. Traditional African Foods. Quality and Nutrition IFS. Stockholm, Sweden, 1991. [Grev Turegatan 19.S. 11438]

14. Nnanna IA, Phillips RD. Changes in oligosaccharide content, enzyme activities and dry matter during controlled germination of cowpeas (*Vigna unguiculata*). J Food Sci 1988;53:1782.

15. Nout MJR. Weaning foods for tropical climates. Traditional African Foods. Quality and Nutrition IFS. Stockholm, Sweden, 1991. [Grev Turegatan 19.S. 11438]

16. Oshodi AA, Ekperigin MM. Functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. Food chem 1989;34:187-91.

17. Piergiovanni AR. Effects of some experimental parameters on the activity of cowpea α-amylase inhibitors. Food Sci Technol-Leb 1992;25:321-4.

18. Rickard EJ. Tannin levels in Cassava, a comparison of Methods of Analysis. J Sci Food Agric 1986;37:37-42.

19. Savelkoul FHMG, Van der Poel AFB, Tamminga S. The presence and inactivation of trypsin inhibitors, tannins, lectins and amylase inhibitors in legume seeds during germination. A review. Plant Foods Hum Nutr 1992;42:71-85.

20. Sharma A, Sehgal S. Effects of domestic processing, cooking and germination on the trypsin inhibitor activity and tannin content of faba beans (*Vicia faba*). Plant Foods Hum Nutr 1992;42:127-33.

21. Sharma A, Kapoor AC. Levels of anti-nutritional factors in pearl millet as affected by processing treatments and various types of fermentation. Plant Foods Hum Nutr 1996;49:241-52.

22. SPSS. SPSS for Windows. IL, USA: SPSS Inc., 1993.

23. Statsoft. Statistica for Windows (Release 5). IL, USA: Statsoft Inc., 1995.

24. Stein EA, Fisher EH. Biochemical preparations, 1961;8:30.

25. Svanberg U, Sandberg AS. Improved iron availability in weaning foods using germination and fermentation. In: Southgate DAT, Johnson IT, Fenwick GR. Nutrient Availability: Chemical and Biological aspects. UK: Cambridge University press, 1989;72:179-81.

26. Tatsadjieu NL. Valorisation d'une méthode traditionnelle de conservation de lait: fabrication des farines instantanées à base de céréales et de lait fermenté. Mémoire de DEA. Ngaoundéré: ENSAI, Université de Ngaoundéré, 1997.

27. Urminska D, Michalik J. Analysis of starter enzymes of wheat grain germination. Rost Vyroba, 1996;42:97-100.

28. Valverde VC, Frias J, Valverde S. Effects of processing on the soluble carbohydrate content of lentils. J Food Prot 1992;55:301-6.

29. Wang N, Lewis MJ, Brennan JG, Westby A. Optimisation of germination process of cowpea by response surface methodology. Food Chem 1997;58:329-39.

30. Zhou RF, Zheng TS. Variations in debranching enzymes and alpha-amylase activities in rice during germination. Grain Storage 1995;24:15-9.

Amélioration de l'alimentation infantile en zones rurales: l'expérience du programme Nutrimad à Madagascar

Ralison[1]* Charlotte, Ahimana[2] Cyridion, Arnaud[3] Luc, Trèche[4] Serge

[1] Laboratoire de biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et de la nutrition (LABASAN), Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Antananarivo, Madagascar.
[2] UNICEF, BP 732, Behoririka, 101 Antananarivo, Madagascar.
[3] GRET, BP 1563, 101 Antananarivo, Madagascar.
[4] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *rahari@refer.mg*

- Résumé -

A Madagascar, l'état nutritionnel des jeunes enfants reste préoccupant et leurs pratiques alimentaires se caractérisent par une introduction souvent trop précoce d'aliments de complément (AC) inadaptés à leurs besoins. Dans ce contexte, le programme Nutrimad a ajouté un volet consacré à l'amélioration de l'alimentation du jeune enfant aux activités développées dans le cadre d'un programme de «Nutrition à Assise Communautaire» (NAC) mis en place depuis plusieurs années par l'UNICEF et le Ministère de la Santé et qui s'appuie, au niveau de chaque village, sur des volontaires villageois.

Le volet d'activités Nutrimad comprend deux composantes: d'une part, la production d'une farine composée (*Koba Mazika*) consommable sous forme de bouillies et celle d'un complément alimentaire (CA) destiné à être ajouté au *vary sosoa* (riz mou écrasé après cuisson dans un excès d'eau) et, d'autre part, de l'éducation nutritionnelle ciblée sur l'amélioration des calendriers d'introduction des AC et la promotion de la consommation, à partir de l'âge de 6 mois, d'AC préparés à partir de la farine composée ou du CA.

La farine composée et le CA sont fabriqués au sein d'une petite unité par les animateurs d'une ONG locale en charge du suivi des volontaires villageois. Ces derniers assurent, outre les activités initialement prévues dans le programme NAC, la diffusion de messages d'éducation nutritionnelle et la promotion/vente de la farine composée et du CA.

La farine, à laquelle les mères rajoutent de l'huile au moment de la préparation de la bouillie, est composée de farines de maïs, de riz, d'ambérique (*Vigna umbellata*) germée et d'un complément minéral et vitaminique (CMV). La farine d'ambérique constitue à la fois une source de protéines, en partie débarrassée de ses facteurs antinutritionnels par l'effet de la germination, et une source d'α-amylases permettant de réduire la viscosité des bouillies et, par conséquent, d'en augmenter la densité énergétique. Le CA est un mélange de farine d'ambérique germée et de CMV qui confère au *vary sosoa* une consistance, une densité énergétique et un équilibre en nutriments appropriés.

Mots-clés: Alimentation infantile - Intervention nutritionnelle - Volontaires villageois - Fortification – Germination.

- Abstract -

Improvement of infant feeding in rural areas: the experience of the Nutrimad program in Madagascar

In the Madagascar rural areas, prevalences of wasting and stunting of children less than 3 years of age are, respectively 49.2 and 7.4%. Feeding practices are characterised by a too early introduction of complementary foods, which are inappropriate to the nutritional needs and characteristics of infant and young children.

In this context, the Nutrimad program, led jointly by the GRET, the IRD, the LABASAN and the UNICEF and financed by the French Committee for the UNICEF, added activities dedicated to the improvement of young child feeding to the activities developed within the program "*Nutrition à Assise Communautaire*" (NAC) implemented for several years by UNICEF and the Ministry of Health. This program is based on the involvement of previously trained village volunteers.

The specific Nutrimad activities consist on two components: on the one hand, the production of a composite flour (*Koba mazika*) edible as gruel and a food complement (FC) intended to be added to *vary sosoa* (soft rice crushed after cooking in an excess of water) and, on the other hand, a nutrition education campaign aimed at improving the schedule of food introduction and promoting the consumption, from the age of 6 months, of complementary foods prepared from the composite flour (gruel) or the FC.

The composite flour and the FC are manufactured in a small unit by the members of a local NGO (ASOS) in charge of the follow-up of the village volunteers. Besides the activities initially foreseen in the NAC program *(monthly weighting, involvement in vaccination campaigns, agricultural popularisation…)*, village volunteers are in charge of the diffusion of nutrition education messages and the promotion/sale, in counterpart of a reasonable margin, of the composite flour and the FC.
The composite flour includes maize flour, rice flour, malted mungbean flour and a mineral and vitamin premix (CMV) in which the mothers add oil and eventually sugar during the gruel preparation. The mungbean flour constitutes a source of proteins, partially rid of its antinutritional factors by the effect of germination, and at the same time a source of α-amylases permitting to increase the energy density of the gruels. The FC is a blend of germinated mungbean flour and CMV that confers, after addition to *vary sosoa*, appropriate consistency, energy density and nutrient balance.

The Nutrimad strategy is implemented in 12 pilot sites of the Brickaville district. Its impact on the nutritional status of 6-to-18-month-old children is under assessment by comparison to 12 control sites. This impact will be compared to those of other African rural community strategies, notably in Burkina Faso.

Key words: Infant feeding – Nutrition intervention – Village volunteer – Fortification – Germination.

INTRODUCTION

Une alimentation et une nutrition adéquates pendant la petite enfance sont des conditions essentielles pour assurer à un pays des ressources humaines en bonne santé, condition nécessaire à un développement durable. Cette vision n'a pas échappé aux autorités malgaches qui, à plusieurs reprises, ont souscrit aux engagements issus des sommets mondiaux, notamment à l'occasion de la ratification par Madagascar de la Convention relative aux Droits de l'enfant en 1990 et lors de la déclaration du Premier Ministre au Sommet mondial de l'Alimentation à Rome en novembre 1996. Au niveau national, cette vision s'est également traduite par l'adoption de la Stratégie Nationale de Sécurité Alimentaire et de Nutrition en 1997, puis par l'élaboration du Plan National d'Action pour la Nutrition en septembre 1999.

Toutefois, malgré la volonté politique du gouvernement, la malnutrition demeure un grave problème de santé publique à Madagascar. En effet, les données issues des enquêtes nationales réalisées depuis 1990 (ENDS 92[1], MICS 95[2], EDS 97[3], EPM 2000[4]) montrent que la prévalence de la malnutrition chronique des enfants de moins de 5 ans n'a pas diminué et demeure très importante, autour de 50%. La prévalence de malnutrition chronique dans sa forme sévère (indice Taille/âge < -3 ET; NCHS) reste en particulier très élevée (24%, 27% et 26%, respectivement, en 1992, 1995 et 2000). En ce qui concerne la prévalence de l'émaciation (Poids/Taille < -2ET; NCHS), elle a presque triplé entre 1992 et 2000.

Par ailleurs, les résultats de l'enquête EDS 97[3] montrent clairement que les enfants de moins de 3 ans sont les principales victimes de la malnutrition quelle que soit sa forme. La malnutrition n'épargne aucune province de l'île et touche aussi bien le milieu urbain que rural (figure 1). Le retard de croissance, non seulement apparaît très tôt, mais atteint des prévalences très importantes entre 12 et 23 mois (figure 2).

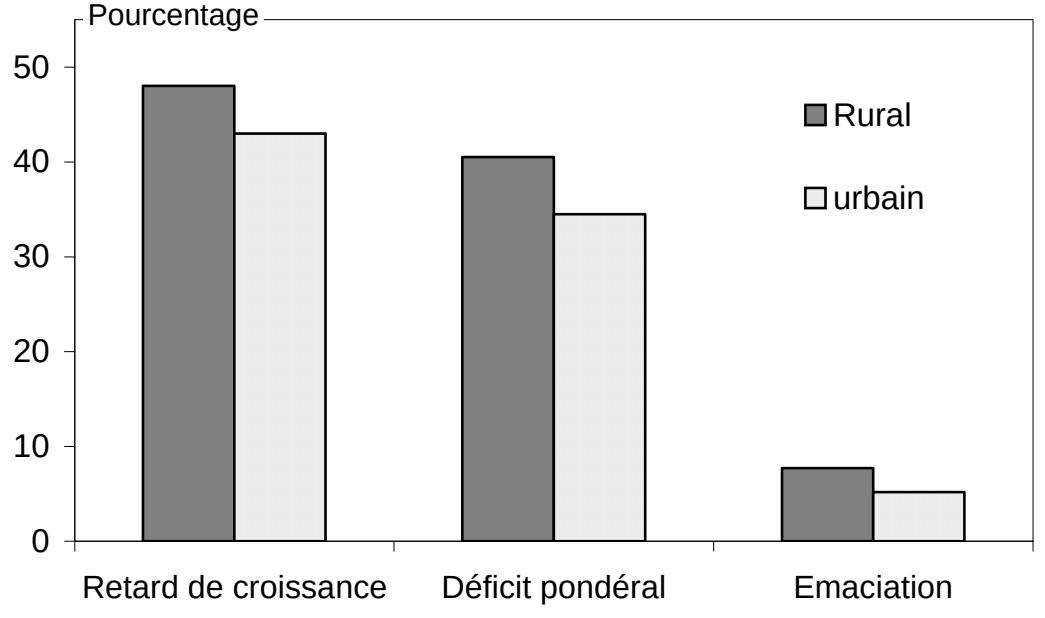


Figure 1: Prévalence des différentes formes de malnutrition protéino-énergétique (Z-score < -2ET; NCHS) chez les enfants de moins de 3 ans *(Source: EDS 97)*.

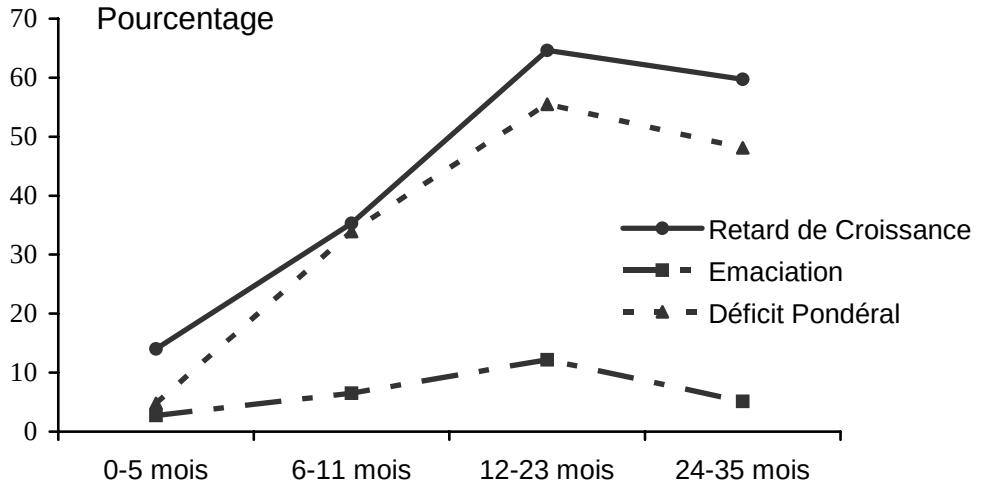


Figure 2: Evolution de la prévalence des différentes formes de malnutrition en fonction de l'âge à Madagascar *(Source: EDS 97).*

Dans ce contexte, le GRET, l'IRD, le LABASAN ont commencé à développer à partir de 1997 un programme de recherche-action visant à élaborer et évaluer des stratégies d'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants susceptibles de contribuer à la réduction des prévalences de malnutrition. Ce programme, intitulé Nutrimad, s'intéresse à plusieurs contextes et comporte plusieurs volets. Actuellement, il est implanté en zone urbaine, dans 6 quartiers défavorisés de la capitale, et en zone rurale dans la sous-préfecture de Brickaville sur la côte-est.

En zone rurale, les activités, menées en collaboration avec l'UNICEF et financées par le comité français pour l'UNICEF, ont consisté à définir et à ajouter un volet consacré à l'amélioration de l'alimentation du jeune enfant aux activités développées dans le cadre d'un programme de «Nutrition à Assise Communautaire» (NAC) mis en place depuis plusieurs années par l'UNICEF et le Ministère de la Santé. Notre objectif est ici de présenter la démarche adoptée pour définir et mettre en oeuvre une stratégie en cours d'évaluation dans 27 villages, en insistant tout particulièrement sur ses composantes visant à rendre accessibles des aliments appropriés aux jeunes enfants.

DIAGNOSTIC DE SITUATION

Afin d'adapter au mieux la stratégie au contexte, des diagnostics de situation ont tout d'abord été réalisés dans la zone qui avait été choisie en accord avec tous les partenaires pour servir de cadre à l'intervention. Ces diagnostics ont été réalisés dans trois villages pilotes, choisis de manière raisonnée pour rendre compte de la diversité des situations rencontrées dans la zone, au moyen d'enquêtes par questionnaires et de groupes de discussions dirigées qui ont permis de caractériser l'état nutritionnel et les pratiques alimentaires des enfants de moins de deux ans ainsi que d'identifier les aliments disponibles et les procédés technologiques utilisables.

La situation nutritionnelle, mesurée sur l'ensemble des enfants des 3 villages pilotes, s'est avérée préoccupante (tableau 1) en dépit des actions déjà menées dans ces villages par le programme NAC: plus d'un enfant sur trois était atteint de retard de croissance et 1 sur 6 de maigreur.

Tableau 1: Etat nutritionnel des enfants (n=230) de 3 sites NAC de la région de Brickaville en 1999 avant l'intervention.

Classe d'âge (mois)	**0-5**	**6-11**	**12-17**	**18-23**	**0-23**
Retard de croissance (Taille/Age)					
<-2ET de la médiane NCHS	11,9%	30,0%	49,1%	48,2%	34,3%
<-3ET de la médiane NCHS	1,7%	8,3%	17%	24,1%	12,2%
Maigreur (Poids/Taille)					
<-2ET de la médiane NCHS	0,0%	5,0%	26,4%	36,2%	16,5%
<-3ET de la médiane NCHS	0,0%	0,0%	3,8%	8,6%	3,0%
Insuffisance pondérale (Poids/Age)					
<-2ET de la médiane NCHS	6,8%	45,0%	56,6%	63,8%	43,0%
<-3ET de la médiane NCHS	1,7%	10,0%	22,6%	19,0%	13,0%

Les informations recueillies sur les pratiques alimentaires ont permis de définir leurs principales caractéristiques:

- une introduction trop précoce des aliments de complément: plus d'un enfant sur 4 âgés de moins de 3 mois reçoit déjà des boissons et/ou d'autres compléments au lait maternel;
- l'inadaptation des caractéristiques nutritionnelles des aliments de complément utilisés, généralement à base de riz et de manioc, aux besoins et à la physiologie du jeune enfant, en raison principalement de leur faible densité en énergie et en nutriments.

Par ailleurs, il a pu être mis en évidence que les mères ne sont généralement pas conscientes de la malnutrition de leurs enfants et n'ont souvent pas suffisamment de temps et de moyens financiers pour leur préparer des aliments spéciaux adaptés à leurs besoins.

D'autres informations relevées, notamment au cours des groupes de discussions dirigées, ont été utilisées par la suite pour choisir les composantes de la stratégie et préciser les modalités de sa mise en oeuvre sur le terrain. Ces informations concernent principalement la nature des matières premières disponibles, les calendriers culturaux, l'organisation sociale des communautés, le rôle des différentes autorités, les modalités de prise de décision et les modes de communication traditionnels pouvant être utilisés comme supports d'animation.

Au final, il est ressorti de ce diagnostic que la gravité de la situation nutritionnelle des jeunes enfants justifiait pleinement la mise en oeuvre d'actions spécifiques et donc l'intérêt de renforcer le projet NAC préexistant par un volet visant à l'amélioration de leur alimentation.

CHOIX ET JUSTIFICATION DE LA STRATÉGIE

Le diagnostic ayant fait apparaître que des pratiques alimentaires inadéquates résultant de connaissances nutritionnelles insuffisantes et un manque d'accès à des aliments de complément appropriés étaient probablement des déterminants majeurs des fortes prévalences de malnutrition observées, il a été décidé que la stratégie à mettre en œuvre devait nécessairement avoir au moins deux composantes: l'une visant à rendre accessibles au plus grand nombre d'enfants des aliments de complément ayant toutes les caractéristiques requises; l'autre des activités d'éducation nutritionnelle ciblées sur l'amélioration du calendrier d'introduction des

aliments de complément et sur la promotion de la consommation, à partir de l'âge de 6 mois, des aliments de complément améliorés rendus accessibles.

A Madagascar, compte tenu de la prédominance de la consommation du riz et du fait que cette céréale est rarement transformée en farines, il n'est pas d'usage courant de donner aux enfants de vraies bouillies, comparables à celles qui sont préparées à partir de farines de céréales et largement consommées dans la plupart des pays en développement. Les bouillies sont remplacées principalement par le *vary sosoa* (riz mou plus ou moins écrasé après cuisson dans un excès d'eau) consommé par 30% des enfants avant l'âge de 6 mois et par le *vary maina* (riz cuit à l'eau) dont l'âge médian d'introduction se situe avant 7 mois[6].

Pour rendre accessibles aux enfants de plus de 6 mois des aliments de complément ayant les caractéristiques requises, le choix a été fait de mettre au point deux types de produit: d'une part, une farine infantile à cuire, dénommée *Koba Mazika,* consommable sous forme de bouillies; d'autre part, un complément alimentaire permettant de préparer à partir des *vary sosoa* traditionnels un *vary sosoa* amélioré.

MISE AU POINT DES ALIMENTS AMÉLIORÉS

La farine infantile

Les différentes étapes de la mise au point de la farine ont été: *(i)* l'identification des matières premières utilisables, *(ii)* la formulation au moyen du logiciel (*Alicom)* mis au point par l'IRD, *(iii*) le choix des procédés technologiques et *(iv)* la validation des formules en terme de qualités nutritionnelle et organoleptique.

La composition en nutriments retenue pour la farine infantile, correspond aux recommandations[7,8] les plus récentes(en 2000) en ce qui concerne les densités en nutriments. La formule obtenue pour la *Koba Mazika* (tableau 2) contient des farines de maïs, riz, ambérique à graines jaunes (*Vigna umbellata*), du sucre et un complément minéral et vitaminique (CMV) auxquels les mères rajoutent de l'huile et, éventuellement, du sucre au moment de la préparation de la bouillie. L'association céréales/légumineuses assure un bon équilibre en acides aminés. L'huile apporte les matières grasses qui permettent d'augmenter la valeur énergétique de la farine et les teneurs en acides gras essentiels. L'incorporation du complément minéral et vitaminique s'est révélée la seule solution possible pour assurer un bon équilibre en micronutriments à la farine.

Tableau 2: Composition en ingrédients de la farine Koba Mazika.

Ingrédients	Sur la base de la matière brute (%)	Sur la base de la matière sèche (%)
Farine de maïs	35,60	34,76
Farine d'ambérique germée	26,98	26,10
Farine de riz	18,00	17,49
Sucre	10,00	11,16
$Ca_3 (PO_4)2$	1,13	1,26
Sel iodé	0,71	0,78
CMV	0,85	0,95
Huile (rajoutée par les mères)	*6,73*	*7,50*

CMV: Complément Minéral et Vitaminique

Dans la mesure où les coûts de production devaient rester les plus faibles possibles et qu'il nous est apparu indispensable de produire une farine à cuire pour assurer une meilleure qualité bactériologique aux bouillies, les procédés technologiques retenus sont extrêmement simples et se résument pour l'essentiel à un simple mélange de farines avec incorporation du complément minéral et vitaminique. L'originalité de la formule réside dans le choix de la source d'amylases nécessaire pour réduire la viscosité des bouillies et permettre de les préparer à une densité énergétique et une consistance satisfaisantes[9]. Le choix s'est porté sur une farine d'une légumineuse *(Vigna umbellata,* ambérique à graines jaunes*, Tsiasisa mavo)* facilement disponible dans la région. La farine d'ambérique germée constitue à la fois une source d'α-amylases et une source de protéines en partie débarrassée de ses facteurs antinutritionnels par l'effet de la germination.

La validation de la farine a été effectuée en deux temps. Tout d'abord, au laboratoire au moyen d'analyses chimiques afin de vérifier si la formule et les modes de préparation préconisés permettaient bien d'obtenir des bouillies ayant la composition en nutriments attendus et au moyen de tests d'évaluation sensorielle pour s'assurer de ses caractéristiques organoleptiques. Ensuite, au niveau des ménages pour s'assurer que la farine et les modes de préparation proposés permettaient aux mères de préparer des aliments ayant les caractéristiques souhaitées.

Le complément alimentaire

Le complément alimentaire (tableau 3) est un mélange de farine d'ambérique germé et de complément minéral et vitaminique destiné à être rajouté à des plats *de vary sosoa*. Sa formule est calculée de telle manière qu'il confère, après ajout, au *vary sosoa,* une consistance (grâce aux amylases contenues dans la farine germée), une densité énergétique et un équilibre en nutriments appropriés.

Tableau 3: Composition en ingrédients du complément alimentaire.

Ingrédients	Sur la base de la matière brute (%)	Sur la base de la matière sèche (%)
Farine d'ambérique germée	93,75%	94,28%
Sel iodé	2,38%	2,17%
Complément minéral[a]	3,66%	3,35%
Complément vitaminique[b]	0,21%	0,20%

(a) IS 219 de Roche SA contenant du fer, du zinc et du calcium
(b) IS 218 de Roche SA contenant de la Vitamine A, B1, B2, B12, C, Acide folique, niacine

Le produit obtenu après cuisson peut être qualifié de pseudo bouillie. Il a une consistance plus ou moins fluide en fonction de l'intensité de l'écrasement appliqué aux grains de riz en fin de cuisson[10].

La farine d'ambérique germée

La technique utilisée pour la germination des graines dérive d'une technique couramment utilisée par les villageois de la région de Brickaville pour préparer leurs semences et qui consiste à faire tremper les graines enveloppées dans des feuilles de *ravinala* (arbre du voyageur) dans des sacs en raphia. Deux variétés d'ambérique appartenant à l'espèce *Vigna umbellata* (Thumb.) ont été étudiées: l'ambérique à graines jaunes et celle à graines rouges.

La préparation de farines germées peut se décomposer en 3 grandes étapes: le trempage, la germination proprement dite et le séchage. Pour chacune de ces étapes,

les effets de différents facteurs influant sur l'activité des α-amylases ont été étudiés et ont permis de sélectionner les modalités de préparation les plus adaptées.

Tableau 4: Modalités de préparation des farines de graines d'ambérique germées.

Durée de trempage des graines d'ambérique	24 heures à température ambiante
Support pendant la germination	Panier en raphia tapissé de feuilles de ravinala
Durée d'immersion dans l'eau pendant la germination	1 minute toutes les 24 heures
Durée de germination	4 jours
Durée de séchage	2 à 4 jours au soleil ou 8 heures dans un séchoir à gaz
Broyage	Au moulin après dégermage

Deux types d'indicateurs ont été pris en compte pour étudier l'effet de ces différents facteurs: le rendement de germination et l'activité amylolytique de la farine germée. Le rendement de germination peut être exprimé de différentes façons et correspondre:

- soit, au nombre de graines germées parmi 100 graines pris au hasard en fin de germination, les graines moisies n'étant pas prises en compte;
- soit, à la masse de farine germée obtenue (à 8% d'humidité) à partir de 100 g de graines mises à tremper;
- soit, au bilan matière effectué sur la base de la matière sèche (g de matière sèche de farine germée récupérée/100 g de matière sèche de graines mises à tremper).

L'activité amylolytique a été déterminée selon deux méthodes[10]:

- par mesure colorimétrique, après extraction des amylases dans l'eau, suivie d'un dosage des sucres réducteurs libérés par action sur de l'amidon soluble;
- par mesure de la distance d'écoulement *(exprimée en mm/30s*) dans un consistomètre de Bostwick à la température de 45°C sur des bouillies préparées à la concentration de 30 g de matière sèche pour 100 g à partir de mélanges de farines comprenant de la farine de céréales germées.

La comparaison des cinétiques d'apparition des α-amylases dans les graines des deux variétés étudiées au cours de 4 jours de germination a permis de mettre en évidence un pouvoir amylolytique plus important dans les ambériques à graines jaunes (figure 3). Des dosages d'activités anti-trypsiques ont, par ailleurs, montré une nette diminution de cette activité antinutritionnelle au cours de la germination (figure 4).

MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE

La mise en œuvre de la stratégie a nécessité au préalable le démarrage de la production des aliments améliorés et la formation des personnes intervenant dans le transfert des messages d'éducation nutritionnelle.

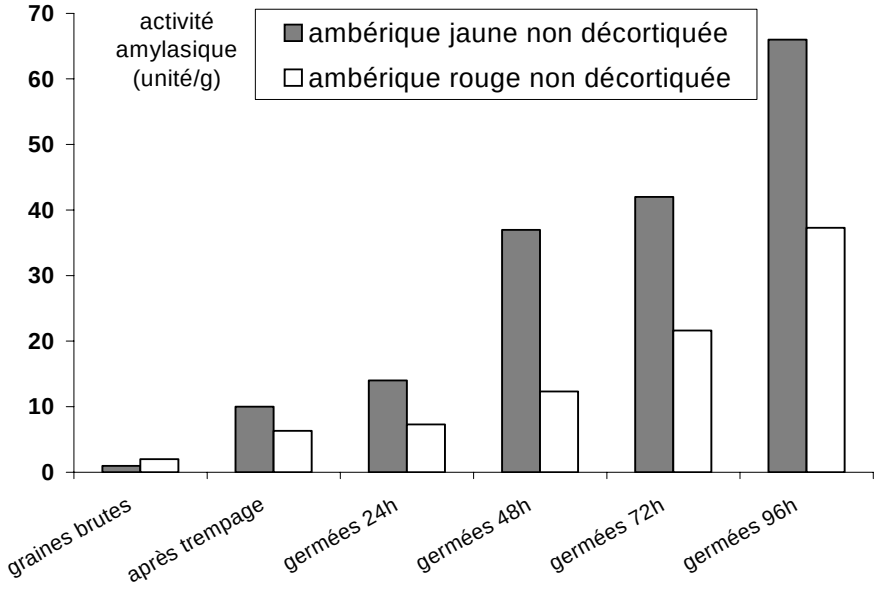


Figure 3: Evolution de l'activité amylasique au cours de la germination de graines de deux variétés d'ambérique.

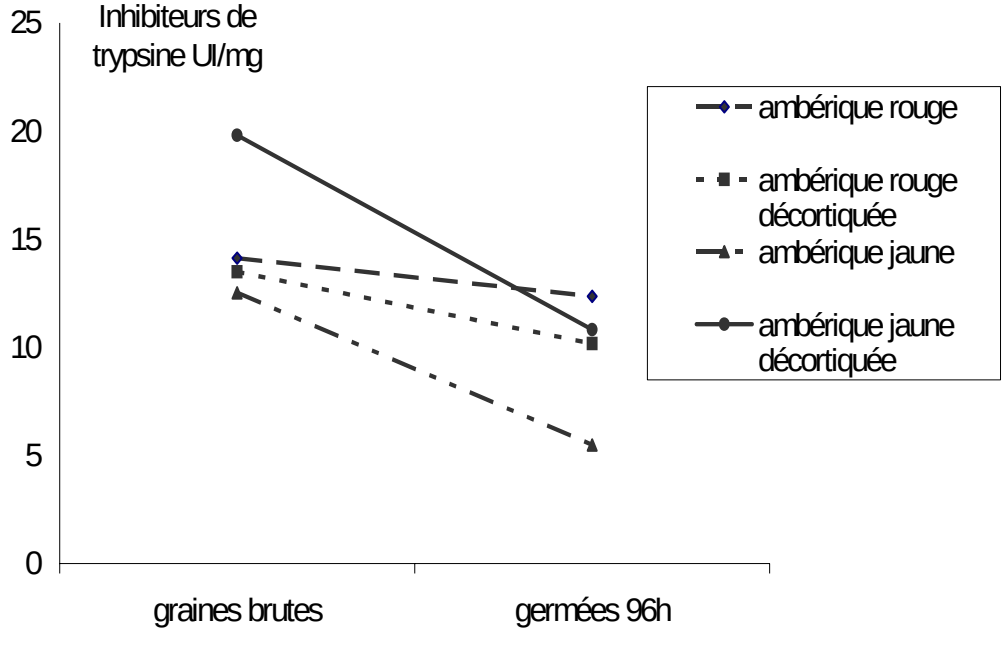


Figure 4: Evolution de la teneur en facteurs anti-trypsiques de l'ambérique au cours de la germination.

Modalités de production des aliments améliorés

Après avoir envisagé de faire fabriquer au niveau de chaque village par les volontaires villageois les aliments améliorés et notamment la farine d'ambérique germée, le choix s'est reporté sur une production plus centralisée pouvant satisfaire la demande de tous les sites NAC de la sous-préfecture.
Actuellement, la farine *Koba Mazika* et le complément alimentaire sont fabriqués au sein d'une petite unité située à Brickaville par les animateurs d'une ONG locale (ASOS), également en charge du transfert des messages d'éducation nutritionnelle.

L'unité de production, installée dans des bâtiments mis à disposition par la sous-préfecture, ne contient que les équipements nécessaires à la fabrication des farines de graines d'ambérique germées *(bassines et fûts pour le trempage, supports en bois, grillage et toile à moustique pour l'exposition au soleil pendant le séchage)* et à la préparation *(moulin),* au mélange *(balance, tonneau mélangeur)* et à l'ensachage *(balance de ménage de précision 1g, thermosoudeur)* des farines.

Cependant compte tenu des difficultés à faire sécher les graines germées dans de bonnes conditions pendant une grande partie de l'année, un séchoir à gaz d'appoint a été construit à proximité de l'unité.

La farine *Koba Mazika* est conditionnée en sachets en plastique de 30 ou 50 g correspondant à la quantité nécessaire pour un repas selon l'âge et l'appétit des enfants. Ces sachets sont vendus, respectivement, 150 Fmg (soit, ≈ 0,021 € ou ≈ 14 Fcfa) et 250 Fmg (soit 0,035 € ou 23 fcfa) le sachet. Le complément alimentaire, pour sa part, est conditionné en sachet de 20 g, vendu 250 Fmg, correspondant à la quantité permettant de préparer un bol de *vary sosoa* amélioré après ajout à environ 170 g de vary sosoa (ayant une teneur en matière sèche d'environ 13 g/100g).

Modalités du transfert des messages d'éducation nutritionnelle

Les messages d'éducation nutritionnelle qui ont été sélectionnés pour être transmis aux mères reprennent ceux généralement adoptés par les organisations internationales et les services de nutrition des ministères de la santé qui préconisent principalement la mise au sein dans la demi-heure qui suit la naissance, l'allaitement exclusif jusqu'à 6 mois et la prolongation de l'allaitement au-delà de 2 ans. Toutefois une attention particulière est donnée à des messages visant à convaincre les mères de l'importance de proposer à leurs enfants des aliments de complément ayant des caractéristiques appropriées et à leur apprendre à bien les préparer.

Les modalités adoptées pour le transfert de ces messages distinguent plusieurs niveaux:
- formation par l'équipe du projet Nutrimad des animateurs de l'ONG locale;
- formation par ces animateurs, assistés par l'équipe du projet, de volontaires villageois (2 à 4 par village) en contact régulier avec les mères;
- transfert par les volontaires villageois, assistés par les animateurs en certaines occasions, des messages aux mères.

Les séances de formation des animateurs et des volontaires villageois ont comporté différents modules théoriques et pratiques sur: les besoins nutritionnels et l'importance de la pesée régulière des enfants, l'hygiène, la technologie de fabrication de la farine *Koba Mazica*, les modes de préparation des bouillies et *du vary sosoa* amélioré à partir de la farine *Koba Mazica* et du complément alimentaire, les techniques de gestion relative à la vente des produits ainsi que les techniques d'animation et d'organisation du transfert des messages nutritionnels.

Les animateurs sont donc en charge non seulement du suivi du transfert par les volontaires villageois des messages d'éducation nutritionnelle et des activités initialement prévues dans le programme NAC (pesée mensuelle, participation aux campagnes de vaccination, vulgarisation agricole, …) mais aussi de la production et de l'approvisionnement des volontaires villageois en aliments améliorés.

Les volontaires villageois, pour leur part, assurent la diffusion de messages d'éducation nutritionnelle au cours de réunions régulières avec les mères, la promotion/vente de la farine complète et du complément alimentaire en contrepartie d'une marge raisonnable et le transfert au niveau des ménages des modes de préparation des aliments améliorés.

En parallèle aux ventes de produits, une *«journée mensuelle Koba Mazika»* est organisée dans les sites, au cours de laquelle est réalisée une sensibilisation dont les différents thèmes d'animation sont axés sur les avantages de l'utilisation de la *Koba Mazika.*

Etude de l'acceptabilité et de l'appropriation des procédés de préparation transférés

A ce stade il était nécessaire de vérifier que les mères étaient capables, après y avoir été formées, de préparer des bouillies et des *vary sosoa* améliorés à partir de la farine *Koba Mazica* et du complément alimentaire. Pour cela, les modes de préparation leur ont été enseignés au moyen de fiches-recettes illustrées et de démonstrations culinaires en utilisant le matériel de cuisine et les unités ménagères disponibles au niveau de la plupart des ménages.

Des observations à domicile ont permis de vérifier la bonne compréhension et l'acceptabilité, aussi bien sur le plan culturel qu'économique, des ingrédients et des modes de préparation préconisés. Par ailleurs, des prélèvements d'échantillons des bouillies et *vary sosoa* préparés ont fait l'objet de mesures de consistance (écoulement Bostwick) et de déterminations de teneurs en matière sèche, protéines et lipides. Les analyses réalisées ont montré que les caractéristiques des bouillies et des *Vary sosoa* améliorés obtenus dans les conditions ménagères sont acceptables, notamment en ce qui concerne leur consistance et leur densité énergétique: on obtient des bouillies et des pseudo-bouillies ayant une teneur moyenne d'environ 25 g de matière sèche pour 100 g de bouillie, soit une densité énergétique d'environ 100 kcal/100g de bouillie, et des écoulements Bostwick de 100 à 120mm/30s pour les bouillies et de 60 à 80mm/30s pour les *vary sosoa*.

Les premières études réalisées ont montré que le mode de préparation du *vary sosoa* amélioré avait été bien compris par les mères. La durée de la préparation entre l'ajout du complément alimentaire dans le mélange *vary sosoa* déjà cuit et la fin de la cuisson ne dépasse pas 15 minutes, durée qui a paru acceptable par les mères. Cependant, le suivi des ventes dans les villages a montré le peu de succès du complément alimentaire par rapport à la farine. Ce manque d'intérêt pour un produit, pourtant bien accepté du point de vue organoleptique et du mode de préparation, peut s'expliquer par une désaffection de plus en plus marquée pour la préparation du *vary sosoa* traditionnel et surtout par la concurrence exercée par la farine qui présente une commodité d'usage bien plus grande pour un prix très voisin.

SUIVI ET ÉVALUATION

Après avoir été mis au point dans trois sites pilotes, la stratégie Nutrimad a effectivement démarré au début de l'année 2003 dans 12 sites d'intervention de la sous-préfecture de Brickaville.

Son impact sur l'état nutritionnel des enfants sera évalué en comparant les variations observées au cours des 12 premiers mois d'intervention dans les 12 sites d'intervention et dans 12 sites témoins, au niveau des indicateurs de retard de croissance et de maigreur.

Par ailleurs, la stratégie fait également l'objet de suivis à différents niveaux:

- un suivi de la qualité de la farine *Koba Mazika* produite dans l'unité de fabrication, portant sur sa qualité bactériologique au moyen d'analyses microbiologiques, sur sa valeur nutritionnelle au moyen d'analyses chimiques (teneurs en nutriments), sur son comportement rhéologique après préparation en bouillies (écoulement, teneur en matière sèche) et sur son aptitude à la conservation.
- un suivi des fréquences de consommation du *Koba Mazika* par chaque enfant dans les 12 sites d'intervention grâce à la tenue de fiches de vente régulièrement remplies par les volontaires villageois.
- la vérification dans les villages des caractéristiques de bouillies ou pseudo-bouillies préparées par les mères.

CONCLUSION

La mise à la disposition des enfants d'aliments de complément de bonne qualité nutritionnelle, en particulier de la farine *Koba Mazika* permettant de préparer des bouillies ayant à la fois une consistance et une densité en énergie et nutriments appropriées, a reçu un accueil favorable des populations cibles et le soutien des autorités locales. Les ingrédients utilisés sont disponibles en permanence sur le marché local. Le coût est accessible à toutes les couches de la population.

La germination de l'ambérique fait appel à des techniques dérivées de techniques artisanales traditionnelles. L'incorporation de farine d'ambérique germée s'est avérée être un procédé efficace pour augmenter la densité en énergie et en nutriments des bouillies.

La production de la farine par des acteurs locaux au niveau centralisé ou par une petite entreprise locale permettant de garantir un produit de qualité et de composition suivie, sa commercialisation à travers les points de vente installés dans les sites et le transfert des modes de préparation des bouillies au niveau des ménages devraient assurer la pérennisation de l'utilisation des aliments proposés. Par ailleurs, l'appropriation de l'unité de fabrication par les animateurs et des points de vente par les volontaires devrait permettre à terme la création d'activités génératrices de revenu.

Lorsqu'ils seront connus, les résultats de l'étude d'impact de cette stratégie, adaptée au contexte de la côte Est de Madagascar, seront comparés à ceux obtenus, d'une part, dans le cadre du volet urbain du programme Nutrimad à Madagascar[11] et, d'autre part, à l'issue d'interventions menées dans d'autres contextes ruraux, en particulier en Afrique. Cette comparaison devrait permettre d'identifier parmi les composantes de ces stratégies, celles qui se seront révélées efficaces dans plusieurs contextes et celles ayant une efficacité limitée à certains contextes.

RÉFÉRENCES

1. ENDS. Enquête Nationale Démographique et Sanitaire. Centre National de Recherche sur l'Environnement. Calverton, Maryland : Ministère de la Santé, Macro International Inc., 1992.
2. MICS. Multiple Indicators Clusters Survey. Madagascar: Institut national de la statistique, 1995.
3. EDS. Enquête Démographique et de Santé. Institut National de la Statistique, Macro International Inc., 1997.
4. EPM. Enquête Prioritaire auprès des Ménages (1999). Rapport Principal. Institut National de la Statistique, 2000.
5. UNICEF. Situation des Enfants et des Femmes à Madagascar. Unicef, 1999-2000.
6. Razafindrazaka RVL. Amélioration de l'alimentation de complément dans les sites Nac de la région de Brickaville. Mémoire de DEA. Antananarivo : Université d'Antananarivo, 2001.
7. Mouquet C, Bruyeron O, Trèche S. Caractéristiques d'une bonne farine infantile. Bulletin du Réseau Technologie et partenariat en agro-alimentaire (TPA). 1998. Internet: http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm
8. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO / NUT / 98.1, 1998.
9. Trèche S. Techniques pour augmenter la densité énergétique des bouillies. In: Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. L'alimentation de complément du jeune enfant. Paris: Orstom, 1995:123-46.
10. Deglaire A. Modifications biochimiques et physicochimiques induites par l'ajout de sources d'amylases lors de la préparation de bouillies et pseudo-bouillies à base de riz. Mémoire de DEA. Montpellier: Université Montpellier II, 2003.
11. Ralison C, Arnaud L, Razafindrazaka V, et al. Amélioration de l'alimentation infantile: l'expérience du programme Nutrimad à Madagascar. Bulletin de l'Académie Nationale des Arts, des Lettres et des Sciences 2004;tome 82/1-1:487-500.

Remerciements: *Cette étude a été réalisée dans le cadre du volet rural du programme Nutrimad financé par le Comité Français pour l'Unicef.*

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Essai de modification du procédé traditionnel de fabrication des bouillies de mil fermenté *ben-saalga* en vue d'augmenter leur densité énergétique

Tou[1,2*] El Hassane, Mouquet[1,2] Claire, Guyot[2] Jean Pierre, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

[1] CRSBAN/UFR-SVT/Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
[2] UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *elassane@yahoo.fr*

- Résumé -

Les bouillies de mil fermenté *ben-saalga* ont, comme la plupart des bouillies traditionnelles en Afrique, une faible densité énergétique (DE) (≈ 30 kcal/100 g). Leurs procédés de fabrication consistent en un trempage des grains (première fermentation), un broyage et une filtration de la farine humide, une décantation (seconde fermentation) et une cuisson finale. Cette étude vise à augmenter la DE du *ben-saalga* en modifiant sa préparation à travers l'introduction d'étapes de cuisson et d'incorporation de malt.

Ces modifications, choisies pour leurs potentialités à favoriser une hydrolyse partielle de l'amidon susceptible de rendre les bouillies plus fluides, ont consisté en l'introduction d'une cuisson (10 min) de la pâte après filtration pour gélatiniser l'amidon et le rendre plus sensible aux amylases et/ou en l'ajout de malt d'orge en début de décantation. La consistance des bouillies a été estimée à l'aide d'un consistomètre Bostwick (en mm/30 s). Pendant la décantation, les cinétiques d'acidification des pâtes ont été enregistrées.

Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'ajout de malt ont permis d'obtenir des bouillies ayant à la fois un écoulement approprié (120 mm/30 s) et une DE élevée (152 kcal/100 g). En revanche, ces mêmes étapes mises en œuvre individuellement n'ont permis d'obtenir, pour la même consistance, que des bouillies de faibles DE (< 30 kcal/100 g) similaires à celle de la bouillie traditionnelle. Si l'incorporation de malt n'influe pas sur la cinétique d'acidification de la pâte au cours de la décantation, la cuisson quant à elle, induit, par la destruction de la flore naturelle, une modification caractérisée par un allongement important (jusqu'à 8 h) de la phase du début de fermentation pendant laquelle la pâte pourrait subir des modifications à la fois biochimiques et bactériologiques.

La mise en œuvre combinée des étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C s'est révélée très efficace pour augmenter la DE des bouilles, mais retarde considérablement le démarrage de la fermentation. Une inoculation de la pâte à l'aide d'un pied de cuve pourrait compenser cet inconvénient.

Mots-clés: Aliment de complément – bouillie de mil fermenté – densité énergétique – malt d'orge.

- Abstract -

Attempt of modification of traditional processing of pearl millet into fermented gruel *ben-saalga*, to improve its energy density

The fermented millet gruels, *ben-saalga*, produced and commercialized in Ouagadougou, are widely accepted and consumed by the population, particularly by the young children. However, these gruels, as most of traditional gruels in Africa, have a low energy density (ED) (on average, 30 kcal/100g of gruel). The processing of pearl millet into *ben-saalga* comprises the following successive main steps: soaking the grains (first fermentation), grinding and filtration of humid flour, decanting (second fermentation) and cooking. This study aimed to improve the ED of *ben-saalga* by modifying this traditional processing in introducing intermediary steps of precooking and/or barley malt incorporation.

The modifications (precooking and barley malt incorporation) were chosen because of their potentiality to partially hydrolyse starch, thus allowing the preparation of high ED gruels. The modifications tested were *(i)* adding a precooking of 10 min after filtration stage to gelatinize the starch in order to enable the amylase attack and/or *(ii)* incorporate the barley malt (amylase source) at the beginning of decantation step at the rate of 1% of dry matter of the humid flour. The consistency of gruels prepared following the different processes was measured with a Bostwick consistometer in mm/30s at 45°C. During the decantation, the kinetics of acidification of the dough were registered with a pH-meter (WTW 340i).

The process combining both steps of precooking and barley malt incorporation allowed the preparation of high ED gruels (152 kcal/100g of gruel) having an appropriate consistency (Bostwick flow distance of 120mm/30s). On the other hand, each of these steps, tested individually, gave low ED gruels (24 and 30 kcal/100g of gruel, respectively) for the same Bostwick flow distance value, similar to the one of the traditional gruel. Barley malt incorporation did not modify the kinetics of acidification of the dough during decantation. However, the introduction of a precooking step induced a modification of the kinetics of acidification due to the destruction of the natural microflora and characterized by an important extension (up to 8 hours) of latency period. During this long latency period, the dough could undergo biochemical and bacteriological damages

The process combining both steps of modification proved highly efficient to increase the ED of gruels (on average, 440% more than the one of traditional gruel) and considerably delay the start of the fermentation. This disadvantage could be discarded through dough inoculation by the back-slopping technique.

Key words: Complementary food – Pearl millet fermented gruel – Energy density – Barley malt.

INTRODUCTION

Au Burkina, les aliments de complément les plus fréquemment consommés par les nourrissons sont des bouillies à base de céréales locales, pour la plupart fermentées. A Ouagadougou, les bouillies de mil fermenté sont acceptées et largement consommées par la population et en particulier par les jeunes enfants[1]. Les bouillies de mil fermenté se caractérisent par leur pH acide (3,9 $\pm$ 0,1), leur fluidité (écoulement Bostwick: 133 $\pm$ 17 mm/30 s) et leur faible densité énergétique (environ 30 kcal/100 g de bouillie). Si ces bouillies présentent un grand intérêt de par leur bonne acceptabilité sur les plans organoleptique et culturel et leur faible coût qui les rend accessibles aux couches de populations les moins aisées, leur valeur nutritionnelle, quant à elle, reste insuffisante ne permettant pas, dans les conditions habituelles de consommation (deux repas/jour), de compléter de manière adéquate les apports énergétiques du lait maternel. Il faut donc améliorer les procédés traditionnels utilisés pour augmenter la densité énergétique de ces bouillies[2]. L'intérêt d'augmenter la densité énergétique des bouillies a, par ailleurs, été mis en évidence dans plusieurs autres contextes africains à l'occasion d'études réalisées sur les pratiques d'alimentation complémentaire et la valeur nutritionnelle des bouillies traditionnelles[3,4].

L'étude visait à améliorer la densité énergétique des bouillies de mil fermenté par la mise en œuvre de procédés (cuisson et incorporation de malt d'orge), seuls ou en combinaison, susceptibles de réduire la viscosité des bouillies.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériels

Mil

Pour éviter la variabilité émanant de la matière première, une quantité suffisante de mil *(Pennisetum glaucum)* a été achetée sur le marché comme le font les productrices pour les ateliers traditionnels.

Malt d'orge

Le malt d'orge utilisé nous a été fourni par la brasserie «Brakina». Le malt a été broyé et tamisé avant d'être utilisé comme source d'amylases.

Méthodes

Les procédés de transformation

Les informations sur les procédés traditionnels de transformation ont été recueillies lors des études préliminaires[2] et ces procédés ont été standardisés afin d'améliorer leur reproductibilité. L'ensemble des procédés de transformation est représenté sur la figure 1. Les principales étapes sont:

- le lavage: la quantité d'eau de lavage a été fixée au double du poids du mil;
- le trempage: l'eau de trempage a été fixée au double du poids du mil lavé (2/1; p/p). Selon les observations réalisées lors des études préliminaires, pour obtenir une acidification modérée de façon à ce que le pH en début de fermentation soit favorable à une activité optimale des alpha-amylases du malt d'orge (4,7 à 5,4)[5], il faut de ce fait que la durée de trempage soit comprise entre 5 et 13 heures. La durée de trempage a donc été fixée à 8 h;

- le lavage/égouttage: en fin de trempage, l'eau de trempage est éliminée. Le mil a été lavé avec une quantité d'eau respectant le rapport 3/1 (p/p);
- la mouture: les ingrédients aromatiques ajoutés avant mouture sont la menthe, le piment noir et le gingembre (respectivement 1, 1 et 2 g/100 g de mil trempé), combinaison la plus répandue chez les productrices;
- la filtration: une quantité d'eau égale à 3 fois le poids de la farine humide a été utilisée pour la filtration. Le mélange, eau plus farine, a été filtré sur une mousseline identique à celle utilisée par les productrices (maille de 0,5 mm) et les drêches recueillies ont été éliminées;
- la cuisson après filtration: le mélange, eau/farine, obtenu après filtration a été porté à ébullition pendant 10 min. La durée d'ébullition a été notée après que le mélange ait atteint une température d'environ 85°C. La quantité d'eau évaporée pendant les 10 min de cuisson a été calculée et rajoutée à la fin;
- l'incorporation de malt d'orge: le malt d'orge a été incorporé au taux de 1 % de la matière sèche de la farine humide. La pâte après cuisson est laissée refroidir jusqu'à 35°C ou 65°C puis le malt est incorporé. L'ensemble est laissé au repos pendant 12 h pour fermentation;
- la fermentation: la fermentation ou repos de la pâte après filtration ou cuisson a duré 12 h. La pâte après fermentation a été mélangée avant de préparer la bouillie;
- la cuisson finale: sa durée a été fixée à 5 min à partir d'une température d'environ 85°C. Elle est réalisée sur une plaque électrique de puissance 1000 W. Le temps de cuisson a été largement allongé dans le cas des procédés avec incorporation de malt qui ont donné des bouillies très fluides. Pour chaque procédé, des séries de 5 bouillies ont été préparées à des teneurs en matière sèche croissantes pour obtenir des valeurs permettant de tracer des courbes d'évolution de l'écoulement des bouillies en fonction de leur concentration à l'intérieur de l'intervalle de mesure d'écoulement du consistomètre de Bostwick (10 à 240 mm/30 s).

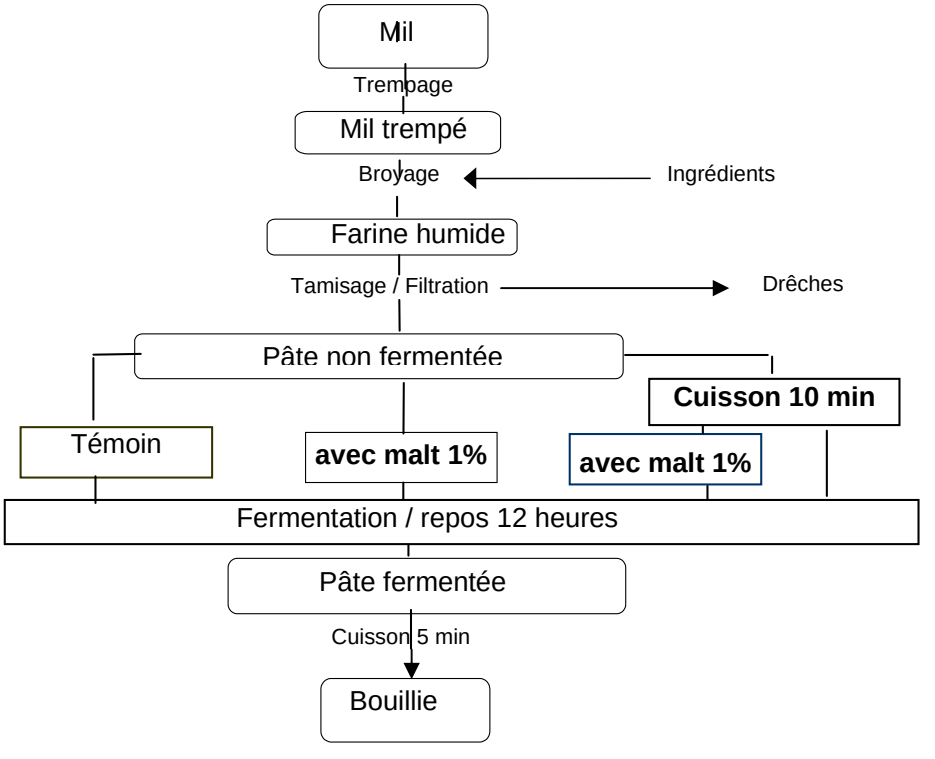


Figure 1: Schéma de préparation des bouillies selon les différents procédés.

Mesure de l'écoulement Bostwick

Le compartiment délimité par un système de type guillotine est rempli avec un volume déterminé (100 ml) de bouillie. A t=0, la bouillie est libérée et le paramètre de consistance retenu correspond à la distance parcourue par le «front de bouillie» après 30 secondes d'écoulement. La seule condition de mesure contrôlée a été la température de la bouillie, soit environ 45°C, température proche de celle de la consommation des bouillies.

Densité énergétique

La densité énergétique (DE) des bouillies a été calculée en multipliant par 4 kcal (contenu énergétique moyen d'un g de matière sèche) les teneurs en matière sèche des bouillies. Ces DE ont été calculées pour des consistances jugées comme optimales[6] compte tenu des habitudes de consommation au Burkina Faso, correspondant à un écoulement Bostwick de 120 mm/30 s.

Enregistrement des cinétiques d'acidification

Les cinétiques d'acidification des pâtes ont été enregistrées au cours des étapes de fermentation dans les différents procédés. L'appareil utilisé a été un collecteur de pH (WTW 340, pH 340/set). Les données ont ensuite été transférées sur un ordinateur grâce au logiciel WTW 340 et les graphes ont été tracés à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2000.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Cinétiques d'acidification des pâtes

Les courbes de cinétiques d'acidification des pâtes présentent une même allure générale et se divisent en 3 phases (figure 2): une phase d'initiation de la fermentation, une phase d'acidification rapide et une phase de stabilisation du pH qui marque la fin de la fermentation. Toutes les cinétiques obtenues pour les pâtes ayant subi une cuisson après filtration ont une phase d'initiation de la fermentation relativement importante (jusqu'à 6-8 h).

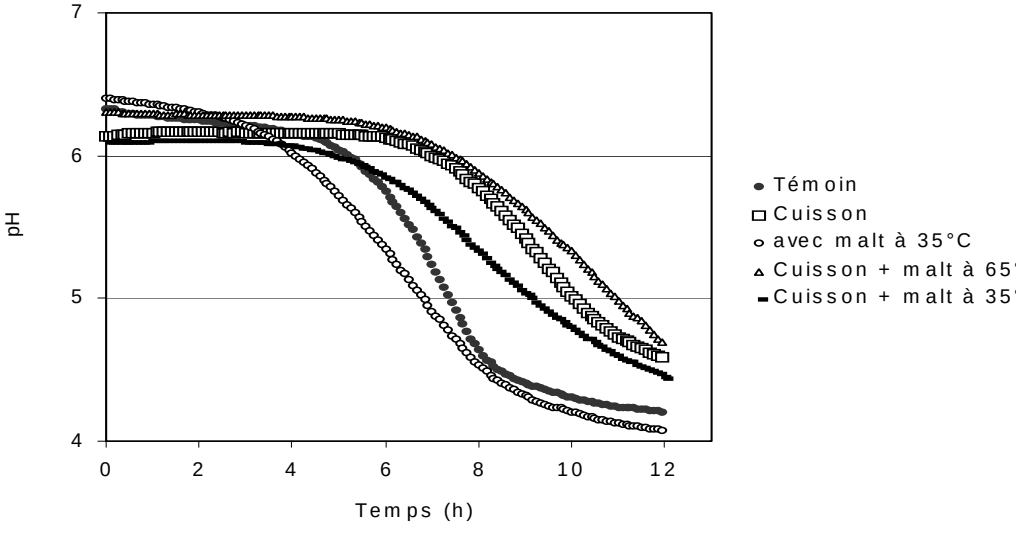


Figure 2: Cinétiques d'acidification des pâtes au cours de la fermentation (étape de repos de la pâte).

Cet allongement important de la phase d'initiation de la fermentation suite à l'introduction d'une étape de cuisson est probablement dû à la destruction de la flore naturelle initiale. Celle-ci contribue à retarder considérablement l'acidification des pâtes: après 12 h de fermentation, la stabilisation du pH est à peine amorcée et le pH est encore autour de 4,5. L'incorporation de malt ne semble pas entraîner de modification majeure de la cinétique d'acidification. Toutefois, la température d'incorporation du malt semble influencer la cinétique d'acidification des pâtes dans les procédés de cuisson et incorporation de malt. En effet, dans ces procédés, on note une acidification un peu plus rapide lorsque le malt est incorporé à 35°C.

Consistance des bouillies

Des séries de 5 bouillies ont été préparées à différentes concentrations à partir des pâtes fermentées obtenues selon les différents procédés. L'évolution de la consistance de ces bouillies en fonction de leur teneur en matière sèche est présentée sur la figure 3.

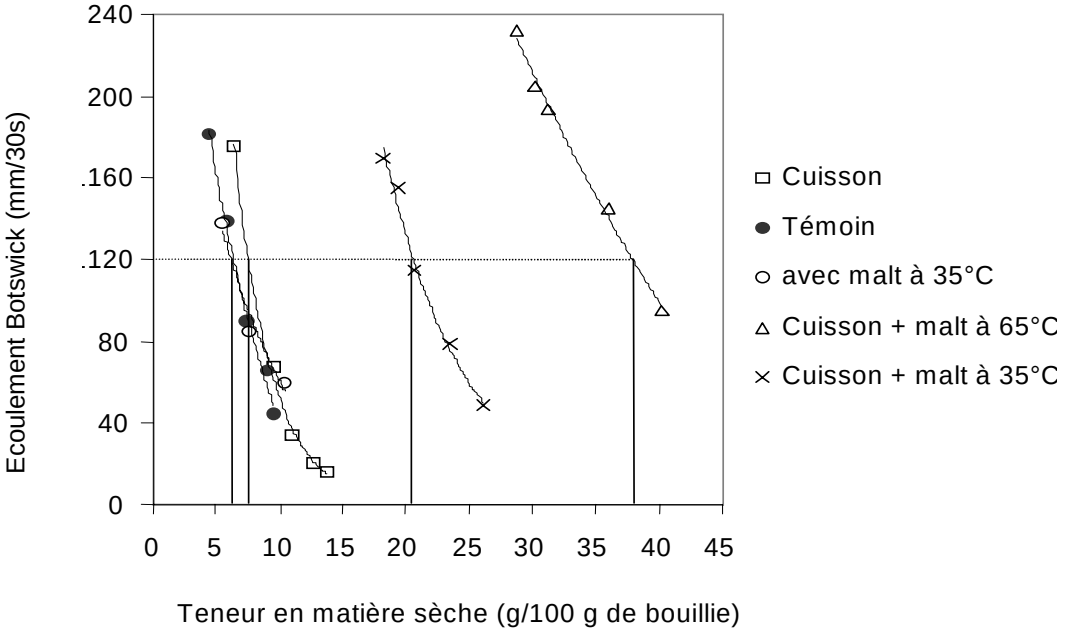


Figure 3: Evolution de la consistance des bouillies en fonction de leurs teneurs en matière sèche.

L'analyse des courbes de consistance obtenues montre que les procédés avec cuisson et incorporation de malt à 35°C et 65°C, dont les courbes se démarquent nettement des autres, ont permis de préparer des bouillies ayant à la fois une consistance appropriée (120 mm/30 s) et des teneurs en matière sèche très élevées (20,8 et 38,0 g/100 g de bouillie, respectivement). En revanche, les procédés (cuisson et incorporation de malt) testés individuellement n'ont permis d'obtenir que des bouillies qui, à consistance égale, n'atteignent que de faibles teneurs en matière sèche, similaires à celles des bouillies obtenues à partir des procédés traditionnels. Ceci met en évidence le fort pouvoir amylolytique du malt sur l'amidon gélatinisé sous l'effet de la cuisson. Cependant, la température d'incorporation de malt influence considérablement la consistance des bouillies. En effet, l'incorporation de malt à 65°C permet de préparer des bouillies, à consistance égale, de teneurs en matière sèche 2 fois supérieures à celles obtenues après incorporation de malt à 35°C. Cela confirme les résultats de l'étude[5] selon laquelle, les alpha-amylases du malt d'orge ont

une activité optimale à une température autour de 70°C et à un pH entre 4,7 et 5,4. Des études similaires ont mis en évidence la réduction de la viscosité des bouillies traditionnelles fermentées ou non par incorporation de malts d'orge ou de sorgho. En effet, selon Traoré[7], l'incorporation d'une farine de malt d'orge au taux de 3,8 % a permis d'obtenir des bouillies non fermentées de teneur en matière sèche de 25 g/100 g de bouillie et de consistance appropriée (≈120 mm/30 s). Une autre étude[8], montre que l'incorporation d'une farine de malt de sorgho à un taux de 5 à 15 % et à 35°C permet de réduire la viscosité des bouillies fermentées ou non à des valeurs appropriées. Cependant, notre étude se distingue par l'utilisation d'un taux relativement faible (1 %) de malt d'orge à 65°C qui a permis d'obtenir des bouillies de très forte concentration (38 g/100 g de bouillie) à une consistance appropriée (120 mm/30 s). L'importante fluidification des bouillies fermentées pourrait s'expliquer d'une part, par la température d'incorporation du malt et, d'autre part, par la durée de contact au cours de la fermentation (10 à 12 h) entre les alpha-amylases du malt et l'amidon gélatinisé avant que le pH n'atteigne le seuil critique (4,7) d'inactivation des alpha-amylases.

Densité énergétique des bouillies

La DE des bouillies ayant une consistance optimale[6] (écoulement de 120 mm/30 s) a été calculée à partir de la figure 3. Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 35°C et à 65°C ont permis d'obtenir des bouillies de DE très élevée (84 et 152 kcal/100 g de bouillie, respectivement). En revanche, ces mêmes étapes mises en œuvre individuellement, ont donné, des bouillies de faible DE (respectivement, 30 et 24 kcal/100 g de bouillie), similaires à celle de la bouillie traditionnelle. Les recommandations actuelles concernant la DE minimale des bouillies sont de 84 kcal/100 g de bouillie pour les enfants de 9 – 11 mois bénéficiant d'un allaitement maternel normal et de deux repas de bouillie par jour[9]. La DE des bouillies (non sucrées) des procédés de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C est nettement supérieure à ces valeurs. Il conviendrait, alors, d'optimiser le taux de malt incorporé, tout en tenant compte du supplément d'énergie apporté par la quantité de sucre habituellement ajoutée (20 g/100 g de matière sèche pour les bouillies fermentées de haute DE), pour obtenir des DE des bouillies proches des valeurs recommandées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C ont permis d'augmenter de façon très importante la densité énergétique des bouillies (+ 440 % par rapport à celle de la bouillie traditionnelle lorsqu'elles sont préparées avec une consistance correspondant à un écoulement Bostwick de 120 mm/30 s). Cependant, ces procédés, du fait de la cuisson, entraînent une destruction de la microflore naturelle de la pâte qui a pour conséquence de retarder considérablement le démarrage de la fermentation et d'aboutir, pour une durée de fermentation identique à celle du procédé traditionnel, à un pH final autour de 4,5 qui correspond à une zone de pH favorable à la prolifération de certains pathogènes. L'inoculation de la pâte à l'aide d'un pied de cuve d'une fabrication précédente pourrait compenser cet inconvénient. En tenant compte des objectifs nutritionnels et sanitaires, la combinaison de procédés la plus prometteuse pour améliorer la DE des bouillies pourrait être la cuisson / inoculation accompagnée d'une incorporation de malt.

La valorisation des ressources alimentaires locales pour une alimentation saine et équilibrée du jeune enfant doit se faire par des technologies simples, peu onéreuses, appropriées et appréciées des populations. Pour ce faire, notre étude qui a pour

avantage de s'appuyer sur des technologies traditionnelles doit être approfondie d'une part, en étudiant la possibilité de substituer le malt d'orge par du malt de céréales locales (mil, sorgho et maïs) et, d'autre part, par des études d'acceptabilité et de transférabilité des procédés modifiés.

RÉFÉRENCES

1. Djossou M, Mouquet C, Trèche S. Les bouillies de petit mil fermenté à Ouagadougou: modes de production, de commercialisation et de consommation. Poster présenté à l'atelier international "Les petites industries agroalimentaires pour une nutrition saine en Afrique de l'Ouest*".* Ouagadougou, Burkina Faso, 22 – 24 novembre 1999.
2. Tou EH, Mouquet C, Trèche S, Guyot JP, Traoré SA. Caractérisation des procédés traditionnels de fabrication des bouillies de petit mil fermenté dans 24 micro-ateliers de production à Ouagadougou. Communication présentée au Forum national de la Recherche Scientifique et des Innovations Technologiques (FRSIT). Ouagadougou, Burkina Faso, 11 – 18 mai 2002.
3. Trèche S, Giamarchi P, Pezennec S, Gallon G, Massamba J. Les bouillies de sevrage au Congo: composition, valeur nutritionnelle et modalités d'utilisation. Communication présentée aux 5èmes journées internationales du GERM. Balaruc. France, 23 – 27 novembre 1992.
4. Trèche S, Massamba J, Gallon G, Cornu A. Utilization and nutritive value of traditional weaning gruels in rural Congo. Communication affichée présentée au XVème Congrès International de Nutrition. Adelaide, Australie, septembre 1993.
5. Trèche S. Techniques pour augmenter la densité énergétique des bouillies. In: Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. l'alimentation de complément du jeune enfant. Paris: Orstom, 1995: 7–13.
6. Vieu MC, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. Int J Food Sci Nutr 2001;52:213–8.
7. Traoré T. Caractérisation et amélioration de la valeur nutritionnelle et de l'acceptabilité d'une farine infantile produite localement à Ouagadougou. Mémoire de DEA. Ouagadougou : Université de Ouagadougou, 2000:69.
8. Thaoge ML, Adams MR, Sibara MM, Watson TG, Taylor JRN, Goyvaerts EM. Production of improved infant porridges from pearl millet using a lactic acid fermentation step and addition of sorghum malt to reduce viscosity of porridges with high protein, energy and solids (30 %) content. World J Microbiol Biotechnol 2003;19:305-10.
9. Dewey KG, Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and applications for intervention programs. Food Nutr Bull 2003;24(1):5-28.

Remerciements: *Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N°ICA4-CT-2002-10047.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Variation de l'activité α-amylasique et des teneurs en certains nutriments et facteurs anti-nutritionnels au cours de la préparation de farines de céréales germées par les dolotières de Ouagadougou

Traoré[1,2*] Tahirou, Icard-Vernière[2] Christèle, Mouquet[1,2] Claire, Picq[2] Christian, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

[1] CRSBAN/UFR-SVT/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
[2] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

[*]Auteur correspondant: *ttahirou@ird.bf*

- Résumé -

191 ateliers de maltage de sorgho rouge, 4 de maïs et 3 de mil ont été recensés dans 4 des 30 secteurs de la ville de Ouagadougou. Huit ateliers transformant, soit le sorgho (5 ateliers), soit le mil (2), soit le maïs (1) ont été sélectionnés en fonction de l'efficacité des farines maltées à fluidifier des bouillies et des différences observées au niveau des procédés utilisés. Ces huit ateliers ont été suivis, chacun sur la durée totale de trois productions, et des échantillons ont été prélevés aux principales étapes de la transformation. L'activité α-amylasique ainsi que la composition globale, les teneurs en sucres solubles, en phytates et en cyanures ont été déterminées selon les méthodes officielles.

Le maltage traditionnel a conféré en moyenne une activité α-amylasique de, respectivement, 56, 42 et 26 Unités Ceralpha/g MS dans les grains de sorgho, mil et maïs et entraîné une réduction des teneurs en phytates de, respectivement, 52, 65 et 21%. Il s'est traduit, d'une part, par une réduction des teneurs en lipides *(16-26% selon l'espèce)* et en cendres *(41% pour le sorgho)* et, d'autre part, par une augmentation considérable des teneurs en saccharose *(150-280%),* glucose *(2140-4480%)* et fructose *(380-1520%).* Une augmentation importante des teneurs en cyanures a été observée au cours du maltage du sorgho *(+390 ppm),* mais ces cyanures peuvent être facilement éliminés par l'égermage manuel des grains germés. Par ailleurs, une importante variabilité de la composition biochimique et de l'activité α-amylasique d'un atelier de maltage à l'autre a été observée parmi les 5 ateliers transformant le sorgho. Cette variabilité est probablement due à la nature et à l'origine de la matière première utilisée et aux variantes technologiques observées dans la préparation des farines maltées.

Mots-clés: Maltage – Céréale – α-amylase – Phytates – Cyanures.

- Abstract -

Changes in α-amylase activity and some nutrient and anti-nutrient contents during cereal malting in small production units in Ouagadougou

Introduction: Malting of cereals is traditionally used in many African countries for the manufacture of alcoholic drinks. Another potential use of malted cereal flours is their incorporation in infant flours to allow the preparation of energy-rich gruels with a semi-liquid consistency through the action of α-amylase. This work consisted firstly, in characterizing the different traditional processes used for cereal malting in Ouagadougou, and secondly, in highlighting the different biochemical modifications that occur in seeds during malting.

Methods: 191 production units (PU) of malted sorghum, 4 PU of malted maize and 3 PU of malted millet were listed in four sectors out of a total of thirty sectors in Ouagadougou. Eight PU that process either red sorghum (5 PU), or millet (2 PU), or maize (1 PU) were selected depending on the ability of the malt flour to fluidify high-energy density gruels and on differences observed in the processes used. Each of the eight PU was monitored throughout the whole malt production process in order to describe rigorously the various stages of their malting technique and to establish a detailed flow sheet for each. Samples were collected after soaking, germination, maturation, drying and degerming for chemical determination *(nutrient, phytate and cyanide contents and measurement of α-amylase activity).*

Results: Traditional malting gave to malted sorghum, millet and maize flours an average α-amylase activity of respectively 56, 42 and 26 Ceralpha units/g DM and simultaneously reduced phytate content of respectively 52, 65 and 21%. It also induced, on the one hand a reduction in lipid content *(16-26% depending on the species)* and ash content *(41% in sorghum),* and on the other hand a significant increase in sucrose *(150-280%)*, glucose *(2140-4480%)* and fructose *(380-1520%)* contents. A significant increase in cyanide content was also observed, particularly in red sorghum seeds *(+390 ppm),* which, fortunately, can be eliminated by manual degerming of germinated seeds. A significant variability in α-amylase activity and biochemical composition was noted from one PU of malted sorghum seeds to another. This variability may be due either to the nature and origin of the raw seeds or to the technological variants observed during malted flour preparation.

Conclusion: Malt flours of red sorghum and millet presented interesting nutritional and enzymatic characteristics to be incorporated in infant flours produced in small scale production units in order to improve energy density of infant gruels.

Key words: Malting – Cereal – α-amylase – Phytate – Cyanide.

INTRODUCTION

Le maltage des céréales est une transformation pratiquée traditionnellement dans de nombreux pays africains pour la fabrication de boissons alcoolisées[1]. Au Burkina Faso, le maltage traditionnel des céréales, tel qu'il est réalisé par les dolotières pour la production du *dolo* (bière traditionnelle locale), comprend les étapes de trempage des grains dans de l'eau, de germination, de maturation (au cours de laquelle les grains sont entassés et mis à l'abri de la lumière) et de séchage au soleil. Une autre utilisation possible des farines de céréales maltées est leur incorporation dans les farines infantiles afin de réduire la viscosité des bouilles grâce à l'action des α-amylases[2] et permettre ainsi une augmentation de leur densité énergétique. La densité énergétique insuffisante des aliments de complément est en effet reconnue comme un facteur étiologique de la malnutrition chez les jeunes enfants[3]. Les α-amylases sont des amylases liquéfiantes et seraient responsables de la solubilisation de l'amidon grâce à leur mode d'action endolytique. Le maltage des grains de céréales présente aussi l'avantage de réduire les teneurs en phytates[4,5], ce qui améliorerait la biodisponibilité de certains minéraux essentiels (Fer, Zinc) pour le jeune enfant. Par ailleurs, l'utilisation de farines de céréale germée dans de petites unités de production de farines infantiles ou au niveau des ménages permettrait de respecter les habitudes alimentaires et de bénéficier du savoir-faire technologique des populations. Toutefois, la variabilité de leur activité amylolytique ainsi que la durée de leur préparation et d'éventuels risques de toxicité liés à la présence de cyanures dans les pousses des grains en germination[6,7], rendent nécessaire une meilleure connaissance des modalités et des effets de leurs modes de production. Notre objectif était de caractériser les procédés de maltage traditionnellement utilisés à Ouagadougou en vue de l'incorporation de farines de céréales germées dans les farines infantiles. Ce travail s'est attaché à mettre en évidence, d'une part, les variantes existant au niveau des procédés traditionnels utilisés à Ouagadougou et, d'autre part, certaines modifications biochimiques intervenant dans les grains au cours du maltage.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les grains de céréales

Les grains de sorgho rouge *(Sorghum bicolor)*, de mil *(Pennisetum glaucum)* et de maïs *(Zea mais)* ont été achetés par les productrices chez leurs fournisseurs habituels de la ville de Ouagadougou.

Sélection des ateliers de maltage et prélèvement d'échantillons

191 ateliers de maltage (AM) de sorgho, 4 AM de mil et 3 AM de maïs ont été recensés dans 4 des 30 secteurs de la ville de Ouagadougou. Concernant les AM de sorgho, des regroupements ont été faits sur la base de similitudes observées au niveau des schémas de production. Ces regroupements ont permis d'obtenir 20 schémas de production présentant des variantes à certaines étapes et, pour chaque schéma, un atelier a été tiré au sort. En revanche, tous les AM de mil et de maïs ont été retenus compte tenu de leur faible nombre. Les farines maltées provenant des 27 ateliers ont été incorporées dans une farine infantile locale au taux de 8%, des bouillies ont été préparées à des concentrations les plus proches possibles de 25 g de farine sèche pour 100 g de bouillie et leur distance d'écoulement (mm/30s) ont été mesurée à l'aide d'un consistomètre de Bostwick selon la méthode utilisée par Bookwalter et al.[8] et Vieu et al.[9]. L'objectif était d'identifier les savoir-faire ou les variantes d'un même schéma général de fabrication susceptibles de conduire à

des farines ayant un effet fluidifiant maximal sur les bouillies. A partir des résultats obtenus, 8 ateliers transformant soit le sorgho rouge (5 AM), soit le mil (2 AM), soit le maïs (1 AM) ont été sélectionnés en fonction de l'efficacité des farines maltées à fluidifier les bouillies et de la description des procédés utilisés.

Ces 8 ateliers ont été suivis, chacun sur la durée totale de 3 productions, dans le but d'étudier les différentes étapes de leur technique de maltage et d'établir un diagramme de production détaillé pour chaque atelier. Au cours de cette phase de suivi, des échantillons ont été prélevés à certaines étapes du procédé. Ces étapes ont été définies d'après les informations obtenues sur les procédés de fabrication lors de la phase de sélection. Les échantillons prélevés ont été congelés, lyophilisés, broyés et stockés dans une chambre froide à 4°C.

Méthodes d'analyses biochimiques

Tous les dosages ont été réalisés en double, excepté ceux de l'activité α-amylasique qui ont été réalisés en triple.

Composition globale

La détermination de la teneur en matière sèche a été faite par dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La teneur en protéines *(N×6.25)* a été déterminée par la méthode de Kjeldahl[10]. La détermination des teneurs en lipides a été réalisée par la méthode d'extraction au Soxtec Tecator (adaptation de la méthode au Soxhlet; avec l'éther de pétrole comme solvant d'extraction). Les fibres totales (solubles et insolubles) ont été dosées par la méthode gravimétrique et enzymatique de Prosky et al.[11]. Les cendres totales ont été déterminées par minéralisation au four à 530°C.

Sucres solubles

Les sucres solubles ont été extraits à partir d'une prise d'essai de 0,8 g de farine additionnée de 3 ml de solution d'éthanol à 80% qui est mise à agiter pendant 30 min dans un bain-marie à 90°C, puis centrifugée à 5000 rpm pendant 10 min à 4°C. Le surnageant est récupéré et le même mode opératoire est appliqué sur le culot. Les deux surnageants mélangés sont évaporés à sec, pendant une nuit, à l'aide d'un évaporateur centrifuge Speedvac (JOUAN RC 10-10, Saint Herblain, France), puis stockés à 4°C avant le dosage des sucres. Le culot obtenu après évaporation est repris dans 10 ml d'eau Millipore puis filtré pour servir au dosage des sucres. Le glucose, le fructose et le saccharose ont été dosés par chromatographie ionique à l'aide d'un appareil Dionex DX 500 (Sunnyvale, CA, USA) en utilisant une colonne Carbo PA1. La détection est faite par ampérométrie pulsée et l'éluant utilisé est la soude 90 mM. Les résultats sont exprimés en g/100 g de matière sèche.

Activité α-amylasique

L'activité α-amylasique a été déterminée en utilisant une méthode colorimétrique mise au point par Megazyme (Wickaw, Irlande). Elle consiste en une hydrolyse par l'α-amylase extraite des échantillons à doser d'un substrat spécifique fourni par un kit (AZCL-amylose). L'activité α-amylasique est exprimée en unités Ceralpha par gramme de matière sèche (U/g de matière sèche; ICC Standard No. 303, Megazyme International, Irland).

Phytates

L'extraction et le dosage des phytates ont été réalisés selon Talamond et al[12]. Après une extraction des phytates en milieu acide (HCl 0,5 M), le dosage de l'inositol-6-

phosphate (IP6) est fait par chromatographie ionique à l'aide d'un appareil Dionex DX 4500i équipé d'une colonne Omnipac pax-100. La détection est faite par conductivité. Les valeurs sont exprimées en g IP6/100 g de matière sèche.

Cyanures totaux

Les cyanures totaux ont été dosés par une méthode colorimétrique selon Ikediobi et al.[6] et Okoh et al.[7]. Après une extraction dans un tampon phosphate (0,1 M) des cyanures libres des échantillons et une hydrolyse des cyanures liés par la soude (0,1 M), on procède à leur dosage par spectrophotométrie à l'aide du kit Spectroquant (Merck 114800). Les résultats sont exprimés en ppm (mg HCN/kg).

Analyses statistiques

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics, Inc., USA). Les niveaux de signification des différences de composition biochimique et d'activité α-amylasique entre les échantillons provenant des 5 ateliers de transformation du sorgho rouge ont été testés par analyse de variance en utilisant le test des comparaisons multiples de Duncan. Pour toutes les comparaisons, le seuil de signification statistique a été fixé à 0,05.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

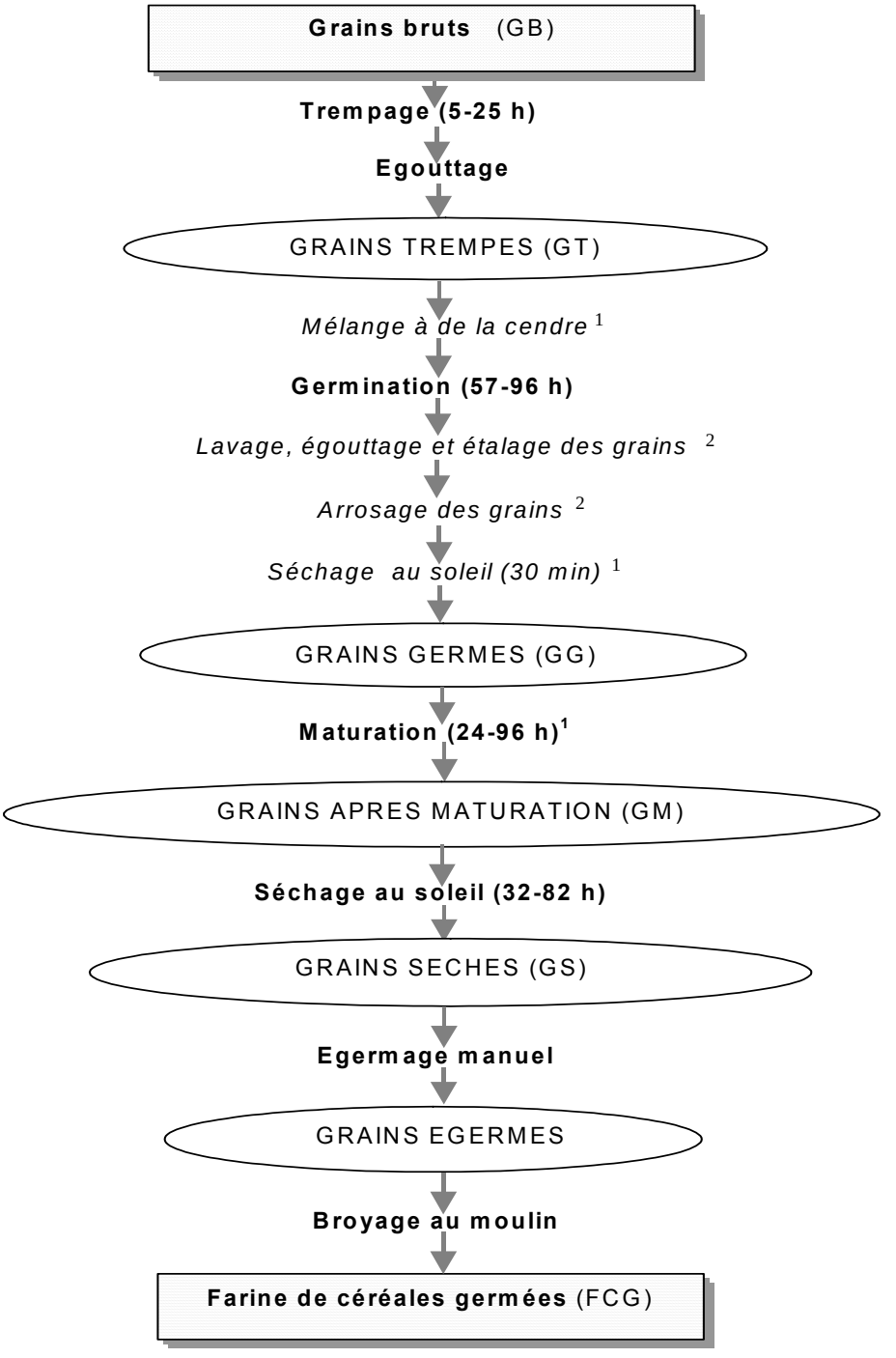
Description du procédé de maltage des céréales

Le schéma général de production des farines de céréales germées ainsi que la nature des différents échantillons prélevés sont présentés dans la figure 1. Après une phase de trempage (5 à 25 h), les grains sont mis à germer (57 à 96 h) dans des canaris, sur une aire cimentée ou sur des sacs en plastique. Après une étape de maturation (dans certains ateliers) où les grains sont placés à l'abri de la lumière ou à l'intérieur de la maison, intervient l'étape de séchage au soleil (32 à 82 h). Les grains séchés sont égermés (dans certains ateliers), broyés et l'on obtient ainsi les farines de céréales germées.

Evolution des caractéristiques biochimiques au cours du maltage

Composition globale

Le tableau 1 présente l'évolution de la composition globale au cours du maltage. De façon générale, le maltage améliore légèrement la teneur en protéines (11, 7 et 2% respectivement pour le sorgho rouge, le mil et le maïs). Cette augmentation de la teneur en protéines est attribuée à une perte de matière, particulièrement de glucides, à travers la respiration, causant une augmentation passive de la teneur en protéines[13]. Le maltage entraîne globalement une réduction importante de la teneur en lipides (26, 23 et 16% respectivement pour le sorgho rouge, le mil et le maïs). La germination est l'étape importante dans la réduction de la teneur en lipides (27, 20 et 23% respectivement pour le sorgho rouge, le mil et le maïs). Cette réduction s'expliquerait par le fait que les lipides sont utilisés pour produire de l'énergie nécessaire aux modifications biochimiques et physiologiques intervenant dans la graine au cours de la germination.



1 Opération facultative

2 Nombre de répétitions variables en fonction des ateliers

Figure 1: Schéma général du procédé de maltage des grains de céréales observé à Ouagadougou.

Tableau 1: Evolution des teneurs en nutriments *(g/100 g de matière sèche)* et variation observée au cours de la préparation de farines maltées, (entre parenthèses: variation par rapport à l'étape précédente).

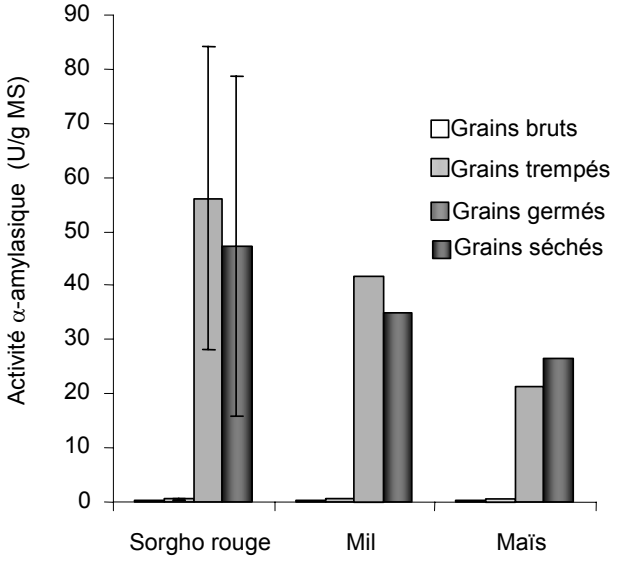
	Grains bruts	Grains trempés	Grains germés	Grains séchés	Variation totale (%)
Composition globale					
Protéines					
Sorgho *(n=5)*	8,4±0,3	9,0±0,4 (+6%)	9,5±0,8 (+6%)	9,3±0,5 (-2%)	+11
Mil *(n=2)*	9,7	10,0 (+3%)	10,6 (+6%)	10,4 (-2%)	+7
Maïs *(n=1)*	7,7	7,7 (-1%)	7,9 (+3%)	7,9 (-1%)	+2
Lipides					
Sorgho *(n=5)*	3,4±0,2	3,5±0,3 (+4%)	2,6±0,3 (-27%)	2,5±0,3 (-2%)	-26
Mil *(n=2)*	5,2	5,5 (+6%)	4,4 (-20%)	4,0 (-9%)	-23
Maïs *(n=1)*	4,2	4,5 (+9%)	3,5 (-23%)	3,5 (0%)	-16
Fibres					
Sorgho *(n=5)*	6,0±0,4	5,7±0,6 (-5%)	6,1±0,4 (+8%)	6,2±0,5 (+1%)	+3
Mil *(n=2)*	3,6	3,1 (-12%)	3,0 (-4%)	3,7 (+23%)	+4
Maïs *(n=1)*	3,9	3,5 (-9%)	3,4 (-4%)	3,6 (+7%)	-7
Cendres					
Sorgho *(n=5)*	3,37±0,27	2,41±0,58 (-28%)	2,13±0,46 (-12%)	1,97±0,40 (-8%)	-41
Mil *(n=2)*	1,31	1,13 (-14%)	1,95 (+73%)	1,54 (-21%)	+17
Maïs *(n=1)*	1,24	1,23 (-1%)	1,40 (+14%)	1,38 (-1%)	+11
Sucres solubles					
Saccharose					
Sorgho *(n=5)*	0,64±0,05	0,39±0,21 (-39%)	1,37±0,68 (+251%)	2,45±1,14 (+79%)	+283
Mil *(n=2)*	1,26	0,44 (-65%)	2,29 (+420%)	3,88 (+69%)	+208
Maïs *(n=1)*	1,34	0,44 (-67%)	3,57 (+711%)	3,32 (-7%)	+148
Glucose					
Sorgho *(n=5)*	0,09±0,02	0,17±0,15 (+89%)	3,20±1,88 (+1782%)	3,94±2,81 (+23%)	+4478
Mil *(n=2)*	0,06	0,04 (-33%)	1,64 (+4000%)	1,79 (+9%)	+2883
Maïs *(n=1)*	0,08	0,06 (-25%)	2,38 (+3867%)	1,79 (-25%)	+2138
Fructose					
Sorgho *(n=5)*	0,06±0,02	0,07±0,03 (+17%)	0,73±0,41 (+940%)	0,85±0,44 (+16%)	+1517
Mil *(n=2)*	0,05	0,03 (-40%)	0,87 (+2800%)	0,52 (-40%)	+940
Maïs *(n=1)*	0,06	0,05 (-17%)	0,42 (+740%)	0,29 (-31%)	+383

Sucres solubles

L'effet du maltage sur la composition en sucres solubles est présenté dans le tableau 1. Les teneurs en saccharose des grains bruts de maïs et de mil sont plus élevées que celles du sorgho. Les trois types de céréales ont des teneurs en glucose et en fructose comparables. Le maltage a entraîné une augmentation considérable des teneurs en saccharose (150-280%), glucose (2140-4480%) et fructose (380-1520%), à l'origine du développement du goût sucré du malt.

Activité α-amylasique

L'évolution de l'activité α-amylasique au cours du maltage du sorgho rouge, du mil et du maïs est présentée dans la figure 2. Les grains bruts et les grains trempés des trois types de céréales ne présentent aucune activité α-amylasique détectable avec le kit Megazyme. C'est en fin de germination que les plus fortes activités sont observées pour le sorgho rouge et le mil (respectivement 56 et 42 U/g de matière sèche), tandis que pour le maïs, l'optimum d'activité α-amylasique est observé en fin de séchage (26 U/g de matière sèche). En revanche, le séchage entraîne une diminution de l'activité α-amylasique de 16% dans le sorgho rouge et le mil. Après germination, le sorgho rouge présente des activités α-amylasiques plus élevées que le mil et au maïs. Le sorgho rouge germé semble donc plus intéressant comme source d'α-amylases pour la formulation de farines infantiles que le mil germé qui, pour sa part, semble plus intéressant que le maïs germé.



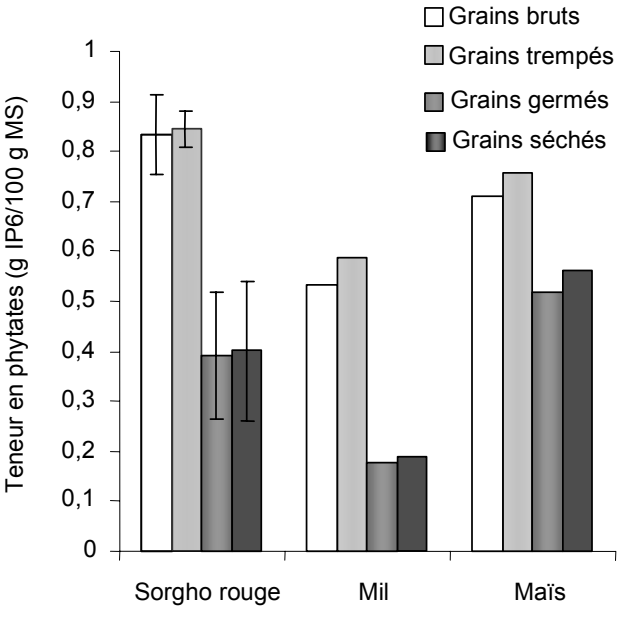
Les valeurs correspondent aux moyennes (± écart-types) pour le sorgho rouge (n=5) et aux moyennes pour le mil (n=2).

Figure 2: Evolution de l'activité α-amylasique au cours de la préparation des farines de céréales germées.

Phytates

L'évolution de la teneur en phytates au cours du maltage des céréales est présentée dans la figure 3. Les grains bruts de sorgho rouge (0,83 g IP6/100 g de matière sèche) sont ceux qui ont les teneurs les plus élevées, suivis par les grains bruts de maïs (0,71 g IP6/100 g de matière sèche) et de mil (0, 53 g IP6/100 g de matière sèche). Le trempage ne réduit pas les teneurs en phytates contrairement aux résultats

obtenus par certains auteurs[4,5]. Ceci laisserait penser qu'il n'y a pas eu de diffusion des phytates au cours du trempage ou que la durée de trempage n'a pas été suffisante pour entraîner la diffusion des phytates dans l'eau. En revanche, la germination réduit considérablement la teneur en phytates. En effet, elle a entraîné une réduction des teneurs en phytates de 53, 67 et 27%, respectivement, dans le sorgho rouge, le mil et le maïs. La dégradation des phytates est plus importante dans le mil que dans le sorgho rouge et le maïs. La réduction de la teneur en phytates dans le sorgho rouge reste faible comparativement à celle rapportée par Mahgoub et Elhag[5] (86% après 96 h de germination). Cette différence est probablement due au fait que dans la présente étude, la durée moyenne de germination observée (74 h) est relativement courte. En revanche, la réduction de la teneur en phytates dans le mil, après 62 h de germination, est plus importante que celle observée par Makokha et al.[14] qui était de seulement 45% après 96 h de germination.



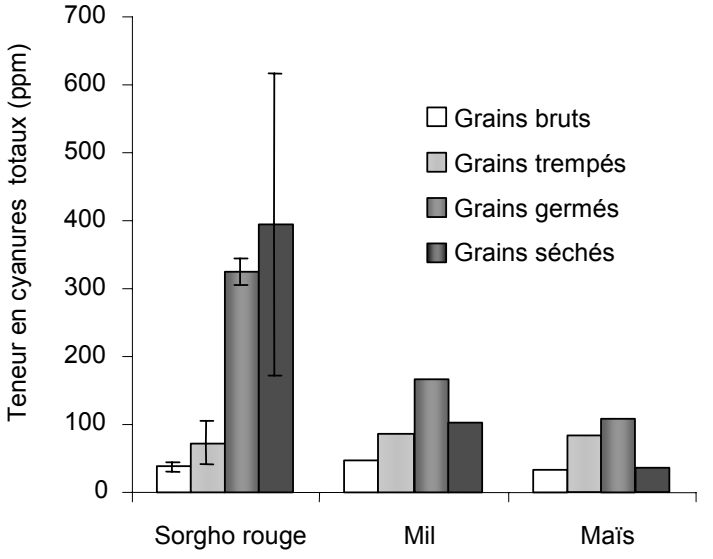
Les valeurs correspondent aux moyennes (± écart-types) pour le sorgho rouge (n=5) et aux moyennes pour le mil (n=2).

Figure 3: Evolution de la teneur en phytates au cours de la préparation des farines de céréales germées.

Cyanures totaux

L'évolution de la teneur en cyanures totaux au cours du maltage est présentée dans la figure 4. Les teneurs en cyanures totaux dans les grains bruts, relativement très faibles, sont de 38, 46 et 34 ppm, respectivement, dans le sorgho rouge, le mil et le maïs, et sont comparables aux valeurs obtenues par certains auteurs[7,15]. Le trempage des grains entraîne une augmentation de la teneur en cyanures (73, 85 et 84 ppm, respectivement pour le sorgho rouge, le mil et le maïs). Au cours de la germination, les teneurs en cyanures augmentent considérablement pour atteindre 324, 168 et 108 ppm en fin de germination, respectivement, dans le sorgho rouge, le mil et le maïs. Ces valeurs sont bien inférieures à celles rapportées par certains auteurs[16,17]. Le séchage au soleil des grains de mil et de maïs germées entraîne une réduction des teneurs en cyanures de 38 et 67%, respectivement. Les quantités de cyanures susceptibles d'être ingérés à partir de 100 g de céréale germée restent inférieures à la

dose létale pour un adulte qui est de 50-60 mg[18]. Toutefois, la concentration des cyanures dans les grains de sorgho germé est supérieure à la teneur maximale recommandée (200 ppm) dans plusieurs pays en ce qui concerne la teneur en cyanures dans le haricot de lima[18].



Les valeurs correspondent aux moyennes (± écart-types) pour le sorgho rouge (n=5) et les moyennes pour le mil (n=2).

Figure 4: Evolution de la teneur en cyanures totaux au cours de la préparation des farines de céréales germées.

Effet de la maturation et de l'égermage

La maturation

L'étape de maturation est utilisée dans seulement trois ateliers de maltage de sorgho rouge. Selon les productrices, diverses réactions biochimiques interviennent au cours de cette étape ainsi que le développement de moisissures et, de ce fait, améliorent le goût de la bière traditionnelle. La maturation n'a pas d'effet sur la composition globale, les teneurs en phytates et cyanures totaux et sur l'activité α-amylasique. En revanche, elle réduit la teneur en saccharose de 30% (de 1,24 à 0,87 g/100 g de matière sèche) et augmente les teneurs en glucose et en fructose de respectivement 89% (de 4,16 à 7,85 g/100 g de matière sèche) et 85% (de 0,82 à 1,52 g/100 g de matière sèche). Cette importante augmentation des teneurs en glucose et en fructose est probablement due à une hydrolyse du saccharose et, surtout, de l'amidon au cours de la maturation et est à l'origine du développement du goût sucré recherché par les productrices de boissons alcoolisées traditionnelles.

L'égermage manuel

L'effet de l'élimination des racines et des pousses des grains de céréales germées sur les caractéristiques biochimiques est présenté dans le tableau 2. Les teneurs en fibres, en cendres et en fructose sont diminuées dans les trois types de céréales. L'égermage manuel entraîne une réduction considérable des teneurs en cyanures. En effet, il permet d'éliminer 74, 72 et 52% des cyanures, respectivement, dans le sorgho

rouge, le mil et le maïs. Les cyanures sont donc concentrés dans les racines et les pousses des grains en germination comme l'avaient déjà observé certains auteurs[18,19]. L'égermage pratiqué traditionnellement n'élimine pas totalement les cyanures mais permet de ramener les teneurs (96, 27 et 16 ppm, respectivement pour le sorgho rouge, le mil et le maïs) à un niveau ne présentant aucun danger pour l'alimentation humaine. Il est dont facile de détoxiquer les grains de céréales germés par une élimination mécanique complète des racines et des pouces. L'égermage entraîne une baisse non négligeable de l'activité α-amylasique ce qui semble indiquer qu'une part importante des α-amylases est localisée dans les pousses.

Tableau 2: Effet de l'égermage sur les teneurs en quelques nutriments (g/100 g de matière sèche), en phytates (g IP6/100 g de matière sèche) et en cyanures totaux (ppm) ainsi que sur l'activité α-amylasique (U/g de matière sèche) des grains de sorgho rouge *(n=5)*, de mil *(n=2)* et de maïs *(n=1)* germés.

	Grains séchés	**Grains égermés**	**Variation (%)**
Fibres			
Sorgho rouge	6,4 ± 0,5	5,5 ± 0,2	-14%
Mil	3,6	3,2	-10%
Maïs	3,6	3,2	-13%
Cendres			
Sorgho rouge	1,92 ± 0,32	1,61 ± 0,41	-16%
Mil	1,62	1,19	-27%
Maïs	1,38	1,10	-20%
Fructose			
Sorgho rouge	0,92 ± 0,47	0,59 ± 0,24	-36%
Mil	0,56	0,34	-39%
Maïs	0,37	0,23	-3%
Cyanures totaux			
Sorgho rouge	375 ± 210	96,4 ± 24,2	-74%
Mil	95,2	27,1	-72%
Maïs	34,5	16,7	-52%
Activité α-amylasique			
Sorgho rouge	58,0 ± 37,6	43,4 ± 33,5	-25%
Mil	37,6	27,0	-28%
Maïs	13,7	11,6	-15%

Variabilité des caractéristiques biochimiques dans les ateliers transformant le sorgho rouge

La comparaison des valeurs moyennes des caractéristiques biochimiques des farines maltées issues des cinq ateliers transformant le sorgho rouge montre qu'il existe une variabilité importante des teneurs en saccharose (CV=46%), phytates (CV=29%), en cyanures (CV=52%) et de l'activité α-amylasique (CV=46%). Par ailleurs, au sein d'un même atelier, il existe également une variabilité au niveau des teneurs en phytates (CV=24%), cyanures (CV=52%) et de l'activité α-amylasique (CV=46%). La comparaison des caractéristiques biochimiques des farines de sorgho rouge germé provenant de ces cinq ateliers de maltage est présentée dans le tableau 3. Le test des comparaisons multiples de Duncan montre que les teneurs moyennes en saccharose, en phytates et en cyanures ainsi que les activités α-amylasiques moyennes des farines maltées diffèrent significativement d'un atelier de maltage à l'autre. Les variabilités et les différences de composition biochimique et d'activité α-amylasique entre les échantillons provenant des cinq ateliers transformant le sorgho rouge est probablement due, d'une part, à la nature et à l'origine de la matière première utilisée et, d'autre part, aux variantes technologiques observées dans la préparation des

farines maltées. La grande variabilité de l'activité α-amylasique d'un atelier de maltage à l'autre nécessiterait, pour obtenir des bouillies ayant des caractéristiques constantes, de faire varier le taux d'incorporation des farines de sorgho germé dans les farines infantiles en fonction de leur origine. Compte tenu de leurs caractéristiques actuelles, les farines de céréales germées issues des ateliers de production traditionnelle de *dolo* semblent donc difficilement utilisables pour être incorporées dans des farines infantiles permettant de préparer des bouillies ayant à la fois une densité énergétique élevée et une consistance constante et adaptée aux habitudes alimentaires des jeunes enfants. D'autres investigations sont nécessaires pour définir un mode standardisé de production de farine de céréale germée.

Tableau 3: Comparaison des caractéristiques biochimiques des farines de sorgho rouge germé provenant des cinq ateliers de maltage.

	Saccharose (g/100 g MS)	**Phytates** (g/100 g MS)	**Cyanures** (ppm)	**Activité α-amylasique** (U/g MS)
AM1	$1,42 \pm 0,01^{a}$	$0,39 \pm 0,11^{a}$	157 ± 25^{a}	$51,7 \pm 6,7^{a}$
AM2	$4,10 \pm 0,06^{b}$	$0,48 \pm 0,01^{b}$	442 ± 245^{b}	$103,1 \pm 9,9^{b}$
AM3	$1,17 \pm 0,06^{c}$	$0,36 \pm 0,08^{a}$	196 ± 42^{ac}	$40,7 \pm 8,5^{c}$
AM4	$3,11 \pm 0,05^{d}$	$0,39 \pm 0,05^{a}$	356 ± 21^{b}	$34,8 \pm 8,9^{c}$
AM5	$2,89 \pm 0,04^{e}$	$0,59 \pm 0,03^{c}$	312 ± 36^{bc}	$54,5 \pm 10,7^{a}$
NdS	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$	$<10^{-3}$	$<10^{-4}$

NdS: Niveau de signification – Dans chaque colonne, les moyennes non suivies d'une même lettre sont significativement différentes au niveau indiqué.

CONCLUSION

Le sorgho rouge est la principale céréale utilisée pour la production de farine maltée et il existe plusieurs variantes au niveau des procédés traditionnels de maltage des céréales à Ouagadougou. Le maltage des céréales entraîne, d'une part, une réduction des teneurs en cendres et en lipides et, d'autre part, une augmentation considérable des teneurs en sucres qui confèrent le goût sucré aux farines maltées. Les procédés traditionnels de maltage des céréales se sont avérés efficaces pour réduire les teneurs en phytates et pour augmenter l'activité α-amylasique. Toutefois, ils s'accompagnent d'une augmentation importante des teneurs en cyanures qui peuvent, heureusement, être facilement éliminés par l'égermage manuel des grains germés. Les farines de sorgho rouge et de mil germés possèdent des caractéristiques nutritionnelles et enzymatiques intéressantes pour être incorporées dans les farines infantiles. Cependant, dans la perspective d'une incorporation dans des farines infantiles, il est recommandé d'éliminer l'étape de maturation dans la mesure où elle n'introduit pas de modifications souhaitables des caractéristiques biochimiques et d'égermer systématiquement les grains germés après le séchage. D'autres investigations s'avèrent nécessaires pour mettre au point un mode standardisé de production de farines maltées afin de minimiser la variabilité des caractéristiques biochimiques des farines et pour optimiser la production des α-amylases.

RÉFÉRENCES

1. Dewar J, Taylor JRN, Berjak P. Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. J Cereal Sci 1997;26:129-36.

2. Onyeka U, Dibia I. Malted weaning food made from maize, soybean, groundnut and banana. J Sci Food Agric 2002;82:513-6.

3. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO/NUT/98.1, 1998.

4. Svanberg U, Lorri W, Sandberg AS. Lactic fermentation of non-tannin and high tannin cereals: effects on *in vitro* estimation of iron availability and phytate hydrolysis. J Food Sci 1993;58:408-12.

5. Mahgoub SEO, Elhag SA. Effect of milling, soaking, malting, heat-treatment and fermentation on phytate level of four Sudanese sorghum cultivars. Food Chem 1998;61:77-80.

6. Ikediobi CO, Olugboji O. Cyanide profile of component parts of sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) sprouts. Food Chem 1988;27:167-75.

7. Okoh PN, Ikediobi CO, Olugboji O. The fate in the rat of ingested dhurrin present in sprouted sorghum grain. Food Chem 1988;29:299-307.

8. Bookwalter GN, Peplinski AJ, Pfeifer VF. Using a bostwick consistometer to measure consistencies of processed corn meals and their CSM blends. Cereal Sci Today 1968;13(11):407-10.

9. Vieu MC, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. Int J Food Sci Nutr 2001;52:213-8.

10. AFNOR. Dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. 1970. [NF V 03-050].

11. Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, de Vries JW, Furda I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. J Assoc Anal Chem 1988;71(5):1017-23.

12. Talamond P, Gallon G, Trèche S. Rapid and sensitive liquid chromatographic method using a conductivity detector for the determination of phytic acid in food. J Chromatogr A 1998;805:143-7.

13. Opuku AR, Ohenhen SO, Ejiofor N. Nutrient composition of millet (*Pennisetum thyphoides*) grains and malts. J Agric Food Chem 1981;29:1247-8.

14. Makokha AO, Oniang'o RK, Njoroge SM, Kamar OK. Effect of traditional fermentation and malting on phytic acid and mineral availability from sorghum (*Sorghum bicolor*) and finger millet (*Eleusine coracana*) grain varieties grown in Kenya. Food Nutr Bull 2002;23(3):241-5.

15. Aniche GN. Studies on the effects of germination and drying conditions on the cyanide content of sorghum sprouts. J Food Technol 1990;27(4):202-4.

16. Ahmed SB, Mahgoub SA, Babiker BE. Changes in tannin and cyanides contents and diastic activity during germination and the effect of traditional processing on cyanide content of sorghum cultivars. Food Chem 1996;56(2):159-62.

17. Shayo NB, Nnko SAM, Gidamis AB, Dillon VM. Assessment of cyanogenic glucoside (cyanide) residues in Mbege: an opaque traditional Tanzanian beer. Int J Food Sci Nutr 1998;49:333-8.

18. Panasiuk O, Bills DD. Cyanide content of sorghum sprouts. J Food Sci 1984;49:791-3.

19. Dada LO, Dendy DAV. La teneur en cyanures des céréales germées et l'effet des techniques de conditionnement. In: Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, eds. Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique Orientale et Australe: Une technologie à la portée des ménages, compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenyan, 12-16 octobre 1987. Ottawa : IDRC-265 f, 1988:407-14.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et les statuts en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes

Traoré[1,3*] Tahirou, Zagré[2] Noël M, Traoré[1] Alfred S, Trèche[3] Serge

[1] CRSBAN/UFR-SVT/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
[2] IRSS/CNRST, 09 BP 471 Ouagadougou 09, Burkina Faso.
[3] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

[*]Auteur correspondant: *ttahirou@ird.bf*

- Résumé -

Deux groupes de 42 enfants ayant des caractéristiques anthropométriques et biologiques ainsi qu'une morbidité comparable et consommant de manière régulière à partir de l'âge de 6 mois, soit des bouillies améliorées, soit des bouillies traditionnelles ont été suivis pendant 4 mois de façon à comparer leur niveau d'ingéré, leur croissance et l'évolution de leurs concentrations en hémoglobine et en rétinol sérique. La farine servant à la préparation des bouillies améliorées était composée de mil (49,0%), de soja (18,0%), de sorgho germé (8,7%), de sucre (10,3%), d'arachide (6,2%), de pulpe de *néré* (6,0 %), de sel iodé (0,67%), de $CaCO_3$ (0,67%) et d'un complément minéral et vitaminique (0,41%). Les ingérés de bouillies, des autres aliments de complément, de boissons ainsi que la fréquence et la durée des tétées ont été mesurés à domicile chez chaque enfant à l'âge de 7, 8, 9 et 10 mois. Un suivi hebdomadaire de la morbidité et des pratiques alimentaires a été effectué. Des prélèvements sanguins et des mesures anthropométriques ont été effectués à 6 et 10 mois.

La consommation des bouillies améliorées de haute densité en énergie (106 kcal/100g) et en nutriments a permis une augmentation très significative des ingérés énergétiques à partir des bouillies (11,4 *vs* 2,9 kcal/kg/jour; $p<10^{-5}$) par rapport à ceux obtenus à partir des bouillies traditionnelles (39 kcal/100g). Toutefois, les quantités de bouillie consommées par les deux groupes restent bien inférieures à la capacité gastrique théorique des nourrissons. La consommation des bouillies améliorées par les enfants de 6 à 10 mois a permis une amélioration significative, d'une part, de la croissance en taille (1,5 *vs* 1,1 cm/mois; $p<10^{-3}$) et, d'autre part, de la concentration en hémoglobine ($+8,2 \pm 18,9$ *vs* $-5,7 \pm 21,5$ g/l; $p<0,01$). Une augmentation de la teneur moyenne en rétinol sérique a été observée entre 6 et 10 mois, mais la différence n'est pas significative entre les deux groupes.

Mots-clés: Bouillies – Densité énergétique – Croissance – Fer – Vitamine A.

- Abstract -

Effect of the consumption of high-energy density fortified gruels on intakes, growth and iron and vitamin A status of infants between 6 and 10 months in rural sahelian zones

Introduction: In Burkina Faso, stunting and wasting affect, respectively, 37 and 13% of young children under 5 years. It is between 6 and 24 months of age, corresponding to the complementary feeding period, that the prevalence of protein energy malnutrition rises. In order to contribute to the improvement of this worrying nutritional situation, a study was carried out from December 2001 to May 2002 in the village of Ouarégou *(Province of Boulgou, Burkina Faso)*. Its objective was to verify the effectiveness of improved gruels, by incorporation of malted flour and micronutrients, to increase energy intake and promote growth and better micronutrients status in infants of 6 to 10 months of age.

Methods: Two groups of 42 children, having comparable anthropometrical and biological characteristics as well as morbidity, and consuming regularly from 6 months of age, for the first, improved gruels, and for the second, traditional gruels usually prepared in the households, have been followed during 4 months in order to compare energy intake, growth and changes in haemoglobin and serum retinol concentrations. Flour used for improved gruels preparation was composed of millet (49.0%), soybean (18.0%), malted sorghum (8.7%), sugar (10.3%), peanut (6.2%), pulp of *néré* (6.0 %), iodized salt (0.67%), $CaCO_3$ (0.67%) and mineral and vitamin complement (0.41). Morbidity and feeding practices were followed up weekly. Intakes of gruel, other complementary foods and drinks as well as frequency and duration of feedings were measured at home for each infant when they reached the ages of 7, 8, 9 and 10 months. For each infant, blood samples and anthropometrical measures were taken at 6 and 10 months.

Results: The consumption of improved gruels of high energy (106 kcal/100g) and nutrient densities permitted a significant increase of energy intake from gruels (11.4 *vs* 2.9 kcal/kg/day; $p<10^{-5}$) compared with that obtained from traditional gruels of low energy (39 kcal/100g) and nutrient densities. However, the quantities of gruel consumed by the two groups remain much lower than infant theoretical gastric capacity. The consumption of improved gruels by infants from 6 to 10 months allowed a significant increase of growth in size (1.4 *vs* 1.1 cm/month; $p<10^{-3}$) and haemoglobin concentration (+8.2 ± 18.9 *vs* –5.7 ± 21.5 g/l; $p<0,01$). An increase of serum retinol concentration was observed between 6 and 10 months, but the difference between the two groups was not significant.

Conclusion: The consumption of gruels with high energy and nutrient densities permitted a significant improvement of energy intake compared to traditional gruels. Otherwise, it proved effective to improve growth and iron status of young children between 6 and 10 months of age.

Key words: Gruels – Energy density – Growth – Iron – Vitamin A.

INTRODUCTION

Dans les pays en développement, la croissance des enfants nourris exclusivement au lait maternel pendant les 6 premiers mois de leur vie est similaire à celle de leurs homologues des pays développés[1,2]. Après cette période, la croissance de la plupart de ces enfants dévie du modèle de croissance satisfaisant à cause des infections répétées et de l'inadéquation des aliments de complément[2]. La faible densité énergétique et nutritionnelle des aliments de complément joue un rôle important sur les ingérés alimentaires et la croissance des jeunes enfants[2]. Les aliments de complément de faible valeur nutritionnelle pourraient se substituer au lait maternel et, par conséquent, avoir un effet néfaste sur le statut nutritionnel du jeune enfant[2].

Au Burkina Faso, le retard de croissance et l'émaciation touchent environ, respectivement, 37% et 13% des enfants de moins de 5 ans[3]. Comme dans la plupart des pays en développement, les enfants reçoivent comme premier aliment de complément des bouillies préparées à partir de farines ou de mélange de farines, de consistance fluide et de qualité nutritionnelle très médiocre en raison d'une faible densité énergétique et d'un mauvais équilibre en micronutriments. La capacité gastrique réduite des nourrissons (30-40 ml/kg/repas)[4] et leur faible fréquence journalière de consommation (2 bouillies par jour) font que la consommation de telles bouillies ne peut généralement pas apporter les compléments au lait maternel nécessaires à la couverture des besoins nutritionnels. Dans ce contexte, l'incorporation de sources d'amylases dans les farines infantiles en vue de réduire la viscosité de bouillies à forte concentration en matière sèche et de leur conférer une consistance semi-liquide, peut avoir des répercussions positives sur les ingérés énergétiques[5,6] et sur la croissance des jeunes enfants[7]. Par ailleurs, une fortification de ces farines en vitamines et minéraux constitue une voie alimentaire possible de lutte contre les carences en micronutriments[8]. Un enrichissement bien conduit peut représenter une contribution importante aux apports journaliers comme c'est le cas aux USA et conduire à des effets à moyen et long terme[9]. Un impact positif de l'enrichissement d'aliments sur le statut en micronutriments a été rapporté par plusieurs auteurs[10,11].

L'objectif de cette étude était de vérifier, en situation réelle, l'efficacité de bouillies améliorées, par incorporation de farine maltée et de micronutriments, pour augmenter les ingérés énergétiques et promouvoir la croissance et un bon statut en micronutriments chez les enfants de 6 à 10 mois dans un village de la province du Boulgou située au Sud-Est du Burkina Faso.

SUJETS ET MÉTHODES

Description de l'étude

La présente étude est un essai comparatif contrôlé au cours duquel deux groupes d'enfants ont été enrôlés pendant une période de 7 semaines et assignés à consommer pendant 4 mois, soit des bouillies améliorées au moins 2 fois par jour (groupe d'intervention), soit des bouillies préparées et distribuées dans les conditions habituelles des ménages (groupe témoin). Six enquêtrices, à raison de 3 enquêtrices par zone, ont été recrutées et formées au travail qui leur était imparti. Deux enquêtrices (1 par zone) étaient chargées de l'enquête d'éligibilité et de l'enquête de données générales, de la distribution hebdomadaire de la farine infantile ainsi que du suivi hebdomadaire des pratiques alimentaires et de la morbidité chez les enfants. Quatre enquêtrices (2 enquêtrices par zone) étaient chargées de réaliser dans les

ménages recrutés, des mesures d'ingérés et des observations relatives aux consommations alimentaires des jeunes enfants.

L'étude a été approuvée par le Ministère de la santé et le Centre national de recherche scientifique et technologique du Burkina Faso. Un consentement informé a été obtenu de tous les parents. A la fin de l'étude, la même stratégie d'amélioration de l'alimentation du jeune enfant a été mise en place dans la zone témoin.

Calcul des effectifs et recrutement des sujets

Les effectifs ont été calculés en vue de mettre en évidence une amélioration *(i)* de l'ingéré énergétique journalier à partir des aliments de complément de 17,5% (α=5% et β=15%), *(ii)* de la croissance en taille de 1,2 cm en 4 mois (α=β=5%), *(iii)* de la concentration en hémoglobine de 8,0 g/l en 4 mois (α=β=5%) et *(iv)* de la concentration en rétinol sérique de 0,15 µmol/l en 4 mois (α=5% et β=10%) entre le groupe d'enfants consommant les bouillies améliorées et le groupe d'enfants consommant les bouillies traditionnelles. A partir des résultats de ces calculs, deux groupes de 42 enfants étaient nécessaires.

Au moment du recrutement, les enfants devaient être âgés de 6 mois ± 7 jours, être allaités par leurs mères, ne pas être sévèrement malnutris (Z-scores poids-taille et Taille-âge > - 3), ne pas être atteints de handicaps sévères, ne pas être des jumeaux, et appartenir à une famille ne prévoyant pas un déplacement ou un voyage de plus d'une semaine. Les prévisions étant d'environ 7 naissances par semaine dans chaque zone, 2 groupes de 43 enfants ont été progressivement enrôlés sur une période de 7 semaines.

Farine expérimentale et bouillies traditionnelles

Les compositions en ingrédients et nutriments des bouillies améliorées et traditionnelles sont données dans le tableau 1. La farine expérimentale a été formulée de façon à apporter les constituants nécessaires pour donner aux bouillies une consistance appropriée (farine de sorgho germé) lorsqu'elles sont préparées à une densité énergétique d'au moins 100 kcal/100 g et pour en améliorer l'acceptabilité (farine de *néré*) et l'équilibre en micronutriments (complément minéral et vitaminique). Les procédés de fabrication de la farine ont été transférés à 2 groupements féminins de la zone d'intervention de façon à pérenniser leur utilisation. Par ailleurs, les mères du groupe d'intervention ont été formées au mode de préparation des bouillies améliorées à l'occasion de la première distribution de la farine infantile. Les bouillies traditionnelles généralement consommées par les enfants du groupe témoin étaient des bouillies de mil fermenté ou des bouillies à base de mil, de maïs, de sorgho ou de riz. La consistance des bouillies a été caractérisée à 45°C en mesurant leur distance d'écoulement (en mm/30s) à l'aide d'un consistomètre de Bostwick.

Collecte des données

Caractéristiques socio-économiques des ménages et suivi hebdomadaire des pratiques alimentaires et de la morbidité chez les enfants

Les pratiques alimentaires de 0 à 6 mois des enfants et les caractéristiques socio-économiques des ménages ont été décrites à l'aide d'un questionnaire de données générales. Les fiches de suivi hebdomadaire de la morbidité et des pratiques alimentaires ont été remplies, à partir de l'âge de 6 mois jusqu'à l'âge de 10 mois, par deux enquêtrices de manière à pouvoir suivre, d'une part, les épisodes diarrhéiques, les infections respiratoires aiguës, les fièvres et autres maladies tout le long de l'étude et, d'autre part, la nature des consommations alimentaires de la semaine.

Tableau 1: Composition en ingrédients et en nutriments des bouillies expérimentales et traditionnelles.

	Bouillies expérimentales	Bouillies traditionnelles[1]
Composition en ingrédients *(g/100 g de matière brute)*		
Mil	49,0	
Soja	18,0	
Malt de sorgho	8,7	
Sucre	10,3	
Arachide	6,2	
Pulpe de *néré*	6,0	
Sel iodé	0,67	
Carbonate de calcium	0,67	
Complément minéral et vitaminique	0,41	
Composition en nutriments *(/100 g de matière sèche)*		
Protéines (g)	16,8	6,6 ± 2,1
Lipides (g)	9,9	3,0 ± 0,8
Energie (kcal)	435	410 ± 4
Fer (mg)	25,5	7,2 ± 2,1
Zinc (mg)	6,1	1,8 ± 1,1
Calcium (mg)	396	185 ± 105
Phosphore (mg)	348	213 ± 37
Vitamine A (µg ER[2])	193	1,4 ± 0,9

[1] Moyenne ± écart-type obtenue sur 7 bouillies différentes. - [2] Equivalent rétinol.

Mesures anthropométriques

Les mesures anthropométriques ont été prises chez chaque enfant à l'âge de 6 et 10 mois. Les enfants ont été pesés à l'aide d'un pèse-personne selon la méthode de la double pesée et leur taille mesurée en position couchée à l'aide d'un infantomètre (Holtain limited, Crymych, Royaume-Uni) avec une précision de 0,1 cm. Les indices anthropométriques taille-âge et poids-taille ont été exprimés en Z-scores de la population de référence (NCHS/OMS) à l'aide du logiciel Epi-Info 6.04d (CDC, Atlanta).

Prélèvements sanguins et dosage des concentrations en hémoglobine et en rétinol sérique

Les prélèvements sanguins ont été effectués simultanément aux mesures anthropométriques à l'âge de 6 et 10 mois. Le dosage de l'hémoglobine a été effectué en triple par la méthode colorimétrique à la cyanmethémoglobine (Sigma Diagnostic CSC Europe, n°525). La détermination de la concentration en rétinol sérique a été faite en double par la chromatographie liquide à haute performance selon une méthode adaptée de celle de Sapin et al.[12].

Evaluation des ingérés alimentaires des enfants

Les observations et mesures relatives aux ingérés alimentaires ont été réalisées à domicile chez chaque enfant à l'âge de 7, 8, 9 et 10, ce qui représente un total de 172 observations dans chaque groupe. Elles ont été effectuées par 4 enquêtrices qui

arrivaient au domicile des enfants une heure avant la prise de la première bouillie et y restaient jusqu'au coucher des enfants. Chaque repas de lait maternel ou d'aliments de complément et chaque boisson ont été mentionnés sur une fiche récapitulative des repas de la journée. Pour le lait maternel, les données relevées ont porté sur la fréquence et la durée des tétées. Les quantités consommées ont été évaluées pour les boissons, les repas de bouillie et d'autres aliments de complément, en pesant avant et après consommation les récipients et en tenant compte des pertes éventuelles. Pour chaque repas d'aliments de complément, deux prélèvements ont été effectués pour la détermination en double de la teneur en matière sèche par dessiccation à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Selon le type d'aliments, un échantillon moyen a été constitué ou une liste précise des ingrédients et des proportions de ces ingrédients a été réalisée pour estimer leur teneur en nutriments et leur contenu énergétique soit, par analyse chimique, soit en consultant des tables de composition[13,14]. Au cours de chaque journée d'observation, les enfants ont été pesés en début de journée afin d'exprimer les ingérés par kg de poids corporel.

Analyse statistique des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics, Inc., Etats-Unis). La normalité des données quantitatives a été étudiée en utilisant la combinaison de plusieurs tests de normalité (tests d'adéquation du Chi2, de Shapiro-Wilks et de Kolmogorov-Smirnov). Les données qui ne sont pas distribuées suivant la loi normale sont présentées en médiane, 25ème et 75ème centiles. Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour mettre en évidence les liens existants entre les variables quantitatives et déterminer les variables d'ajustement. Le test t, le test t pour échantillons appariés, les tests de Mann Whitney et de Wilcoxon ont été utilisés pour comparer les données quantitatives. Le test du Chi2 a été utilisé pour étudier l'existence de relations entre deux variables qualitatives. Le modèle linéaire général (GLM) a été utilisé pour ajuster les différences entre les 2 groupes. Pour toutes les comparaisons, le seuil de signification statistique a été fixé à 0,05.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques des enfants à l'âge de 6 mois

Les principales caractéristiques des enfants (tableau 2) ont été comparées à l'âge de 6 mois et aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes à l'exception du poids qui était significativement plus élevé dans le groupe d'intervention. La forte prévalence de l'anémie et les taux de rétinolémie faible (<0,70μmol/l) montrent que les carences en fer et en vitamine A chez les enfants dès l'âge de 6 mois sont des problèmes sérieux de santé publique dans le village de Ouarégou.

Episodes morbides et consommation de lait maternel

Entre 6 et 10 mois, les pourcentages de jours avec infections respiratoires aiguës et maladies de la peau ont été significativement (p=0,002 et p=0,001, respectivement) plus élevés dans le groupe témoin que dans le groupe d'intervention (tableau 3). Le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës a été retenu comme facteur de confusion potentiel pouvant influer négativement sur la croissance des enfants. La fréquence des tétées a été significativement (p=0,001) moins élevée dans le groupe témoin (tableau 3). La consommation des bouillies améliorées au moins 2 fois par jour n'entraînerait donc pas une réduction de la fréquence des tétées et a même tendance à l'augmenter. Toutefois, aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes en ce qui concerne la durée totale des tétées

Tableau 2: Caractéristiques des deux groupes d'enfants à l'âge de 24 semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
Genre[1]	*n=43*	*n=43*	
Garçons	58,1 (25)	44,2 (19)	0,28
Filles	41,9 (18)	55,8 (24)	
Anthropométrie	*n=43*	*n=43*	
Age[2] (mois)	5,95 (5,82 – 6,08)	5,91 (5,82 – 6,01)	0,42
Poids[3] (kg)	7,00 ± 0,93	6,60 ± 0,58	0,02
Taille[3] (cm)	64,27 ± 2,24	63,49 ± 1,89	0,08
Taille pour âge[3] (z-score)	-1,01 ± 0,76	-1,18 ± 0,68	0,28
Poids pour taille[3] (z-score)	0,19 ± 0,76	0,01 ± 0,64	0,28
Anémie			
Taux d'hémoglobine[2] (g/l)	*n=42* 100,1 (79,2 – 109,5)	*n=43* 99,4 (81,9 – 106,5)	0,84
Prévalence d'anémie[1]			
< 110 g/l	76,2 (32)	86,0 (37)	0,25
≥ 110 g/l	23,8 (10)	14,0 (6)	
Statut en vitamine A			
Rétinol sérique[2] (μmol/l)	*n=42* 0,59 (0,48 – 0,75)	*n=42* 0,52 (0,39 – 0,66)	0,20
Rétinolémie[1]			
< 0,70 μmol/l	71,4 (30)	76,2 (32)	0,62
≥ 0,70 μmol/l	28,6 (12)	23,8 (10)	
Morbidité au cours de la semaine précédant l'étude[2]			
	n=43	*n=43*	
Diarrhée	0,0 (0,0 – 0,0)	0,0 (0,0 – 0,0)	0,29
Infections respiratoires aiguës	0,0 (0,0 – 42,9)	0,0 (0,0 – 57,1)	0,13
Fièvre	0,0 (0,0 – 14,3)	0,0 (0,0 – 28,6)	0,07
Anorexie	0,0 (0,0 – 42,9)	0,0 (0,0 – 57,1)	0,13
Toutes maladies confondues	0,0 (0,0 – 14,3)	10,7 (0,0 – 25,0)	0,07

[1]% (effectif) - [2]Médiane (25ème et 75ème centiles) - [3]Moyenne ± écart-type.

Tableau 3: Evolution de la morbidité et de la fréquence et durée des tétées entre 6 et 10 mois.

	Groupe d'intervention *(n=43)*	Groupe témoin *(n=43)*	Niveau de signification
Morbidité *(% de jours malade)*[a]			
Diarrhée	2,7 (1,8 – 3,6)	2,7 (0,0 – 5,4)	0,92
Fièvre	8,9 (5,4 – 13,3)	8,9 (7,1 – 13,4)	0,69
Infections respiratoires aiguës	18,8 (10,7 – 25,0)	25,0 (18,8 – 29,5)	0,002
Maladies de la peau	0,0 (0,0 – 0,0)	0,0 (0,0 – 2,7)	0,001
Vomissements	3,6 (1,0 – 6,3)	4,5 (0,9 – 7,1)	0,39
Anorexie	2,7 (0,9 – 5,4)	3,6 (1,8 – 6,3)	0,43
Fréquence et durées de tétées[a]			
Fréquence (nombre/jour)	14,0 (10,5 – 15,5)	10,8 (9,8 – 12,5)	0,001
Durée par tétée (min/tétée)	4,0 (3,3 – 4,4)	4,4 (3,7 – 5,0)	0,09
Durée totale (min/jour)	54,4 (37,3 – 62,7)	45,2 (34,8 – 55,9)	0,14

n: nombre d'enfants - [a]médiane (25ème et 75ème centiles).

Principales caractéristiques des bouillies

Les bouillies améliorées et traditionnelles ont été distribuées à des températures (43,6 ± 7,3 *vs* 41,7 ± 7,6°C) et à des consistances (109 ± 7 *vs* 125 ± 5 mm/30 s) comparables. Par ailleurs, la densité énergétique moyenne des bouillies améliorées était de 2,7 fois plus élevée que celle des bouillies traditionnelles (106,1 ± 11,2 *vs* 38,6 ± 11,8 kcal/100 g; $p<10^{-10}$).

Evaluation des ingérés énergétiques entre 6 et 10 mois

Aucune différence n'a été observée entre les ingérés de bouillies ramenés au kg de poids corporel (ingérés par repas et ingérés journaliers) mesurés à l'âge de 7, 8, 9 et 10 mois dans chacun des 2 groupes. Les résultats présentés pour les ingérés journaliers correspondent donc aux valeurs moyennes des 4 périodes. Les quantités médianes de bouillies traditionnelles consommées par repas ont été significativement plus élevées que celles des bouillies améliorées (5,9 *vs* 3,6 g/kg/repas; p<0,01). En revanche, la consommation des bouillies améliorées, de haute densité en énergie et en nutriments, a permis d'augmenter de 63% les ingérés énergétiques à partir des bouillies (3,9 *vs* 2,4 kcal/kg/repas; p<0,01) par rapport à ceux obtenus avec les bouillies traditionnelles. Toutefois, les quantités de bouillies consommées dans les 2 groupes restent bien inférieures à la capacité gastrique théorique des nourrissons. L'ingéré énergétique journalier (IEJ) à partir des bouillies améliorées a été significativement plus élevé que celui à partir des bouillies traditionnelles (tableau 4). Aucune différence n'a été observée entre les 2 groupes au niveau des IEJ à partir des autres aliments de complément. Les bouillies améliorées représentaient plus de 80% des IEJ totaux. *A contrario*, dans le groupe témoin, ce sont les autres aliments de complément qui fournissaient l'essentiel de l'énergie ingérée dans la journée autre que celle provenant du lait maternel. Toutefois, les quantités de bouillie consommée étant faibles, la contribution des bouillies améliorées et traditionnelles à la couverture des besoins énergétiques journaliers (77 kcal/kg/jour chez les enfants de 6 à 10 mois[15]) reste faible (14% *vs* 4%, respectivement pour les bouillies améliorées et les bouillies traditionnelles). Les consommations alimentaires (à l'exception du lait maternel) observées pendant 12 h n'ont permis de couvrir que seulement 16 et 9% des besoins énergétiques journaliers, respectivement, dans le groupe d'intervention et dans le groupe témoin.

Tableau 4: Ingérés énergétiques journaliers à partir des bouillies et des autres aliments de complément *(moyenne des valeurs à 7, 8, 9 et 10 mois).*

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
A partir des bouillies (kcal/kg/jour)	*n=43* 8,8 (4,7 – 15,4)	*n=29* 2,5 (1,3 – 3,9)	< 0,00001
A partir des autres aliments de complément (kcal/kg/jour)	*n=16* 4,8 (2,0 – 8,3)	*n=28* 7,5 (4,2 – 10,8)	0,09
Totaux (kcal/kg/jour)	*n=43* 10,5 (6,4 – 16,8)	*n=36* 5,6 (2,9 – 9,2)	0,003

Médiane (25ème et 75ème centiles) - n: nombre d'enfants.

Variation des caractéristiques anthropométriques entre 6 et 10 mois

L'évolution des caractéristiques anthropométriques entre 6 et 10 mois est présentée dans le tableau 5. Des corrélations significatives ont été observées entre la taille finale

et les facteurs de confusion potentiels (poids initial: r = +0,67, $p<10^{-5;}$ taille initiale: r = +0,86, $p<10^{-5;}$ pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës: r = -0,21; p=0,049). Des associations ont également été observées entre le poids final et le poids initial (r = +0,82; $p<10^{-5}$), la taille initiale (r = +0,74; $p<10^{-5)}$ et le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës (r = -0,20; p=0,05). Le gain de poids a été significativement plus élevé dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin. Cette différence entre les 2 groupes disparaît après ajustement sur les facteurs de confusion potentiels (poids initial, taille initiale et pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës). Cette conclusion est similaire à celle de Moursi et al[7]. qui n'avaient également observé aucune différence de poids entre 2 groupes d'enfants congolais, l'un consommant des bouillies de haute densité énergétique, et l'autre des bouillies de faible densité énergétique. En revanche, la croissance moyenne en taille des enfants du groupe d'intervention a été significativement plus importante que celle des enfants du groupe témoin (+0,45; $p<10^{-4}$). L'ajustement sur les facteurs de confusion ne modifie pas ces résultats. Par ailleurs, la baisse significative des valeurs des z-scores taille-âge et poids-taille observée dans le groupe témoin témoigne d'une dégradation entre 6 et 10 mois de l'état nutritionnel des enfants ne bénéficiant pas de bouillies améliorées.

Tableau 5: Evolution des caractéristiques anthropométriques entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention *(n=43)*	Groupe témoin *(n=43)*	Différence (IC 95%)[1]	Niveau de signification
Poids *(kg)*				
T0[2]	7,00 ± 0,93	6,60 ± 0,58	+0,39 (0,06 – 0,73)	0,02
T4[2]	7,84 ± 1,06	7,20 ± 0,78	+0,63 (0,23 – 1,04)	< 0,001
T0-T4[2]	+0,84 ± 0,63	+0,60 ± 0,47	+0,24 (0,00 – 0,48)	0,049
T4 ajusté[3]	7,75 ± 0,14	7,27 ± 0,10	+0,46 (0,12 – 0,80)	0,009
T0-T4 ajusté[3]	+0,75 ± 0,03	+0,68 ± 0,03	+0,07 (-0,02 – 0,16)	0,14
Taille *(cm)*				
T0[2]	64,27 ± 2,24	63,49 ± 1,89	+0,78 (-0,11 – 1,67)	0,08
T4[2]	70,07 ± 2,20	68,03 ± 2,38	+2,03 (1,05 – 3,02)	< 0,0001
T0-T4[2]	+5,80 ± 1,12	+4,54 ± 1,13	+1,25 (0,77 – 1,73)	< 0,000001
T4 ajusté[3]	69,58 ± 0,36	68,52 ± 0,29	1,06 (0,14 – 1,97)	0,024
T0-T4 ajusté[3]	+5,31 ± 0,06	+5,03 ± 0,05	+0,27 (0,11 – 0,43)	0,0009
Taille pour âge (z score)				
T0[2]	-1,01 ± 0,76[a]	-1,18 ± 0,68[a']	+0,17 (-0,14 – 0,48)	0,28
T4[2]	-0,89 ± 0,70[a]	-1,51 ± 0,91[b']	+0,62 (0,27 – 0,97)	< 0,001
T4 ajusté[3]	-1,06 ± 0,12	-1,33 ± 0,10	+0,27 (-0,04 – 0,58)	0,086
Poids pour taille (z score)				
T0[2]	0,19 ± 0,76[a]	0,01 ± 0,64[a']	+0,18 (-0,12 – 0,49)	0,23
T4[2]	-0,86 ± 0,91[b]	-0,88 ± 0,91[b']	+0,03 (-0,37 – 0,42)	0,90
T4 ajusté[3]	-0,79 ± 0,09	-0,99 ± 0,06	+0,20 (-0,02 – 0,41)	0,068

n: nombre d'enfants - [1]Intervalle de confiance à 95% - [2]Moyenne ± écart-type. - [3]Variable ajustée sur la taille et le poids à 24 semaines et sur le pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës: moyenne ± erreur-type.

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives (Taille-âge: $p<10^{-5}$; Poids-taille: $p<10^{-7;}$ test t pour échantillons appariés).

Variation de la concentration en hémoglobine entre 6 et 10 mois

Le tableau 6 présente l'évolution des concentrations en hémoglobine ainsi que de la prévalence de l'anémie à 6 et 10 mois. A 10 mois, la concentration en hémoglobine était significativement plus élevée dans le groupe d'intervention que le groupe témoin ($p<0,0001$). Entre 6 et 10 mois, la concentration en hémoglobine a significativement augmenté dans le groupe d'intervention ($p=0,016$) tandis qu'elle a significativement baissé dans le groupe témoin ($p=0,04$). Aucune corrélation n'a été observée entre les concentrations finale et initiale en hémoglobine. L'augmentation de la concentration en hémoglobine dans le groupe d'intervention indique donc que l'une des causes de l'anémie chez les nourrissons de cette étude est d'origine nutritionnelle notamment par carence en fer. Par ailleurs, la prévalence d'anémie a significativement davantage augmenté dans le groupe témoin après 4 mois, que dans le groupe d'intervention au niveau duquel il n'y a pas eu de variation ($p<0,001$). Mais, les faibles quantités de bouillies améliorées consommées n'ont pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en fer suffisants pour réduire la prévalence de l'anémie dans le groupe d'intervention. Par ailleurs, Chez les enfants anémiques à 6 mois du groupe d'intervention, la concentration en hémoglobine a significativement davantage augmenté que chez les non-anémiques ($p<0,0001$). Au niveau du groupe témoin, la concentration en hémoglobine a, au contraire, significativement plus baissé chez les enfants non-anémiques que chez les anémiques ($p=0,003$). Cependant, la variation de la concentration en hémoglobine est comparable chez les enfants non-anémiques des 2 groupes.

Tableau 6: Evolution des concentrations en hémoglobine et de la prévalence de l'anémie entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
Taux d'hémoglobine (g/l)	*n=42*	*n=43*	
T0[1]	100,1 (79,2 – 109,5)[a]	99,4 (81,9 – 106,5)[a']	0,84
T4[1]	101,7 (95,4 – 109,4)[b]	93,3 (75,8 – 98,2)[b']	< 0,0001
T0-T4[2]	+8,22 ± 18,94	-5,74 ± 21,50	< 0,001
Prévalence de l'anémie[3]			
T0			
THB<110 g/l *(anémique)*	76 (32)	86 (37)	0,25
THB≥110 g/l	24 (10)	14 (6)	
T4			
THB<110 g/l *(anémique)*	76 (32)	100 (43)	< 0,001[*]
THB≥110 g/l	24 (10)		
Variation du THB selon le statut initial (g/l)[2]			
T0-T4 *(anémique)*	*n=32*	*n=37*	
	+14,19 ± 16,77[a]	-3,89 ± 22,61[a]	0,0004
T0-T4	*n=10*	*n=6*	
	-10,88 ± 11,54[b]	-17,10 ± 4,74[b]	0,23

n: nombre d'enfants - THB: taux d'hémoglobine - [1]médiane (25ème et 75ème centiles) - [2]Moyenne ± écart-type [3]% (effectif).

[*]Test exact de Fisher.

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives ($p < 0,05$: test de Wilcoxon; $p < 0,01$: test t).

Variation de la concentration en rétinol sérique entre 6 et 10 mois

La concentration sérique en rétinol a considérablement augmenté dans les 2 groupes entre 6 et 10 mois (tableau 7). Toutefois, la différence observée entre les 2 groupes n'est pas significative. Des résultats similaires avaient été observés par Ake et al[16] au cours d'une étude comparant 2 régimes administrés, avec ou sans supplémentation en vitamine A, à des enfants malnutris. Ces auteurs signalent en revanche, un retour plus rapide aux teneurs sériques normales chez les enfants traités. L'augmentation moyenne de la concentration sérique en rétinol n'était pas différente entre les deux groupes mais, elle était toutefois légèrement plus élevée dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin (+0,50±0,73 *vs* +0,46±0,49 μmol/l). Par ailleurs, aucune corrélation n'a été notée entre la concentration finale en rétinol sérique et, d'une part, les facteurs de confusion potentiels (pourcentage de jours avec infections respiratoires aiguës et concentration initiale en rétinol sérique), et d'autre part, le facteur médiateur potentiel (apports en vitamine A). Le faible niveau d'ingéré des bouillies améliorées n'a pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en VA suffisants pour avoir un impact sur le statut en vitamine A des enfants. La prévalence de rétinolémie faible (<0,70 μmol) a considérablement et significativement diminué entre 6 et 10 mois, mais la différence n'est pas significative entre les 2 groupes. La proportion d'enfants ayant une rétinolémie < 0,70 μmol/l a significativement baissé entre 6 et 10 mois dans les 2 groupes. Chez les enfants des 2 groupes accusant une rétinolémie faible, la concentration sérique en rétinol a significativement augmenté par rapport aux enfants ayant une rétinolémie normale. En revanche, l'augmentation moyenne de la teneur sérique chez ces enfants est légèrement plus élevée dans le groupe d'intervention que dans le groupe témoin (0,67±0,77 *vs* 0,59±0,35 μmol/l).

Tableau 7: Evolution des concentrations sériques en rétinol et de la prévalence de rétinolémie faible entre 24 (T0) et 40 (T4) semaines.

	Groupe d'intervention	Groupe témoin	Niveau de signification
Rétinol sérique[1] *(μmol/l)*			
T0	*n=42*	*n=42*	
	0,59 (0,48 – 0,75)[a]	0,52 (0,39 – 0,66)[a]	0,20
T4	*n=40*	*n=39*	
	0,91 (0,72 – 1,30)[b]	1,03 (0,86 – 1,29)[b]	0,33
T0-T4	*n=40*	*n=38*	
	+0,33 (0,09 – 0,73)	+0,43 (0,25 – 0,80)	0,38
Rétinolémie[2]			
T0 < 0,70 μmol/l (faible)	71 (30)	76 (32)	0,62
≥ 0,70 μmol/l (normale)	29 (12)	24 (10)	
T4 < 0,70 μmol/l (faible)	17 (7)	13 (5)	0,56
≥ 0,70 μmol/l (normale)	83 (33)	87 (34)	
Variation de la CRS selon la rétinolémie initiale[1] *(μmol/l)*			
T0-T4 (faible)	*n=28*	*n=28*	
	+0,54 (0,20 – 0,90)[a]	+0,63 (0,36 – 0,87)[a]	0,63
T0-T4 (normale)	*n=12*	*n=10*	
	+0,09 (0,00 – 0,33)[b]	+0,19 (-0,10 – 0,35)[b]	0,84

n: nombre d'enfants - CRS: concentration en rétinol sérique - [1]médiane (25ème et 75ème centiles) [2]% (effectif).

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent que les différences sont significatives (p < 0,00001: tests de Wilcoxon et de Mann Whitney).

CONCLUSION

La consommation de bouillies de haute densité en énergie et enrichies en micronutriments préparées par incorporation de farine de sorgho germé et de complément minéral et vitaminique a permis une amélioration très significative des ingérés énergétiques par rapport aux bouillies traditionnelles. Par ailleurs, elle s'est révélée efficace pour améliorer, d'une part, la croissance en taille et, d'autre part, le statut en fer des jeunes enfants. Cependant, les niveaux d'ingérés des bouillies n'ont pas permis d'atteindre des niveaux d'apports en vitamine A suffisants pour avoir un impact sur le statut en vitamine A. Compte tenu du faible niveau de consommation des bouillies et de la faible fréquence de consommation d'autres aliments de complément, il serait envisageable d'augmenter la densité du complément minéral et vitaminique dans les farines infantiles et la fréquence de consommation des bouillies (au moins 3 fois/jour). La mise en œuvre de ces solutions permettrait d'espérer *(i)* atteindre des niveaux de couverture des besoins énergétiques journaliers acceptables, *(ii)* une réduction significative de la prévalence de l'anémie et, *(iii)* avoir un impact positif sur le statut en vitamine A des enfants. La mise au point de farines infantiles fortifiées en micronutriments par les technologues alimentaires, produites localement et disponibles à faible coût, combiné à une campagne d'éducation nutritionnelle des mères élaborée et mise en œuvre par les nutritionnistes, devrait contribuer à l'amélioration de l'état nutritionnel et à la prévention des carences en micronutriments chez les jeunes enfants Burkinabè.

RÉFÉRENCES

1. Dewey KG, Peerson MJ, Heinig MJ, et al. Growth patterns of breast-fed infants in affluent (United States) and poor (Peru) communities: implications for timing of complementary feeding. Am J Clin Nutr 1992;56:1012-8.
2. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO/NUT/98.1, 1998.
3. EDS. Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso 1999. Maryland, USA: Macro International Inc., 2000.
4. Sanchez-Grinan MI, Person J, Brown KH. Effect of dietary energy density on total *ad libitum* energy consumption by recovering malnourished children. Eur J Clin Nutr 1992;46:197-204.
5. Den Besten L, Glatthaar II, IJsselmuiden CB. Adding alpha-amylase to weaning food to increase dietary intake in children. A randomised controlled trial. J Trop Pediatr 1998;44:4-9.
6. Vieu MC, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. Int J Food Sci Nutr 2001;52:213-8.
7. Moursi M, Mbemba M, Trèche S. Does the consumption of amylase-containing gruels impact on energy intake and growth of Congolese infants? Public Health Nutr 2003;6(3):249-57.
8. Berger J, Dillon JC. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. Cah Santé 2002;12(3):22-30.
9. Berner LA, Clydesdale FM, Douglass JS. Fortification contributed greatly to vitamin and mineral intakes in the United States, 1989-1991. J Nutr 2001;131:2177-83.

10. Walker T, Olivares M, Hertrampf E. Field trials food fortification with iron: the experience of Chile. In: Lonnerdal D, ed. Iron metabolism in infants. Boca Raton: CRC Press, 1990:127-55.

11. Solon FS, Klemm RDW, Sanchez L, et al. Efficacy of a vitamin A-fortified wheat-flour bun on the vitamin A status of Filipino schoolchildren. Am J Clin Nutr 2000;72:738-44.

12. Sapin V, Alexandre MC, Chaïb S, et al. Effect of vitamin A status at the end of term pregnancy on the saturation of retinol binding protein with retinol. Am J Clin Nutr 2000;71:537-43.

13. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, et al. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. Int J Food Sci Nutr 1996;47:455-68.

14. Souci SW, Fachman W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. 5th ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publisher, CRC Press, 1994.

15. Dewey KG, Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. Food Nutr Bull 2003;24(1):5-28.

16. Ake M, Poby AG, Malan KA, et al. Effets de la supplémentation en vitamine A sur les marqueurs de la nutrition dans la prise en charge de la malnutrition de l'enfant. Ann Biol Clin 2001;59(4):417-21.

Remerciements: *Aux mères et aux enfants ayant participé à l'étude et à toute la population du village de Ouarégou.*

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Validation de deux techniques de mesure des quantités d'huile de cuisine et de sucre incorporées lors de la préparation d'aliments consommés au Burkina Faso

Zagré[1,2*] Noël Marie, Kambou[3] Sandra, Ouédraogo[1] Hermann, Madoul[2] Aïssa

[1] UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso.
[2] Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger.
[3] CRSBAN/UFR-SVT, Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *nzagre@hki.ne*

- Résumé -

Introduction: L'estimation des quantités de vitamine A à incorporer dans les aliments vecteurs constitue une contrainte à la mise en place de la fortification alimentaire. L'estimation de la quantité d'huile et de sucre habituellement consommée est nécessaire. Les techniques d'estimation disponibles sont peu adaptées.
Objectif: Comparer les techniques du rapport des volumes (RV) et du chiffre d'affaires (CA) à des techniques par pesées pour mesurer les quantités d'huile de cuisine et de sucre utilisées, respectivement, lors de la préparation de sauces et lors de la préparation du sirop de *bissap*.
Méthodes: Les mesures ont été effectuées auprès de 10 ménagères et de 10 vendeuses de sirop de *bissap* de la ville de Ouagadougou. Elles ont porté sur des préparations effectuées au cours de 3 journées distinctes, soit 3 répétitions. Pour la mesure de la quantité d'huile, une première enquêtrice a assisté à la préparation de la sauce et a déterminé par pesées, la quantité d'huile par louchée de sauce. Le lendemain, une deuxième enquêtrice appliquait, chez la même ménagère et pour la sauce de la veille, la technique du RV pour estimer la quantité d'huile par louchée de sauce. Une démarche similaire a été adoptée pour déterminer chez chaque vendeuse de sirop de *Bissap* la quantité de sucre par sachet par pesées au cours d'une première journée, puis par la technique du CA le lendemain. Le test de Student pour mesures appariées a été utilisé pour la comparaison des quantités moyennes d'huile et de sucre, avec un seuil de signification statistique de 5%.
Résultats: Les quantités moyennes d'huile par louchée de sauce était de 6,5±2,9 g et de 6,7±3,9 g, respectivement, par pesées et par RV (p = 0,59). Les quantités moyennes de sucre par sachet de sirop de *bissap* était de 19,9±7,4 g et de 21,5±7,9 g, respectivement, par pesées et par CA (p = 0,19).
Conclusion: Les techniques du RV et du CA peuvent être utilisées pour évaluer les quantités d'huile et de sucre dans les repas habituellement consommés au Burkina Faso. Ces techniques doivent être testées pour d'autres aliments comportant de l'huile de cuisine ou du sucre, avant qu'elles puissent être utilisées pour l'estimation de la consommation quotidienne d'huile ou de sucre.

Mots-clés: Sucre – Huile de cuisine – Technique du chiffre d'affaire – Technique du rapport de volume – Validation.

- Abstract -

Validation trial of two techniques for estimating the quantities of cooking-oil and sugar incorporated during the preparation of foods consumed in Burkina Faso

Introduction: Estimation of the amount of vitamin A to incorporate in food-vehicle is a major constraint for implementation of food-based strategy to combat vitamin A deficiency. The knowledge of daily intake of sugar and cooking-oil is a precondition to the fortification of these food-vehicles. Weighing during cooking is the standard technique to measure sugar or cooking-oil amount in cooked food usually consumed. Measuring that part by a recall, "volume ratio" and "cash" techniques are easier to use.

Objective: To compare "Volume ratio" and "cash" techniques with the weighing technique to measure the quantities of cooking oil and sugar used during the preparation of sauces and *bissap* syrup, respectively.

Methods: Data were collected from 10 housewives and 10 "*bissap*-syrup" saleswomen, randomly selected in Ouagadougou. At the home of each one, measures were done once during three consecutive days on 3 distinct preparations. Prior to the data collection two interviewers were trained, one to perform the two techniques under test, and the second to correctly use the precise weighing scale. For the measure of cooking-oil part, a first interviewer attended the sauce cooking. With a one-gram precision digital electronic scale, she collected data and determined the amount of cooking-oil in a ladle of sauce. The following day, the second interviewer applied to the same housewife and for the same sauce of the previous day, the "volume ratio" technique to determine the amount of cooking-oil in the same ladle of sauce. A similar procedure has been adopted for the "cash" technique. The amount of sugar in a bag of *bissap*-syrup has been at first determined by weighing. The following day, the "cash" technique was applied to the same saleswoman and for the same *bissap*-syrup of the previous day, to determine the amount of sugar in a bag of *bissap*-syrup. Student paired T test was used, to compare the mean amount of cooking-oil or sugar. Probability level < 0.05 was considered statistically significant.

Results: The mean amount of cooking-oil in a ladle of sauce was 6.5±2.9 g and 6.7±3.9 g, respectively, for weighing and "volume ratio" techniques (p = 0,59). The mean amount of sugar in a bag of *bissap*-syrup was 19.9±7.4 g and 21.5±7.9 g, respectively, for weighing and "cash" techniques (p = 0,19).

Conclusion: "Volume ratio" and "cash" techniques are acceptable to assess sugar and cooking-oil part in food usually consumed in Burkina Faso. The current results might be confirmed with other food, before a generalized using of these techniques.

Key words: Sugar – Cooking-oil – "Volume ratio" technique – "Cash" technique – Validation.

INTRODUCTION

La carence en vitamine A (VA) constitue encore un problème important de santé publique dans plusieurs pays en développement. Cette situation a été récemment documentée au Burkina Faso où 85% des enfants de 12 à 36 mois et 64% de leurs mères dans le district de Kaya avaient un rétinol sérique faible (<0,70 µmol/L)[1]. Les stratégies retenues pour lutter contre la carence en VA consistent en la supplémentation systématique et périodique des enfants en bas âge par des capsules de vitamine A, l'enrichissement des aliments en VA, la diversification alimentaire ainsi que des mesures de santé publique[2]. Selon Codjia, les activités de supplémentation seraient plus connues et plus implantées que celles d'enrichissement et de diversification alimentaire au Burkina Faso, ce qui tend à confirmer les appels à une meilleure prise en compte des approches alimentaires dans les stratégies nationales[3]. L'estimation correcte des ingérés habituels de VA d'origine est nécessaire pour fixer les niveaux d'apports à rechercher dans le cadre de l'enrichissement des aliments. Elle tient compte de trois facteurs essentiels que sont la quantité d'aliment consommée, la teneur en VA de l'aliment, et la biodisponibilité des carotènes provitamines A de cet aliment[4].

L'estimation des apports en VA est un exercice difficile car la consommation alimentaire des aliments sources de VA est sujette à de grandes variations d'un jour à l'autre, d'un individu à l'autre et d'une saison à l'autre[5]. L'utilisation d'une méthode d'observation directe de la consommation, souvent considérée comme relativement précise, nécessite une durée d'enquête trop longue et coûteuse. C'est pourquoi, le questionnaire de fréquence semi-quantitatif apparaît comme un instrument approprié d'estimation des apports en VA dans divers contextes de pays en développement[6]. Cette méthode rapide permet de conduire l'enquête auprès d'un échantillon assez important dans un temps raisonnable. De plus, elle a déjà été validée et utilisée dans plusieurs études conduites dans les pays en développement[7-9].

Il faut toutefois garder à l'esprit que l'outil utilisé faisant appel à la mémoire et nécessitant le recours à un intermédiaire (parent ou nourrice) pour l'estimation de la consommation des jeunes enfants, les données de consommation rapportées peuvent être imprécises[10].

Dans le cadre du processus d'enrichissement d'aliments vecteurs en VA en Afrique de l'ouest, l'huile de cuisine et le sucre ont été identifiés comme vecteurs potentiels dans certains pays d'Afrique occidentale[11-13]. Ces deux aliments étant presque toujours utilisés comme des ingrédients incorporés dans les sauces ou dans d'autres aliments, les méthodes d'enquête de consommation disponibles ne sont pas bien adaptées pour l'estimation de la consommation de ces produits.

La technique par pesées, mise en œuvre au cours de la préparation des aliments ou des boissons, peut être considérée comme la technique de référence pour mesurer la quantité d'huile ou de sucre contenue dans les plats ou boissons habituellement consommés, mais elle exige la présence d'une enquêtrice auprès de la ménagère lors de la préparation. Les méthodes de rappel sont peu adaptées car les informations recherchées concernent souvent des repas déjà préparés et consommés dont on ne peut plus mesurer directement le poids ou le volume. Face à cette situation, nous avons développé des alternatives à la technique par pesées. En effet, deux techniques ont été empiriquement mises au point et utilisées lors d'une enquête de consommation alimentaire en 1999 au Burkina Faso, puis à l'occasion d'enquêtes similaires conduites au Niger en 2000, en Guinée en 2001 et en Mauritanie en 2002. Il s'agit de la technique du Rapport des volumes (RV) et la technique du Chiffre d'affaire (CA)[11-13].

L'objectif de cette étude est de comparer les techniques du RV et du CA à celles par pesées, pour l'estimation de la quantité d'huile de cuisine dans les sauces accompagnant les plats principaux et de sucre dans le sirop de *bissap* afin d'en vérifier la validité relative

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette section présente les trois techniques de mesures des quantités d'huile et de sucre avant de décrire la méthode de validation utilisée.

Les techniques par pesées

Une enquêtrice assiste à la préparation de la sauce du début à la fin. Elle pèse d'abord la marmite vide (a), puis la quantité totale (en g) d'huile de cuisine (b) utilisée pour cette préparation. A la fin de la préparation, elle pèse la marmite pleine (c), puis le contenu d'une louchée de sauce (d). On peut alors calculer la quantité de sauce en nombre de louchées (L) par:

$$L = (c-a) / d$$

La quantité d'huile (en g) par louchée de sauce (P_0) est ensuite calculée comme suit:

$$P_0 = b / L$$

La même procédure peut être appliquée à l'estimation de la quantité de sucre (en g) par sachet de *bissap* selon la technique par pesées.

La technique du Rapport des Volumes

Cette technique assume que l'huile ajoutée à la sauce est mélangée de façon homogène aux autres constituants et que les pertes intervenant lors de la cuisson sont mineures. Elle considère également que, appliquée 24 heures après le jour de la préparation, les ménagères sont capables de se rappeler et d'estimer le volume de la sauce dans la marmite, de même que le volume de l'huile incorporée dans la sauce, en utilisant de l'eau à la place de l'huile. Pour mettre en œuvre cette technique, l'enquêtrice demande à la ménagère de verser dans la marmite vide utilisée la veille pour préparer la sauce, suffisamment d'eau pour atteindre le niveau de la sauce de la veille. Elle compte alors le nombre de louchées d'eau (Vs) correspondant au volume total de sauce préparée la veille. Elle demande ensuite à la ménagère de mesurer avec de l'eau dans la même louche, le volume total d'huile de cuisine utilisée pour la préparation de cette sauce (soit Vh le volume total d'huile). Connaissant le poids d'une louchée d'huile (μ), la quantité d'huile de cuisine (en g) dans une louchée de sauce (A_0) se calcule comme suit:

$$A_0 = (Vh \times \mu) / Vs$$

La technique du Chiffre d'Affaires

Cette technique se base sur le postulat que la vendeuse, à défaut de se rappeler le nombre de sachets préparés la veille, se souvient de la valeur de sa production, ou au moins des recettes qu'elle a faites avec cette production. On considère également qu'elle connaît le montant qu'elle a dépensé pour le sucre utilisé, de même que les ventes à crédit, les consommations gratuites par ses enfants, et toutes les pertes. L'enquêtrice demande alors à la femme la valeur totale de sa recette de la veille et détermine sur la base du coût unitaire, le nombre de sachets vendus. Le nombre total de sachets produits (B) est déterminé en tenant compte des quantités vendues à crédit, celles consommées gratuitement ou perdues. Ensuite, l'enquêtrice demande à

la ménagère le montant total du sucre utilisé pour cette préparation et en déduit, compte tenu du prix du sucre sur le marché, la quantité du sucre (Q_s) utilisée pour l'ensemble des sachets. Enfin la quantité de sucre dans un sachet de sirop de *bissap* (B_0) se calcule comme suit:

$$B_0 = Q_s / B$$

La méthode de validation

Sujets et aliments

Les mesures ont été effectuées auprès de 10 ménagères et 10 vendeuses de sirop de *bissap* de la ville de Ouagadougou, en août 2002. Chez chaque ménagère, trois passages ont été effectués pour mesurer la quantité d'huile dans trois préparations distinctes de sauce. Chez chaque vendeuse, trois passages ont été également effectués pour mesurer la quantité de sucre dans trois préparations distinctes de sirop de *bissap*.

Collecte des données

Les données ont été collectées par deux enquêtrices préalablement formées lors d'un pré-test. La première appliquait la technique par pesées. Le lendemain, la deuxième appliquait la technique du RV aux ménagères dont la préparation avait été pesée la veille, ou la technique du CA s'il s'agissait de vendeuses de sirop de *bissap*. Il n'y avait pas de contact entre les deux enquêtrices. La coordination des visites des deux enquêtrices a été assurée par un superviseur. Une balance de portée 25 kg et de précision 100 g a été utilisée pour la pesée des ustensiles de cuisine; une autre ayant une portée de 2 kg et une précision de 2 g a servi à la pesée des ingrédients. Chaque balance a été préalablement étalonnée. Une vérification a été systématiquement réalisée avant chaque séance de mesures pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

Analyse des données

Les données ont été saisies et analysées sur micro ordinateur, sous SPSS version 10.0. La quantité d'huile dans la sauce, ainsi que la quantité de sucre dans le sirop de *bissap* ont été exprimées sous forme de moyennes (± écart-type), et le test t de Student pour mesures appariées a été utilisé pour comparer ces moyennes. La corrélation entre les mesures obtenues en utilisant les différentes techniques a été mesurée et testée par le coefficient de Spearmann. Pour tous les tests calculés, le seuil de signification statistique était de 5%.

RÉSULTATS

Le tableau 1 présente les quantités moyennes d'huile par louchée de sauce et de sucre par sachet de *bissap* mesurées par les différentes techniques. Il apparaît qu'il n'y a aucune différence significative entre la quantité d'huile par louchée de sauce mesurée par la technique du rapport de volume et celle mesurée par la technique de référence (p=0,59). Il en est de même pour la quantité de sucre par sachet de *bissap* mesurée par la technique du Chiffre d'affaires, comparée à celle mesurée par la pesée au moment de la préparation (p=0,19).

Tableau 1. Comparaison des quantités moyenne (en g) d'huile par louchée de sauce ou de sucre par sachet de sirop de *bissap* mesurées par les différentes techniques.

Ingrédient étudié	Huile de cuisine		Sucre	
Technique utilisée	Pesée *(n=30)*	Rapport des volumes *(n=30)*	Pesée *(n=30)*	Chiffre d'affaires *(n=30)*
Moyenne (g)	6,5	6,7	19,9	21,5
Ecart-type	1,4	1,9	3,7	3,9
P (t Student à 5%)	0,596		0,197	

La distribution en percentiles des mesures selon les deux techniques est comparée à celle obtenue en utilisant la technique par pesées dans le tableau 2.

Tableau 2: Comparaison en fonction des techniques de mesures utilisées de certaines valeurs caractéristiques des distributions obtenues pour les quantités (en g) d'huile par louchée de sauce et de sucre par sachet de sirop de *bissap*.

Ingrédient étudié	Huile de cuisine		Sucre	
Technique utilisée	Pesée *(n=30)*	Rapport des volumes *(n=30)*	Pesée *(n=30)*	Chiffre d'affaires *(n=30)*
Minimum	1,3	1,3	11,6	12,5
10ème percentile	2,5	3,1	12,9	13,0
25ème percentile	4,6	4,4	14,8	14,5
50ème percentile	5,7	5,7	17,2	19,9
75ème percentile	8,3	8,3	23,6	25,6
90ème percentile	11,1	12,1	32,4	36,4
Maximum	13,2	19,1	40,6	39,7

Le tableau 2 montre que les valeurs minimales, les médianes et les 75èmes percentiles obtenues par la technique du rapport de volumes sont identiques à celles obtenues par pesées. Par ailleurs, l'ensemble de la distribution se superpose, aussi bien pour la technique du rapport des volumes que pour celle du chiffre d'affaires, aux distributions obtenues avec la technique par pesées.

Le calcul des écarts moyens observés entre les valeurs obtenues par les deux techniques testées et celles données par les techniques par pesées révèle que toutes les deux, lorsqu'elles s'écartent de la référence, ont tendance à la surestimer en moyenne de 4,4% pour le RV et de 11,9% pour le CA.

Enfin, nous avons trouvé des coefficients de corrélation de Spearman significatifs, de 0,89 pour la technique du RV par rapport à la technique par pesées ($p < 0,0001$), et de 0,71 pour la technique du CA par rapport à la technique par pesées ($p < 0,0001$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Nos résultats montrent que les deux techniques testées ne donnent pas de résultats significativement différents de ceux obtenus par la technique par pesées. Par ailleurs, le coefficient de corrélation entre les valeurs obtenues par la technique par pesées et par la technique du RV, ainsi que celui entre les valeurs obtenues par la technique par

pesées et la technique du CA sont fortes et significatives. Il n'y pas, à notre connaissance d'études antérieures proposant ces deux outils et ayant établi leur validité pour l'estimation de la consommation d'aliments utilisés comme ingrédients. Compte tenu des résultats présentés, ces deux techniques peuvent être considérées comme valides au regard des techniques par pesées pour estimer la quantité d'huile dans la sauce, et de sucre dans le sirop de *bissap* lors des enquêtes alimentaires. L'indépendance entre les deux enquêtrices constitue un élément important de la méthodologie, quoique cela ne constitue pas une garantie infaillible de l'objectivité dans le recueil des deux mesures, car il est fort possible que les femmes enquêtées aient elles-mêmes établi un lien entre les visites des deux enquêtrices. On ne peut non plus ignorer que l'hypothèse selon laquelle l'huile est uniformément répartie dans la sauce soit discutable car la miscibilité de l'huile à la sauce est difficile à obtenir.

Les techniques proposées, en plus de constituer une réponse à un besoin méthodologique, présentent l'avantage d'être simples et adaptées à des enquêtes à grands effectifs, sans exiger des équipements particuliers. Cependant elles présentent les inconvénients généraux des méthodes de rappel, en particulier le recours à la mémoire[10].

Les techniques d'estimation de la quantité d'huile par RV ou du sucre par CA ont tendance à surestimer les valeurs par rapport aux techniques par pesée. Cette surestimation, plus élevée pour la technique du CA que pour celle du RV, pourrait s'expliquer par une sous-estimation de la quantité totale préparée ou par une surestimation de la quantité de sucre utilisée, ou par les deux. La sous-estimation de la quantité totale préparée peut provenir soit d'une sous-déclaration, soit d'une dissimulation volontaire du chiffre d'affaires comme cela peut être constaté chez les vendeuses du secteur informel, soit aussi par la non prise en compte de toute la partie vendue à crédit, offerte en cadeaux, consommée gratuitement au niveau du ménage, ou invendue. On peut également comprendre que des vendeuses sur-déclarent la quantité de sucre utilisé, car pour bon nombre de vendeuses et de consommateurs plus le sirop de *bissap* est sucré, plus il est apprécié.

La technique d'estimation de la quantité d'huile pourrait être utilisée pour d'autres préparations utilisant de l'huile que les sauces. Il en est de même pour la technique de détermination de la quantité de sucre qui pourrait être employée dans de nombreux aliments, notamment ceux vendus dans la rue (yaourt, jus de tamarin, jus de gingembre, etc.) Ces techniques devraient pouvoir être appliquées et testées à ces aliments avant que leur utilisation ne soit généralisée pour l'estimation de la consommation quotidienne d'huile ou de sucre. De ce fait, elles constituent des outils très intéressants sur le plan de la méthodologie pour l'estimation de la consommation de nombreux aliments vecteurs potentiels de micronutriments. Cette étude constitue une des premières réponses à des questions méthodologiques spécifiques des Pays en Développement et de l'Afrique sub-saharienne en particulier, mais de nombreuses autres questions restent sans réponse. Parmi elles, l'estimation de la consommation alimentaire individuelle lorsque les repas sont servis et consommés dans des plats communs représente certainement le souci le plus largement partagé en Afrique.

RÉFÉRENCES

1. Zagré NM. Projet pilote d'introduction de l'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact. Thèse de PhD en cotutelle Université de Montréal/Université Montpellier II. Montréal: Université de Montréal, 2002.

2. FAO. International Conference on Nutrition. World Declaration and Plan of Action for Nutrition. Rome: FAO, 1992.

3. Delisle H, Zagré N, Bakari S, Codjia P, Zendong R. Des solutions alimentaires à la carence en vitamine A. Food Nutr Agric 2003;32:40-50.

4. West CE. Meeting requirements for vitamin A. Nutr Rev 2000;58:341-5.

5. Beaton GH. Nutritional assessment of observed nutrient intake: an interpretation of recent requirement reports. Adv Nutr Res 1985;7:101-28.

6. FAO/WHO. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. Report of a joint FAO/WHO expert consultation. Rome: FAO, 1988.

7. Ramakrishnan U, Martorell R, Latham MC, Abel R. Dietary vitamin A intakes of preschool children. J Nutr 1999;129:2020-7.

8. Delisle H, Bakari S, Ferland G. Validation study on a simplified dietary method for the assessment of vitamin A deficiency risk in Niger. Washington, DC: OMNI-Research, 1997.

9. Parker R. Methodological considerations in determining vitamin A and carotenoid bioactivity in humans. Food Nutr Bull 2000;21:124-9.

10. Nelson M, Bingham SA. Assessment of food consumption and nutrient intake. In: Margetts BM, Nelson M, eds. Design concepts in nutritional epidemiology. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2000:123-69.

11. Zagré NM**,** Diancoumba D, Nanéma A, Tapsoba S. Détermination d'aliments vecteurs, des doses efficace et toxique pour l'enrichissement en vitamine A au Burkina: exercise du Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT) (Rapport de consultation). Ouagadougou: Helen Keller International, 1999.

12. Diancoumba D, Zagré NM. Détermination d'aliments vecteurs, des doses efficace et toxique pour l'enrichissement en vitamine A au Niger: exercise du Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT) (Rapport de consultation). Niamey: Helen Keller International, 2000.

13. Zagré NM. Etude de faisabilité de l'enrichissement en vitamine A et/ou en fer d'aliments locaux en république Islamique de Mauritanie (Rapport de consultation). Nouakchott: OMS, 2002.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 4:

Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro) nutriments

Theme 4:

Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio)availability

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments, en particulier en fer, dans les pays en développement

Berger Jacques

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5.

Auteur correspondant: *j.berger@fpt.vn*

- Résumé -

Dans les pays en développement, les carences en micronutriments, en particulier en fer, vitamine A et iode, représentent un problème de santé publique aux conséquences physiologiques et économiques non négligeables. L'évaluation de l'importance de ces carences, de leur distribution et des facteurs de risque permet de sélectionner les groupes cibles et les interventions à mettre en oeuvre. Les programmes de contrôle des carences intègrent la supplémentation, l'enrichissement d'aliments, la diversification alimentaire, et les mesures de santé publique.

L'enrichissement des aliments, a pour objectif d'augmenter le contenu d'un aliment en micronutriments identifiés préalablement comme inadéquats, et leur consommation. Le succès d'un programme d'enrichissement, requiert une volonté politique affirmée et la collaboration du secteur privé, des scientifiques, des consommateurs, des agences internationales, bilatérales et des ONG. Une fois le véhicule alimentaire sélectionné, le choix de chaque micronutriment "fortifiant" dépend de sa stabilité et de sa biodisponibilité dans l'aliment, au cours du stockage et des procédures de préparation. Le procédé d'enrichissement doit être simple et l'aliment enrichi acceptable par le consommateur en terme de propriétés organoleptiques, de sécurité et de prix. Le taux d'enrichissement dépend des besoins nutritionnels des groupes cibles, de la consommation de l'aliment enrichi, de la biodisponibilité du fortifiant et de la législation des pays. Des études d'efficacité en condition contrôlées et en conditions réelles sont nécessaires afin d'évaluer l'impact et l'absence de toxicité de l'aliment enrichi. La mise en place d'un système de suivi du programme et de contrôle de qualité du produit, notamment de sa concentration adéquate en micronutriments de sa production à sa consommation, permet d'assurer l'efficacité et la pérennité du programme et d'envisager les ajustements nécessaires au cours de son développement.

Mots-clés: Micronutriments - Carences - Enrichissement d'aliments - Pays en développement.

- Abstract -

Fortification of foods with micronutrients: a component of an integrated strategy to control micronutrient deficiencies, especially iron deficiency, in developing countries

In developing countries, micronutrient malnutrition, especially iron, vitamin A and iodine deficiencies, is a public health problem with important physiologic and economic consequences. Programs implemented to control these deficiencies include supplementation, food-based approaches such as nutrition diversification and food fortification and global public health and disease control measures. Food fortification is recognized as the most cost-effective approach of improving micronutrient status of large populations. Its objective is to increase in a food the level of specific nutrients previously identified as inadequate and their intake.

To be successful, the control of micronutrient deficiencies requires strong political commitment. Food fortification should be included in national strategies of the national plan of action for nutrition and benefit of the active collaboration of the scientific community, the food industry, the consumers, the international and bilateral agencies and NGO. Fortification programs require the definition and careful planning of a fortification strategy adapted to every specific situation. The evaluation of the micronutrient status of a population identifies the magnitude of the problem, its distribution and risk factors that allows selecting the target groups and the interventions to be implemented. Identifying the patterns of consumption of potential food vehicles allows to choose the appropriate one. The choice of each suitable micronutrient fortificant depends on both its stability and biological availability after its addition to food, normal food storage and preparation procedures. The levels of fortification depend on the nutritional needs of the target group and on both estimated consumption of the fortified food and bioavailability of the fortificant and also on the regulations in the country. Target population must consume the fortified food in amounts sufficient to ensure adequate levels of the micronutrient without risk of toxicity. Fields trials will evaluate the efficacy and effectiveness of the fortified product in the target groups. The fortification process must be technically viable and the fortified food acceptable by consumers in term of organoleptic characteristics, safety and price. The consumers demand depends on their education and information of the nutritional and health benefits of fortified products. The promotion strategies of the fortified foods include their packaging, presentation, and selection of distribution channels.

The implementation of a follow-up of the program and of quality control of the product, especially of its appropriate content of fortificants from production until time of consumption, allows to ensure the efficacy and sustainability of the program and to provide all necessary adjustments during its development.

Key words: Micronutrient – Deficiencies – Food fortification – Developing countries.

INTRODUCTION

Dans les pays en développement (PED), les carences en micronutriments représentent un problème de santé publique aux conséquences physiologiques et économiques non négligeables[1]. Les principales carences identifiées concernent les carences en iode, fer et vitamine A[2], mais d'autres carences comme la carence en zinc, vitamine B12, riboflavine et acide folique co-existent probablement même si leur existence et importance n'ont pas encore été bien étudiées. La carence en fer touche près de 3,5 milliards de personnes à travers le monde principalement les femmes à partir de l'adolescence, les nourrissons et les jeunes enfants[2]. La carence en vitamine A concerne environ 127 millions d'enfants d'âge pré-scolaire dont 4,4 millions présentent des signes de xérophtalmie et près de 20 millions de femmes enceintes, avec 25-35% des cas recensés en Afrique[3]. La carence en iode concernerait environ 2 milliards de personnes avec près de 740 millions de goitreux [2] et près de 27% de la population mondiale présenteraient une consommation inadéquate en zinc. Dans les PED, ces différentes carences sont rarement isolées et souvent additionnelles.

Les conséquences de ces carences sur la santé de l'individu sont multiples. La carence en fer, qui dans sa forme la plus sévère résulte en anémie, se traduit chez l'adulte par une diminution de la capacité physique[4] et de la productivité[5]. Chez la femme enceinte, les anémies sévères sont responsables de 20% des décès maternels[6]. Elles augmentent les risques de morbidité et de mortalité fœtale et néonatale ainsi que le risque de prématurité et de faible poids du nourrisson à la naissance[7]. Les enfants anémiques sont intellectuellement moins performants et présentent des troubles du comportement[8]. La carence martiale sans anémie serait aussi associée à un déficit du développement intellectuel étroitement corrélé au degré de sévérité de la carence en fer[8]. Les enfants anémiés présenteraient une taille inférieure et une dynamique de croissance ralentie[9,10]. La résistance aux infections et l'immunocompétence sont diminuées[11]. La carence en vitamine A est la principale cause de cécité et de troubles visuels (xérophtalmie) et augmente les risques de morbidité et de mortalité probablement par un effet sur l'intégrité des barrières épithéliales et des fonctions immunologiques[12]. Elle augmente le risque de carence en fer et d'anémie notamment par un effet négatif sur la mobilisation des réserves en fer[13]. La carence en iode est responsable de la formation de goitre mais surtout de retardement intellectuel pouvant aboutir au crétinisme. Elle a un impact négatif sur la croissance et elle est associée à une baisse de la résistance aux infections avec une augmentation de la morbidité et de la mortalité et à un taux élevé de mort-nés et d'avortements[14]. La carence en zinc a un impact négatif sur le système immunitaire et sur la croissance et elle est associée avec un risque plus élevé de morbidité notamment de diarrhées[15]. Les implications économiques de ces carences, notamment de l'anémie ferriprive, sont loin d'être négligeables: baisse de la force productive, augmentation des coûts de santé, perte de capital humain et social et diminution du PNB[16]. L'ampleur des conséquences de ces carences sur la santé de l'individu justifie la mise en œuvre d'interventions de santé publique.

Les carences apparaissent lorsque les apports en micronutriments ne permettent pas de couvrir les besoins, en particulier ceux élevés des populations à risque. Les besoins en micronutriments correspondent aux quantités nécessaires pour compenser les pertes physiologiques ou liées à des infections, et répondre aux circonstances particulières de la vie, comme durant les périodes de croissance accélérées et au cours de la grossesse. Dans les PED, ces carences sont principalement liées au faible contenu et/ou la faible biodisponibilité des micronutriments des régimes alimentaires. La carence en iode dépend du faible contenu en iode des sols et de l'environnement (les carences apparaissent le plus souvent en zone de montagnes ou inondées) ou de la présence de facteurs goitrigènes dans les régimes. La carence en

vitamine A résulte d'une consommation inadéquate d'aliments riches en rétinol ou précurseurs de la vitamine A[17,18]. La carence en fer résulte principalement de la présence dans le régime d'inhibiteurs de l'absorption comme les phytates ou tannins, très présents dans les aliments d'origine végétale qui constituent le plus souvent la base de l'alimentation des populations les plus pauvres des PED et/ou de l'absence de promoteurs de l'absorption comme par exemple la vitamine C[19].

La connaissance par les pays de la prévalence et de la sévérité des carences, de leurs facteurs étiologiques, de leur distribution géographique et des groupes à risque concernés est essentielle. La plupart des PED dispose d'enquêtes épidémiologiques nationales plus ou moins récentes ou pour le moins d'informations recueillies au travers d'enquêtes plus limitées qu'il sera peut-être nécessaire de compléter ou d'affiner. Ces informations ainsi que les conséquences de ces carences en terme de santé publique et d'impact économique et la disponibilité de stratégies d'intervention réalisables et économiquement viables doivent permettre aux autorités sanitaires et politiques des pays concernés de prendre la mesure de l'ampleur du problème et de planifier des interventions par exemple dans le cadre de leur Plan National d'Action pour la Nutrition[1].

Les programmes à mettre en œuvre pour contrôler les carences en micronutriments doivent intégrer différentes approches comme la supplémentation, les approches alimentaires telles que la diversification alimentaire et l'enrichissement d'aliments, et des mesures globales de santé publique et de contrôle des infections et pathologies[19]. Il est important d'indiquer que ces interventions sont complémentaires et non compétitives et que leur choix dépend de la prévalence, de la sévérité et des facteurs étiologiques des carences ainsi que des groupes à risque identifiés. Il est souvent recommandé de les mettre en œuvre simultanément du fait de leur impact différent dans le temps et de leur faisabilité en fonction des différents contextes.

La présentation qui va suivre focalisera sur une des approches possibles: l'enrichissement des aliments en micronutriments, et plus spécialement dans le cadre de la lutte contre la carence en fer qui reste la carence la plus prévalente et la plus difficile à prévenir et à contrôler.

ENRICHISSEMENT EN MICRONUTRIMENTS

L'enrichissement («fortification» en anglais) est défini comme l'addition à un aliment d'un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement ou non contenu dans l'aliment, avec l'objectif de prévenir ou corriger une carence affirmée en un ou plusieurs nutriments dans la population ou dans des groupes de population spécifiques[20]. Il concerne l'enrichissement d'aliments de base destinés à l'ensemble de la population ou d'aliments préférentiellement consommés par les groupes à risque[21].

L'enrichissement d'aliments est pratiqué déjà depuis longtemps dans les pays industrialisés où l'élimination virtuelle des carences en micronutriments a été largement attribuée à l'enrichissement des aliments en micronutriments[22,23]. La conférence internationale sur la Nutrition de 1992 a souligné l'importance et la pertinence de l'enrichissement des aliments en micronutriments pour lutter contre les carences en micronutriments dans les PED[1]. Cette approche est considérée, quand elle est possible, comme l'approche de meilleur coût-efficacité pour améliorer le statut en micronutriments des populations ce qui est un gage de pérennité[24]. Elle est socialement acceptable car, le plus souvent, elle ne modifie pas les habitudes alimentaires ni les aliments consommés. Le rôle principal de l'enrichissement en micronutriments des aliments est la prévention des carences, mais les produits enrichis contribuent aussi à l'élimination des carences installées.

UN PARTENARIAT MULTISECTORIEL INDISPENSABLE

Le succès d'une intervention requiert l'implication du secteur public et la définition d'une politique de nutrition publique. La mise en œuvre d'un Plan National d'Action pour la Nutrition est un des éléments dont dispose les pouvoirs publics, mais la définition d'un programme d'enrichissement d'aliments ne peut toutefois concerner que ce seul secteur public. Un partenariat multisectoriel incluant notamment la communauté scientifique, les pouvoirs publics, les agences internationales les ONG, le secteur privé mais aussi de la société civile notamment les consommateurs et bénéficiaires est souhaitable et considéré comme l'approche à privilégier. Ce partenariat doit être initié dès le début du projet, préciser les rôles de chacun et permettre l'échange constant d'informations appropriées. Les producteurs comme les consommateurs doivent être parfaitement informés du changement minimum dans la production ou les décisions d'achat nécessaires pour modifier les préférences et la demande vers les aliments enrichis[16]. Le secteur privé doit participer à la définition des moyens et techniques à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs. Le secteur public, soutenu par les organisations internationales et bilatérales, a pour rôle notamment d'informer, motiver, conseiller, contrôler et soutenir le secteur privé et d'assurer la diffusion de l'information auprès des populations. La communauté scientifique responsable de la composante recherche et développement doit démontrer la faisabilité et l'impact du programme.

DÉFINIR UN PROGRAMME D'ENRICHISSEMENT

Population cible

Les programmes d'enrichissements d'aliments peuvent être dirigés vers l'ensemble de la population, comme par exemple l'enrichissement en fer et vitamines B des farines de blé[25] ou de mais[26], l'enrichissement en fer de la sauce soja en Chine[27] ou de la sauce de poisson au Vietnam[28]. Ils peuvent aussi être développés pour répondre aux besoins spécifiques d'un groupe de population comme dans le cadre d'aliments de complément au lait maternel enrichis en micronutriments pour les nourrissons et jeunes enfants[29] ou pour les scolaires notamment à travers la mise en place de déjeuners scolaires appropriés[30] ou de biscuits enrichis[31]. La définition de la population cible est très importante pour le choix du véhicule alimentaire et des quantités de micronutriments à ajouter.

Véhicule alimentaire

Une fois la population cible identifiée se pose la question du choix du ou des véhicule(s) alimentaire(s) à enrichir. Des enquêtes alimentaires sont nécessaires afin de définir les aliments qui sont consommés régulièrement et en quantité suffisante par les populations cibles. Il est notamment judicieux de disposer de données de consommation d'aliments susceptibles d'être enrichis par les groupes les plus à risques comme les enfants de moins de 5 ans et les femmes en âge de procréer, enceintes ou non. La pertinence de ces données sera d'autant plus grande qu'elles pourront être désagrégées en fonction du niveau socioéconomique et dans le cadre d'un programme national des particularités géographiques et écologiques. L'absence de véhicule alimentaire suffisamment consommé ou de manière régulière peut conduire à l'abandon d'un programme d'enrichissement.

Le véhicule alimentaire doit pouvoir être enrichi dans des unités de production centralisées et la technologie d'enrichissement doit être simple et peu coûteuse. Si possible, le choix doit porter sur un aliment ayant des qualités (couleur, odeur)

pouvant masquer les éventuelles modifications qui pourraient intervenir lors de l'enrichissement. Les véhicules alimentaires les plus souvent utilisés, notamment au niveau national, sont des farines de céréales (blé ou maïs) ou des condiments comme le sel, le sucre ou les margarines[22,32].

Fortifiants et niveaux d'enrichissement

Un bon fortifiant doit être organoleptiquement stable et ne pas produire de modifications notables de l'aliment véhicule ou des aliments auxquels il est mélangé. Il doit avoir une bonne biodisponibilité et la conserver au cours du stockage et de l'utilisation. Il doit être facilement disponible en complément alimentaire et d'un coût abordable.

Le choix de ces fortifiants ne présente pas de gros problème en ce qui concerne l'enrichissement en iode, le plus souvent sous forme d'iodate de potassium[32,33]. Il en est de même pour l'enrichissement en vitamine A, essentiellement sous forme de palmitate de rétinol[34].

C'est plus compliqué pour le fer. Les composés en fer les plus utilisés sont présentés dans le tableau 1 en fonction de leur biodisponibilité relative par rapport à celle du sulfate de fer utilisée comme référence[21]. Les composés de fer solubles dans l'eau sont plus aisément absorbés. Mais ce sont aussi ceux qui produisent le plus de problèmes organoleptiques indésirables tels que changements de couleur et de saveur, oxydation des lipides et rancissement. Les composés peu solubles dans l'eau mais solubles en milieu acide présentent une bonne absorption avec l'avantage d'avoir moins d'effets organoleptiquement néfastes. Les composés peu solubles en milieu acide ne provoquent pas de modifications organoleptiques, mais leur absorption est très variable du fait de leur faible solubilité dans le suc gastrique. Enrichir un aliment consiste donc à trouver le meilleur compromis entre biodisponibilité et effets organoleptiques indésirables.

Tableau 1: Caractéristiques des composés de fer couramment utilisés pour enrichir les aliments.

Composés de fer	Biodisponibilité relative *	Quantité de fer (%)	Aliments communément enrichis
Solubles dans l'eau			
Sulfate ferreux hydraté	100	20	Aliments pour nourrissons,
Sulfate ferreux	100	33	pain, pâtes
Gluconate ferreux	89	12	
Lactate ferreux	106	19	
Citrate d'ammonium ferrique	-	18	
Peu solubles dans l'eau / solubles en milieu acide			
Fumarate ferreux	100	33	Céréales pour enfants
Succinate ferreux	92	35	
Saccharate ferreux	74	10	Poudres chocolatées
Glycérophosphate ferrique	-	15	
Citrate ferreux	74	24	
Tartrate ferreux	62	22	
Insolubles dans l'eau / peu solubles en milieu acide			
Orthophosphate ferrique	25-32	28	Céréales pour enfants
Pyrophosphate ferrique	21-74	25	poudres chocolatées, riz
Fer élémentaire			
Electrolytique	75	97	
Carbonyl	5-20	99	Céréales pour enfants, farine
H-Réduit	13-148	97	de blé, céréales
CO-Réduit	-	97	
Atomisé	-	97	

** Biodisponibilité relative chez l'homme par rapport au sulfate de fer 7H2O, pour la même quantité totale en fer (adapté d'après [41]).*

Le sulfate de fer a principalement été utilisé dans les aliments lactés pour nourrissons; le fumarate de fer pour enrichir les céréales pour enfants[35] et parfois aussi pour les farines de céréales[25,26]. D'autres composés insolubles dans l'eau comme le pyrophosphate ferrique ont aussi été largement utilisés du fait de leur stabilité organoleptique dans les céréales pour enfants et les poudres chocolatées. Leur biodisponibilté est considérée assez faible mais une récente étude démontre la biodisponibilité relative élevée d'un nouveau composé le pyrophosphate ferrique micronisé dispersible[36] et son potentiel pour l'enrichissement d'aliments. D'autres composés comme le fer élémentaire sont très largement utilisés pour l'enrichissement des farines de céréales, en particulier de blé, le plus souvent sous forme de premix contenant des vitamines du groupe B[25]. Cependant les effets bénéfiques de cet enrichissement sur le statut en fer des populations sont sujets à caution du fait de la biodisponibilité très variable de certains fers élémentaires et de l'absence d'étude ayant montré leur efficacité. Un récent atelier tenu à Monterrey au Mexique a conclu qu'actuellement le seul composé de fer élémentaire acceptable comme fortifiant serait le fer électrolytique (325 mesh) qui ne présente toutefois qu'une biodisponibilité moitié moindre de celle du sulfate de fer[37].

Le choix d'un "bon" composé en fer ne suffit pas à lui assurer une bonne absorption. En effet, les composants de l'aliment véhicule comme de ceux des autres composants du régime peuvent interférer. Certains, les activateurs, augmentent l'absorption, d'autres en revanche, les inhibiteurs, la diminuent. Les inhibiteurs les plus puissants sont les phytates, les tannins, et certaines protéines comme les protéines de soja[38]. L'activateur le plus puissant est l'acide ascorbique[39] dont l'effet dose dépendant est fonction des autres activateurs ou inhibiteurs du régime[40]. Les acides citrique, succinique et lactique ont aussi un effet positif, mais moins important[38].

L'adjonction de vitamine C à l'aliment fortifié est une solution relativement onéreuse et sa dégradation lors du stockage peut poser problème. D'autre part, l'effet bénéfique de l'acide ascorbique sur le fer élémentaire et le fumarate de fer est discutable[41]. L'utilisation de composés où le fer est protégé des inhibiteurs est une alternative. Trois composés présentent des possibilités intéressantes: l'éthylène diamine tétracétate de fer et de sodium (NaFeEDTA), le bisglycinate ferreux et l'hémoglobine.

Le NaFeEDTA est organoleptiquement stable et particulièrement intéressant pour les aliments nécessitant un stockage prolongé et des températures de préparation élevées ou qui contiennent des inhibiteurs du fer non-héminique[42]. Il a l'avantage non seulement de conférer une meilleure absorption au fer qu'il contient, mais aussi de favoriser l'absorption de l'ensemble du fer non héminique du régime et celle du zinc[42]. Dans le cas de régime contenant des inhibiteurs de l'absorption de fer, l'absorption du fer du NaFeEDTA, de l'ordre de 7-10%, est 2 à 3 fois supérieure à celle du sulfate de fer[43]. Ajouté à de la sauce de poisson[28,44], du curry[45] ou du sucre[46] le NaFeEDTA améliore le statut nutritionnel des populations. Cependant, des réactions colorées se développent parfois comme par exemple lorsque le sucre enrichi est ajouté à des produits à base de maïs ou dans le thé et le café. En Bolivie, la consommation quotidienne pendant quatre mois d'*api*, mélange de maïs-quinoa-tarui consommé sous forme de boisson chaude, contenant du sulfate de fer ou du NaFeEDTA améliore la concentration d'hémoglobine et les capacités intellectuelles et annule l'anémie chez des enfants scolarisés[30].

Le bisglycinate de fer est composé d'une molécule de fer liée à deux molécules de glycine[47]. Son absorption serait élevée. Il ne réagirait pas avec les lipides et éviterait le rancissement des céréales, de la margarine et du lait[48]. Cependant le lait[49] et les phytates[50] diminueraient son absorption qui serait augmentée par l'acide ascorbique[49]. L'efficacité et la sûreté de ce composé doivent être évaluées dans diverses conditions avant de le recommander pour la fortification[51].

Le concentré d'hémoglobine de bovin, dont l'absorption (de l'ordre de 15-20%) n'est pas influencée par les composants du régime hormis le calcium, a été employé au Chili comme fortifiant dans une farine de riz[52] et dans des biscuits de blé[53]. Ses principaux inconvénients sont sa couleur rouge-brun intense, sa faible teneur en fer de l'ordre de 0,3%, les problèmes de contamination potentiels impliqués dans sa production ainsi que les perceptions culturelles de ce supplément[21].

La biodisponibilité du fer peut également être améliorée dans les aliments «véhicules» en diminuant l'effet des inhibiteurs notamment de l'acide phytique. Mais cette opération n'est réellement efficace que lorsque le contenu résiduel en acide phytique est très faible ou mieux inexistant[41]. Les pratiques traditionnelles qui réduisent les phytates et polyphosphates, comme le décorticage des céréales, le trempage, la germination qui active les phytases endogènes et la fermentation qui favorise un pH optimum pour l'activité des phytases, augmentent la biodisponibilité du fer. Ces méthodes sont particulièrement intéressantes pour la préparation d'aliments de complément du nourrisson[54] car elles diminuent aussi la viscosité des bouillies, améliore la biodisponibilité du zinc et le contenu en vitamines hydrosolubles comme la riboflavine et confèrent à l'aliment une meilleure sécurité microbiologique[7]. L'addition de phytase exogène augmente l'absorption du fer.

Les quantités de micronutriments à ajouter à l'aliment véhicule dépendent de plusieurs facteurs. Tout d'abord des besoins des populations cibles. Certains éléments évalués avant le démarrage du programme permettent de disposer d'informations quant aux apports quotidiens par l'alimentation et à la consommation de l'aliment enrichi. Ces deux paramètres influenceront la quantité de micronutriments à ajouter qui devra aussi tenir compte de la législation en cours dans le pays lorsqu'elle existe et des recommandations internationales. En général les niveaux d'enrichissement admis sont entre 15 et 30% des RDI. La biodisponibilité des micronutriments ajoutés est un autre élément à considérer. Elle peut être évaluée, comme par exemple pour le fer, à l'aide d'isotopes stables, mais, le plus souvent, elle est estimée à partir des connaissances disponibles. Des études d'efficacité biologique en condition contrôlées sont alors nécessaires afin de prouver l'impact positif et l'absence d'effets secondaires ou néfastes de l'aliment enrichi.

Evaluation de l'impact du programme

Efficacité en conditions contrôlées: cette évaluation, appelée "*efficacy"* en anglais, à pour objectif de déterminer si une intervention est efficace ou plus efficace qu'une autre dans des conditions idéales. Une bonne étude repose sur une étude randomisée, réalisée en double-aveugle, incluant un groupe témoin et dans laquelle la consommation régulière et en quantités appropriées de l'aliment enrichi ou non ou du supplément ou du placebo est rigoureusement contrôlée. Les variables ou indicateurs mesurés doivent être choisis avec soin afin d'optimiser les résultats. Elles peuvent être des variables biologiques comme par exemple la mesure de la concentration d'hémoglobine ou de contenus sériques en micronutriments ou d'autres comme la croissance ou les performances intellectuelles ou physiques. De nombreux exemples d'études d'efficacité existent en particulier dans le cadre de la supplémentation en fer[55-57]. En ce qui concerne l'enrichissement d'aliments, l'étude que nous avons récemment réalisée au Vietnam dans le cadre de l'enrichissement en fer du *nuoc mam* (sauce de poisson) a démontré que la consommation régulière pendant 6 mois de 10 ml *nuoc mam* enrichi apportant 10 mg de fer sous forme de NaFeEDTA permet d'améliorer significativement le statut en fer et de réduire la prévalence de l'anémie ferriprive chez des femmes en âge fertile[28]. L'utilisation d'indicateurs du statut en fer comme la ferritine sérique et les récepteurs libres de la transferrine ont permis de

calculer les quantités de fer corporelles et d'estimer la quantité de fer absorbé au cours de l'étude.

Efficacité opérationnelle ou en conditions réelles *("effectiveness"* en anglais): démontrer une efficacité en conditions contrôlées ne garantit pas que le programme aura un effet lorsqu'il sera mis en œuvre. Il est donc indispensable d'évaluer auparavant l'efficacité du programme dans les conditions réelles du terrain afin de décider si la population cible doit bénéficier du programme. Cette évaluation sera réalisée lorsque certaines des étapes de mise sur le marché et de promotion du produit présentées dans le paragraphe suivant auront été achevées. Cette évaluation requiert en général des échantillons de population plus importants qu'une étude "d'efficacy", parfois des communautés entières. La méthodologie utilisée repose le plus souvent sur la comparaison de deux sites différents dont seulement un bénéficie de l'intervention et/ou sur des évaluations avant-après sur les mêmes sujets ou des sujets différents. Les variables mesurées peuvent être aussi des variables biologiques ou physiologiques ou d'autres comme la consommation d'aliment enrichi par les populations cibles. Un des avantages de cette évaluation, réalisée le plus souvent sur des périodes assez longues, généralement plus d'une année, est qu'elle peut aussi permettre, si les bons indicateurs sont choisis, de mettre en évidence d'éventuels effets négatifs comme par exemple les risques d'accumulation de réserves en fer. L'évaluation d'efficacité en conditions réelles n'est, pour différentes raisons, pas toujours réalisée alors qu'elle constitue un argument essentiel pour convaincre les décideurs politiques et les bailleurs de fond à investir dans des actions de nutrition publique.

Promotion de l'aliment enrichi et pérennité du programme

Une fois défini et son efficacité en conditions contrôlées testée, l'aliment enrichi doit donc faire l'objet de différentes attentions afin d'en assurer une consommation adéquate et la pérennité du programme.

Le contrôle de qualité, essentiellement de la responsabilité du producteur, permet de garantir la composition et la qualité sanitaire des ingrédients comme du produit fini et qu'à l'instant de sa consommation l'aliment contient la quantité requise de micronutriments[22,58]. Ceci implique notamment de considérer des éléments comme l'empaquetage du produit, l'exposition du produit aux conditions climatiques parfois extrêmes de certains pays et le temps qui peut se dérouler entre la préparation et la consommation du produit. Outre son utilité protectrice, l'emballage doit être informatif quant à son contenu et à son mode d'utilisation et ne pas accroître de façon substantielle le coût de l'aliment enrichi. Le prix de l'aliment enrichi est un élément important à considérer notamment lorsqu'il est destiné aux populations les plus défavorisées. Il dépend du coût global de l'enrichissement incluant le coût des micronutriments qui en représente la plus grande part, les ressources humaines, l'équipement et sa maintenance, le contrôle de qualité[58]… Le coût additionnel du produit enrichi peut être supporté par les pouvoirs publics, par les producteurs pouvant par exemple recevoir en échange des incitations fiscales ou un label des autorités sanitaires du pays indiquant l'intérêt du produit ou par les consommateurs si la promotion du produit a été bien planifiée. La communication et la promotion du produit sont des éléments très importants du programme notamment si le produit enrichi est en compétition avec d'autres produits similaires non enrichis ou si l'enrichissement a modifié de façon substantielle les propriétés organoleptiques ou le prix de l'aliment véhicule. La simple information des consommateurs ne suffit pas le plus souvent et des campagnes de promotion sociales et/ou commerciales sont nécessaires. Le programme Fasevie mené au Vietnam par l'Institut National de Nutrition de Hanoi en coopération avec l'IRD et le GRET s'est appuyé sur une

approche de marketing social visant à la promotion des conditions d'une bonne nutrition des nourrissons et des jeunes enfants[59]. Cette promotion est réalisée par des volontaires communautaires de l'Union des Femmes vietnamiennes et intègre des messages adaptés à l'âge des enfants concernant les bonnes pratiques alimentaires (allaitement exclusif jusqu'à six mois d'âge, introduction en temps opportun d'aliments de complément de bonne qualité nutritionnelle). Les aliments de compléments enrichis en vitamines et minéraux, fabriqués localement par de petites unités de production, sont proposés aux mères par les volontaires communautaires. Ces dernières sont rémunérées par une marge sur la vente des aliments enrichis ce qui contribue à la pérennité de ce projet. D'autres expériences impliquant la participation active des communautés ont montré des résultats intéressants[60].

La mise sur le marché et la pérennité d'un programme de fortification dépendent aussi de la législation mise en place par les pouvoirs publics. Cette législation, qui doit s'appuyer sur les standards, recommandations et règlements du Codex Alimentarius, doit permettre d'atteindre les objectifs du programme d'enrichissement et d'assurer que les doses d'enrichissement soient dans des limites acceptables et sûres[61]. La mise en place d'un système de contrôle et de surveillance permettant d'ajuster les composantes du programme au cours de son développement complètera le dispositif devant assurer le succès et la pérennité du programme d'enrichissement.

RÉFÉRENCES

1. Conférence Internationale sur la Nutrition (CIN). Les grands enjeux des stratégies nutritionnelles. Rome: FAO/OMS, 1992.
2. ACC/SCN. Fourth report on the world nutrition situation. Nutrition throughout the life cycle. Geneva: ACC/SCN in collaboration with IFPRI; 2000.
3. West KP. Extent of vitamin A deficiency among preschool children and women of reproductive age. J Nutr 2002;132(9):2857S-66S.
4. Gardner GW, Edgerton VR, Senewiratne B, Barnard RJ, Ohira Y. Physical work capacity and metabolic stress in subjects with iron deficiency anemia. Am J Clin Nutr 1977;30:910-7.
5. Basta S, Soekirman M, Karryadi K, Scrimshaw N. Iron deficiency anemia and the productivity of adult males in Indonesia. Am J Clin Nutr 1979;3:916-25.
6. Viteri F. Prevention of iron deficiency. In: Institute of Medecine NAPE, ed. Prevention of micronutrient deficiencies: Tools for policy makers and public health workers. Washington; National Academic Press, 1997:45-103.
7. Allen LH. Pregnancy and iron deficiency: Unresolved issues. Nutr Rev 1997;55(4):91-101.
8. Lozoff B, Brittenham GM, Viteri F, Wolf AW, Urrutia JJ. Developmental deficits in iron-deficient infants: effects of age and severity of iron lack. J Pediatr 1982;101(6):948-51.
9. Fairweather-Tait SJ. Iron deficiency in infancy: easy to prevent - or is it? Eur J Clin Nutr 1992;46 (4):9S-14S.
10. Chwang L, Soemantri AG, Pollitt E. Iron supplementation and physical growth of rural Indonesian children. Am J Clin Nutr 1988;47:496-501.

11. Berger J, Dyck JL, Galan P, et al. Effect of daily iron supplementation on iron status, cell-mediated immunity, and incidence of infections in 6-36 month old Togolese children. Eur J Clin Nutr 2000;54:29-35.

12. Ross A. The relationship between immunocompetence and vitamin A status. In: Sommer A, West KP, eds. Vitamin A deficiency: health, survival and vision. New York: Oxford University Press, 1996:251-73.

13. Bloem MW, Wedel M, Van Agtmaal EJ, Speek AJ, Saowakontha S, Schreurs WHP. Vitamin A intervention: short-term effects of a single, oral, massive dose on iron metabolism. Am J Clin Nutr 1990;51:76-9.

14. de Benoist B, Delange B. La carence iodée: bilan et perspective pour le futur. Cahiers Santé 2002;12(1):9-17.

15. Brown KH, Peerson JM, Rivera J, Allen LH. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr 2002;75(6):1062-71.

16. Hunt JM. Reversing productivity losses from iron deficiency: The economic case. J Nutr 2002;132(4):794S-801S.

17. de Pee SWC. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. Eur J Clin Nutr 1996;50:38S-53S.

18. de Pee S, Bloem MW, Gorsten J, et al. Reappraisal of the role of vegetables in the vitamin A status of mothers in Central Java, Indonesia. Am J Clin Nutr 1998;68:1068-74.

19. Berger J, Dillon J. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. Cah Santé 2002;12(1):22-30.

20. FAO/WHO. Codex Alimentarius. 2nd edition. 1994;4.

21. Hurrell R. Preventing iron deficiency through food fortification. Nutr Rev 1997;55(6):210-22.

22. Clarke R. Technology and quality control. Rome: FAO, 1995.

23. Ramakrishnan U, Yip R. Experiences and Challenges in Industrialized Countries: Control of Iron Deficiency in Industrialized Countries. J Nutr 2002;132(4):820S-24S.

24. World Bank. Enriching lives: overcoming vitamin and mineral malnutrition in developing countries: development in practice. Washington, DC: World Bank, 1994.

25. Hertrampf E. Iron Fortification in the Americas. Nutr Rev 2002;60(7)1)):22S-5S.

26. García-Casal MN, Layrisse M. Iron Fortification of Flours in Venezuela. Nutr Rev 2002;60(7(1)):26S-9S.

27. Mannar V, Gallego EB. Iron Fortification: Country Level Experiences and Lessons Learned. J Nutr 2002;132(4):856S-8S.

28. Thuy P, Berger J, Davidsson L, et al. Regular consumption of NaFeEDTA fortified fish sauce improved iron status and reduced anemia prevalence in anemic Vietnamese women. Am J Clin Nutr 2003;78:284-90.

29. Berger J, Trèche S, Salvignol B, Khan N, Goudeau C. Fortified complementary food - The Vietnam experience. Proceedings from the national seminar and workshop “Optimizing early child nutrition; integrating strategies for fortified complementary feeding.” Jakarta, Indonesia, 26-27,September; 2001:37-43.

30. Berger J, Aguayo V, San Miguel JL, Tellez W, Lujan C. Estrategias de control de la anemia ferropénica en niños bolivianos residentes a gran altitud. In: Berger J SMJ, Arce RM, Fernandez E, Aguayo, eds. Anemias por deficiencia de hierro en la región andina: Definición y estrategias de intervención. ORSTOM; 1996:227-48.

31. Laillou A, Monvois C, Berger J. Bisavit-A. An innovative solution to combat micronutrient deficiency in Vietnam. Sight and life Newsletter, 2003:3-7.

32. Lofti M, Venkatesh Mannar M, Merx R, Naber-van den Heuvel P. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research and opportunities: The Micronutrient Initiative (MI).International Development Research Center (IDRC)/International Agriculture Centre (IAC), 1996.

33. WHO/UNICEF/ICCIDD. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. Geneva: WHO, 1996.

34. Wirakartakusumah M, Hariyadi P. Technical aspects of food fortification. Food Nutr Bull 1998;132:101-8.

35. Hurrell RF, Furniss DE, Burri J, Whittaker P, Lynch SR, Cook JD. Iron fortification of infant cereals: a proposal for the use of ferrous fumarate or ferrous succinate. Am J Clin Nutr 1989;49:1274-82.

36. Fidler MC, Davidsson L, Zeder C, Hurrell RF. Erythorbic acid is a potent enhancer of nonheme-iron absorption. Am J Clin Nutr 2004;99(1):99-102.

37. Turner L. Monterrey workshop summary: evaluating the usefulness of elemental iron powders. Nutr Rev 2002;60(7):16S-17S.

38. McPhail P, Bothwell TH. The prevalence and causes of nutritional iron deficiency anemia. In: Fomon S, Zlotkin S, eds. Nutritional Anemias. Nestlé Nutrition Workshop Series. New York: Nestec Ldt., Vevey/Raven Press Ldt.; 1992:1-12.

39. Hallberg L, Brune M, Rossander L. Effect of ascorbic acid on iron absorption from different types of meals. Studies with ascorbic acid given in different amounts with different meals. Ann Nutr Appl Nutr 1986;40A:97-113.

40. Siegenberg D, Baynes RD, Bothwell TH, et al. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. Am J Clin Nutr 1991;53:537-41.

41. Hurrell RF. Fortification: Overcoming Technical and Practical Barriers. J Nutr 2002;132(4):806S-12S.

42. Davidsson L, Kastenmayer P, Hurrell RF. Sodium iron EDTA [NaFe(III)EDTA] as a food fortificant: the effect on the absorption and retention of zinc and calcium in women. Am J Clin Nutr 1994;60:231-7.

43. International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG). Iron EDTA for food fortification. Washington, DC: The Nutrition Foundation/ILSI, 1993.

44. Garby L, Areekul S. Iron supplementation in Thai fish-sauce. Ann Trop Med Parasitol 1974;68:467-76.

45. Ballot D, McPhail A, Bothwell T, Gilloomy M, Mayer FG. Fortification of curry powder with NaFe(II)EDTA in an iron-deficient population: report of a controlled iron-fortification trial. Am J Clin Nutr 1989;49:162-9.

46. Viteri F, Alvarez E, Bulux J, et al. Iron fortification in developing countries. Nutrition in Health and Disease 1994:345-54.

47. Pineda O, Ashmead H, Perez J, Lemus C. Effectiveness of iron amino acid chelate on the treatment of iron deficiency anemia in adolescents. J Appl Nutr 1994;46:2-13.

48. Cook JD. Adaptation in iron metabolism. Am J Clin Nutr 1990;51:301-8.

49. Olivares M, Pizzaro F, Pineda O, Name JJ, Hertrampf E, Walter T. Milk inhibits and ascorbic acid favors ferrous bis-glycine chelate bioavailability in humans. J Nutr 1997;127:1407-11.

50. Fox TE, Eagles J, Fairweather-Tait SJ. Bioavailability of iron glycine as a fortificant in infant foods. Am J Clin Nutr 1998;67:664-8.

51. Allen L, Ahluwalia N. Improving iron status through diet. The application of knowledge concerning dietary iron bioavailability in human populations. USAID/OMNI, 1997.

52. Calvo E, Hertrampf E, de Pablo S, Amar M, Stekel A. Haemoglobin-Fortified-Cereal: an alternative weaning food with high iron bioavailability. Eur J Clin Nutr 1989;43:237-43.

53. Olivares MHE, Pizarro F, Walter T, et al. Hemoglobin-fortified biscuits: bioavailability and its effect on iron nutriture in school children. Arch Lat Am Nutr 1990;2:209-19.

54. Obizoba I, Atii J. Effect of soaking, sprouting, fermentation and cooking on nutrient composition and some anti-nutritional factors of sorghum. (Guinesia) seeds. Plant Foods Hum Nutr 1991;41:203-12.

55. Berger J, Aguayo VM, Tellez W, Lujan C, Traissac P, San Miguel JL. Weekly iron supplementation is as effective as 5 day per week iron supplementation in Bolivian school children living at high altitude. Eur J Clin Nutr 1997;51:381-6.

56. Liu XN, Kang J, Zhao L, Viteri FE. Intermittent iron supplementation in Chinese preschool children is efficient and safe. Food Nutr Bull 1995;16(2):139-46.

57. Beaton G, McCabe G. Efficacy of intermittent iron supplementation in the control of iron deficiency anemia in developing countries: an analysis of experience. Toronto, Canada: Micronutrient Initiative, Canadian International Development Agency (CIDA), 1999.

58. FAO/ILSI. Preventing micronutrient malnutrition: a guide to food-based approaches. A manual for policy makers and programme planners. Rome: FAO/ILSI, 1997.

59. Berger J, Laillou A, Khan N, Monvois C, Salvignol N, Trèche S. Fasevie: une solution originale au problème de la malnutrition infantile au Vietnam. Les cahiers de la Coopération française au Vietnam, 2004:30.

60. Nantel G, Tontisirin K. Policy and sustainability issues. J Nutr 2002;132(4):839S-44S.

61. Orriss G. Food fortification: safety and legislation. Food Nutr Bull 1998;19(2):109-16.

Prévention de l'anémie dans les zones rurales au Bénin: aspects technologiques de la fortification en fer de la farine fermentée de maïs

Bassa Septime, Michodjèhoun-Mestres Laétitia, Anihouvi Victor, Hounhouigan* Joseph

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: *hounjos@bj.refer.org*

- Résumé-

L'anémie due à la carence en fer constitue un problème de santé publique dans les pays d'Afrique subsaharienne. L'une des formes de lutte les plus efficaces contre cette forme de malnutrition est la consommation d'aliments riches en fer. Au Bénin, le maïs occupe une place de choix dans l'alimentation humaine avec une consommation moyenne annuelle d'environ 85 kg/habitant, pouvant atteindre 150 kg dans certaines zones rurales des Départements du Sud et du Centre du pays. La fortification en fer du maïs peut donc constituer une alternative pour la résolution des problèmes liés à la carence en fer dans ces zones. La présente étude, qui fait partie d'un projet de recherche-action conduit par CARE BENIN, vise à étudier la faisabilité de la fortification du *mawè*, une farine fermentée de maïs généralement consommée au Bénin. Des 5 variétés de maïs couramment utilisées dans la zone d'étude, la variété *Gbogboué* est la plus consommée (70% de la population). La teneur en fer de ces variétés de maïs varie entre 1,5 mg/100 g, base sèche (bs) et 6,3 mg/100g (bs) tandis que la teneur en phytates varie entre 0,4 g/100g et 0,8 g/100g (bs). La teneur en fer du *mawè* et des produits dérivés collectés dans la zone varie entre 2,5 et 3 mg/100g (bs) et leur teneur en phytates entre 0,4 et 0,5 g/100g (bs). Le décorticage du maïs *Gbogboué* entraîne une réduction de la teneur en fer d'environ 44% et une réduction de la teneur en phytates de près de 31%. L'effet de la fermentation sur la réduction de la teneur en phytates n'est significatif qu'après 24 heures de fermentation (20%). Des 4 types de sels de fer testés (sulfate ferreux, gluconate de fer, fumarate ferreux et NaFeEDTA), seul le sulfate ferreux permet de préserver les caractéristiques organoleptiques des produits à base de *mawè*. La technologie de fortification mise au point permet d'obtenir des pâtes et des bouillies de *mawè* parfaitement acceptables. La fortification du *mawè* ainsi réalisée permet un apport supplémentaire quotidien minimum de 10 mg de fer par individu dans les conditions normales de consommation du *mawè* dans la zone d'intervention.

Mots-clés: Maïs – Fermentation – Fortification – Fer – Phytates.

- Abstract -

Prevention of anaemia in rural areas in Benin: technological aspects of the fortification of fermented maize meal with iron

Iron Deficiency Anaemia (IDA) is one of the major public health problems in the world, especially in Asia and sub-Saharan African countries. The consumption of iron-rich foods can efficiently contribute to the reduction of IDA. In Benin, maize is an important part of the daily diet, with an average consumption of 85 kg/capita per year, which could reach 100 to 150 kg in rural area of the southern and central departments of the country. So, fortification of maize meal with iron could be an efficient way of preventing or treating IDA in these parts of Benin. This study, which is a part of a Research-Development project initiated by CARE-BENIN aims to study the feasibility of the fortification of *mawè*, a fermented maize flour generally consumed in Benin. Preliminary studies on processing and consumption habits shown that among the five maize varieties used in the region (*Gbogboué, Gbali, Djakpé, djongbo* and *DMR*), *Gbogboué* is the most consumed (70 % of the population). Average iron content of the maize varieties varies from 1.5mg/100g for *Gbali* to 6.3 mg/100g (dw) for *Gbogboué*; phytates content varies from 0.4g/100g for *Gbali* to 0.8g/100g (dw) for *Gbogboué*. Iron content of maize products sampled in the intervention zone varies from 2.5 to 3 mg/100 g (dm) and phytate contents from 0.4 to 0.5g/100g (dm). Iron content of *mawè* from *Gbogboué* was reduced by 44% and phytate content by 31% as the result of dehulling. Fermentation affects significantly the phytate content of *mawè* (20% reduction) only after 24 h. From four types of iron salts including ferrous sulfate, iron gluconate, ferrous fumarate and NaFeEDTA, tested for their ability to preserve the sensory qualities of traditional *mawè* products, only ferrous sulfate was found suitable. A premix (type 540) containing ferrous sulfate was tested in the intervention zone and was found to be suitable to produce acceptable fortified *mawè*-based products, allowing an additional daily intake of 10 mg of iron per consumer. On the basis of these results, works are in progress to introduce fortified *mawè* in the household food consumption at Dogbo, in the Department of Mono, at the South-West of Benin.

Keys words: Maize – Fermentation – Fortification – Iron – Phytates.

INTRODUCTION

L'anémie due à la carence en fer (Iron deficiency anemia, IDA) est depuis fort longtemps reconnue mondialement comme la carence d'ordre nutritionnel la plus courante parmi celles qui fragilisent l'immunité contre les infections et réduit les capacités physiques et mentales de l'homme. L'organisation Mondiale de la Santé (OMS) dans son rapport de 1998 a alerté la communauté mondiale sur le fait que l'IDA constitue un problème de santé publique dans la plupart des pays du monde. C'est en Asie et en Afrique au sud du Sahara que le problème se pose avec le plus d'acuité. Au Bénin en particulier, la situation alimentaire et nutritionnelle de la population est marquée par la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants de 0 à 5 ans et les carences en micro-nutriments qui touchent toutes les couches de la population. Parmi les stratégies mises en œuvre pour lutter contre la malnutrition, l'approche alimentaire constitue la stratégie la plus porteuse d'espoir en raison de son caractère durable.

L'aliment de base au Bénin est constitué par les céréales. Or les produits céréaliers sont connus dans leur composition actuelle comme pauvres en fer. L'utilisation biologique du fer est en outre réduite par les facteurs anti-nutritionnels dont les phytates. Il existe cependant des techniques visant à restituer ou à enrichir en micronutriments les aliments quotidiennement consommés.

Plusieurs travaux ont été effectués dans divers pays sur la fortification de la farine sèche (environ 12% d'humidité) de céréales[1]. Aucune étude n'a été documentée sur la fortification de la farine humide (environ 40% d'humidité) et fermentée de céréales. Et pourtant, les produits fermentés de céréales occupent une place importante dans l'alimentation des populations. En effet, une étude réalisée à Cotonou, ville cosmopolite et capitale économique du Bénin, a montré que près de 45% du maïs transformé dans cette ville est consommé sous forme de produits fermentés[2]. La présente étude a donc pour objectif de s'inspirer des technologies existantes de fortification de farine pour développer une technologie de fortification de la farine fermentée de maïs (*mawè*) à l'échelon villageois, et d'évaluer l'acceptabilité des produits dérivés.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a été réalisée en 4 étapes décrites ci-dessous:

La phase d'enquête: caractérisation des ménages et identification des pratiques de transformation et de consommation du maïs dans la zone d'intervention

Sur la base d'un recensement exhaustif de tous les ménages, une enquête par questionnaire a été réalisée dans 60 ménages choisis au hasard dans 3 villages (Gbannavè, Agbédranfo et Totchangni) de la commune de Dogbo (Département du Couffo), à raison de 20 ménages par village. Des informations ont été recueillies sur la taille des ménages, les variétés de maïs utilisées, les quantités de maïs périodiquement transformées, les diagrammes de production du *mawè*, etc.

La caractérisation physico-chimique du maïs, du *mawè* et des produits dérivés

Suite à l'enquête précédente, au total 3 échantillons de 5 variétés de maïs, 11 échantillons de *mawè*, 2 de *makumè* (pâte cuite à base de *mawè*) et 2 d'*aklui* (bouillie granulée à base de *mawè*) ont été collectés au niveau de quelques ménages pour être analysés. Les échantillons de grains de maïs collectés ont été moulus à l'aide d'un moulin RETSCH de type ZMI (Retsch GmbH et Co.KG, Haan, Allemagne),

mis dans des sachets étiquetés puis gardés dans un dessiccateur à la température ambiante. Le *mawè*, le *makumè* et l'*aklui* ont été conservés dans un congélateur à -18°C pour être analysés ultérieurement, après décongélation à 4°C. Le prélèvement des échantillons a été fait à l'aide d'une spatule en matière plastique afin d'éviter toute contamination éventuelle en fer.

L'analyse physique des échantillons a consisté en la mesure de la couleur des farines avec un colorimètre Minolta CR-210b. L'appareil a été étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont: X = 0,315; Y = 94,8 et Z = 0, 3324. Les coordonnées utilisées pour la détermination de la couleur sont L* (luminance), a* (saturation en rouge), b* (saturation en jaune) et ΔE qui est la différence totale de couleur par rapport à la céramique blanche de référence (illuminant D65; CIE 1976).

Les analyses chimiques réalisées en double, ont porté sur la détermination de la teneur en fer, en eau, en protéines, en lipides et en cendres par les méthodes AACC[3], respectivement 40-41A; 44-15A; 46-11A; 30-25 et 08-01 (1983), la mesure du pH et de l'acidité titrable par la méthode de Nout et al.[4], la détermination de la teneur en phytates par la méthode colorimétrique modifiée de Makover[5] et Van Veldhoven[6] et décrite par Zeder[7], le dosage des fibres brutes par la méthode décrite par Voogt et Osborne[8], la détermination de la teneur en glucides par différence.

L'évaluation de l'effet du décorticage et de la fermentation sur la teneur en fer et en phytates du *mawè*

Du *mawè* a été obtenu, à l'issue de trois préparations par une productrice expérimentée, à partir du maïs (variété *Gbogboué*) suivant le diagramme technologique donné sur la figure 1 et correspondant à la pratique la plus courante de production dans la zone d'intervention. Le fer et les phytates ont été dosés sur le maïs entier, le gritz (fragment de maïs décortiqué) et le *mawè* à 0 heure de fermentation puis les phytates seuls sur le *mawè* à 12h, 24h, 48h, 72h, 5 jours, 7 jours et 10 jours de fermentation.

Les essais de fortification

Méthode de fortification:

Le choix de la forme chimique de fer la plus adaptée a été fait en testant quatre sels de fer (sulfate ferreux, gluconate ferreux, fumarate ferreux et NaFeEDTA), puis deux types de prémix (celui au fer réduit et vitamines ou N-Richment type 40 code 585 et celui au sulfate ferreux et vitamines ou N-Richment type 540 code 588)[9]. Dans tous les cas, les sels de fer ou les prémix sont d'abord dilués avec de la farine sèche de maïs décortiqué et le mélange homogène obtenu est ensuite ajouté à la farine humide de maïs décortiqué (environ 40% d'humidité) avant d'être pétri et mis en fermentation après ajout d'eau jusqu'à 45% de teneur en eau. La quantité de chaque constituant utilisé est déterminée suivant les principes suivants:

- La quantité moyenne de maïs consommée par jour par un individu est de 300 g (bs). Avec un rendement en *mawè* de 78%, 300 g de maïs donneront 234 g de *mawè* (bs).
- L'apport journalier en fer recommandé[10] pour le fer est de 30 mg pour les femmes enceintes et allaitantes (tranche d'âge dont le besoin est le plus élevé). On suppose qu'on apporte le tiers de cet apport journalier, soit 10 mg de fer supplémentaire pour 234g de matière sèche de *mawè* par jour et par individu à travers la fortification.

- La fortification est testée sur la quantité de *mawè* obtenue à partir de 3 kg de maïs (quantité moyenne régulièrement amenée au moulin par chaque ménage), soit 2,34 kg de matière sèche de *mawè*. En conséquence, le prémix est prélevé de manière à apporter 100 mg de fer à 2,34 kg de matière sèche de *mawè*.

Le tableau 1 précise les quantités des différents sel de fer ou prémix utilisées pour 2,34 kg de matière sèche de *mawè*. L'expicient utilisé est de la farine de maïs décortiqué à environ 12% d'humidité. La quantité d'excipient utilisée pour chaque prémix (type 540 ou 40) a été déterminée en tenant compte du rapport de dilution indiqué dans les spécifications données par le fabricant[9]. Pour le sulfate de fer et le fumarate de fer, elle a été déterminée en utilisant un pourcentage d'incorporation voisin de 0,06%, comparable à celui généralement utilisé pour les essais sur la farine sèche[1]. Compte tenu du faible taux de fer dans le gluconate de fer et le NaFeEDTA, la quantité d'excipient utilisée a été calculée sur la base d'un taux d'incorporation de 0,13% (tableau 1).

Tableau 1: Quantité de chaque composé et d'excipient à incorporer pour obtenir 100 mg de fer dans 1 kg de matière sèche de *mawè.*

Composé	Pourcentage de fer	Quantité de sel ou de prémix à prélever (en g)	Quantité d'excipient (g)	Quantité de prémix dilué (en g) à rajouter à 1kg de matière sèche de *mawè*
Sulfate de fer	30	0,142	0,627	0,769
Fumarate de fer	33	0,129	0,640	0,769
Gluconate de fer	14	0,305	1,404	1,709
NaFeEDTA	12	0,356	1,353	1,709
Prémix au sulfate de fer (type 540)	12	0,356	2,492	2,848
Prémix au fer réduit (type 40)	24	0,178	2,676	2,854

Evaluation sensorielle

Pour évaluer les modifications de couleur, d'odeur et de goût dans les différents *mawè* fortifiés par rapport au témoin, des préparations standardisées de *makumè* (pâte cuite) issues de chaque type de *mawè* fortifié ont été soumises à deux tests d'évaluation sensorielle[11]:

- les échantillons fortifiés avec les sels de fer ont été analysés par le scoring test avec 17 dégustateurs;
- les échantillons fortifiés avec les prémix de types 40 et 540 ont été soumis à un test de comparaison par paire avec le *mawè* témoin, et 21 dégustateurs connaissant bien le produit.

Pour chaque produit, la dégustation a été faite en deux sessions, l'une avec du *makumè* issu de *mawè* de 24 heures de fermentation et l'autre avec du *makumè* issu du *mawè* de 72h de fermentation.

Etude de l'effet de la fortification sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du *mawè*

Les teneurs en fer et phytates ainsi que le pH des produits ont été déterminés sur les échantillons après différentes durées de fermentation comme décrits ci-dessus.

Les bactéries lactiques, les levures et moisissures et les entérobactéries ont été analysées suivant les méthodes décrites dans une étude précédente[12].

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel statitcf (ITCF, Boigneville, France).

L'analyse de variance et le test de Newman & Keuls ont été utilisés pour comparer les moyennes.

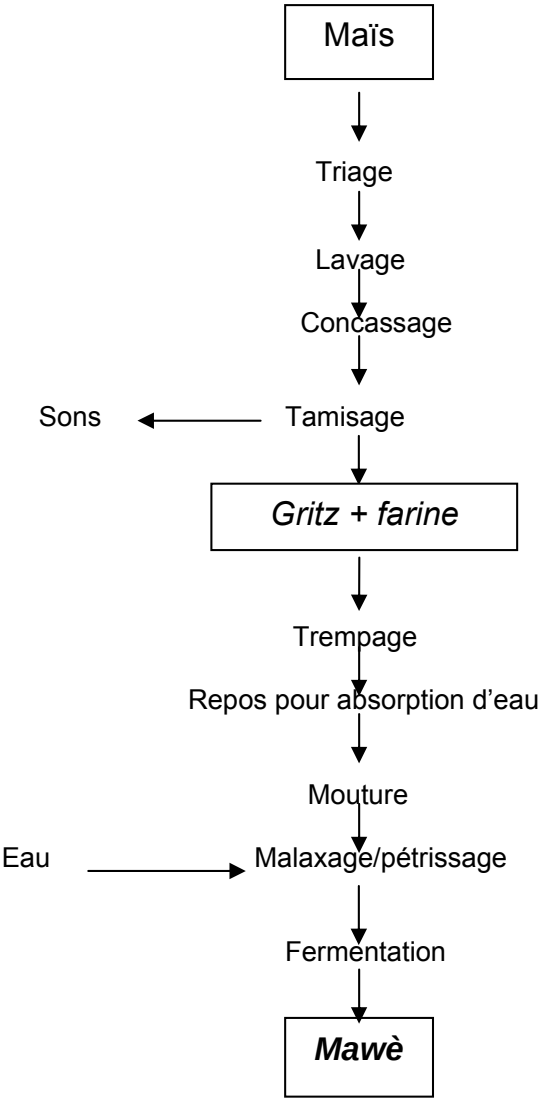


Figure 1: Diagramme courant de fabrication du *mawè* dans la région d'étude.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Caractérisation des ménages et identification des pratiques de transformation et de consommation du maïs dans la zone d'intervention

Le maïs joue un rôle important dans la consommation alimentaire des habitants des trois villages. Quatre variétés de maïs sont consommées à savoir: *gbogboué*, *djongbo*, *DMR* et *gbali*. La variété *gbogboué* serait la plus consommée (70% des répondants), suivie de *gbali* (environ 17%), *DMR* (3%) et *djongbo* (environ 2%).

Environ 8% des unités de consommation font le mélange des différentes variétés. Les déterminants du choix de la variété de maïs sont, soit la possibilité d'obtenir une pâte extensible (environ 28% des répondants), soit la résistance de la variété aux attaques des insectes au cours de la conservation (27%). Les autres raisons, plus rarement citées, sont la courte durée du cycle végétatif (12%) et la préférence pour le caractère farineux des grains (7%). Les unités de consommation ont une taille variant entre 2 et 12 personnes avec une moyenne de 6 personnes.

Par ailleurs, la quantité moyenne de maïs sec quotidiennement transformée par unité de consommation est de 0,8 otoca (unité locale de mesure correspondant à 1,5 kg de maïs), soit 1,2 kg, en période d'abondance et de 0,75 otoca (1,12 kg) en période de soudure. Environ 27% des unités de consommation produisent régulièrement du *mawè* pour leur consommation.

Quatre diagrammes technologiques de production de *mawè* ont été identifiés dans la région. Le plus fréquemment utilisé (plus de 80% des ménages) est décrit sur la figure 1.

La caractérisation physico-chimique du maïs, du *mawè* et des produits dérivés

Les teneurs en protéines (8 à 11,6%), en lipides (4,9 à 5,6%), en cendres (1 à 1,6%), en fibres brutes (1,4 à 1,8%) et en glucides des variétés de maïs collectées dans la zone d'intervention (tableau 2) sont proches de celles données par la FAO[13]. Les variétés *gbali*, *djakpé* (variété non citée lors des enquêtes, mais collectée sur le marché local) et *DMR* ont les plus faibles teneurs en fer tandis que les variétés *djongbo* et *gbogboué* ont les plus fortes teneurs en fer: 4,6 mg et 6,3 mg / 100g respectivement. Le *gbogboué* et le *djakpé* sont les variétés les plus riches en phytates (749 et 728 mg/100g, respectivement). Les taux obtenus dans le *DMR* et le *djongbo* sont également élevés (625 et 632 mg/100g, respectivement). Ces résultats sont proches de ceux d'autres auteurs[14] qui ont trouvé que la teneur en phytates de la farine de maïs blanc est de l'ordre de 710 mg/100g.

Les teneurs en protéines, en lipides, en cendres et en fibres du *mawè*, du *makumè* et de l'*aklui* sont similaires d'un produit à l'autre, mais plus faibles que celles observées sur le maïs entier (tableau 3). La très grande variabilité observée au niveau des teneurs en nutriments du *mawè* et des produits dérivés serait due d'une part à la variabilité de la composition chimique des variétés de maïs utilisées et d'autre part, à la diversité des méthodes de transformation du maïs en *mawè* au niveau des ménages. Le pH plus élevé et l'acidité titrable plus faible des produits dérivés du *mawè* seraient dus à la perte de certains acides organiques lors de la cuisson. Les faibles teneurs en fer et en phytates du *mawè*, du *makumè* et de l'*aklui* (tableau 3) comparées à celles du maïs (tableau 2) s'expliqueraient par le décorticage subi par les grains de maïs. Les variétés *djongbo* et *gbogboué*, communément appelées «variétés jaunes» dans la région, ont effectivement les indices de saturation en jaune les plus élevés (b* égal à 10,9 et 11,2 respectivement, tableau 4). En se basant sur la

différence totale de couleur (ΔE), le *gbali* est la variété la plus blanche (ΔE = 15,7) alors que le *gbogboué* est la variété la plus colorée (ΔE = 20,7).

Tableau 2: Composition chimique des différentes variétés de maïs collectées *(Moyenne et écart type).*

Echantillon	TMS*	Lipides (%bs)	Protéines (%bs)	Cendres (%bs)	Fibres brutes (%bs)	Glucides (%bs)**	Fer (mg/100g bs)	Phytates (mg/100g bs)
Gbogboué (n=3)	89,3±0,07	5,61±0,01	10,8±0,08	1,51±0,05	1,47±0,05	80,59	6,26±0,03	750±29
DMR (n=3)	87,5±0,09	5,37±0,03	10,1±0,04	1,13±0,07	1,84±0,06	81,52	2,65±0,03	624,6±1,7
Gbali (n=3)	86,7±0,07	4,9±0,08	8,75±0,12	1,05±0,04	1,47±0,06	83.83	1,54±0,14	386,1±1,3
Djongbo (n=3)	91,5±0,04	5,05±0,06	11,6±0,02	1,57±0,02	1,4±0,04	80,42	4,58±0,06	632±79
Djakpé (n=3)	86,3±0,03	4,92±0,05	7,98±0,02	1,44±0,03	1,68±0,03	83,98	1,58±0,06	728±43

** TMS = Teneur en matière sèche; ** Glucides: déterminés par différence.*

Tableau 3: Composition chimique du *mawè* et des produits dérivés collectés dans la zone d'étude.

Echan-tillons	TMS*	pH	Acidité titrable *(% acide lactique)*	Lipides (%bs)	Protéines (%bs)	Cendres (%bs)	Fibres brutes (%bs)	Glucides (%bs)**	Fer (mg/100 g bs)	Phytates (mg/100 g bs)
Mawè (n=11)	47,9±5,0	4,0±0,6	1,6±0,1	1,4±0,3	8,9±1,1	1,0±0,4	1,5±0,5	85,6±1,7	3,0±0,6	450±191
Makumè (n=2)	23,1±0,4	4,3±0,4	1,0±0,1	1,3±0,4	10,0±0,0	0,7±0,0	1,6±0,4	85,4±0,8	2,5±0,1	442±5,9
Aklui (n=2)	10,6±0,4	4,4±0,6	0,8±0,4	1,4±0,4	9,2±1,7	0,7±0,0	1,2±0,0	86,8±1,6	2,9±0,2	438±19

** TMS = Teneur en matière sèche; ** Glucides: déterminés par différence.*

Tableau 4: Coordonnées de couleur des différentes variétés de maïs.

Echantillons	L*	A*	b*	ΔE
Gbogboué	85,5 ± 0,1	-2,3 ± 0,1	11,2 ± 0,1	20,7 ± 0,2
Gbali	88,9 ± 0,1	-0,9 ± 0,1	7,7 ± 0,1	15,7 ± 0,1
Djakpé	84,5 ± 0,3	0	4,9 ± 0,1	16,8 ± 0,3
DMR	86,9 ± 0,0	-0,9 ± 0,1	8,3 ± 0,1	16,9 ± 0,1
Djongbo	90,7 ± 0,1	-2 ± 0,1	10,9 ± 0,0	16,7 ± 0,0

L = Paramètre de luminosité - a* = Indice de saturation en rouge - b* = Indice de saturation en jaune*
ΔE = Différence totale de couleur par rapport à la céramique blanche de référence.

Effet du décorticage et de la fermentation sur la teneur en fer et en phytates du *mawè*

La teneur en fer est réduite de manière significative par le décorticage, en passant de 6,1 mg/100g (bs) dans le maïs à 3,4 mg/100g dans le gritz, soit une réduction de 44%; En revanche, elle ne change pas de manière significative dans le *mawè*. Le décorticage réduit de manière significative la teneur en phytates du maïs qui passe de

0,60 à 0,42 g/100g (tableau 5), soit une réduction de 30%. L'effet de la fermentation sur la teneur en phytates n'est significatif qu'à partir de 24 h de fermentation (- 20%). La baisse de la teneur en phytates après 10 jours de fermentation n'est pas significativement différente de celle obtenue après 24 h. Au total, le décorticage et la fermentation en 24h induisent une réduction de la teneur en phytates d'environ 45%.

Tableau 5: Teneurs en fer et en phytates du maïs entier, du gritz et du *mawè* après différentes durées de fermentation.

	TMS* (%)	Fer (mg/100g bs)	Phytates (g/100g bs)
Grains entiers (variété *Gbogboué*)	88,03 ± 0,18	6,12 ± 0,61 (a) **	0,60 ± 0,01 (a)
Gritz	61,22 ± 0,52	3,40 ± 0,03 (b)	0,42 ± 0,04 (b)
Mawè 0h	53,43 ± 0,02	2,84 ± 0,22 (b)	0,42 ± 0,03 (b)
Mawè 12h	53,02 ± 0,17	-	0,37 ± 0,02 (bc)
Mawè 24h	52,37 ± 0,04	-	0,33 ± 0,02 (cd)
Mawè 10jours	50,52 ± 0,37	-	0,29 ± 0,03 (d)

Teneurs déterminées sur 2 échantillons (n=2) *- * TMS = Teneur en matière sèche.*
*** (a b c et d): Les valeurs de la même colonne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au niveau 5%.*

Effet de la fortification au sulfate ferreux sur le développement de la microflore

La fortification au sulfate de fer semble avoir induit une augmentation significative de la charge de bactéries lactiques sur le *mawè* fortifié, notamment après 12h de fermentation (tableau 6). En revanche, les levures et moisissures et les entérobactéries ne sont pas affectées par la fortification. La charge des entérobactéries décroît progressivement lorsqu'on passe de 0 h à 72 h de fermentation quel que soit le type de *mawè*. Ceci est conforme aux résultats de travaux précédents sur le *mawè*[12].

Tableau 6: Dénombrement des bactéries lactiques, des levures et moisissures et des entérobactéries (en LogCFU/g) dans le *mawè* témoin et le *mawè* fortifié au sulfate ferreux après différentes durées de fermentation.

Type de *mawè*	Bactéries lactiques (LogCFU/g)			Levures et moisissures (LogCFU/g)			Entérobactéries (LogCFU/g)		
	0h	12h	72h	0h	12h	72h	0h	12h	72h
Mawè témoin	6,6a	9,4a*	9,4a	6,1a	9,1a	9,1a	3,7a	2,6a	1,4a
Mawè fortifié	7,1a	10b	9,7a	6,2a	9,2a	9,3a	3,8a	2,7a	1,4a

Les valeurs de la même colonne portant des lettres différentes sont significativement différentes (P< 0,05).

L'apport de sel n'a pas d'effet significatif sur le pH du *mawè* fortifié: pour les deux types de *mawé*, on observe que de 0 à 24 h de fermentation, le pH diminue, mais qu'à partir de 24 h il ne change plus de manière significative jusqu'à 72 h (tableau 7).

Tableau 7: Comparaison de l'évolution du pH et de la teneur en phytates en fonction de la durée de fermentation dans le *mawè* témoin et le *mawè* fortifié au sulfate ferreux.

Durée de fermentation	PH		Teneur en phytates (g/100g bs)	
	Mawè témoin	*Mawè* fortifié au sulfate ferreux	*Mawè* témoin	*Mawè* fortifié au sulfate ferreux
0 heure	5,86 ± 0,07 (a)	5,77 ± 0,14 (a)	-	-
24 heures	3,76 ± 0,04 (b)	3,75 ± 0,07 (b)	0,35 ± 0,02 (a)	0,40± 0,03 (a)
48 heures	3,75 ± 0,01 (b)	3,71 ± 0,00 (b)	-	-
72 heures	3,64 ± 0,04 (b)	3,62 ± 0,06 (b)	0,35 ± 0,03 (a)	0,31 ± 0,00 (a)

(a et b): Les valeurs relatives à chaque caractéristique (pH ou teneur en phytates) et portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à 5%.

Teneur en fer du *mawè* fortifié

L'utilisation pour la fortification du prémix au fer réduit de type 40 ou du prémix au sulfate ferreux de type 540 se traduit par une teneur en fer de, respectivement, 7,9 et 9,0 mg/100g dans le *mawè* fortifié contre 3,0 mg/100g dans le *mawè* témoin (tableau 8). Ainsi, la consommation de 300 g de maïs (soit 234 g de *mawè* en base sèche) apporterait en moyenne à l'organisme 11,5 mg si on utilise le prémix au fer réduit et 14,04 mg de fer supplémentaire si on utilise le prémix au sulfate ferreux.

Tableau 8: Teneur en fer (mg / 100 g bs) des 3 types de *mawè.*

Durée de fermentation (h)	Types de *mawè*		
	Témoin	Fer réduit type 40	Sulfate de fer type 540
Mawè de 0h	3,0 ± 0,0 a	7,9 ± 0,0 b	9,0 ± 0,7 b
Mawè de 72h	-	-	8,7 ± 1,6 b
Mawè de 72h après lavage	-	-	9.0 ± 0,8 b

(a et b): les valeurs portant la même lettre ne sont pas significativement différentes à 5 %.

Evaluation des changements organoleptiques après fortification

Le sulfate ferreux, le gluconate de fer et le fumarate de fer n'entraînent pas de changement perceptible de couleur du *mawè* fortifié, à 24h ou à 72h, contrairement au NaFeEDTA dont le *mawè* a une couleur significativement différente après 72h de fermentation (tableau 9).

Tableau 9: Comparaison de la couleur du *mawè* témoin et des *mawè* fortifiés avec différents sels de fer.

	Témoin	Sulfate	Gluconate	Fumarate	NaFeEDTA
24 heures	0,0	0,05 ± 0,92	-0,2 ± 0,95	-0,5 ± 1,0	0,5 ± 1
72 heures	0,0	-0,1 ± 0,83	-0,2 ± 0,87	0,0 ± 0,89	1,24 ± 1,18
Moyenne	0 (a)	-0,03 (a)	-0,2 (a)	-0,25 (a)	0,87 (b)

(a et b): Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05).

De tous les types de *mawè*, celui au sulfate ferreux est le plus proche du témoin. En ce qui concerne l'odeur, les analyses statistiques révèlent une différence significative uniquement pour le type de sel de fer, mais non pour la durée de fermentation ou l'interaction des 2 facteurs (tableau 10).

Tableau 10: Comparaison de l'odeur du *mawè* témoin et des *mawè* fortifiés avec différents sels de fer.

	Témoin	Sulfate	Gluconate	Fumarate	NaFeEDTA
24 heures	0,0	0,19 ± 0,75	0,1 ± 0,72	0,1 ± 0,25	-0,25 ± 0,85
72 heures	0,0	0,05 ± 0,59	0,33 ± 0,73	-0,38 ± 0,74	-0,57 ± 0,68
Moyenne	0 (ab)	0,12 (ab)	0,22 (b)	-0,14 (ac)	-0,41 (c)

(a, b et c): Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05).

Le *mawè* témoin, le *mawè* fortifié au sulfate ferreux et celui fortifié au fumarate de fer ne sont pas significativement différents entre eux; Pour le goût (tableau 11), seul le *mawè* au NAFeEDTA possède une valeur différente du témoin et des autres. Par ailleurs, tous les dégustateurs ont signalé qu'à 72 h de fermentation, l'akassa fortifié obtenu confère une sensation d'acidité très élevée quel que soit le type de sel utilisé. En définitive, le sulfate ferreux est le sel qui préserve le mieux les caractéristiques organoleptiques du *mawè* fortifié et le rapproche donc du témoin.

Tableau 11: Comparaison du goût du *mawè* témoin et des *mawè* fortifiés avec différents sels de fer.

	Témoin	Sulfate	Gluconate	Fumarate	NaFeEDTA
24 heures	0,0	0,0 ± 0,77	0,1 ± 0,85	-0,25 ± 0,79	-0,55 ± 0,76
72 heures	0,0	0,19 ± 0,6	0,0 ± 0,55	-0,24 ± 0,83	-0,57 ± 0,6
Moyennes	0(a)	0,10 (a)	0,05 (a)	-0,25 (a)	-0,56 (b)

(a et b): Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05).

Le test de comparaison par paire organisé pour apprécier l'effet de l'utilisation du prémix à base de sulfate de fer type 540 sur les caractéristiques organoleptiques du *mawè* fortifié après 24 heures de fermentation confirme que l'utilisation de prémix à base de sulfate de fer ne modifie pas de manière perceptible les caractéristiques organoleptiques du *mawè*. Une conclusion similaire peut être faite en ce qui concerne le prémix à base de fer réduit (type 40), mais les valeurs obtenues pour la couleur et le goût sont à la limite du seuil de différence (résultats non présentés).

CONCLUSION

La variété de maïs la plus consommée dans la région d'étude (*Dogbo*) est le *gbogboué*. Parmi les formes de consommation du maïs rencontrées, le *mawè*, bien que n'occupant pas la première place, est connu et bien consommé. La fortification en fer de cet aliment et la vulgarisation du *mawè* fortifié sont susceptibles de contribuer significativement à l'amélioration du statut en fer des populations. La fortification peut se faire soit par l'utilisation de sels de fer soit par l'utilisation de prémix (mélange de fer et vitamines). Dans tous les cas, la forme de fer la plus appropriée pour la fortification du *mawè* est le sulfate ferreux.

RÉFÉRENCES

1. Maziya-Dixon B. Background paper on cereal grain. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture, 1998.
2. Hounhouigan DJ. Fermentation of maize *(Zea mays L.)* meal for *mawè* production in Bénin. Physical, chemical and microbiological aspects. PhD thesis. The Netherlands: Wageningen Agricultural University, 1994.
3. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. 8th ed. St Paul, Minnesota, USA: AACC, 1983.
4. Nout MJR, Rombouts FM, Havelaar A. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredient on some pathogenic microorganisms. Int J Food Microbiol 1989;8:351-61.
5. Makover R.U. Extraction and determination of phytic acid in beans (*Phaseolus vulgaris*). Cereal Chem 1970;47:288.
6. van Veldhoven, Maannaerts GP. Inorganic and organic phosphate measurements in the nanomolar range. Anal Biochem 1987;161:45.
7. Zeder C. Détermination de la teneur en acide phytique des aliments. Suisse: Laboratoire de Nutrition Humaine, ETH- Zürich, 1998.
8. Osborne DR, Voogt P. The Analysis of Nutrients in Foods. London: Academic Press , 1978:151-3.
9. AIC Canada. Product information. Flour service division. Ontario, 2003.
10. Anonyme. Recommended dietary allowance. USA: National Academy of Sciences, 1997.
11. Bainbridge Z, Tomlins K, Wellings K, Westby A. Methods for assessing quality characteristics of non-grain starch staples. Part 4, Advanced Methods. Chatman, Uk: Natural Resources Institute, 1996:43-78.
12. Hounhouigan DJ, Nout MJR, Nago CM, Houben JH, Rombouts FM. Microbiological changes in *mawè* during natural fermentation. World J Microbiol Biotechnol 1994;10(4):410-3.
13. FAO. Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. Rome: FAO, 1970.
14. Hotz C, Gibson RS. Assessment of home-based processing methods to reduce the phytate content and phytate/zinc molar ratio of white maize (*Zea mays*). J Agric Food Chem 2001;49:692-8.

Enrichissement protéique de l'*attiéké* (semoule à base de manioc): comparaison de deux sources protéiques, *Saccharomyces cerevisiae* et *Voandzeia subterranea* (pois de terre)

Essia Ngang Jean-Justin[1,3]*, Kouebou Christiant P[2], Djoulde Darman Roger[3]

[1] Laboratoire de Microbiologie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé B.P. 79 Yaoundé, Cameroun.
[2] Unité de Recherche en Technologie Agro-Alimentaire, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Station polyvalente de Garoua, B.P. 415 Garoua, Cameroun.
[3] Laboratoire de Microbiologie, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, B.P. 455 Ngaoundéré, Cameroun.

*Auteur correspondant: essia_ngang@yahoo.fr

- Résumé -

Principale source d'énergie des populations de l'Afrique subsaharienne, le manioc est consommé sous différentes formes parmi lesquelles l'*attiéké* qui fait de plus en plus partie des habitudes alimentaires des populations d'Afrique occidentale et centrale.
Les racines de manioc étant caractérisées par leur faible teneur en protéines, la recherche de nouvelles sources protéiques reste l'une des alternatives de lutte contre la malnutrition protéino-énergétique en Afrique. C'est dans cette perspective qu'une étude de l'amélioration de la valeur protéique de l'*attiéké* a été entreprise par substitution partielle du manioc par une source protéique d'origine végétale ou microbienne.
Pour ce faire, les racines de manioc épluchées, lavées, râpées et pressées sont mélangées à une partie de pois ou de levures avant roulage. Les taux de substitution de manioc par chaque source protéique sont respectivement de 0, 5, 10, 15, 20 et 25%. Les produits obtenus sont évalués pour leurs qualités organoleptiques dont la couleur, l'odeur, le goût et l'acceptabilité générale. Ceux-ci sont ensuite séchés à l'étuve à 50°C et analysés pour leur composition chimique (teneur en protéines, cendres) et leurs propriétés fonctionnelles (solubilité des protéines, absorption d'eau et gonflement). Jusqu'à 10% du taux de substitution des deux sources protéiques, les produits sont bien acceptés et aucune différence significative des qualités sensorielles n'est observée par rapport au témoin. Au-delà de cette valeur, les produits enrichis de levures sont peu appréciés notamment pour leur couleur et leur odeur. Cette moins bonne appréciation n'est observée qu'à partir de 20% de substitution pour les produits enrichis en pois, et ceci pour leur goût. Les produits les mieux appréciés sont ceux obtenus par substitution de 15% de pois de terre et 10% de levures.
Pour des taux de substitution de manioc variant de 0 à 25%, les résultats d'analyses chimiques ont montré une augmentation de la teneur protéique de 2,3 à 10,5% avec *Voandzeia subterranea* et de 2,3 à 11,5 % avec les levures. Une amélioration de la teneur en cendres et des propriétés fonctionnelles a également été observée en fonction de la richesse du produit en protéines. Les résultats sont dans les deux cas meilleurs avec les levures qu'avec le pois de terre.

Mots-clés: Manioc – Qualité nutritionnelle – Protéines – *Saccharomyces cerevisiae* – *Voandzeia subterranea.*

- Abstract -

Protein enrichment of *attiéké* (cassava-based semolina): comparison of two protein sources, *Saccharomyces cerevisiae* and *Voandzeia subterranea* (bambara groundnut)

Cassava is the main energy source of many populations in sub-Saharan Africa. It is consumed under different forms among which, *attiéké*, a couscous, which is more and more a part of West and central Africa populations' food habits. The cassava roots are characterised by their low protein content. So research of new protein sources remains one of the alternatives to fight against energy protein malnutrition, which is widespread in Africa.

That is why a study on the improvement of *attiéké* protein value has been carried out by substituting partially cassava by vegetable or microbial protein sources. For such purpose, the cassava roots are peeled, washed, grated and pressed, then mixed with a part of Bambara groundnuts or yeasts before the rolling. The rates of cassava substitution by each protein source are respectively 0.5, 10, 15, 20 and 25%. The obtained products are assessed for their organoleptic qualities (i.e., colour, odour, taste, and general acceptability). These ones are then oven dried at 50°C and analysed for their chemical composition (protein and ash contents) and their functional properties (protein solubility, water absorption and swelling). Up to 10% of substitution rate for the two protein sources, the products are well accepted and no significant difference of sensorial qualities is observed compared to the control. Beyond this value the yeast-enriched products are poorly appreciated in particular because of their colour and odour. The poor appreciation is observed only from 20% of substitution for the Bambara groundnut-enriched products because of the taste. The most appreciated products are those, which are obtained by substituting 15% Bambara groundnuts and 10% yeasts to cassava.

From 0 to 25% of cassava roots substitution, chemical analyses have shown an increase of protein content from 2.3 to 10.5% with *Voandzeia subterranea* and from 2.3 to 11.5% with yeasts. Improvement of ash content and functional properties has also been observed according to the protein content of the product. In these two cases the results are better with yeasts than Bambara groundnuts.

Key words: Cassava – Nutritional quality – Protein – *Saccharomyces cerevisiae* – *Voandzeia subterranean.*

———————————

INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) constitue l'une des principales sources d'énergie pour des millions de populations africaines. La disponibilité de cette racine tout au long de l'année, en fait un des aliments les plus impliqués dans la recherche de la sécurité alimentaire en Afrique. Seulement le manioc présente trois inconvénients majeurs: la toxicité liée à la présence des composés cyanogénétiques et responsables de troubles neurologiques et métaboliques[1,2]; la courte durée de conservation entraînant d'énormes pertes post-récolte; la faible teneur en protéines contribuant à la malnutrition protéino-énergétique surtout dans les régions où le manioc représente plus de 60% de l'apport énergétique journalier[3,4]. Les populations ont développé diverses techniques de transformation artisanales (rouissage, trempage, séchage, grillage…) pour réduire la toxicité et conserver le manioc[5,6]. Les dérivés fermentés sont parmi les produits courant issus du manioc, les plus connus étant le *fufu*, le *gari*, la *chikwangue*[7]. Il existe également des préparations à base de racines fraîches notamment l'*attiéké*, une semoule très appréciée par les populations d'Afrique occidentale et centrale. Si les deux premières contraintes ci-dessus citées ont pu trouver des solutions par l'expérience des paysans, celle liée à la valeur protéique reste une préoccupation majeure vu la persistance et l'accroissement de la malnutrition protéino-énergétique sur le continent; d'où l'objectif de ce travail qui vise à rechercher de nouvelles sources protéiques.

Parmi les différentes sources protéiques connues, les légumineuses et les microorganismes ont fait l'objet de nombreux de travaux d'enrichissement du manioc; le soja, les champignons et lactobacilles occupant une place de choix[8,9,10]. Peu de travaux ont été réalisés sur l'amélioration des propriétés nutritives de l'*attiéké* et peu d'intérêts ont été portés sur le pois de terre (*Voandzeia subterranea*), légumineuse pourtant dotée par sa composition d'un fort potentiel d'utilisation en tant que supplément nutritif en alimentation humaine[11,12]. Cette source protéique végétale mérite ainsi d'être valorisée. Dans le présent travail, elle est comparée à une source protéique microbienne; *Sacharomyces cerevisiae*, connue pour la qualité de ses acides aminés et testée sur d'autres dérivés du manioc[13,14].

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel biologique

Les racines de manioc (variété locale douce) et les grains secs de pois de terre achetés sur le marché de Ngaoundéré (nord-Cameroun) sont respectivement conservés au réfrigérateur et stockés à la température ambiante du laboratoire. La levure utilisée est une souche de *Saccharomyces cerevisiae* conservée à 4°C sur gélose Sabouraud au chloramphénicol.

Production de la biomasse levurienne

Les colonies de levure sur gélose Sabouraud sont repiquées sur bouillon Sabouraud pendant 24h et le culot est repris dans une solution stérile de NaCl à 9g/l. La biomasse microbienne est ensuite produite en réacteur pendant 24 à 36h par propagation des cellules dans une solution stérile de mélasse de canne à sucre à 2%. En fin de culture, les levures sont récupérées par centrifugation du milieu à 4000trs/min pendant 20 min (centrifugeuse Bioblock Scientifique, France). La biomasse obtenue est lavée trois fois à l'HCl 0,1N et conservée à 4°C.

Production de la pâte de pois de terre

Les pois de terre sont triés puis trempés pendant 5 heures (eau du robinet, 1/3, m/v) afin de faciliter le dépelliculage. Les pois dépelliculés sont étuvés pendant 1 heure à 40°C (étuve Memmert, Allemagne) pour une élimination partielle d'eau puis broyés (broyeur Moulinex; France) et la pâte obtenue conservée au réfrigérateur.

Production d'*attiéké* enrichi en levures et pois de terre

Les racines de manioc frais sont épluchées à l'aide d'un couteau puis lavées à l'eau du robinet. Les racines sont ensuite râpées (râpeuse artisanale) et la pulpe obtenue est pressée (presse à vis MC 2000 AUF 1:7 conçue à l'ENSAI). Le «gâteau» de presse obtenu est scindé en deux lots destinés respectivement aux essais avec les levure et pois de terre. Après substitution du manioc à 0, 5, 10, 15, 20 et 25% m/m, les *attiéké* sont produits par roulage puis cuisson à la vapeur (figure1).

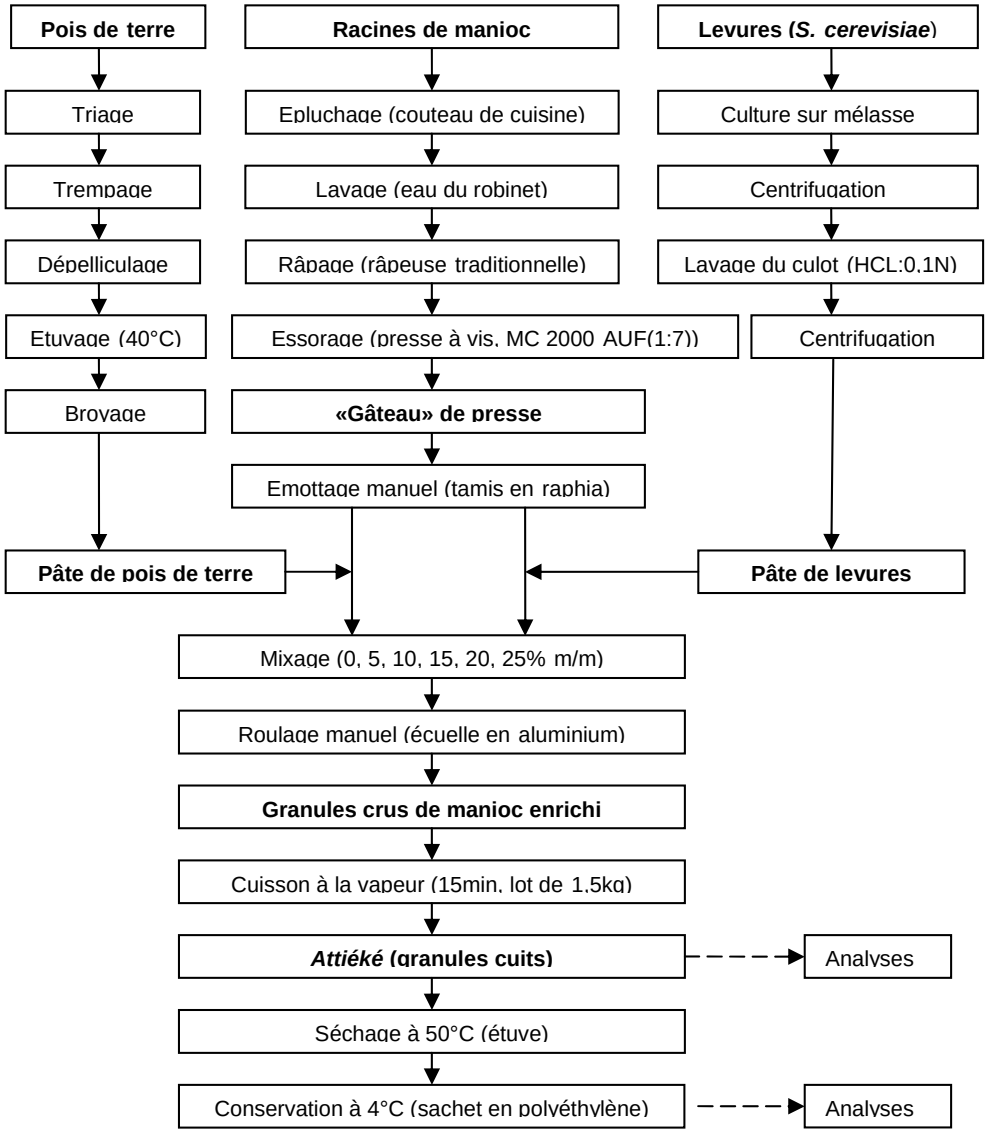


Figure 1: Diagramme général de production d'*attiéké* enrichis aux levures et pois de terre.

Analyse des propriétés physico-chimiques

La teneur en eau des produits est mesurée après dessiccation à 105°C pendant 24h. La teneur en protéines totales est mesurée par spectrophotométrie[15]. Les cendres sont déterminées après incinération à 550°C.

Analyse des propriétés fonctionnelles

La capacité de rétention d'eau est évaluée après centrifugation à 2500trs/min de 1g de produit broyé (broyeur Moulinex, France) et mixé à 5ml d'eau distillée[16]. L'indice de solubilité des protéines à l'eau est donné par le rapport entre la teneur des protéines solubles et celle des protéines totales[17]. Les indices de gonflement des produits dans l'eau distillée froide (25°C) et chaude (85°C) sont évalués selon Okezie et Bello[18].

Analyse sensorielle

Un panel de 20 juges constitués d'enseignants et étudiants de l'ENSAI ayant une expérience de l'évaluation sensorielle est utilisé pour l'analyse. Les échantillons d'*attiéké* cuits (25g), refroidis et codifiés sont servis aux panélistes sans ingrédient additionnel. Les critères de couleur, odeur, goût et acceptabilité générale sont évalués sur une échelle hédonique à 6 points (6 = adore, 1 = déteste).

Analyse statistique

Les opérations sont répétées trois fois, les résultats ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA). Le test de comparaison de Duncan a été appliqué lorsqu'une différence significative ($P<0,05$) entre les produits a été révélée à travers le logiciel SPSS[19].

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Composition physico-chimique des *attiéké*

Le tableau 1 présente la composition physico-chimique des *attiéké*. L'addition de levures ou pois de terre s'accompagne d'une augmentation des teneurs en eau, protéines et cendres respectivement de 2,3 à 11,45%; 6,13 à 10,73% et 1,43 à 2,34%. La hausse de teneur en protéines obtenue en présence de levures est comparable à celle obtenue lors de l'enrichissement protéique du manioc par la fermentation fongique[20]. La valeur protéique maximale obtenue dans la présente étude (11,47%) reste néanmoins inférieure à celle de 19% obtenue par Zvauya et Muzondo[10]. Ceci s'expliquerait par la prolifération de levures dans le produit durant les travaux effectués par ces auteurs. Le résultat obtenu avec le pois est également comparable à celui obtenu par Numfor et Noubi[9] décrivant une hausse de 7% de protéines après substitution du manioc à 10% par la farine de soja. Malgré des hausses de plus de 200% de la valeur protéique initiale, de meilleurs résultats sont observés avec les microorganismes qu'avec les pois. Ceci s'expliquerait par la forte teneur protéique des cellules microbiennes comparativement à celle des légumineuses; respectivement 50 et 21% de protéines par rapport au poids sec[21]. L'origine du supplément protéique ne semble pas influencer les teneurs en cendres et en eau des produits, aucune différence n'étant observée entre les produits aux levures et pois pour ces deux paramètres. L'augmentation de la teneur en eau consécutive à la hausse du taux de substitution serait probablement due aux propriétés d'hydratation des protéines[21]. L'augmentation des cendres en présence de levures est comparable à celle décrite par Tatsadjeu *et al*.[22] lors de l'enrichissement protéique des farines de manioc et maïs par *Saccharomyces cerevisiae*.

Tableau 1: Composition physico-chimique des échantillons d'*attiéké (g/100g MS)*[1].

Substitution (%)	Teneur en eau		Teneur en protéines		Teneur en cendres	
	Attiéké aux levures	*Attiéké* aux pois	*Attiéké* aux levures	*Attiéké* aux pois	*Attiéké* aux levures	*Attiéké* aux pois
0	6,16 (0,19)^{e}	6,17 (0,11)^{e}	2,31 (0,19)^{f}	2,31 (0,19)^{f}	1,44 (0,17)^{c}	1,43 (0,17)^{c}
5	7,93 (0,15)^{d}	6,65 (0,47)^{d}	6,33 (0,41)^{e}	5,85 (0,13)^{e}	1,47 (0,28)^{c}	1,67 (0,14)^{b}
10	8,56 (0,18)^{cd}	8,69 (0,25)^{c}	7,76 (0,25)^{d}	7,46 (0,30)^{d}	1,49 (0,14)^{c}	1,85 (0,11)^{b}
15	8,97 (0,11)^{bc}	9,34 (0,32)^{b}	9,22 (0,19)^{c}	9,03 (0,15)^{c}	1,77 (0,11)^{b}	2,46 (0,09)^{a}
20	9,52 (0,32)^{b}	9,46 (0,19)^{b}	10,35 (0,39)^{b}	9,45 (0,24)^{b}	2,32 (0,20)^{a}	2,46 (0,11)^{a}
25	10,65 (0,83)^{a}	10,73 (0,25)^{a}	11,45 (0,16)^{a}	10,53 (0,14)^{a}	2,32 (0,19)^{a}	2,34 (0,11)^{a}

[1] *Moyenne (écart-type) de trois répétitions; abcdef: les moyennes des colonnes suivies de lettres différentes présentent une différence significative (P<0,05) d'après le test de comparaison multiple de Duncan.*

Propriétés fonctionnelles des *attiéké*

La figure 2 présente la variation des capacités de rétention d'eau (CRE) et des indices de solubilité des protéines (ISP) des produits. L'augmentation des ISP est proportionnelle au taux de substitution, aucune différence n'est cependant observée entre les CRE des produits contenant aussi bien les levures que les pois à moins de 25% de substitution.

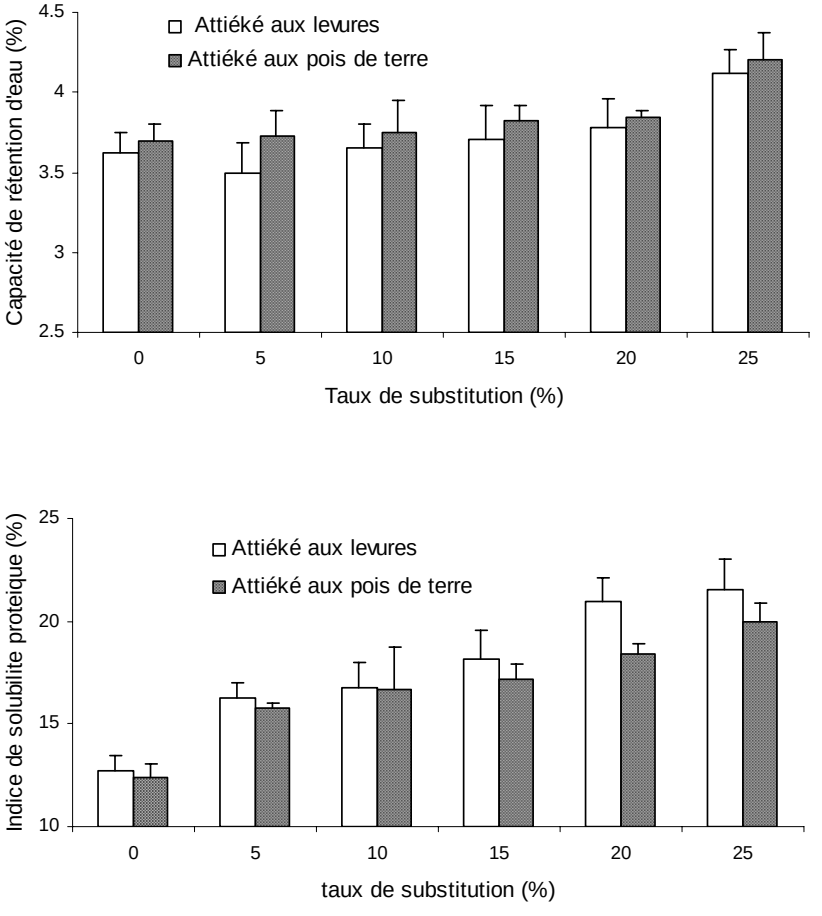


Figure 2: Capacité de rétention d'eau et indice de solubilité des différents *attiéké.*

Les variations des indices de gonflement à froid (IG-25°C) et chaud (IG-85°C) représentées dans la figure 3 montrent également une augmentation de ces paramètres proportionnellement au taux de substitution. Les IG-25°C présentent des valeurs inférieures aux IG-85°C quel que soit le niveau de substitution. A froid, l'augmentation des IG-25°C s'expliquerait par une augmentation du nombre de liaisons polaires capables de fixer les molécules d'eau consécutif à l'accroissement du taux de protéines[21]. Les faibles valeurs des IG-25°C en présence de pois par rapport aux levures semblent renforcer cette hypothèse étant donné les moindres teneurs en protéines des *attiéké* contenant le pois de terre. En milieu aqueux à chaud, les fortes valeurs des IG-85°C seraient dues à une meilleure hydratation de l'amidon gélatinisé sous l'effet de la température; le gonflement des granules d'amidons dépendant du degré d'humidité, de la température et de la nature du substrat[23,24,25].

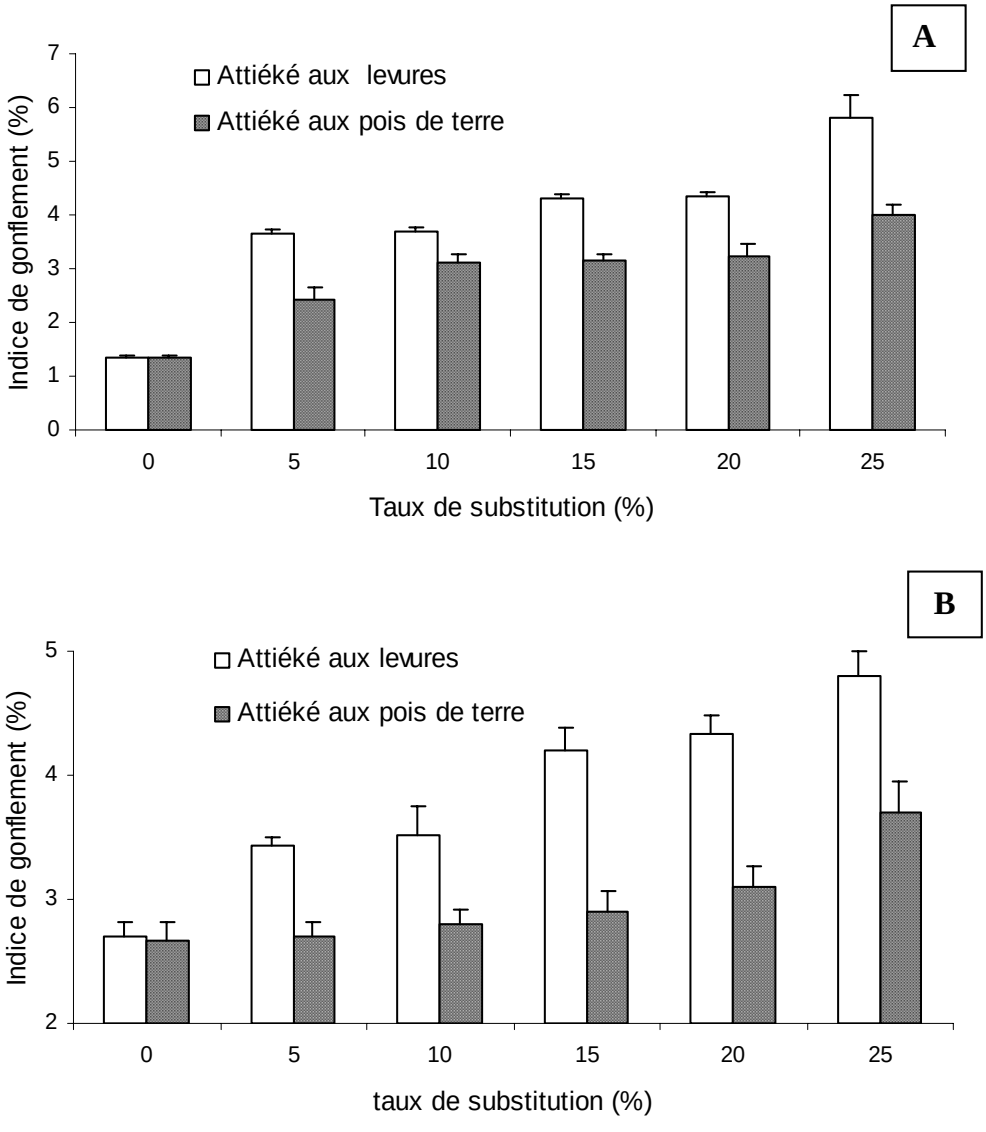


Figure 3: Indices de gonflement à l'eau froide (A) et chaude (B) des différents *attiéké.*

Qualité organoleptique des *attiéké* produits

Les résultats de l'appréciation de la qualité organoleptique des *attiéké* présentés dans le tableau 2 montrent que les produits enrichis aux protéines de levure sont globalement bien appréciés jusqu'à 10% de substitution, leurs couleur, goût et odeur étant comparables au témoin. Au-delà de ce degré de substitution, la couleur et le goût semblent moins attrayants. Pour les produits enrichis aux pois, aucune différence de couleur n'est observée entre les taux de substitution. Par contre l'odeur et le goût sont moins appréciés à partir de 20 % de substitution. Ces *attiéké* enrichis par le pois de terre sont globalement bien acceptés jusqu'à 15% de substitution.

Tableau 2: Notes attribuées par les panélistes aux échantillons d'*attiéké*[1].

Substi-tution (%)	Couleur		Odeur		Goût		Acceptabilité générale	
	Attiéké aux levures	*Attiéké* aux pois	*Attiéké* aux levures	*Attiéké* aux pois	*Attiéké* aux levures	*Attiéké* aux pois	*Attiéké* aux levures	*Attiéké* aux pois
0	4,4 (0,54)^{a}	4,4 (0,54)^{a}	4,8 (0,44)^{a}	4,8 (0,44)^{a}	4,2 (0,44)^{a}	4,2 (0,44)^{a}	5,0 (0,70)^{a}	5,0 (0,70)^{a}
5	4,2 (0,83)^{a}	4,6 (0,54)^{a}	5,0 (0,70)^{a}	4,6 (0,54)^{a}	4,6 (0,54)^{a}	4,0 (0,70)^{a}	4,6 (0,54)^{a}	5,0 (0,70)^{a}
10	4,2 (0,83)^{a}	4,4 (0,54)^{a}	4,8 (0,44)^{a}	4,6 (0,54)^{a}	4,4 (0,54)^{a}	4,2 (0,44)^{a}	4,8 (0,44)^{a}	4,6 (0,54)^{a}
15	3,4 (0,54)^{ab}	4,6 (0,54)^{a}	2,8 (0,44)^{b}	4,0 (0,70)^{b}	2,8 (0,44)^{b}	4,0 (0,70)^{a}	2,8 (0,44)^{b}	4,8 (0,44)^{a}
20	3,4 (0,54)^{ab}	4,2 (0,83)^{a}	2,0 (0,70)^{b}	3,0 (1,00)^{bc}	2,2 (0,44)^{b}	2,8 (0,44)^{bc}	2,4 (0,89)^{bc}	3,2 (0,83)^{b}
25	2,8 (0,44)^{b}	4,4 (0,54)^{a}	1,8 (0,44)^{b}	2,0 (0,70)^{c}	1,2 (0,44)^{c}	2,0 (0,70)^{c}	1,6 (0,54)^{c}	2,4 (0,54)^{c}

[1] *Moyenne (écart-type) de trois répétitions; abcd, les moyennes des colonnes suivies de lettres différentes présentent une différence significative (P<0,05) d'après le test de comparaison multiple de Duncan.*

CONCLUSION

La présente étude montre la possibilité d'améliorer la valeur nutritive de l'*attiéké* dont les quantités de production sont appelées à augmenter en raison de la poussée démographique sur le continent qui entraîne une augmentation de la consommation alimentaire. Bien que l'enrichissement par la levure ait montré une meilleure hausse de la valeur protéique des *attiéké*, ces produits sont moins appréciés au-delà de 10% de substitution pour leurs propriétés organoleptiques. La bonne acceptabilité des produits obtenus avec 15% de substitution du manioc par le pois de terre soit 8,9% de protéines, confirme le potentiel du pois de terre en tant que supplément nutritionnel pour les zones rurales subsahariennes notamment celles à forte prévalence de malnutrition protéine-énergétique. L'évaluation des propriétés hygiéniques et nutritionnelles des produits obtenus (facteurs antinutritifs, acides aminés et minéraux essentiels, vitamines, biodisponibilité des nutriments) reste néanmoins à déterminer afin de satisfaire les attentes des consommateurs et prescriptions des nutritionnistes.

RÉFÉRENCES

1. Mlingi NLV, Assey V, Swai A, Mc Larty D, Karle H, Rosling H. Determinants of cyanide exposure from cassava in kunzo-affected population in northern Tanzania. J Food Sci Nutr 1993;44:137-44.

2. Tylkester T, Banea M, Bikangi N, Poulter N, Cooke R, Rosling H. Cassava cyanogens and konzo, an upper motor neutron disease found in Africa. Lancet 1992;339:208-11.

3. Diasolua Ngudi D, Kuo YH, Lambein F. Food safety and amino acid balance in processed cassava "Cossettes". J Agric Food Chem 2002;50:3042-9.

4. Oyewole O, Aibor A. Fermentation of cassava with cowpea and soya bean for enriched *fufu*. Trop Sci 1992;33:129-33.

5. Amoa-Awua WKA, Appoh FE, Jokobsen M. Lactic acid fermentation of cassava into agbelima. Int J Food Microbial 1996;31:87-98.

6. Longue OG. Effect of processing on the chemical composition and energy value of cassava. Nutr Rep Int 1980;21:819-28.

7. Ofuya CO, Nnajifor C. Development and evaluation of a starter culture for the industrial production of gari. J Appl Bacteriol 1989;66:37-42.

8. Edem DO, Ayatse JOI, Itam EH. Effect of soy protein supplementation on the nutritive value of gari (farina) from *Manihot esculenta*. Food Chem 2001;75:57-62.

9. Numfor FA, Noubi L. Effect of full fat soya bean flour on the quality and acceptability of fermented cassava flour. Food Nutr Bull 1995;16:241-4.

10. Zvauya R, Muzondo MI. Protein enrichment of cassava by solid state fermentation. Chem Mikrobiol Technol Lebensm 1993;15:171-4.

11. Onimawo IA, Momoh AH, Usman A. Proximate composition and functional properties of four cultivars of bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*). Plant Foods Hum Nutr 1999;53:153-8.

12. Baudoin JP, Mergeai G. Voandzou (*Vigna subterranea* L. Verd). In: Raemaekers RH, ed. Agriculture en Afrique tropicale, Tome 1: Les cultures en Afrique tropicale, légumineuses à graines. Bruxelles: DGCI, 2001:397-401.

13. Antai SP. Enrichment of nutrient quality of cassava (*Manihot esculenta*) with microbial proteins. Plant Foods Hum Nutr 1990;40:289-96.

14. Jespersen L. Occurrence and taxonomic characteristics of strains of *Saccharomyces cerevisiae* predominant in African indigenous fermented foods and beverages. FEMS Yeast Res 2003;3:191-200.

15. Devani MB, Shishoo I, Shah SA, Suhagia BN. Spectrophotometric for the microdetermination of nitrogen in Kjedahl digest. J Assoc Offic Anal Chem 1989;72:953-56.

16. Beuchat LR. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour. J Agric Food Chem 1977;25:258-61.

17. Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF, Griffin EL. Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. Cereal Sci Today 1969;14:372-80.

18. Okezie Onuma B, Bello AB. Physico-chemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. J Food Sci 1988;53:450-4.

19. SPSS. SPSS for windows. Chicago: SPSS Inc, 1993.

20. Billard P. Fermentation lactique d'un amidon de manioc enrichi en protéines de levure: application à la conception de nouvelles boissons à caractère nutritionnel, compléments alimentaires pour les pays en voie de développement. Thèse de microbiologie. Grignon, France: INAPG, 1997.

21. Cheftel JC, Cuq JL, Lorient D. Protéines alimentaires: Biochimie-Propriétés Fonctionnelles–Valeur nutritionnelle-Modifications chimiques. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 1985.

22. Tatsadjeu NL, Essia Ngang JJ, Etoa FX, Mbofung CMF. Enrichissement des farines de manioc et de maïs par les protéines d'organismes unicellulaire: effets

sur les propriétés physico-chimiques et biochimiques. Cameroon: Biosciences proceedings, 1999;5:394-9.

23. Moorthy SN, Rickard J, Blanshard JMV. Influence of gelatinization characteristics of cassava starch and flour on the textural properties of some food products. In: Dufour D, O'Brien GM, Rupert Best, eds. Cassava flour and starch: Progress in research and developement. Cali: CIAT publication, 1996:151-5.
24. Padmaja G, Balagopalan C, Moorthy SN, Potty VP. *Yuca Rava* and *Yuca* porridge: the functional properties and quality of two novel cassava food. In: Dufour D, O'Brien GM, Rupert Best, eds. Cassava flour and starch: Progress in research and development. Cali: CIAT publication, 1996:323-30.
25. Njintang YN, Mbofung CMF. Kinetics of starch gelatinisation and mass transfer during cooking of taro (*Colocassia esculenta*) slices. Starch 2003;55:170-6.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Effet du blanchiment mécanique sur la qualité technologique, culinaire et nutritionnelle du fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest

Fliedel[1]* Geneviève, Ouattara[1] Maïmouna, Grabulos[1] Joël, Dramé[2] Djibril, Cruz[1] Jean-François

[1] CIRAD-CA, Programme Cultures Alimentaires, Equipe Qualité des Produits commercialisés, TA 70/16, 73 Avenue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France.
[2] IER, Laboratoire de Technologie Alimentaire, BP 258, Bamako, Mali.

*Auteur correspondant: *genevieve.fliedel@cirad.fr*

- Résumé -

Le fonio, céréale à grains minuscules et vêtus, est encore de nos jours transformé traditionnellement et consommé le plus souvent sous forme de couscous accompagné d'une sauce. Les critères de qualité recherchés par les consommateurs sont la blancheur du grain, le gonflement et la consistance moelleuse. La mécanisation des opérations post-récolte, notamment le décorticage-blanchiment, peut entraîner des différences de qualités technologique, culinaire et nutritionnelle du fonio blanchi.
Dans le cadre d'un projet financé par le Common Fund for Commodities (CFC) en Guinée, au Mali et au Burkina Faso, l'effet du blanchiment mécanique sur la qualité du blanchiment et le comportement à la cuisson du fonio cuit, a été étudié et comparé à un blanchiment traditionnel au pilon. Plusieurs protocoles d'analyse de la qualité ont été développés au niveau du laboratoire.
Le décortiqueur GMBF, développé dans le cadre du projet, dégerme le grain aussi bien que le pilon: la teneur en lipides du fonio blanchi est respectivement de 1 % m.s. et 0,9 % m.s. Le taux de brisures est même plus faible (0,3 % au GMBF au lieu de 1,9 %). Le taux de gonflement des grains après cuisson est plus élevé après blanchiment au GMBF ou au pilon (182 et 173 g d'eau pour 100 g de fonio cuit b.s.) avec une consistance plus moelleuse (forces d'extrusion plus basses: 38,8 et 42,5 kgf) que pour un produit issu d'un décortiqueur de type abrasif (137 g d'eau pour 100 g et 52 kgf). Le décortiqueur GMBF permet de décortiquer et blanchir le fonio avec des caractéristiques physico-chimiques et culinaires du grain proches de celles du fonio blanchi traditionnellement, ce qui n'est pas le cas d'autres décortiqueurs présents sur le marché.
La valeur nutritionnelle du fonio blanchi est proche de celle d'un riz blanc avec toutefois une teneur plus élevée en soufre et en zinc, même après lavage des grains et élimination totale du sable.
A taux de blanchiment équivalents, des différences de qualité technologique et culinaire ont pu être relevées entre les variétés. La variété Siragué, en provenance de Guinée, qui est l'une des plus appréciées par les consommateurs, se détache des autres avec une capacité de gonflement plus élevée et une consistance plus moelleuse.

Mots-clés: Céréale – Fonio – Qualité technologique – Qualité culinaire – Valeur nutritionnelle.

- Abstract -

Effect of mechanical milling on technological properties, cooking quality and nutritional value of fonio, a West African cereal

Fonio, a cereal from West Africa with tiny and paddy grains, is still nowadays traditionally processed and most often consumed as a couscous accompanied with a sauce. Quality criteria requested by consumers are whiteness, swelling power and soft consistency of cooked grain. The mechanisation of post-harvest operations, mainly dehusking and milling, may induce differences in technological, cooking and nutritional qualities of milled fonio.

During a project funded by CFC (Common Funds for Commodities) in Guinea, Mali and Burkina Faso, we have studied the effect of the mechanical dehulling on milling and cooking properties of fonio, compared to the traditional pounding. Several analytical procedures were developed at the laboratory level on fonio quality.

The GMBF dehuller, developed during the project, removes the germ as well as by pounding: lipid content of milled fonio is respectively of 1% d.b. and 0.9% d.b. Percentage of brokens is lower (0.3% with GMBF and 1.9%). Swelling power of cooked grains is higher when fonio is milled traditionally and by using GMBF (173 and 182 g of water for 100 g of cooked fonio d.b.) with a softer consistency (lower extrusion forces: 42.5 and 38.8 kgf) than for a product milled with an abrasive dehuller (137 g of water for 100 g d.b. and 52 kgf). GMBF can dehusk and mill fonio with physicochemical and cooking grain characteristics similar to those of a traditionally milled fonio.

Nutritive value of milled fonio is closed to that of milled rice with however a higher content of sulphur and zinc even after washing the grain and removing all the sand.

Differences of technological and cooking qualities were noticed among the varieties analysed, with an equivalent whiteness. The variety Sirague from Guinea, which is one of the most liked by consumers, is far from the others with a higher swelling power and a softer consistency.

Key words: Cereal – Fonio – Technological properties – Cooking quality – Nutritional value.

INTRODUCTION

Le fonio, *Digitaria exilis*, aussi connu sous les noms de acha ou hungry rice, est une des plus petites céréales, considérée comme une céréale mineure, appartenant à l'une des 7 espèces de mil. Cultivé dans l'Ouest africain depuis des temps anciens, sa précocité couplée à sa rusticité en fait une culture de soudure par excellence[1,2,3]. Son aire de culture se situe entre les 8ème et 14ème parallèles nord, du Sénégal au Lac Tchad[1]. Les principaux pays producteurs sont: la Guinée, le Nigeria, le Mali, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire. Aujourd'hui délaissé au profit des autres céréales locales, il doit son abandon à une pénibilité de transformation et de préparation lente et laborieuse, due à la taille minuscule de ses grains. Il véhicule pourtant une connotation valorisante de céréale prisée et rare puisque les plats culinaires dérivés sont très recherchés et appréciés.

Compte tenu de l'intérêt porté au fonio, de sa trop longue durée de préparation et du besoin d'un produit prêt à l'emploi en milieu urbain, des initiatives de mise en place d'unités de production semi-artisanale peu mécanisée ont émergé depuis peu. Parallèlement, des initiatives de conceptions de petits équipements (essentiellement pour le décorticage) ont vu le jour. Par contre, les quelques essais de semi-industrialisation des opérations de décorticage et de pré-cuisson se sont révélés infructueux.

Dans le cadre de la promotion des céréales en Afrique de l'Ouest, le Common Fund for Commodities (CFC) a financé des travaux portant sur l'amélioration des technologies post-récolte du fonio. Ce projet régional, qui a démarré en 1999, est supervisé par la FAO et regroupe les Instituts de Recherche nationaux du Mali (IER), de la Guinée (IRAG) du Burkina Faso (IRSAT) et le CIRAD, qui en est le maître d'œuvre. L'objectif principal de ce projet est de mécaniser toutes les étapes de la transformation du fonio afin:

- de réduire la pénibilité du travail des femmes;
- d'améliorer la qualité du produit fini pour le rendre plus compétitif;
- d'accroître l'offre en produits transformés sur les marchés locaux et à l'exportation;
- de diminuer les coûts de transformation.

Pour atteindre ces objectifs quatre équipes de chercheurs ont été impliquées au CIRAD et dans les trois pays concernés:

- des machinistes pour mettre au point des équipements adaptés aux besoins des petites entreprises ou des groupements villageois;
- des technologues pour étudier la qualité des produits issus des machines;
- des socio-économistes pour réaliser les enquêtes de consommation et des études de marché afin de promouvoir cette céréale;
- des sélectionneurs pour cataloguer les principales variétés.

Objectif de l'étude

Selon les enquêtes de consommation réalisées, les premiers critères de qualité portent sur la blancheur, l'absence de sable, le gonflement à la cuisson et la consistance moelleuse du grain. Il est essentiel que le produit issu des techniques modernes ait au moins les mêmes qualités technologiques, organoleptiques et nutritionnelles que le fonio existant sur les marchés locaux.
L'objectif de cette étude est donc de:

- comparer le blanchiment mécanique et le blanchiment traditionnel du fonio au point de vue qualité du blanchiment, comportement à la cuisson et valeur nutritionnelle;

- caractériser les principales variétés dans chacun des trois pays du projet afin d'identifier la ou les variétés présentant des caractéristiques technologiques et nutritionnelles plus intéressantes que les autres en vue d'une transformation mécanique à l'échelle artisanale.

Démarche suivie

La démarche suivie par les technologues a été la suivante:
- mieux connaître la céréale fonio;
- étudier les technologies traditionnelles de transformation;
- mettre au point des protocoles d'analyse de la qualité des produits;
- analyser la qualité technologique et culinaire des fonios blanchis traditionnellement et des fonios issus des machines;
- déterminer la composition et la valeur nutritionnelle du fonio décortiqué et du fonio blanchi par rapport aux autres céréales (mil, sorgho, maïs, riz);
- identifier les variétés aux caractéristiques technologiques intéressantes.

Morphologie du grain

Le fonio, monocotylédone glumacée de la famille des graminées, genre *Digitaria,* est une céréale vêtue dont le caryopse après battage reste entouré de glumes et de glumelles (balles). Le grain paddy est ovoïde, de très petite taille: 1,5 mm de longueur, 0,9 mm de largeur et le poids de 1000 grains est en moyenne de 0,5 g. Les balles représentent 20-25 % du poids du grain. Le caryopse (grain décortiqué) mesure 1 mm de long et 0,7 mm de large; il est recouvert d'un péricarpe brillant, de couleur claire (jaune) ou foncée (brun) selon les variétés et possède un germe relativement gros et enchâssé. Lors du blanchiment, les parties périphériques du grain sont éliminées (le péricarpe, tout ou partie du germe et très certainement la partie extérieure de l'albumen).

Des études histologiques ont montré que le grain de fonio, comme celui de toutes les autres céréales, possède un germe qui contient l'essentiel des réserves lipidiques et un albumen riche en réserves amylacées, les protéines étant surtout concentrées à la périphérie au niveau de la couche à aleurone avec un gradient de concentration décroissant vers le centre[4].

Décorticage et blanchiment traditionnels des grains de fonio

Après le battage, réalisé sur des nattes, des bâches en plastique ou à même le sol, les grains sont séchés au soleil puis stockés dans des greniers en attendant d'être transformés[5].

Les opérations traditionnelles de transformation du fonio paddy en fonio blanchi effectuées par les femmes[6] démarrent en général par un nettoyage grossier des grains paddy à l'aide de deux tamis successifs: le premier d'environ 2mm est utilisé pour enlever les grosses particules (pailles, autres grains...) et le deuxième d'environ 1mm pour enlever la poussière, la terre ou les grains immatures.

Le décorticage et le blanchiment sont réalisés simultanément au moyen de mortiers et de pilons. Cinq pilages successifs suivis chacun d'un vannage sont effectués pour éliminer progressivement les balles, le péricarpe et le germe jusqu'au parfait blanchiment du grain. Le quatrième pilage-vannage correspond au stade auquel le grain est vendu pré-blanchi sur le marché. Les rendements correspondants en pourcentage du paddy sont d'environ 60-68 % après blanchiment complet.

Après le 5ème pilage, commence le lavage du fonio blanchi. Le grain est plongé dans une grande calebasse d'eau et brassé à la main; l'eau sale contenant la poussière et

les sons est éliminée. Cette première opération est répétée cinq fois d'affilée. Ensuite les femmes procèdent à une élimination progressive, minutieuse et totale du sable. Pour cela, elles plongent la calebasse contenant le grain blanchi lavé dans une bassine d'eau propre et commencent par petits mouvements de balancier à faire tomber petit à petit le grain dans l'eau jusqu'à ce que seul le sable reste au fond de la calebasse. Cette opération est reproduite quatre à cinq fois ou plus si nécessaire.

Viennent ensuite les étapes d'essorage et de cuisson du fonio. Les grains sont mis par petites quantités dans un tamis fin ou dans un tissu propre et essorés par mouvements rotatifs du bras ou par torsion du tissu. Le fonio blanchi ainsi lavé et essoré est bien propre, prêt à être cuit à la vapeur ou préparé selon différentes recettes. Il peut être aussi séché ou précuit à la vapeur puis séché et vendu.

Modes de consommation

Le fonio blanchi lavé est traditionnellement cuit trois fois à la vapeur, puis consommé avec une sauce légume, sauce arachide ou sauce gombo. C'est le *foyo* ou couscous de fonio.

Depuis quelques années, certaines transformatrices produisent du fonio précuit, vendu en sachets de 500g ou 1kg dans les supermarchés. Ce fonio est précuit par une cuisson à la vapeur dans un grand couscoussier, puis séché au soleil. A la maison, il est cuit par deux cuissons à la vapeur et consommé comme le *foyo* accompagné d'une sauce.

Le fonio peut être aussi consommé selon d'autres recettes:
- le fonio au gras (fonio blanchi cuit dans de l'huile de palme avec de la viande et des légumes);
- la bouillie de fonio;
- le *tô* de fonio (farine de fonio blanchi cuite sous forme de pâte épaisse);
- le *déguè* de fonio (farine de fonio blanchi roulée sous forme de gros granules précuits, trempés dans de l'eau bouillante) qui peut être délayé dans du lait et consommé au cours du petit déjeuner ou encore sous forme de gâteaux ou beignets.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

L'étude a été faite sur des fonios en provenance du Mali et de la Guinée:
- deux types de fonio paddy: l'un récolté en l'an 2000 et acheté sur un des marchés de Bamako au Mali (Bamako 2000), l'autre en provenance de la région de Koutiala au Mali et récolté dans le village de Fingoloni en 2001 (Fingoloni 2001);
- deux types de fonio blanchis à partir du paddy Fingoloni 2001, l'un traditionnellement par Mme Soumaré, une transformatrice de Bamako au Mali et l'autre au décortiqueur–blanchisseur GMBF (Guinée-Mali-Burkina-France) développé dans le cadre du projet;
- cinq variétés originaires de Guinée produites en 2001: *Kenselen, Siragué, Bolefendé, Mbalia* et *Rané;*
- un échantillon de sorgho, de mil, de maïs grains entiers et de riz blanchi achetés sur un marché à Bamako, Mali. Le sorgho, le mil et le maïs ont ensuite été décortiqués au pilon.

Préparation et analyse technologique des échantillons de fonio au laboratoire

Tous ces protocoles d'analyse ont été développés dans le cadre du projet CFC.

Le nettoyage des grains paddy

Avant toute opération de décorticage et blanchiment, le fonio paddy est nettoyé par tamisage en utilisant deux types de tamiseurs selon les quantités de grains disponibles. Dans les deux cas, il est débarrassé des fines impuretés (grains immatures, sable fin) et des grosses particules (paille, graines étrangères, cailloux) grâce à un jeu de deux tamis:

- le tamiseur à courant d'air Alpine type 200LS, utilisé pour les quantités inférieures à 1kg, permet un triage aérodynamique des particules. 100g de fonio sont tamisés 2min sur un tamis de 1000µm pour séparer les grosses particules, le passant est récupéré et tamisé sur un tamis de 710µm qui laisse passer les fines impuretés;
- le nettoyeur-calibreur Tripette et Renaud NSL2000, utilisé pour les quantités supérieures à 1kg, fonctionne en continu. Il est constitué de deux tamis superposés vibrants (tamis supérieur de 1,5mm et tamis inférieur de 1mm) couplés à un système de ventilation (réglée au minimum pour le fonio) et un cyclone.

Le décorticage des grains de fonio paddy

Il a été effectué avec un décortiqueur de laboratoire à rouleaux de caoutchouc Sataké, habituellement utilisé pour le riz et adapté au fonio. Pour le fonio, les rouleaux de caoutchouc ont été resserrés au contact, la ventilation réglée au minimum, l'alimentation en grains effectuée par lots de 200g. Deux passages des grains ont été nécessaires pour minimiser la quantité de grains paddy dans les grains décortiqués.

Analyse de la qualité du décorticage:

- le rendement au décorticage: c'est le pourcentage de la masse des grains décortiqués par rapport à celle des grains paddy pesés au départ;
- le taux de paddy présents: les grains non décortiqués sont séparés manuellement des grains décortiqués à partir d'1g de grains échantillonnés représentatifs de l'ensemble du lot. Le taux de paddy correspond au pourcentage de la masse des grains paddy rapporté à la masse de l'échantillon initial après décorticage.

Le blanchiment des grains décortiqués

Les grains décortiqués ont été blanchis avec un blanchisseur de laboratoire Sataké habituellement utilisé pour le riz et modifié pour le fonio en réduisant la capacité de la chambre de blanchiment. Le blanchiment se fait par abrasion à l'aide d'une meule abrasive tournant autour d'un axe horizontal dans une cage perforée constituée d'un grillage fin adapté à la taille du fonio. Un blanchiment optimal a été obtenu avec 80g de grains abrasés pendant 1min15 à la vitesse maximale.

Analyse de la qualité du fonio blanchi

Après blanchiment, le produit est tamisé manuellement avec un tamis de 400µm pour éliminer les sons puis avec un tamis de 500µm pour séparer les brisures:

- le taux de brisures correspond à la quantité de brisures récupérées rapportée en pourcentage à la quantité totale de grains blanchis et de brisures;
- le rendement au blanchiment est le pourcentage de la masse des grains blanchis (entiers et brisures) par rapport à celle des grains décortiqués pesés au départ.

Le lavage des grains

Avant cuisson ou analyse biochimique, les grains blanchis ou décortiqués sont séparés des sons, poussières ou sable encore présents par un lavage à l'eau distillée en deux étapes selon la méthode traditionnelle. Les grains sont ensuite étalés sur une serviette et mis à sécher sur la paillasse à 20-25°C pendant 48h jusqu'à ce que leur teneur en eau avoisine 12%.

La cuisson du fonio blanchi

60g de fonio blanchi, lavé et séché sont préalablement réhydratés avec 18ml d'eau millipore et laissés reposés 10min dans une barquette avant d'être cuits trois fois à la vapeur pendant respectivement 10, 12 et 10min. Les cuissons sont réalisées dans un couscoussier contenant 1,5l d'eau désionisée portée à ébullition sur une plaque chauffante à 300°C. Entre chaque cuisson, les grains sont émottés, puis réhydratés avec 18ml d'eau millipore. Deux essais de cuisson sont effectués par échantillon.

La qualité culinaire du fonio cuit a été déterminée en évaluant:

- *la capacité de gonflement du fonio en cours de cuisson*: par dessiccation d'environ 3g de fonio cuit dans une étuve à 100°C pendant 24h. Le gonflement est exprimé en g d'eau absorbée pendant la cuisson pour 100g de fonio cuit sec.
- *la consistance du fonio cuit*: qui est mesurée à l'INSTRON (type 4300) en effectuant des tests d'extrusion avec une cellule d'Ottawa (modèle réduit de 7,5cm^2 de surface d'extrusion) munie d'une grille dont les trous ont 2mm de diamètre. Une heure après cuisson, le fonio maintenu à 35°C dans une étuve, est rapidement transféré dans la cellule d'extrusion. Au fur et à mesure de la descente du piston à la vitesse de 100 mm/min, le capteur de force enregistre une force de résistance à la compression qui augmente jusqu'à un palier d'extrusion. La force moyenne d'extrusion entre les limites (kgf) a été retenue pour la mesure de la consistance du fonio cuit. Plus le produit est ferme, plus la force d'extrusion est élevée. Deux mesures de consistance ont été effectuées par échantillon de fonio cuit.

Analyses chimiques des grains décortiqués et blanchis

Les teneurs en eau, en lipides, en protéines (Nx6,25) et en matières minérales ont été déterminées selon les normes françaises ou européennes en vigueur (NF V 03-707, NF V 03-050, NF V 03-610, NF V 03-720 respectivement).

Le dosage des éléments minéraux a été effectué par spectrométrie d'émission à plasma sauf celui du soufre, effectué par turbidimétrie après formation de sulfate de baryum sur un colorimètre à flux continu à 420nm.

Les acides gras transformés en esters méthyliques ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à ionisation de flamme.

Les acides aminés, après hydrolyse en présence d'acide méthano-sulfonique, ont été séparés par HPLC sur une colonne C18 avec une dérivatisation dobsyl et détection UV à 436nm.

Les teneurs en vitamines B1 et B2 ont été déterminées par HPLC à détection fluorimétrique.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractérisation technologique et biochimique du fonio blanchi traditionnellement

Afin de mieux apprécier la qualité des produits traditionnels présents sur les marchés, plusieurs échantillons de fonio blanchis non lavés, blanchis lavés et précuits ont été collectés au Mali et au Burkina et analysés au point de vue technologique et biochimique (tableau 1). D'une manière générale, tous les produits blanchis lavés ou précuits sont propres (taux d'impuretés inférieur à 0,1%, avec quelques traces de sable) sauf un échantillon prélevé auprès des femmes du fleuve à Bamako qui contient 0,2% d'impuretés et jusqu'à 1,8% de sable; ce qui apparaît comme une exception. Le blanchiment est à la fois minutieux et relativement poussé puisque le taux de paddy est généralement inférieur à 1% avec un grain très bien dégermé (teneur en lipides en dessous de 1% m.s). Par rapport à un fonio décortiqué qui contient en moyenne 9-11% m.s. de protéines et 1-1,1% m.s. de matières minérales, la teneur en protéines de ces fonios blanchis traditionnellement avoisine 7,4–8,5% m.s et la teneur en matières minérales n'atteint pas 0,5% m.s., ce qui signifie que la couche à aleurone en périphérie des grains est attaquée au cours du pilage, le grain est usé et bien blanchi par les femmes.

Ainsi les décortiqueurs-blanchisseurs adaptés ou développés pour le fonio devront donner un produit blanchi ayant des caractéristiques proches de celles de ces produits traditionnels pour pouvoir être acceptés par les transformatrices et les consommateurs; ils devront notamment donner un grain propre, avec très peu de paddy, bien blanchi sans pour autant être trop usé, pour une meilleure qualité nutritionnelle et un meilleur rendement.

Tableau 1: Caractérisations technologiques et biochimiques de divers échantillons de fonio blanchis traditionnellement.

Provenance	Echantillon de fonio	Grosses impuretés (%> 900 µm)	Quantité de grains paddy (en %)	Taux de cailloux, sable (en %)	Teneur en lipides (% m.s.)	Teneur en cendres (% m.s.)	Teneur en protéines (% m.s.)
Mme Soumaré Bamako Mali	Blanchi, lavé, précuit	< 0,1	0,06	Trace	0,3	0,3	7,7
Mme Soumaré Bamako Mali	Blanchi, lavé	0,1	0,03	Trace	0,8	0,3	7,8
UCODAL Bamako - Mali	Blanchi, lavé, précuit	< 0,1	0,1	Trace	0,2	0,2	7,4
UCODAL Bamako - Mali	Blanchi, lavé	0,1	0,3	Trace	0,6	0,2	7,7
Femmes du Fleuve Bamako Mali	Blanchi, lavé	0,2	0,5	1,8	0,8	0,3	7,7
ENT.RE.C.E.F - Orodara - Burkina	Blanchi, lavé	< 0,1	1,1	Trace	1,2	0,4	8,5
TOME (grpt de femmes) Ouagadougou - Burkina	Blanchi, lavé	< 0,1	0,04	Trace	0,9	0,2	9,4
LANAYA BoboDioulasso - Burkina	Blanchi, lavé	< 0,1	0,4	Trace	0,7	0,5	7,5
X Burkina	Blanchi, lavé	< 0,1	0,2	Trace	0,6	0,4	8,4
Marché des céréales Bamako - Mali	Blanchi, non lavé	0,7	1,6	1,9	1,8	0,5	9,7

Analyse de la qualité technologique des produits issus de divers décortiqueurs–blanchisseurs mécaniques

Au début du projet les équipements de décorticage existants ont été testés dans les trois pays; la plupart sont déjà utilisés pour décortiquer le riz, le sorgho, le mil, le maïs et certains, peu nombreux, spécifiquement utilisés sur le fonio (décortiqueur «Sanoussi», plusieurs décortiqueurs de type Engelberg en Guinée). Ces machines, qui peuvent fonctionner en continu ou par lots, appartiennent à deux grands types de décortiqueurs: les décortiqueurs qui fonctionnent par abrasion en usant le grain de l'extérieur vers l'intérieur (c'est le cas des types PRL) et les décortiqueurs fonctionnant par friction qui arrachent le son et les balles (c'est le cas du «Sanoussi» et des types Engelberg). Le tableau 2 en donne quelques exemples.

Tableau 2: Performance de quelques décortiqueurs-blanchisseurs testés.

Machines	Principe & Fonctionnement	Débit Opération kg/h	Rendement %	Paddy résiduel %	Taux de brisures %	Teneur en lipides % m.s.	Teneur en cendres % m.s.
Décortiqueur Nuhull	Abrasif Continu	40	52,8	4,3		1,3	0,66
Décortiqueur Mini-PRL	Abrasif Semi-continu	32	62,7	8,0	10	1,2	0,50
Décortiqueur Sanoussi	Friction Discontinue (par lots)	20	61,4	50,0	17	2,0	0,77
Décortiqueur « Galama »	Friction Continue	20	70,0	6,0	3	1,3	0,63
Décortiqueur GMBF(essai 1)	Friction Continue	114	71,6	0,4	2,2	1,0	0,40
Décortiqueur GMBF(essai 2)	Friction Continue	118	66,4	0,2	5	0,9	0,40
Décorticage manuel	Friction Discontinue	1 à 3	60 à 68	0,1 à 1	2 à 5	0,7 à 1,2	0,3 à 0,5

Les résultats montrent que la plupart des décortiqueurs testés ont un débit trop faible (inférieur à 50kg/h) pour répondre aux besoins des transformateurs. Pour des rendements de décorticage-blanchiment proches des rendements traditionnels (60-68%), aucun de ces décortiqueurs ne décortique bien le grain puisqu'un taux de paddy excessif (supérieur à 4%) a été trouvé dans les produits. Par ailleurs, la plupart de ces décortiqueurs ne dégerment pas le grain au cours du décorticage (teneur en lipides de plus de 1,2% m.s.) et brisent beaucoup plus que le pilon (plus de 10% de brisures) même s'ils arrivent à blanchir les grains décortiqués (teneur en matières minérales évaluée après lavage des grains qui élimine la majorité des paddy présents). Ces premiers essais ont montré que, même si aucun décortiqueur n'était en mesure de donner satisfaction, les décortiqueurs de type Engelberg semblaient, pour les machinistes, un peu mieux adaptés que ceux de type abrasif pour le décorticage-blanchiment du fonio.

Un prototype de type Engelberg adapté aux dimensions et aux particularités du grain de fonio a ainsi été développé. Il est le fruit d'une étroite collaboration entre les quatre partenaires. Les solutions techniques répondent aux deux contraintes majeures de ce matériel: la précision dimensionnelle de fabrication imposée par la petite taille des grains de fonio et la possibilité de le construire dans les ateliers ouest africains.

Ce décortiqueur appelé GMBF (Guinée-Mali-Burkina-France) est constitué d'un carter cylindrique horizontal à l'intérieur duquel tourne un rotor métallique équipé de nervures longitudinales. La masse de grains qui tombe par gravité de la trémie d'alimentation est mise en pression par la rotation du rotor nervuré. Lors de leur progression dans la chambre de décorticage, les grains sont décortiqués par la friction qu'ils exercent les uns sur les autres. Une lame frein, solidaire du carter, permet par son réglage, de freiner la progression des grains et d'accroître les phénomènes de friction. La friction doit être suffisante pour décortiquer et blanchir le fonio sans provoquer un échauffement excessif ou générer trop de brisures. Des trappes sont placées à l'entrée et à la sortie de la chambre de décorticage pour réguler le débit de la machine. Ce décortiqueur est équipé d'un canal de vannage qui permet l'aspiration des sons à la sortie des grains.

Les performances obtenues sont intéressantes tant en matière de débit (supérieur à 110kg/h), qu'en terme de rendement au décorticage (66-72%) et de qualité de décorticage: le taux de paddy ne dépasse pas 0,5%, le taux de brisures 5% et le taux de dégermage est voisin de celui obtenu avec le pilon (teneur en lipides inférieure à 1%). La qualité technologique du produit issu de ce décortiqueur GMBF apparaît proche de celle du fonio blanchi traditionnellement par les femmes.

Comparaison du blanchiment mécanique au décortiqueur GMBF et du blanchiment traditionnel

Qualité technologique et culinaire

Il s'agissait de vérifier à partir du fonio paddy Fingoloni si le grain blanchi au décortiqueur-blanchisseur GMBF était comparable au fonio blanchi traditionnellement non seulement au point de vue qualité de blanchiment mais aussi au point de vue qualité culinaire. Tous ces résultats ont été comparés à ceux obtenus avec le même grain blanchi au laboratoire avec le blanchisseur Sataké (tableau 3).

Tableau 3: Qualités technologiques et culinaires du fonio Fingoloni issu du blanchiment traditionnel et du blanchiment mécanique.

Fonio Fingoloni blanchi	Rendement au blanchiment (%)	Taux de brisures (%)	Teneur en lipides (% m.s.)	Gonflement (g d'eau pour 100 g)	Force d'extrusion (kgf)
Blanchiment traditionnel	90	1,9	0,9	173,1	42,5
Blanchiment par la GMBF	90	0,3	1	182	38,8
Blanchiment au Sataké	89	0,3	1,6	137,1	52,1

Les taux de brisures du fonio blanchi mécaniquement, aussi bien à la GMBF qu'au Sataké, sont équivalents et voisins de 0,3%. Par contre, les cinq pilages traditionnellement effectués pour bien blanchir le fonio, brisent davantage les grains. La teneur en lipides est plus basse dans le fonio blanchi traditionnellement et à la GMBF, respectivement 0,9 et 1% m.s., que dans celui blanchi par abrasion au laboratoire. Pour ces deux produits, les taux de gonflement des grains après cuisson sont plus élevés avec des forces d'extrusion plus basses par rapport au produit du laboratoire. Ce qui veut dire que les deux produits issus du blanchiment traditionnel et de la GMBF ont un dégermage plus poussé, gonflent plus et sont plus moelleux.

Il est intéressant de noter que la machine GMBF qui utilise le système de friction arrive à bien dégermer le fonio avec des caractéristiques de blanchiment et culinaires

proches de celles du produit traditionnel. Il semblerait que la qualité du blanchiment et notamment le dégermage soit une caractéristique importante dans la qualité culinaire du produit. L'élimination du germe faciliterait l'absorption d'eau par les grains donc la consistance moelleuse désirée par le consommateur.

Qualité nutritionnelle du fonio

La composition biochimique du fonio décortiqué et du fonio blanchi au pilon ou à la GMBF (les mêmes valeurs, à quelques points près, ont été obtenues au niveau de ces deux derniers) a été comparée à celle d'un échantillon de sorgho, de mil, de maïs et de riz achetés sur un marché local puis décortiqués ou blanchis (tableau 4).

Le grain de fonio décortiqué contient moins de protéines, moins de matières minérales que les autres céréales et autant de lipides que le sorgho (mais moins que le maïs ou le mil).

Des travaux précédents[6] avaient montré que le grain entier contient 68% m.s. d'amidon, 1% m.s. de sucres et 6,5-8,5% m.s. de fibres totales. Les sucres présents sont principalement le saccharose (2 fois moins que chez le sorgho), suivi du raffinose, du glucose et du fructose.

Après blanchiment, le grain est «enrichi» en glucides et appauvri en tous les autres constituants: il ne contient plus que 7-9% de protéines, 0,8-1% de lipides, 0,3-0,6% de matières minérales. Sa composition est tout à fait comparable à celle d'un riz blanc (tableau 4).

Les travaux précédents[6] ont montré que le fonio blanchi contient 70-93% m.s. d'amidon, 4-7% de fibres et 0,06% de sucres (le seul sucre présent est le glucose). Les pentosanes totaux sont en quantité négligeable (0,2-0,1%) par rapport aux 1,1% présents chez le sorgho ou le mil décortiqué et ne peuvent expliquer l'éventuel effet bénéfique de la consommation de fonio pour les diabétiques, c'est-à-dire un index glycémique plus faible qu'avec les autres céréales et une réponse post-prandiale plus étalée dans le temps en raison d'une assimilation en sucres plus lente[6].

Tableau 4: Composition biochimique du fonio décortiqué et blanchi en comparaison à celle d'un échantillon de sorgho, de mil, de maïs et de riz.

	Protéines % m.s.		**Lipides % m.s.**		**Matières minérales (% m.s.)**		**Glucides % m.s.**	
	Entier	Blanchi	Entier	Blanchi	Entier	Blanchi	Entier	Blanchi
Fonio	9 – 11	7 – 9	3,3 –3,8	0,8 – 1	1 – 1,1	0,3 – 0,6	84 - 86	89 - 91
Sorgho	11	10	3,5	1,2	1,2	0,5	84	88
Mil	12	11	4	1,2	1,2	0,8	83	87
Maïs	11	10	4,5	1	1,3	1	83	88
Riz	nd*	8	nd	0,9	nd	0,5	nd	90

**nd: non déterminé.*

- Eléments minéraux

Pour le fonio décortiqué, comme pour le sorgho et le maïs grain entier, l'élément minéral majoritaire est le phosphore, puis le potassium, le soufre, le magnésium et ensuite le calcium alors que pour le mil grain entier, c'est le potassium qui est prépondérant, suivi du phosphore et des autres éléments minéraux (tableau 5). Après le blanchiment du fonio et du riz ou le décorticage du sorgho, du mil et du maïs, les

valeurs chutent considérablement suite très certainement à l'élimination d'une grande partie de la couche à aleurone, les éléments minéraux étant, pour la plupart, concentrés à la périphérie du grain. Seul le soufre résiste et semble plus interne à l'albumen que les autres éléments minéraux. Le fonio est la céréale grain entier la plus riche en soufre et en magnésium, en zinc et en manganèse, le maïs en phosphore et le mil en potassium. Après blanchiment, le fonio reste le plus riche en soufre, et en zinc avec le mil. Ces résultats confirment ceux trouvés précédemment[6] avec d'autres échantillons de fonio, de sorgho et de mil mais mériteraient d'être validés statistiquement sur un plus grand nombre d'échantillons.

Tableau 5: Composition en éléments minéraux d'un échantillon de fonio décortiqué et blanchi en comparaison à celle d'un échantillon de sorgho, de maïs, de mil et de riz en provenance du Mali.

	Matières minérales % m.s.	P % ms	K % ms	S % ms	Mg % ms	Ca % ms	Na ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	Cu ppm
Fonio Fingoloni décortiqué	1,02	0,25	0,17	0,16	0,13	0,022	72,3	38,8	33,4	21,6	6,8
Fonio *Fingoloni* blanchi pilon	0,29	0,06	0,02	0,16	0,03	0,012	58,5	27,3	21,8	4,9	3,0
Fonio *Fingoloni* blanchi GMBF	0,37	0,07	0,03	0,15	0,04	0,013	72,6	25,0	21,4	5,8	2,6
Sorgho *Wassa* entier	1,13	0,25	0,25	0,13	0,13	0,014	58,7	94,6	32,6	20,9	6,2
Sorgho *Wassa* décortiqué	0,46	0,12	0,10	0,11	0,06	0,008	53,5	65,0	13,2	8,5	2,1
Maïs *Tiémantié* entier	1,28	0,34	0,33	0,12	0,12	0,012	67,0	33,4	28,7	9,4	2,2
Maïs *Tiémantié* décortiqué	0,18	0,09	0,08	0,12	0,03	0,007	32,7	18,9	7,4	2,5	1,5
Mil *Sanio* entier	1,16	0,23	0,34	0,12	0,11	0,017	102,6	82,5	33,1	13,0	4,9
Mil *Sanio* décortiqué	0,78	0,16	0,20	0,10	0,08	0,014	82,0	59,8	28,5	8,2	3,8
Riz *Gambiaca* blanchi	0,51	0,06	0,03	0,08	0,01	0,012	59,1	23,4	18,6	12,2	1,8

- Acides gras

La proportion d'acide gras dans les lipides du fonio décortiqué est pratiquement la même que dans les lipides du fonio blanchi, qu'il soit blanchi au pilon ou à la GMBF, alors que l'on passe respectivement de 4 à 0,8-1% m.s. de lipides. Cette remarque est valable pour les autres céréales quel que soit le degré de dégermage. 74 à 80% des acides gras présents sont des acides gras insaturés, et ceci quelle que soit la céréale (pour le riz la proportion est de 72%). L'acide gras insaturé majoritaire est l'acide linoléique en C18:2 suivi de l'acide oléique en C 18:1 (tableau 6).

Tableau 6: Composition en acides gras d'un échantillon de fonio décortiqué et blanchi en comparaison à un échantillon de sorgho, de maïs, de mil et de riz en provenance du Mali.

Acides gras (%)	Fonio *Fingoloni* décortiqué	Fonio *Fingoloni* blanchi pilon	Fonio *Fingoloni* blanchi GMBF	Sorgho *Wassa* décortiqué	Maïs *Tiemanté* décortiqué	Mil *Sanio* décortiqué	Riz *Gambiaca* blanchi
C14:0 acide myristique	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9
C16:0 acide palmitique	16,8	18,8	19,2	16,7	15,9	17,9	23,9
C16:1 acide palmitoléique	0,3	0,3	0,3	0,6	0,1	0,2	0,2
C18:0 acide stéarique	4,1	4,4	4,5	2	2,7	5,4	2,6
C18:1 acide oléique	30,6	31,3	33,1	36,9	29,3	25,3	28,9
C18:2 acide linoléique	45,7	43	40,4	41,9	49,7	47,6	40,9
C18:3 acide linolénique	0,8	0,7	0,6	1	0,9	2,4	1,6
C20:0 acide arachidique	1,1	1,2	1,2	0,4	0,7	1	0,8
C22:0 acide béhénique	0,4	<0,1	0,4	0,2	0,3	0,2	<0,1

- Vitamines

Le grain de fonio décortiqué contient surtout de la vitamine B1 (tableau 7). Après un blanchiment qui dégerme bien le grain, ce taux chute considérablement tout comme pour le riz alors que le mil, le sorgho et le maïs en conserve un tout petit peu plus après décorticage au pilon.

Tableau 7: Composition en vitamines B d'un échantillon de fonio décortiqué et blanchi en comparaison à un échantillon de sorgho, de maïs, de mil et de riz en provenance du Mali.

Vitamines B (mg / 100 g m.s.)	Fonio *Fingoloni* décortiqué	Fonio *Fingoloni* blanchi pilon	Fonio *Fingoloni* blanchi GMBF	Sorgho *Wassa* décortiqué	Maïs *Tiemanté* décortiqué	Mil *Sanio* décortiqué	Riz *Gambiaca* blanchi
Vitamine B1 (Thaiamine)	0,48	0,06	0,06	0,17	0,10	0,22	0,06
Vitamine B2 (Riboflavine)	0,05	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02

- Acides aminés

La composition en acides aminés apparaît équilibrée mis à part une déficience en lysine comme pour toutes les autres céréales (tableau 8). Il faut noter cependant que cette céréale, même après blanchiment, est plus riche en acides aminés soufrés que les autres, notamment en méthionine (pratiquement 2 fois plus riche que le mil ou le maïs et 3 fois plus que le riz). Cette richesse en acides aminés soufrés avait déjà été soulignée dans la littérature[7]. Les protéines plus riches en méthionine présenteraient, pour la même quantité, une meilleure efficacité protéique, auraient un rôle bénéfique sur le taux de lipides, de cholestérols et de triglycérides sanguins et participeraient à la détoxification métabolique des tannins contenus dans le bol alimentaire. Le grain de fonio blanchi au pilon ou à la GMBF apporte plus d'acides aminés insulino sécréteurs (valine, leucine, isoleucine) que le riz blanchi ou le mil décortiqué mais moins que le sorgho ou le maïs. Cependant, même en quantité moindre, ces acides aminés devraient être plus biodisponibles et être bénéfiques pour les consommateurs diabétiques.

Tableau 8: Composition en acides aminés d'un échantillon de fonio décortiqué et blanchi en comparaison à un échantillon de sorgho de maïs, de mil et de riz en provenance du Mali.

Acides aminés % m.s.	Fonio *Fingoloni* décortiqué	Fonio *Fingoloni* blanchi pilon	Fonio *Fingoloni* blanchi GMBF	Sorgho *Wassa* décortiqué	Maïs *Tiemanté* décortiqué	Mil *Sanio* décortiqué	Riz *Gambiaca* blanchi
acide aspartique + asparagine	0,68	0,59	0,58	1,02	0,62	0,73	0,74
acide glutamique + glutamine	2,16	2,39	2,33	3,48	2,25	1,27	1,35
sérine	0,49	0,49	0,48	0,59	0,47	0,37	0,35
thréonine	0,34	0,34	0,33	0,41	0,33	0,11	0,23
glycine	0,08	0,04	0,05	0,07	0,07	0,12	0,11
alanine	1,24	0,98	0,94	1,48	1,29	1,15	1,32
arginine	0,93	1,04	1,00	1,50	0,80	0,63	0,44
proline	0,51	0,58	0,56	1,12	0,88	0,59	0,27
valine	0,52	0,54	0,52	0,68	0,48	0,49	0,43
méthionine	0,34	0,36	0,42	0,24	0,22	0,23	0,15
isoleucine	0,28	0,31	0,29	0,45	0,27	0,28	0,23
leucine	0,91	1,04	1,00	1,98	1,34	0,76	0,56
tryptophane	0,16	0,16	0,13	0,15	0,04	0,11	0,11
phénylalanine	0,47	0,52	0,52	0,68	0,47	0,39	0,35
cystéine	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,04	0,05
lysine	0,19	0,13	0,12	0,14	0,15	0,16	0,21
histidine	0,17	0,18	0,16	0,28	0,26	0,18	0,15
tyrosine	0,23	0,24	0,27	0,38	0,27	0,19	0,21

Comparaison variétale

Cette étude a consisté à comparer l'aptitude au blanchiment et le comportement à la cuisson après blanchiment mécanique de deux types de fonio paddy du Mali et de différentes variétés originaires de Guinée (tableau 9). En raison des petites quantités de grains disponibles pour chacune des variétés, le décorticage et le blanchiment ont été faits dans les mêmes conditions au laboratoire avec le décortiqueur et le blanchisseur Sataké.

La variété *Bolefendé* semble plus dure que les autres avec une usure plus faible et moins de brisures; elle est plus proche des deux vracs maliens. Par contre, la variété *Siragué* a les taux d'usure et de brisures les plus élevés; elle paraît être la plus tendre.

A des taux d'usure, de cendres et de lipides équivalents, il se dégage des différences variétales au point de vue qualité culinaire. La variété *Siragué* et le fonio paddy

Fingoloni 2001 se détachent des autres fonio. La première par une capacité de gonflement plus élevée et une consistance plus moelleuse et le second par une faible capacité de gonflement et une texture plus ferme. Les autres variétés et le fonio paddy Bamako 2000 ont des taux de gonflement variant de 151,7 à 166,7g d'eau/100g avec des forces moyennes de l'ordre de 38kgf. Ces résultats sont confirmés par l'analyse de variance qui montre 4 et 5 groupes homogènes avec le test de Newman–Keuls pour le gonflement et la consistance du fonio cuit respectivement.

Cette variété *Siragué* qui se différencie des autres est celle qui est justement l'une des plus appréciées par les consommateurs guinéens. Des essais multilocaux ont été menés en 2002 dans les trois pays du projet avec 12 variétés sélectionnées par les agronomes pour leur bonne qualité agronomique (rendement, cycle végétatif) dans le but d'identifier la variété la plus adaptée à la transformation mécanique et qui répond aux critères de qualité culinaire. Là encore, la variété *Siragué* retenue parmi les 12, s'est détachée des autres par ses propriétés de gonflement et de moelleux.

Tableau 9: Qualités technologiques et culinaires de différents types de fonio en provenance du Mali et de Guinée.

Variétés	Rendement au blanchiment (degré d'usure) (%)	Taux de brisures (%)	Teneur en lipides (% ms)	Teneur en matières minérales (% ms)	Gonflement* (g d'eau pour 100 g)	Force d'extrusion* (kgf)
Fonio Fingoloni	88,4 (11,6)	0,2	1,7	0,5	137,1 **d**	52,1 **b**
Fonio Bamako	87,9 (12,1)	0,4	1,5	0,5	162,7 **b c**	47,6 **a**
Kenselen	85,8 (14,2)	1,1	1,3	0,3	166,8 **b**	38,3 **d**
Siragué	84,1 (16)	1,6	1,2	0,4	182,4 **a**	31,4 **e**
Bolefendé	89 (11)	0,4	1,2	0,4	162,9 **b c**	41,3 **c**
Mbalia	86,6 (13,4)	0,2	1,4	0,6	156,5 **b c**	38,3 **d**
Ravé	84,7 (15,3)	0,5	1,1	0,4	151,7 **c**	38,4 **d**

** Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.*

CONCLUSION

Le décortiqueur GMBF réalisé dans le cadre du projet CFC a été fabriqué au Mali par la société IMAF et est en cours d'expérimentation dans les trois pays partenaires. Il décortique le fonio aussi bien que le font les femmes au pilon, avec un rendement proche, peu de brisures, peu de grains paddy restants. Le grain blanchi est bien dégermé et gonfle bien pendant la cuisson avec une consistance moelleuse, comme le produit traditionnel. Il a été testé par plusieurs transformatrices qui ont été très satisfaites de ses performances. Elles considèrent que cette machine devrait alléger considérablement la pénibilité de leur travail. Malgré quelques problèmes d'usure en cours de résolution, cette machine devrait être fabriquée localement dans les différents pays pour une diffusion plus large.

La composition du fonio blanchi est similaire à celle d'un riz blanc avec un plus: il est plus riche en soufre et en zinc, en acides aminés soufrés et en acides insulino

sécréteurs. La variété guinéenne *Siragué* retenue par les agronomes se détache des autres par ses propriétés culinaires particulièrement intéressantes.

RÉFÉRENCES

1. Portères R. Les céréales mineures du genre Digitaria en Afrique et en Europe. J Agric Tradit Bot Appl 1955;7-8-9:350-675.
2. Jideani IA. Acha, *Digitaria exilis*, the neglected cereal. J Agric Food Chem 1990;34(2):361-4.
3. Borlaug NE, Axtell J, Burton GW, Harlan JR, Rachie KO. Fonio. In: National Research Council, ed. Lost crop of Africa. Washington, DC: National Academy press,1996:59-75.
4. Bui-Phong F. Le fonio, une plante à part. Caractérisation technologique, physico-chimique et histologique des grains de plusieurs variétés. Mémoire d'ingénieur de l'Institut de Sciences et Technologies. L'Université Pierre et Marie Curie, Paris: CIRAD/CA,1998:52.
5. Cruz JF. Le fonio. Montpellier: CIRAD-CA, 2001:24.
6. Fliedel G, Berthé A, Ouattara L. Analyse des caractéristiques technologiques du fonio. Projet CFC/IGG. Amélioration des technologies post-récolte du fonio. CIRAD/AMIS, 2001:24.
7. Cruz JF, Dramé D, Diallo T, Son G. Rapport annuel n°2/00. Projet CFC/IGG. Amélioration des technologies post-récolte du fonio. 2000:73.
8. de Lumen BO, Thompson S, Odegard WJ. Sulfur amino acid-rich proteins in acha (*Digitaria exilis*), a promising under-utilized african cereal. J Agric Food Chem 1993;41:1045-7.

***Remerciements**: Nous tenons à remercier le laboratoire CERECO à Garons pour l'analyse du profil d'acides gras, de vitamines B, le laboratoire du Programme Agronomie du CIRAD-AMIS pour l'analyse des éléments minéraux, le laboratoire du Programme Coton du CIRAD-CA pour l'analyse des acides aminés et les laboratoires LTA/IER de Bamako et DTA/IRSAT de Ouagadougou pour leur étroite collaboration.*

Conservation de produits locaux à travers un transfert de technologie de séchage: cas de l'atomisation au Sénégal

Lardinois[1,4*] Mathias, Totté[2,4] Anne, Tounkara[1] Latsouk, Mbaye[2] Cheikh T, Beye[1] Cheikh, Thonart[3] Philippe, Ngom[2] El Hadji A, Guiro[1] Amadou T

[1] Unité de Biotechnologie, ITA, Route des Pères Maristes, BP2765 Dakar, Sénégal.
[2] Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel, Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, BP5085, Dakar, Sénégal.
[3] Centre Wallon de Biologie Industrielle, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux – Université de Liège, Belgique.
[4] Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger, BP 6279, Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant: *mathias.lardinois@apefe.sn*

- Résumé -

En vue de restructurer l'interface entre la recherche scientifique publique et les acteurs socio-économiques, un pôle de développement et de contrôle des procédés de séchage des produits des bio-industries a été créé au Sénégal en 2002. En diminuant la teneur en eau des produits, le séchage stoppe l'altération due aux micro-organismes et ralentit fortement l'altération physico-chimique.
Outre les compétences d'une équipe de technologues pluridisciplinaires, le pôle s'appuie sur du matériel de pointe tels qu'une unité pilote de séchage par atomisation, une unité pilote de lyophilisation, du matériel de séchage solaire ou au gaz, du matériel de fermentation en réacteurs, des équipements agro-alimentaires (centrifugeuses, filtres, …).
La tour d'atomisation est un modèle à simple effet à co-courant. Le produit est injecté sous forme liquide (solution, suspension ou émulsion). Il est dispersé en fines gouttelettes dans un courant d'air chaud au moyen d'une turbine tournant à vitesse élevée (entre 10900 et 21000 tours/min). Le produit final est recueilli sous forme de poudre.
Les conditions opératoires dépendent fortement du produit et doivent être déterminées expérimentalement. A titre d'exemple, dans le cas de l'atomisation de la gomme arabique, la solution initiale doit avoir une teneur en matière sèche de 15 à 20%, avec une T° de l'air de 180 à 200 °C à l'entrée et de 90 à 110 °C à la sortie pour obtenir un débit de 60 l/h de solution.
L'atomisation est une technique de séchage s'appliquant à de nombreuses substances. Citons le lait, le café, les œufs, les fruits, les purées de viandes ou de légumes, les gommes, les algues, les micro-organismes (levures, bactéries, …), les enzymes, les protéines, les vitamines, etc. Elle permet de réaliser des formulations particulières tels que l'enrobage ou l'addition d'éléments nutritifs. L'atomisation d'une farine de mil fermentée a été testée.
En conclusion, l'atomisation est une technique qui peut être très utile dans le domaine nutritionnel. Sa flexibilité permet d'étudier des demandes très diverses et le pôle de séchage est prêt à y répondre.

Mots-clés: Atomisation – Séchage – Conservation – Produits locaux – Aliment enrichi.

- Abstract -

Conservation of local products by mean of transfer of a drying technology: example of atomization in Senegal

In order to reinforce the interface between the scientific state research and the socio-economic actors, a pole of development and control of the drying processes of products issued from bio-industries has been created in Senegal in 2002.

Drying is one of the techniques used to preserve agroalimentary products. By decreasing the amount of water, the alteration due to micro-organisms is stopped and the one due to physicochemical reactions is significantly reduced.

Besides the hard skills of a pluridisciplinary team, the pole is doted of high technology equipments: one pilot-scale drying unit by atomization, one pilot-scale drying unit by lyophilisation, drying equipments by sun and gas, biological reactors, agro-alimentary equipments (centrifuge, filters, etc.).

The pilot-scale drying unit by atomization is a simple effect model (co-current). The product to be dried is injected as liquid (solution, suspension or emulsion). It is dispersed as thin droplets in a stream of hot air by a high speed rotating turbine (between 10900 and 21000 rd/min). That increases the surface of exchange. The end product is collected as a powder.
The operating conditions are strongly dependant of the product and must be determined experimentally. For example, the drying of gum arabic is performed with a starting solution of 15 to 20% SM, with an inlet air temperature of 180 to 200°C and an outlet air temperature of 90 to 110°C. Theses parameters allow a product flow-rate of 60 l/h with this installation.

Atomization is a technique that can be used with many different substances. For examples: coffee, eggs, fruits, purées of meet or vegetables, gums (arabic, sterculia, etc.), algae (Chlorella, Spirulina), micro-organisms (yeast, bacteria, etc.), enzymes, proteins, vitamins, etc. This technique allows producing original formulations such as coatings and addition of nutrients.

As a first test, the atomization of fermented millet flour has been performed. This product has the advantage to be treated (acidification, pre-cooking).

In conclusion, the atomization is a technique that can be very useful in the nutritional area. Its flexibility allows studying very different needs, and the pole of drying is ready to answer them.

Key words: Atomization – Drying – Conservation – Local products – Fortified food.

INTRODUCTION

Le Sénégal a compris qu'il faut renforcer les complémentarités entre son agriculture et son industrie. Le développement du secteur agro-industriel paraît à cet égard particulièrement prometteur.

De même, l'exportation est devenue une exigence par rapport à la stratégie de développement économique du Sénégal. Dès lors, il importe de trouver toutes les niches potentielles sur le marché mondial et de développer de nouveaux produits et des procédés de transformation porteurs pour les transformateurs et les PMI/PME de l'agroalimentaire.

En conséquence et en vue de restructurer et de renforcer l'interface entre la recherche scientifique publique et les acteurs socio-économiques locaux, un pôle de développement et de contrôle des procédés de séchage des produits des bio-industries a été créé au Sénégal en septembre 2002. Ce pôle s'appuie sur l'expertise des trois instituts de recherche/développement:

- l'Institut de Technologie Alimentaire de Dakar (ITA),
- l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (ESP),
- et le Centre Wallon de Biologie Industrielle (CWBI - Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux et Université de Liège, Belgique).

Ces institutions ont de longues années de collaboration commune. Pour ce qui est de l'ITA et du CWBI, un accord de partenariat existe depuis 11 ans (1992). Dans le cadre de ce partenariat des actions ont été entreprises concernant:

- la maîtrise des procédés de fermentation du lait caillé pour la production d'un lait caillé correspondant au goût des sénégalais grâce à des ferments lactiques répondant à ces critères,
- la production de vinaigre selon la méthode d'Orléans comme substitut à la dilution de l'acide acétique interdite par la législation,
- la maîtrise des procédés de fermentation du néré largement utilisé dans l'alimentation sahélienne (*nététou*, *soumbala*),
- le développement de technologies diverses de séchage en partenariat avec l'Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar.

Toutes ces actions ont pu connaître des progrès significatifs grâce à l'intervention des agents de l'Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE - Belgique) qui ont collaboré étroitement avec les chercheurs et les techniciens locaux.

STRATÉGIE

L'expérience acquise au cours des précédentes collaborations entre ces instituts montre qu'il ne suffit pas de mettre au point un produit scientifiquement optimisé en terme de production et de qualité pour que ce dernier soit effectivement transféré dans des structures socio-économiques locales.

En conséquence, le pôle de séchage axe son intervention sur la mise à disposition de technologies plutôt que sur le développement de produits particuliers. Il vise à identifier les demandes des entreprises dans le domaine concerné. Après des tests de faisabilité, les procédés de production (schémas de production, technologies de séchage, modèles, appréciation des produits finis...) sont établis avec le partenaire industriel. Afin de renforcer le transfert effectif des procédés développés, une unité

pédagogique pour la formation des opérateurs et la sensibilisation des relais est mise en œuvre.

De plus, ce projet s'inscrit dans une stratégie de développement technologique de différents pays du Sud partenaires: Burkina Faso, Tunisie, Maroc, Haïti et Cuba. Grâce à cette structure internationale, les échanges sud-sud se développent progressivement et se sont déjà concrétisés entre le Sénégal et le Burkina Faso pour la diffusion de technologies appropriées innovantes, résultats des activités menées par l'APEFE dans ces pays.

STRUCTURE

Le projet actuel s'intègre dans le cadre d'un véritable partenariat à long terme entre les institutions des deux pays en les structurant de la recherche jusqu'au transfert technologique effectif. Une convention a été signée à cet effet. Elle implique une synergie au niveau de l'utilisation des moyens disponibles entre différentes institutions sénégalaises et wallonnes, entre deux postes APEFE (ITA et ESP), ainsi qu'entre diverses sources de financement.

L'objectif de cette structure est de mettre en place un incubateur d'entreprises capable de maîtriser des procédés de séchage des produits agroalimentaires locaux. Elle complète les acquis technologiques obtenus par les institutions concernées, au terme de plusieurs années de recherche / développement tant dans le cadre d'échanges nord-sud que sud-sud. Les principaux domaines couverts par ces partenariats sont la biotechnologie alimentaire en général (sélection de souches locales, production de starters, etc.), les fermentations traditionnelles, la formation scientifique et professionnelle et le transfert de procédés.

A ce stade, il importe de poursuivre les actions entreprises jusqu'à leur terme afin d'assurer la maîtrise complète des procédés par les chercheurs et les techniciens de l'ITA et de l'ESP en vue de leur transfert ultérieur vers l'industrie. Les technologies utilisées permettront aux transformateurs de disposer de méthodes fiables pour la production d'aliments de qualité sains et pouvant satisfaire les exigences dans ce domaine tant sur le marché intérieur qu'international. Le développement d'un pôle de séchage entre l'ITA, le CWBI et l'ESP est à ce titre essentiel car le séchage est un des points critiques dans la transformation des produits alimentaires. En effet, le séchage est une des techniques de conservation de ces derniers. En diminuant suffisamment leur teneur en eau, l'altération due aux micro-organismes est stoppée et l'altération physico-chimique est fortement ralentie.

MATÉRIEL

Outre les compétences d'une équipe de technologues pluridisciplinaires, le pôle s'appuie sur du matériel de pointe tels que:

- une unité pilote de séchage par atomisation pour les produits solubilisés;
- un lyophilisateur pilote;
- du matériel de fermentation en réacteurs (2; 5 et 80 L);
- des équipements de transformation et de conditionnement agroalimentaires (cuves, mélangeurs, homogénéisateurs, centrifugeuse, filtres, etc.);
- du matériel de séchage solaire ou au gaz;
- des salles de formation;
- des centres de documentation;
- des laboratoires de contrôle de la qualité.

TOUR D'ATOMISATION

Du point de vue technologique, la tour d'atomisation présente un intérêt particulier. En effet, c'est un matériel peu rencontré dans la région. C'est un modèle à simple effet à co-courant de la firme NIRO S.A. Cette installation est de type pilote industriel. Cela veut dire que des quantités suffisantes peuvent être traitées pour permettre la production de quantités commercialisables de produits pour une diffusion non confidentielle, permettant d'envisager la rentabilité du procédé. Notons cependant que ces quantités sont très variables en fonction du produit à atomiser.

Le produit est injecté sous forme liquide (solution, suspension ou émulsion). Il est dispersé en fines gouttelettes dans un courant d'air chaud au moyen d'une turbine tournant à vitesse élevée (entre 10900 et 21000 tours/min). Cela augmente la surface d'échange entre le liquide et l'air. Le produit est recueilli sous forme de poudre (figure 1).

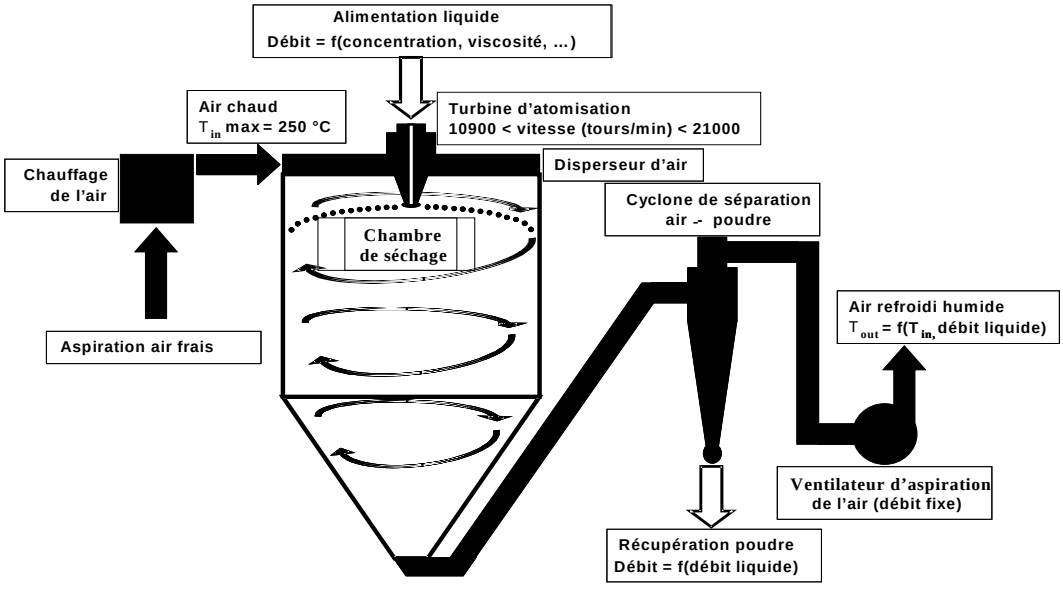


Figure 1: Schéma de principe du séchage par atomisation.

Les conditions opératoires (température d'entrée de l'air, débit de produit, etc.) dépendent fortement du produit (viscosité, sensibilité à la chaleur, etc.) et doivent être déterminées expérimentalement.

Dans une tour d'atomisation, le séchage est de type convectif. De ce fait, on observe deux phases de séchage. La première phase, lorsque la particule humide entre en contact avec l'air chaud, est caractérisée par la température constante de cette particule. C'est la phase de séchage adiabatique. Par définition, la température adiabatique de séchage est la température d'évaporation de l'eau libre se trouvant à la surface des particules à sécher, en équilibre avec l'air chaud. Cette température est déterminée grâce aux lois de la thermodynamique. Les paramètres à connaître sont l'humidité (relative ou absolue) de l'air de séchage et sa température. L'outil le plus souvent utilisé pour connaître la température adiabatique de séchage est le diagramme de Mollier. La température adiabatique est toujours très inférieure à la température de l'air chaud.

Cette propriété est très importante car elle permet d'appliquer des températures d'entrées élevées, sans pour autant dénaturer les produits à sécher. Cela a une influence sur la vitesse de séchage.

Lorsque toute l'eau libre est évaporée, la particule s'échauffe pour libérer progressivement l'eau qu'elle emprisonne. De ce fait la température maximale à laquelle le produit à sécher peut être soumis est la température de sortie de l'air de séchage.

Au vu de ces considérations, il faut remarquer que lorsque le produit commence à s'échauffer, il a déjà perdu une grande quantité d'eau. De ce fait, son activité de l'eau est déjà réduite, diminuant ainsi les phénomènes de dégradation des produits biologiques.

A titre d'exemple, dans le cas de l'atomisation de la gomme arabique, la solution à sécher a une teneur en matière sèche initiale de 15 à 20%, avec une température d'air de 180 à 200°C à l'entrée et de 90 à 110°C à la sortie. Ces paramètres permettent d'obtenir avec cette installation un débit de 60 l/h de solution à sécher.

APPLICATIONS

L'atomisation est une technique de séchage s'appliquant à de nombreuses substances. Citons le lait, le café, les œufs, les fruits, les purées de viandes ou de légumes, les gommes (arabique, sterculia), les algues (*Chlorella*, *Spirulina*), les micro-organismes (levures, bactéries), les enzymes, les protéines, les vitamines, etc (Masters K, 2002)[1]. De plus, elle permet de réaliser des formulations particulières tels que l'enrobage ou l'addition d'éléments nutritifs. Le conditionnement final sous forme de poudre permet une conservation, un stockage et un transport aisé, facilitant la fourniture des produits dans des zones rurales ne disposant pas d'infrastructure pour la conservation à moyen et long terme des aliments frais. Il permet également d'incorporer les produits dans des préparations culinaires tels que les sauces, jus de fruits, etc.

Dans un premier temps, l'atomisation d'une farine de mil fermentée a été testée. Ce test a été réalisé dans la lignée de ce qui se fait en Europe, à savoir l'atomisation de la farine de blé pré-acidifiée et diluée, utilisée ensuite comme adjuvant de panification.

L'atomisation de la farine de mil, diluée après fermentation contrôlée, devrait permettre l'obtention d'une farine de mil acide de longue conservation, dont les facteurs anti-nutritionnels inhérents au mil ont fortement diminué. L'intérêt de cette farine réside dans l'apport d'arômes et de goût acide, offrant ainsi un produit prêt à l'emploi (roulage de produits granulés traditionnels, biscuits, gâteaux…) et à une cuisson directe, tout en garantissant une durée de conservation de minimum 8 mois à température ambiante (30°C). De plus, les premières analyses microbiologiques montrent qu'une quantité non négligeable des bactéries lactiques d'acidification a survécu au traitement, conférant ainsi des propriétés probiotiques au produit. L'évaluation des rendements de production et du prix de revient est à l'étude.

Dans le domaine de la nutrition, nous pouvons également citer l'utilisation de la technique d'atomisation pour l'enrichissement du sel en iode et en fer. L'apport de la technique vient de l'enrobage du sel d'iode avec de la dextrine, ceci afin d'éviter une réaction entre les sels de fer et d'iode en présence d'humidité.

CONCLUSION

L'atomisation est une technique qui peut être très utile dans le domaine nutritionnel. Sa flexibilité permet d'étudier des demandes très diverses, tant dans le domaine du séchage et du conditionnement d'éléments nutritifs "seuls", que dans celui de l'enrichissement de produits alimentaires de base.

La structure du pôle de séchage, de par son approche technologique formative et participative, en fait un outil très prometteur. En effet, l'équipe en place est prête à étudier des demandes très diverses dans le cadre de ses compétences, avec pour seules limites celles des appareils utilisés. Au-delà, ses contacts privilégiés avec les fournisseurs de matériels et des entrepreneurs internationaux font qu'à tout moment des informations complémentaires peuvent être obtenues. De même, l'expérience de cette équipe dans la rédaction de dossiers et la recherche de financement lui permet d'appuyer les opérateurs intéressés dans leurs démarches auprès de bailleurs de fonds nationaux et/ou internationaux.

De nombreux opérateurs économiques se sont montrés intéressés par une collaboration avec le pôle de séchage. A l'heure actuelle, trois produits sont en cours de développement, alors que le pôle est encore en phase de démarrage et de mise en place.

RÉFÉRENCE

1. Masters K. Spray drying in practice. Charlottenlund: SprayDryConsult International ApS, 2002.

***Remerciements**: Les auteurs remercient l'Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE - Belgique) et la Direction des Relations Internationales de la Région Wallonne de Belgique pour le soutien qu'elles apportent à ce projet.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso: intérêts et contraintes

Mouquet[1*] Claire, Salvignol[2] Bertrand, Trèche[3] Serge

[1] UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés»/IRD, 01 BP182, Ouagadougou, Burkina Faso.
[2] GRET, 213 rue La Fayette, F75 010, Paris, France.
[3] UR106/IRD, BP 64501, F 34 394 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *claire.mouquet@ird.bf*

- Résumé -

La cuisson-extrusion est un procédé intéressant pour la production de farines infantiles, car il permet à la fois de gélatiniser et de dextriniser l'amidon et de réduire certaines activités antinutritionnelles. Les températures élevées atteintes au cours du procédé garantissent également au produit de bonnes qualités hygiéniques. Mais la plupart des cuiseurs-extrudeurs (CE) existants ne sont pas adaptés aux contextes des pays en développement, car ils requièrent un investissement financier considérable et ont une capacité de production trop importante (environ 300 kg/h).

Au Vietnam, des CE monovis de petite capacité de production (30 à 50 kg/h) utilisés pour la fabrication d'aliments de rue ont été adaptés à la production de farines infantiles. Ces CE simplifiés sont toutefois moins performants que les équipements industriels: la teneur en lipides du mélange à extruder ne doit pas dépasser 6 g/100 g de matière sèche, sous peine de réduire les températures atteintes au cours du procédé. Néanmoins, une farine infantile instantanée de bonne qualité nutritionnelle, organoleptique et hygiénique a été obtenue par mouture d'extrudats de riz et sésame et de soja torréfié.

Le transfert de ces CE à très faible coût au Burkina Faso n'est cependant envisageable qu'à condition de prendre en compte les contraintes liées au contexte de ce pays. Il faudra notamment étudier les possibilités de construction locale des principales pièces mécaniques de ces CE et adapter leurs performances aux matières premières disponibles. En outre, en raison de la qualité sanitaire peu fiable de l'eau utilisée pour la préparation des bouillies, il sera préférable de mettre au point une farine infantile à cuisson rapide, nécessitant 2 à 3 minutes d'ébullition, plutôt qu'une farine instantanée.

A ces conditions, la mise en œuvre de CE à très faible coût au Burkina Faso pourrait permettre de produire une farine infantile attractive et bon marché.

Mots-clés: Cuisson-extrusion – Farine infantile – Jeunes enfants – Gélatinisation – Dextrinisation.

- Abstract -

Extrusion cooking at very low cost for the production of infant flours in Burkina Faso: interests and constraints

Extrusion cooking is a useful process for the production of infant flours, as it allows to gelatinise and partially dextrinise the starch, and simultaneously reduces the activity of some antinutritional factors. Moreover, the high temperature (about 150°C) generated by the high shear of the blend of raw materials during the process allows the destruction of the initial microflora, thus ensuring good hygienic qualities to the final product.

But existing extrusion equipment is not suited to the context of developing countries as it requires a considerable initial financial investment and the production capacity (minimum 300 kg/hour) is too high, resulting in problems with raw material supply and distribution.
In Vietnam, monovis extruders of very low production capacity (between 30 and 50 kg/h) are currently used for street food manufacture. Their adaptation for instant infant flour production allowed settling several small production units throughout the country. However the performances of these simplified extruders are not as good as those of industrially-built equipment with large production capacity: Particularly, the lipid content of the blend of raw material must not exceed 6g /100g of DM at the risk of considerably reduce the temperature during the process. Nevertheless, an infant flour offering good nutritional, organoleptic and hygienic qualities was formulated with rice-sesame extrudates added with roasted soybean flour, and the product is at present produced and marketed in different areas of Vietnam.

However, the transfer of this simplified very low-cost extruder in Burkina Faso for the production of infant flour will require taking the specific constraints linked to the context of this country into account. In particular, it will be necessary to study the possibilities to locally construct the main spare parts of these equipments. Their performances on raw material available in the country, such as millet, cowpea or groundnut, have also to be evaluated and adapted. In addition, owing to the poor hygienic quality of water used for gruel preparation, it should be preferable to formulate an infant flour to cook for a short time (boiling for 2 or 3 minutes) rather than an instant flour.

Under these conditions, the implementation of the very low-cost extrusion cooking process for the production of infant flour in Burkina Faso could allow to put on the market a cheap and attractive product based on local raw material, offering all the qualities needed to meet infant nutritional requirements, in addition to breastmilk.

Key words: Extrusion cooking - Infant flour - Young children – Gelatinisation – Dextrinisation.

INTRODUCTION

Le procédé de cuisson-extrusion est un des procédés technologiques utilisés pour la production de farines infantiles. Classé parmi les procédés HTST (high temperature-short time), il consiste à pousser une matière première, ou un mélange de matières premières, à l'aide d'une (ou de deux) vis sans fin tournant à grande vitesse dans un étroit fourreau, puis à travers une filière de très petite section (figure 1). Les très fortes pressions et le cisaillement intense engendrés par ce traitement entraînent un autoéchauffement des matières premières qui atteignent en quelques secondes des températures de l'ordre de 120-160°C. En sortie de filière, le retour brutal à la pression atmosphérique entraîne la vaporisation instantanée de l'eau contenue dans le produit et son expansion. Il s'ensuit des modifications biochimiques très importantes ayant des conséquences sur les plans nutritionnel et organoleptique, ainsi qu'une destruction de la flore microbienne et de toute forme de parasites.

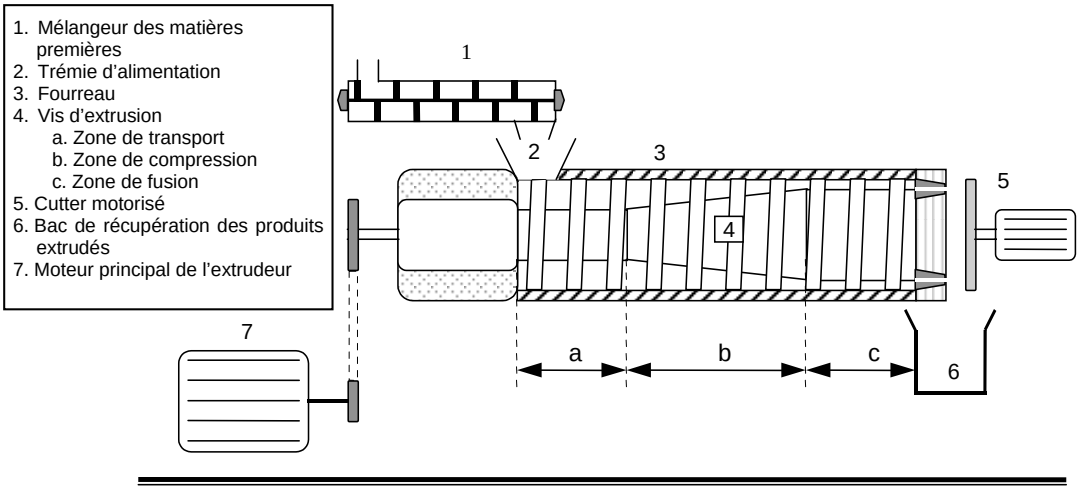


Figure 1: Représentation schématique d'un cuiseur-extrudeur monovis.

Durant la seconde moitié du XXème siècle, ce procédé intéressant a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont abouti à la conception d'équipements extrêmement sophistiqués et performants, variant de par les multiples formes que peuvent prendre les pièces maîtresses que sont la vis, le fourreau et la filière. Au fur et à mesure de leur évolution, les équipements se sont vus dotés d'une seconde vis, tournant ou non dans le même sens que la première, permettant un meilleur contrôle du procédé. D'une capacité de production toujours plus grande (plusieurs tonnes/heures), ils ont finalement atteint un prix très élevé (de l'ordre de 300 000 €, soit 200 millions de Fcfa). De plus, leur niveau de complexité est devenu tel que leur fonctionnement et leur maintenance doivent être confiés à une main-d'œuvre de plus en plus qualifiée. Tout ceci fait que l'utilisation de ces équipements est, à l'heure actuelle, réservée à des entreprises industrielles de taille importante.

Cependant, vers 1970, l'organisme de coopération américain USAID a proposé la mise en œuvre d'un procédé de cuisson-extrusion dit «à faible coût» (*low-cost extrusion cooking*) pour fabriquer, essentiellement à base de maïs et de soja, des aliments pour les jeunes enfants dans les pays en développement[1]. L'équipement recommandé est alors un cuiseur-extrudeur monovis simple, autogène (chaleur produite par autoéchauffement des matières premières), permettant l'extrusion de mélanges à faible teneur en eau (inférieure à 20%). Des usines ont été mises en place dans divers pays: Sri Lanka, Costa Rica, Mexique. Actuellement, il en existe

également un certain nombre en Afrique, notamment au Kenya, en Afrique du Sud, et en Ethiopie, entreprises essentiellement créées pour la production d'aliments destinés à l'aide d'urgence en réponse à la demande d'ONG ou d'organismes internationaux. En Afrique de l'Ouest, hormis deux entreprises en Côte d'Ivoire et au Sénégal, le développement du procédé de cuisson-extrusion sur ce modèle reste très limité. La raison principale en est que même pour les équipements dits «à faible coût», l'investissement initial reste très important (environ 50 000 €, soit 33 millions de Fcfa pour le seul cuiseur-extrudeur) et la capacité de production élevée (de 300 kg à 1 tonne/heure), ce qui nécessite des réseaux d'approvisionnement et de distribution bien organisés et un marché bien établi.

Pourtant le procédé de cuisson-extrusion offre de nombreux avantages décrits par plusieurs auteurs[2,3] parmi lesquels l'inactivation de certains facteurs antinutritionnels tels que les facteurs antitrypsiques, la gélatinisation et la dextrinisation des amidons qui permet la fabrication de produits précuits ou instantanés, la destruction de la flore bactérienne initiale, etc.

Dès lors, la mise au point de cuiseurs-extrudeurs de petite capacité (de l'ordre de 50 kg/h) simplifiés et robustes, devrait constituer une solution intéressante pour la fabrication locale de farine infantile bon marché ayant de bonnes qualités nutritionnelle, organoleptique et sanitaire.

LE CUISEUR-EXTRUDEUR TRÈS FAIBLE COÛT

Historique et description

Il existe en Asie de petits cuiseurs-extrudeurs rudimentaires destinés à la fabrication de gaines et de divers objets en plastique. Les Vietnamiens utilisent ces équipements pour la fabrication de gâteaux de soja ou de nouilles de riz précuites, commercialisés dans la rue. Le GRET et l'IRD, dans le cadre du projet Fasevie[4] visant à l'amélioration de l'alimentation infantile au Vietnam, ont proposé des modifications et des adaptations des machines vietnamiennes existantes pour la production de farines infantiles à base de matières premières locales, instantanées et bon marché. Le premier équipement de cuisson-extrusion à très faible coût (TFC) mis au point a été décrit de manière détaillée[5]. Une photo des pièces maîtresses (fourreau, vis et filière) est donnée sur la figure 2. Il s'agit d'un cuiseur-extrudeur monovis, autogène, ayant une capacité de production de 30 à 50 kg/h. La longueur du fourreau est de 200 mm, le pas de vis est constant, mais le diamètre du noyau de la vis est croissant afin de permettre une augmentation progressive des forces de friction et, par conséquent, de la température à l'intérieur du fourreau. L'entrefer vis-fourreau se réduit ainsi à 2 mm dans la partie terminale de l'extrudeur. Le rapport longueur du fourreau/diamètre de la vis est de 5. La filière, cylindrique et centrale, est longue de 9 mm et a un diamètre de 5 mm. La vis tourne à une vitesse maximum de 500 tours par minute, mue par un moteur d'une puissance de 10,5 kW.

Cet équipement permet l'extrusion de mélanges ayant une teneur en eau inférieure à 15%, et une teneur en lipides inférieure à 6%. Le temps de séjour à l'intérieur de l'appareil est inférieur à 5 secondes.

Le coût de fabrication au Vietnam du cuiseur-extrudeur TFC est inférieur à 1 500 € (1 million de Fcfa) pour une capacité de production de 40 kg/h. Pour une capacité de production rapportée à 1 tonne/heure, l'investissement initial serait d'environ 30 000 € (20 millions de Fcfa), contre 54 000 € (36 millions de Fcfa) pour les cuiseurs-extrudeurs faible coût, avec la même capacité de production.

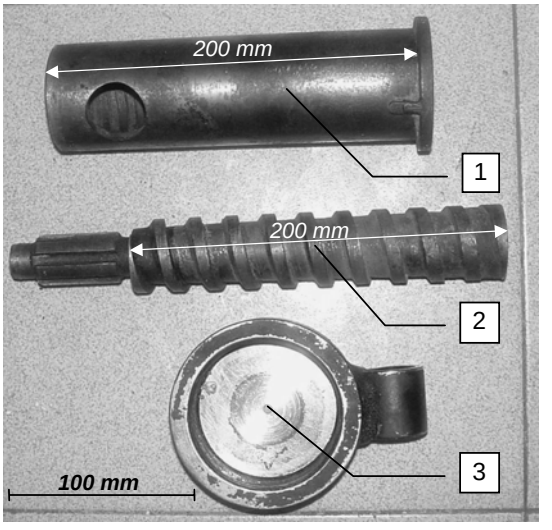


Figure 2: Pièces maîtresses du cuiseur-extrudeur très faible coût: 1. Fourreau; 2. Vis; 3. Filière.

PERFORMANCES DU CUISEUR-EXTRUDEUR TFC POUR LA PRODUCTION DE FARINES INFANTILES

Le cuiseur-extrudeur TFC a été expérimenté au Vietnam, pour la fabrication de farines infantiles à base de matières premières produites localement. Différents essais ont été réalisés avec des mélanges formulés à partir de riz, soja et sésame à des teneurs en lipides croissantes (tableau 1).

Tableau 1: Composition et teneurs en lipides des mélanges avant cuisson-extrusion.

	Composition (g/100 g MS)			Teneur en lipides[1] (g/100 g MS)
	Riz	Soja	Sésame	
Riz	100,0	0,0	0,0	0,7
Mélange A riz/sésame	91,4	0,0	8,6	5,5
Mélange B riz/soja/sésame	64,5	28,1	7,4	11,2

[1] *Calculée à partir de la table de composition de Souci et al.*[6]

L'évaluation de ses performances a porté sur ses capacités à:

- gélatiniser l'amidon et donner des farines instantanées reconstituables sous forme de bouillie par simple addition d'eau chaude;
- dextriniser l'amidon pour permettre la préparation de bouillies de haute densité énergétique (teneur en matière sèche élevée) à une consistance semi-liquide adaptée au jeune enfant;
- réduire l'activité antitrypsique des mélanges comportant du soja.

Les bouillies sont préparées de façon standardisée, soit selon le mode instantané (addition d'eau à 75°C), soit par cuisson (chauffage puis maintien à ébullition pendant 5 min). La teneur en matière sèche finale des bouillies est déterminée par dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La consistance des bouillies est

évaluée par la mesure de leur viscosité apparente à 83 s^{-1} et 45°C, selon la méthode recommandée par Mouquet et Trèche[7].

Le taux de gélatinisation a été calculé comme le ratio de l'amidon endommagé par le traitement sur l'amidon total du mélange. Les teneurs en amidon endommagé et total ont été déterminés par dosages colorimétriques[8,9].

Le taux de réduction de l'activité antitrypsique a été calculé comme le ratio des activités antitrypsiques des échantillons avant et après cuisson-extrusion, déterminées par la méthode colorimétrique de Kakade et al. modifiée[10,11].

Pour vérifier le caractère instantané de la farine obtenue à partir du mélange extrudé avec le cuiseur-extrudeur TFC, le comportement rhéologique (viscosité apparente en fonction de la concentration) des bouillies préparées selon le mode instantané a été comparé à celui des bouillies préparées par cuisson (figure 3). Pour le riz et le mélange A, on constate que les bouillies préparées par cuisson ont, à viscosité apparente égale, soit la même concentration, soit une concentration supérieure à celles des bouillies préparées par simple addition d'eau chaude: les farines peuvent dans ce cas être considérées comme instantanées. Pour le mélange B en revanche, à viscosité égale, la bouillie préparée par cuisson a une concentration très inférieure à celle de la bouillie selon le mode instantané, ce qui signifie que le traitement de cuisson-extrusion n'a pas permis d'obtenir la gélatinisation totale de l'amidon. Il s'ensuit que la consistance de la bouillie dépend fortement du traitement thermique mis en œuvre pour sa préparation. L'amidon n'étant pas totalement précuit après cuisson-extrusion, cette farine ne peut pas être qualifiée d'instantanée.

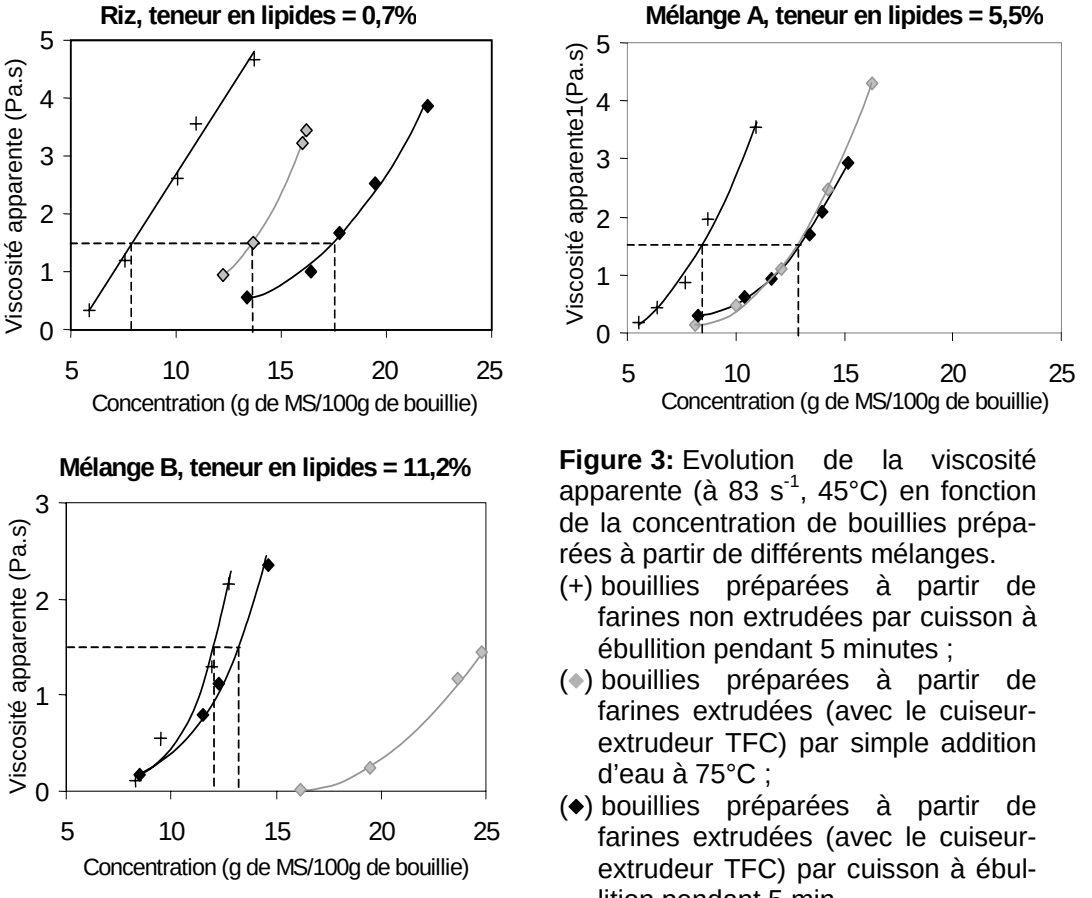


Figure 3: Evolution de la viscosité apparente (à 83 s^{-1}, 45°C) en fonction de la concentration de bouillies préparées à partir de différents mélanges.
(+) bouillies préparées à partir de farines non extrudées par cuisson à ébullition pendant 5 minutes ;
(◈) bouillies préparées à partir de farines extrudées (avec le cuiseur-extrudeur TFC) par simple addition d'eau à 75°C ;
(◆) bouillies préparées à partir de farines extrudées (avec le cuiseur-extrudeur TFC) par cuisson à ébullition pendant 5 min.

La mesure du taux de gélatinisation de l'amidon confirme ces résultats, indiquant un taux de gélatinisation d'environ 100% pour le riz et le mélange A extrudés, et seulement 57% pour le mélange B extrudé.

L'importance de la dextrinisation de l'amidon a ensuite été évaluée en mesurant les gains de concentration obtenus entre deux bouillies préparées à partir des produits crus et extrudés, à une viscosité apparente à $83s^{-1}$ égale à 1,5 Pa.s, limite supérieure d'acceptabilité pour un jeune enfant[5]. Les gains sont de + 6,0; + 4,6 et + 1,2 g de MS pour 100 g respectivement pour les bouillies à base de riz et pour les bouillies préparées avec les mélanges A et B. Si, pour les deux premiers produits, ce gain semble satisfaisant (car la farine est ensuite complétée par un premix apportant notamment soja, sucre et complément minéral et vitaminique), il reste insuffisant pour le mélange B.

Il apparaît donc que l'intensité de l'effet du traitement de cuisson-extrusion à l'aide d'un équipement TFC est dépendant de la teneur en lipides du mélange extrudé. En effet, les lipides jouent un rôle de lubrifiant à l'intérieur de l'extrudeur, diminuant ainsi le cisaillement et l'échauffement du produit. Ainsi, l'extrusion du mélange à 11,2% de lipides ne permet pas de conférer au produit les propriétés requises pour une farine infantile et il est préférable d'extruder des mélanges ayant des teneurs en lipides plus faibles et d'ajuster ensuite la teneur en lipides et en protéines des mélanges par addition de farine de soja torréfié après extrusion.

L'intensité du traitement de cuisson-extrusion TFC sur la réduction de l'activité antitrypsique des mélanges est également fortement dépendante de la composition du mélange et des conditions d'extrusion. En comparant les taux de gélatinisation de l'amidon et les taux de réduction de l'activité antitrypsique (AAT) de mélanges extrudés ayant différentes teneurs en lipides et différentes humidités initiales, nous avons mis en évidence une relation entre ces deux paramètres, qui traduisent tous deux, l'intensité thermique, et par conséquent l'efficacité du traitement (figure 4).

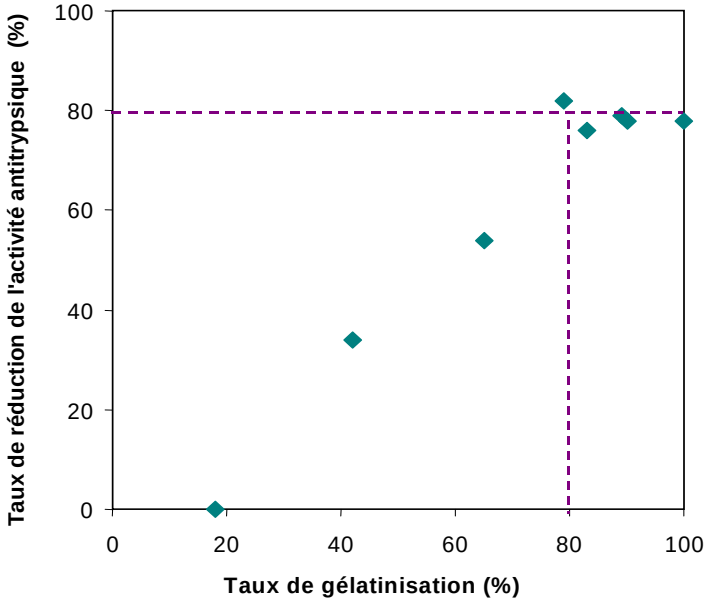


Figure 4: Relation entre le taux de gélatinisation et le taux de réduction de l'activité antitrypsique dans les mélanges contenant du soja avant et après extrusion.

Le taux de réduction de l'AAT augmente avec le taux de gélatinisation de l'amidon jusqu'à atteindre un maximum d'environ 80%. Les teneurs en eau ou en lipides

initiales élevées entraînent une diminution de la température à l'intérieur du cuiseur-extrudeur TFC et donc une moindre performance du procédé. Les conditions optimales de traitement à déterminer sont les conditions minimales permettant d'obtenir une gélatinisation totale (100%), une réduction de l'AAT maximale (environ 80%). Un traitement plus sévère, sans effet bénéfique sur la gélatinisation ni sur l'AAT, risquerait d'engendrer des effets néfastes sur la valeur nutritionnelle tels que l'indisponibilisation de la lysine, dus à des réactions de Maillard trop poussées.

Ces résultats montrent néanmoins que dans les conditions appropriées, le traitement à l'aide du cuiseur-extrudeur TFC permet d'obtenir des produits ayant les qualités requises (précuisson, dextrinisation de l'amidon et diminution de l'AAT) pour la préparation de farines infantiles de bonnes qualités nutritionnelles.

INTÉRÊTS ET CONTRAINTES DE LA MISE EN ŒUVRE DE CUISEURS-EXTRUDEURS TRÈS FAIBLE COÛT DANS LE CONTEXTE BURKINABÈ

Une étude récente du marché des farines infantiles commercialisées dans les principales villes Burkina Faso (résultats non publiés) montre que l'offre est majoritairement constituée de farines infantiles importées fabriquées par de grands groupes agro-alimentaires tels que Danone, Nestlé ou Numico (Nutricia). Cependant ces farines sont excessivement chères (entre 3500 et 8000 Fcfa/kg) et hors de portée de la majorité des ménages burkinabè. Les farines infantiles de fabrication locale ne représentent qu'une faible part de l'offre et seuls 6 producteurs de type PME ou groupements communautaires ont pu être identifiés. Les principaux aliments de complément donnés aux jeunes enfants restent de simples bouillies de céréales, fermentées ou non, très pauvres sur le plan nutritionnel.

Le premier intérêt de la mise en œuvre de cuiseurs-extrudeurs TFC au Burkina Faso serait de permettre la production de farines infantiles attractives à bas prix, accessibles à une large frange de la population ayant de faibles revenus. Un autre atout essentiel pour la réussite d'un projet de production de farines infantiles à l'aide de cuiseurs-extrudeurs TFC est leur faible capacité de production, adaptée au contexte burkinabè, où les approvisionnements en matières premières restent incertains, où les réseaux de distribution sont peu structurés et restreints à de courtes distances et où le marché doit être créé car peu de gens sont encore conscients de la nécessité de donner aux jeunes enfants des aliments de complément formulés spécifiquement. La petite capacité des équipements de production permet ainsi d'envisager la mise en place de plusieurs unités dans les principales villes du pays, afin de situer la production au plus près de la demande et de réduire les délais de distribution.

Ces farines présenteraient en outre les nombreux avantages liés au procédé de cuisson-extrusion:

- excellente qualité bactériologique grâce aux températures élevées mises en œuvre;
- destruction des insectes et parasites ainsi que de leurs œufs sous l'effet combiné des hautes températures et du cisaillement intense du produit dans le fourreau; cet avantage, s'il se vérifie avec les cuiseurs-extrudeurs TFC, serait considérable, car le développement de larves et d'insectes au cours du stockage est un problème récurrent pour tous les produits céréaliers au Burkina et conduit à des dépréciations rapides et importantes de l'aspect et des qualités organoleptiques des produits;
- meilleure qualité nutritionnelle (i) grâce à la destruction des facteurs antitrypsiques présents dans les graines de légumineuses ou de soja, susceptibles de compléter

de façon adéquate les apports en acides aminés des céréales, (ii) grâce à la dextrinisation partielle de l'amidon qui permet de préparer des bouillies de haute densité énergétique;
- meilleure digestibilité due à la gélatinisation de l'amidon et à une solubilisation partielle des fibres;
- meilleure qualité organoleptique du fait de la formation de composés aromatiques due aux réactions de Maillard se produisant au cours du procédé.

Toutefois, deux contraintes importantes doivent être prises en compte. D'une part, l'alimentation en électricité au Burkina Faso est peu fiable même dans les principaux centres urbains où l'on observe de fréquentes coupures. Or, lors d'une coupure même très brève, l'arrêt de la vis à l'intérieur du fourreau brûle le produit ce qui entraîne l'arrêt de la production et l'ouverture de la machine pour le nettoyage. La mise en place d'un système de régulation de l'alimentation électrique (onduleur, groupe électrogène) doit donc être envisagée. D'autre part, en raison de la mauvaise qualité sanitaire de l'eau de consommation utilisée par les ménages, il n'est pas recommandé de mettre sur le marché des farines infantiles instantanées. La production devrait alors se tourner vers des farines «à cuisson rapide» qui permettrait la préparation de bouillies après seulement 2 à 3 minutes d'ébullition. Cette courte durée d'ébullition devrait être suffisante pour assurer de bonnes qualités hygiéniques à la bouillie et devrait constituer un gain de temps pour les mères par rapport à la préparation des farines à cuire traditionnelles qui nécessitent une cuisson plus longue. De plus, pour la plupart des produits extrudés (voir le cas du riz, figure 3), la préparation par cuisson entraîne une fluidification secondaire des bouillies, ce qui permet à viscosité apparente égale, d'augmenter encore la concentration donc la densité énergétique à laquelle la bouillie peut être préparée.

Enfin, le transfert de la cuisson-extrusion TFC au contexte du Burkina Faso nécessite encore un travail important de recherche-développement pour déterminer les conditions optimales d'extrusion de mélanges de matières premières locales (mil, maïs pour les produits amylacés et niébé, arachide, sésame ou soja pour les produits riches en protéines et/ou en lipides) ainsi qu'une étude des possibilités de maintenance et de construction locale du cuiseur-extrudeur TFC ou tout au moins des principales pièces d'usure que sont la vis et le fourreau.

CONCLUSION

Dans le cadre du projet Fasevie, trois petites entreprises de production de farine infantile par cuisson-extrusion TFC ont été mises en place et commercialisent actuellement des produits de bonne qualité et très bon marché au Vietnam.

Le transfert du procédé au Burkina Faso semble prometteur en raison notamment de la petite capacité de production et du faible prix du cuiseur-extrudeur TFC, bien adaptés aux caractéristiques du contexte burkinabè. Toutefois, un travail préalable de mise au point des conditions d'extrusion sur des mélanges de matières premières produites localement et de recherche des possibilités de maintenance et construction locales doit être réalisé.

RÉFÉRENCES

1. Harper J, Jansen G. Production of nutritious precooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. Food Rev Int 1985;1:27-97.

2. Björck I, Asp N. The effects of extrusion cooking on nutritional value - A literature review. J Food Eng 1983;2:281-308.

3. Camire M, Camire A, Krumhar K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. Crit Rev Food Sci Nutr 1990;29:35-56.

4. Monvois C, Trèche S. Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique ? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam. Communication orale présentée au 2ème Atelier International «Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes». Ouagadougou : Univ. Ouagadougou / Univ. Wageningen / IRD / FAO, 23-28 novembre 2003.

5. Mouquet C, Salvignol B, van Hoan N, Monvois J, Trèche S. Ability of a "very low-cost extruder" to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. Food Chem 2003;82:249-55.

6. Souci S, Fachman W, Kraut H. Food composition and nutrition tables. London: Medpharm Scientific Publisher & CRC Press, 2000.

7. Mouquet C, Trèche S. Viscosity of gruels for infants: a comparison of measurement procedures. Int J Food Sci Nut 2001;52:389-400.

8. Batey IL. Starch analysis using thermostable α-amylase. Starch 1982;4;125-8.

9. Chiang CJ, Johnson JA. Measurement of total and gelatinized starch by glucoamylase and o-toluidine reagent. Cereal Chem 1977;54:429-35.

10. Kakade ML, Rackis JJ, MacGhee JE, Puski G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem 1974;51:376-82.

11. Smith C, van Megen W, Twaalfhoven L, Hitchcock C. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. J Sci Food Agric 1980;31:341-50.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Impact de l'innovation technologique sur l'amélioration des systèmes alimentaires du Nord Cameroun

Ndjouenkeu[1*] Robert, Cerdan[2] Claire

[1] ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.
[2] CIRAD TERA, Avenue Agropolis, 34398, Montpellier, Cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *rndjouenkeu@yahoo.fr*

- Résumé -

Les systèmes agroalimentaires du Nord Cameroun, en raison de leur place importante dans l'alimentation des villes et de leur contribution à la valorisation des ressources agricoles locales, ont suscité des efforts d'innovation et d'adaptation technologique traduits à travers divers projets de recherche et de développement. Le présent article présente, à partir d'un diagnostic des structures de transformation alimentaire des trois principales villes de la région (Ngaoundéré, Garoua et Maroua), les besoins en innovation de ce secteur d'activité, et montre, à travers 3 études de cas (valorisation de l'igname, développement de produits laitiers et production de jus de fruits), comment l'introduction d'innovation a contribué à améliorer les systèmes. Les innovations introduites ont consisté principalement à favoriser un échange de savoir-faire entre paysans (cas de la valorisation de l'igname) et à former les acteurs à des procédés améliorés de production (lait et jus de fruits). Les effets positifs des innovations portent à la fois, et selon les cas, sur la sécurité alimentaire, la diversification alimentaire, la qualité des produits, la création de nouvelles niches de marché, la professionnalisation et l'organisation des acteurs. L'analyse des processus mis en œuvre dans l'introduction des innovations et des effets induits, permet de tirer des enseignements sur les difficultés relatives à la construction de la qualité des produits de l'artisanat alimentaire, et montre la nécessité d'une démarche systémique pour l'amélioration de ces systèmes alimentaires.

Mots-clés: Systèmes agroalimentaires – Innovation – Igname – Lait – Jus de fruits.

- Abstract -

Effect of the technological innovation on improvement of the North Cameroon agro-food systems

The North Cameroon agro-food systems, because of their importance in feeding the towns and their contribution to develop local agricultural resources, have created innovation efforts and technological adaptation through various research and development projects. This article presents from the diagnosis of food processing structures of the three main towns (Ngaoundéré, Garoua and Maroua) of the region, innovation needs of this sector of activities, and shows, through 3 studies (yam valorisation, development of dairy products, and fruit juice production), how introducing innovations has contributed to improve the systems.

These innovations have consisted to favour a know-how exchange between farmers (yam valorisation case) and to train the actors to improved processes of production (milk and fruit juice). The positive effects of innovations, according the cases, deal with food security, food diversification, product quality, creation of new markets, and professionalization and organization of the actors. The analysis of the implemented methods to introduce innovations and of induced effects allows to learn lessons on difficulties associated to product quality building in food cottage industry and to show the necessity of a systematic approach for the improvement of these food systems.

Key words: Agro-food systems – Innovation – Yam – Milk – Fruit juice.

INTRODUCTION

L'un des traits caractéristiques des villes africaines, en raison de leur croissance rapide, est la multiplication d'activités informelles qui, la plupart du temps, constituent la base des systèmes économiques populaires urbains. Ce secteur informel est constitué de petits métiers parmi lesquels l'artisanat alimentaire occupe une place importante. Le caractère informel de la majorité de ces structures agro-alimentaires explique la rareté des données statistiques afférentes. Les quelques données disponibles concernent les capitales. La situation des villes secondaires, qui constituent pourtant la matrice des dynamiques rurales est largement méconnue.

Au Nord-Cameroun, zone de savanes dont le développement s'appuie sur 3 villes secondaires (Ngaoundéré, Garoua et Maroua), le secteur artisanal agroalimentaire s'est développé autour de la transformation des principales productions agricoles de la région (céréales, arachides, fruits et légumes, lait). Un inventaire des structures de transformation, mené en 1999, a contribué à évaluer la place de ce secteur dans l'économie locale des villes de la région et à relever des contraintes. Celles-ci sont liées au système de construction de la qualité dans les structures, ou mettent en évidence un besoin en innovation technologique et en renforcement des capacités des acteurs.

La levée de ces contraintes, condition première de l'émergence des structures du secteur, a conditionné et justifié l'implication de la recherche dans un certain nombre d'actions de développement et d'innovation technologiques locales.

Le présent papier fait le point sur quelques actions d'innovation ayant contribué à améliorer le statut alimentaire et économique des acteurs et de la population. Il s'appuie sur la présentation succincte de la démarche d'innovation mise en œuvre, et insiste, à partir de trois études de cas, sur la contribution de ces innovations à l'amélioration des systèmes agro-alimentaires du Nord Cameroun.

ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DES INNOVATIONS

La mise en œuvre d'une démarche d'innovation dans un système donné suppose, au préalable, le constat de l'existence d'une contrainte importante justifiant le besoin d'apporter une amélioration au système. Sur le plan alimentaire, le besoin de garantir la sécurité alimentaire d'une population sans cesse croissante et de réduire les pertes post-récolte servent souvent de prétexte au lancement d'innovations impliquant la diversification des produits, l'amélioration des procédés, la mise en marché, etc…

L'observation des systèmes agricoles offre, le plus souvent, le constat d'une disponibilité de ressources agricoles exploitables et de ressources techniques endogènes valorisables. Par ailleurs, l'augmentation de la population urbaine offre un marché à l'écoulement des produits de l'agriculture. Dans le contexte du Nord Cameroun, la croissance des villes (Ngaoundéré, Garoua et Maroua) a été favorisée, au cours de ces 15 dernières années, d'une part, par le renforcement des structures administratives (création de nouvelles provinces) qui a drainé une population constituée en majorité de fonctionnaires; d'autre part par une relative amélioration des moyens de communication (bitumage de la route Ngaoundéré – Garoua – Maroua – N'Djamena). Cette évolution a évidemment remodelé le paysage urbain de la région, avec de nouvelles habitudes et exigences de consommation: afflux de produits alimentaires divers, en provenance du Sud du pays et de N'Djamena (Tchad), développement des circuits de distribution, apparition de nouvelles formes de consommation. Face à ces nouvelles exigences, et eu égard à la fois aux pertes post-récolte pouvant quelquefois affecter plus de 50% de la production, et à la concurrence

des produits extérieurs, les systèmes agroalimentaires locaux ont besoin de s'adapter pour y répondre, voire pour survivre.

Ce constat justifie la valorisation technologique et commerciale des ressources alimentaires locales sur la base de leur adaptation aux exigences du marché. Dès lors, l'innovation consiste à favoriser la rencontre entre les acteurs concernés par ces ressources techniques et les exigences du marché. Cependant, la diversité des acteurs et des techniques implique des interactions entre les mouvements d'innovation et les connaissances scientifiques et techniques qu'il convient de gérer au mieux, en termes d'opportunité et d'impact sur les systèmes alimentaires concernés. Ce besoin interpelle la recherche technologique dans la mesure où celle-ci contribue à l'identification et à la mise en œuvre des innovations. La démarche adoptée à cet égard sera déterminante pour l'appropriation de l'innovation et/ou le développement des savoir-faire plus ou moins améliorés.

La formulation de cette hypothèse sur le rôle de la recherche technologique, justifie alors une démarche de valorisation que Chuzel et Muchnik[1] dénomment «recherche technologique de terrain», et qu'ils formulent en 4 étapes (figure 1). Cette démarche de recherche-action implique: *i*) l'identification des ressources techniques de la région; celles-ci doivent servir de repères au choix des innovations à mettre en place; *ii*) le diagnostic du système, dans le but d'en comprendre le fonctionnement et les contraintes, et choisir les innovations à introduire; *iii*) l'expérimentation et la diffusion des innovations; *iv*) et enfin leur évaluation en termes d'impact sur le développement ou l'amélioration du système. Les auteurs de la démarche insistent sur la nécessité, pour sa mise en œuvre, de constituer, au préalable, «un groupe opérationnel d'innovation» intégrant aussi bien les acteurs de la recherche technologique que les agents économiques du système à étudier. Par ailleurs, cette démarche théorique n'est pas obligatoirement linéaire dans ses séquences, les objectifs de recherche et les séquences du processus pouvant évoluer ou se confondre aussi bien dans leur concept qu'en fonction de l'appréciation des résultats intermédiaires.

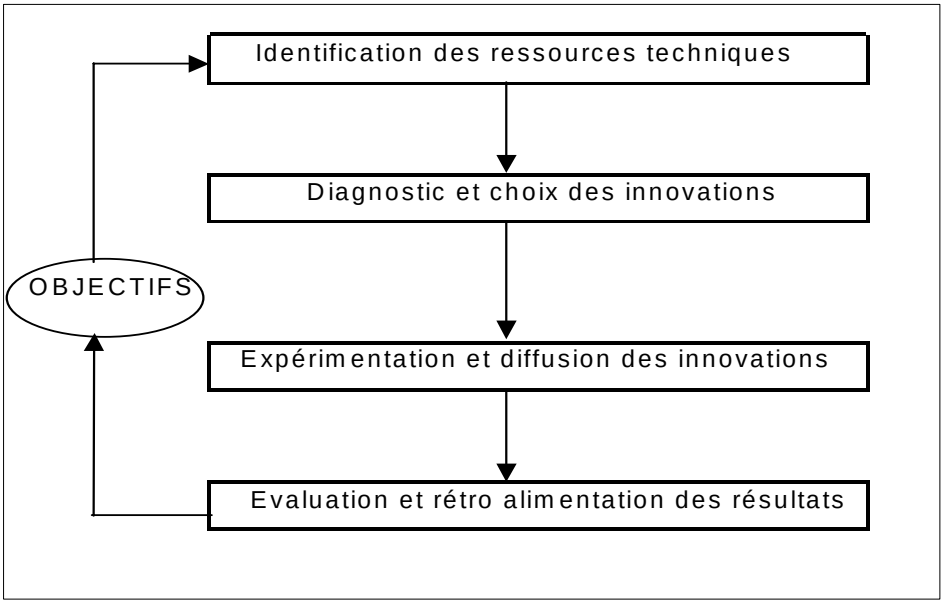


Figure 1: Démarche de recherche technologique de terrain pour la valorisation de ressources techniques locales (Chuzel, Muchnik, 1993).

Cette démarche de recherche technologique de terrain a été mise en œuvre, avec quelques variantes conjoncturelles, dans des actions destinées à améliorer les systèmes agro-alimentaires du Nord Cameroun. Ces actions ont été menées par un groupe opérationnel constitué, d'une part de l'IRAD (Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement), station de Garoua, et de l'ENSAI (Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles) de Ngaoundéré; d'autre part des services publics spécialisés (Ministère de la Condition Féminine, Ministère des Affaires Sociales), d'ONG et des opérateurs impliqués dans les filières concernées. La base de départ du travail reposait sur les diagnostics des systèmes menés par l'IRAD et l'ENSAI.

LES SYSTÈMES AGROALIMENTAIRES DU NORD CAMEROUN: DIAGNOSTIC ET IDENTIFICATION DES BESOINS EN INNOVATION

Le diagnostic des activités marchandes de stockage et de transformation des produits alimentaires en milieu urbain dans la zone des savanes[2,3,4] a permis de dénombrer près de 4600 unités agroalimentaires dans l'ensemble des 3 villes du Nord Cameroun (tableau 1). Ces 3 villes totalisent une population d'environ 550.000 habitants et devraient dépasser le million à l'horizon 2010. Sur la base de 6 personnes en moyenne par famille, cela signifie qu'environ 1 foyer sur 25 a une source de revenu d'origine agroalimentaire.

Tableau 1: Recensement des unités de transformation agroalimentaires à Garoua, Maroua et Ngaoundéré.

Denrées	**Garoua** (230 000 hab.)	**Maroua** (200 000 hab.)	**Ngaoundéré** (110 500 hab.)
Arachide	221	305	55
Boissons non alcoolisées	312	138	65
Boissons alcoolisées	162	690	68
Viandes et poissons	129	215	101
Beignets	288	284	126
Restauration	350	364	172
Céréales décortiquées et farines	169	125	77
Autres	16	81	4
Produits stockés	73	51	45

Les principaux produits concernés par ces activités portent sur la transformation des céréales et de l'arachide, avec cependant des différences entre les villes. On note à cet égard, une prédominance de la production de bière à Maroua, contre une forte implantation de structures de boissons non alcoolisées à Garoua, alors qu'à Ngaoundéré, la production et la transformation de viande et de poisson tiennent la vedette. On note également le développement, dans des proportions semblables, du secteur de la restauration et des snacks (beignets, bouillies), ce qui confirme une évolution des modes de consommation en milieu urbain où le recours à des mets préparés et la restauration extérieure prennent une part de plus en plus importante dans la consommation des ménages. La variabilité de ces activités, d'une ville à l'autre, tient principalement de la variabilité des ressources agricoles locales. Face à l'enclavement des zones agricoles qui impose des contraintes à la distribution efficace des produits en frais, les paysans ont mis à profit l'abondance du soleil dans la région pour développer des filières de produits séchés, distribués sur la quasi-totalité des

marchés de la sous-région. Cette activité de séchage a contribué à développer et à valoriser la filière poudre de tomate dont plus de 90% de la production est séchée au soleil, et écoulée sous forme de poudre sur la plupart des marchés de la zone des savanes d'Afrique Centrale, avec des plus-values substantielles dans certains secteurs de la filière[5].

L'analyse du fonctionnement de ces systèmes met en évidence des contraintes technologiques, d'organisation et de valorisation commerciale qui constituent autant de problèmes à résoudre pour la construction de la qualité des produits et des systèmes de production.

Les activités de transformation sont généralement conduites sur la base des acquis technologiques traditionnels, transmis de père en fils ou de mère en fille. La mise en œuvre de ces technologies peut être variable entre différents producteurs, voire d'une production à l'autre au sein d'une même unité, ce qui indique un manque de rationalisation des procédures qui peut être préjudiciable à la rentabilité des structures. A ceci s'ajoute les conditions d'hygiène des structures de production et de distribution, et le conditionnement des produits qui représentent autant de facteurs limitants vis-à-vis de leur qualité. Ces facteurs technologiques peuvent, dans certains cas, contribuer à limiter la valorisation commerciale des produits en termes d'accès à un marché plus ouvert et plus concurrentiel. Il en est ainsi de la poudre de tomate - séchée au soleil et vendue en vrac - qui présente un attrait commercial limité en raison de sa couleur sombre et de sa charge élevée en poussière. De même, des efforts de valorisation, par les paysans, de l'abondance des fruits (mangue, goyave, citron, etc...) de la région, à travers leur transformation en jus, restent limités par les formes de présentation non hygiéniques et non attractives des produits[6]. Par ailleurs, la faible diversification alimentaire et nutritionnelle de certains produits tels que l'igname et le lait, représentatifs d'une valeur culturelle forte des populations endogènes, constitue une contrainte à la sécurité alimentaire de ces populations, dans la mesure où leur faible niveau de transformation fait le lit des pertes post-récolte et occulte leur potentiel de conversion en produits à forte valeur ajoutée (produits laitiers divers, farines de tubercules, etc.).

Le développement des structures de l'artisanat alimentaire repose le plus souvent sur des dynamiques familiales, tribales, voire régionales, et s'appuient sur des stratégies endogènes des acteurs, variables d'une région à l'autre ou d'un produit à l'autre, et qu'il convient d'étudier. Des exemples de ces dynamiques se rencontrent, par exemple, dans le système de transformation du *kilishi*, le circuit de distribution de la tomate dans les savanes du bassin du Lac Tchad.

Au-delà de leur variabilité, les activités agroalimentaires urbaines possèdent des caractéristiques communes fondées sur: *i*) leur caractère artisanal et décentralisé, car elles sont réparties selon les quartiers et les marchés, avec des phénomènes fréquents de concentration spatiale; *ii*) leur autonomie, car elles sont le plus souvent individuelles et fonctionnent sans assistance officielle, financière ou technique; *iii*) leur appui sur le système agricole qui concourt à la valorisation des ressources agricoles locales; *iv*) leur aptitude à rechercher en externe, dans des réseaux de proximité sociaux ou géographique, les solutions à leurs problèmes techniques, financiers, commerciaux, de main-d'œuvre.

La réhabilitation du rôle de ces microstructures agroalimentaires dans le développement local, a contribué à des innovations aussi bien techniques qu'organisationnelles dans ce secteur d'activité: différenciation des produits, et nouveaux produits, mécanisation de certaines opérations, organisations collectives des transformateurs[6]. Ainsi, quelques filières ont vu émerger des entreprises de taille un peu supérieure aux activités artisanales individuelles, voire des PME, qui

proposent des produits locaux aux présentations similaires à celles des produits industriels classiques (stabilisation et conditionnement).

La mise en place de projets de développement adaptés a contribué à cette dynamique, avec un appui significatif de la recherche technologique dans la construction de la qualité des systèmes concernés et des produits. Trois exemples portant sur la valorisation de l'igname pour les marchés urbains, le système de transformation laitière, et la valorisation commerciale de jus de fruits locaux servent d'étude de cas pour illustrer cette implication de la recherche technologique dans le processus de développement des systèmes agro-alimentaires locaux.

IMPLICATION TECHNOLOGIQUE DES INNOVATIONS: ÉTUDE DE CAS

L'opportunité offerte par le développement des marchés urbains signifie, entre autres, d'adapter l'offre en aliments aux conditions de vie et aux attentes des consommateurs citadins. A cet égard, l'intégration des structures de recherche technologique a consisté à développer des processus d'innovation visant, d'une part à améliorer la qualité et l'utilisation des produits, d'autre part à diffuser des savoir-faire auprès des acteurs.

La valorisation de l'igname pour les marchés urbains

La province de l'Adamaoua, et plus particulièrement la région de Mbé, située à 80 km de Ngaoundéré, apparaît, au Cameroun, comme la principale zone de production d'ignames. Les variétés produites, de type *rotundata*, généralement de grande taille, alimentent les marchés de Ngaoundéré et des principales villes du pays. Le principal frein au développement de cette activité agricole repose sur la pénibilité de la culture qui exige de grosses buttes élaborées manuellement, et la vente exclusive en frais des tubercules. Cette forme unique de distribution, bien que correspondant aux besoins des consommateurs, ne permet pas une disponibilité permanente du produit, eu égard au fait que le système de culture ne permet qu'une seule production sur l'année, pendant une période limitée (Septembre – Décembre). Par ailleurs, les structures de conservation ne permettent pas de maintenir la distribution des tubercules au-delà de la période de récolte. Le système de production de l'igname pose ainsi un problème faisant appel, à la fois à un besoin de réduire la pénibilité de la culture, et de pouvoir effectuer des récoltes à des moments différents, à défaut d'assurer la conservation des tubercules.

Parti du constat d'une dynamique endogène de transformation traditionnelle de l'igname en cossettes pour l'approvisionnement des villes du Bénin, ainsi que de l'analyse des avantages et des problèmes inhérents au système de production et de transformation de l'igname dans ce pays, un projet de développement a été initié, avec l'appui financier du Ministère Français des Affaires Etrangères, dans les buts, entre autre: *i)* de diffuser le savoir-faire béninois vers d'autres pays producteurs et consommateurs d'igname, mais ne connaissant pas les techniques de production et d'utilisation des cossettes; *ii*) de concevoir, d'optimiser et de diffuser de nouveaux produits à base de cossettes d'igname, afin de diversifier son utilisation et d'ouvrir ainsi de nouveaux marchés; l'alimentation des marchés urbains étant, ici, la principale cible.

La mise en œuvre du projet au Cameroun, centrée sur la partie septentrionale du pays, et impliquant l'IRAD et l'ENSAI, a permis de mener une étude d'acceptabilité de la farine d'igname dans la région, de former des opérateurs à la transformation de l'igname en cossettes et en farine, et de développer des recettes à base de farine d'igname.

L'étude d'acceptabilité de la farine, outre le fait qu'elle permettait aux populations locales de découvrir un nouveau produit, a suscité, auprès des opérateurs paysans et des consommateurs un intérêt particulier lié à la possibilité de consommer un produit local autrement. En effet, les populations enquêtées, consommatrices de farine de céréales (maïs, sorgho) sous forme de pâte cuite (*boule*), ont rapidement intégré l'opportunité d'une autre forme de préparation de la boule. Cette appropriation a été d'autant plus significative auprès des producteurs d'igname que ceux-ci sont exclusivement consommateurs de boule.

L'impact, à priori positif de la farine d'igname a permis d'identifier et d'évaluer la demande réelle des populations en savoir-faire, et a servi ainsi de phase préparatoire à l'introduction du système cossettes au Nord Cameroun, et à la formation des acteurs concernés.

Dès lors, une démarche de formation au système cossettes a été élaborée et mise en œuvre. Celle-ci consistait en:

- un échange de savoir-faire entre paysans et transformateurs Béninois et Camerounais;
- une formulation et une démonstration de produits à base de cossettes et de farine d'igname, suivie d'essais de production et de transformation par les paysans;
- une phase pilote de transformation et de commercialisation des cossettes par les acteurs, avec l'appui des structures de recherche.

L'ensemble de ces étapes de formation et d'introduction du système cossettes a été mis au point par la recherche, tout en privilégiant, dans leur mise en œuvre, l'implication des acteurs paysans.

L'appropriation des innovations par les acteurs s'est réalisée de façon différentielle entre la ville et les villages. Les acteurs et consommateurs urbains ont apprécié la possibilité d'intégrer la farine d'igname dans diverses recettes culinaires (pâtisserie, bouillies…), mais n'ont pas accepté la couleur sombre du produit, résultant d'un brunissement au cours des procédés de transformation de l'igname en cossettes. Ce critère n'a par contre pas constitué un handicap dans les villages, où les habitudes de consommation, notamment pendant les périodes de soudure, sont centrées sur la boule préparée à partir de la farine de mil rouge; cette dernière présente un aspect relativement comparable à la farine d'igname. Dans les villages, l'innovation s'est traduite par une tendance à la reconversion des producteurs de tubercules vers une consommation de farine d'igname à l'échelle familiale, au détriment du mil rouge en particulier. Le frein au développement du système repose toutefois sur le système agricole qui, en raison des disponibilités semencières, reste contraint à la production exclusive des variétés d'igname locales à gros tubercules, plus pénibles à la culture et moins convenables à la transformation en cossettes. Cette contrainte révèle une réorientation de la demande du monde paysan qui souhaiterait disposer de semences de la variété *kokoro*, cultivée au Bénin, et plus convenable à la transformation en cossettes. Cette demande interpelle aussi bien les structures de recherche et de développement que les politiques et les pouvoirs publics, et réoriente les objectifs initiaux de la recherche technologique. Il s'agit désormais, vis-à-vis des marchés urbains, de résoudre la contrainte technologique inhérente au brunissement des cossettes; et, vis-à-vis de la production paysanne, de rechercher les conditions de vulgarisation du *kokoro* dans la région, ou mieux, d'adapter la culture des variétés locales à la transformation en cossettes. Les recettes culinaires (bouillies, produits de panification, snacks …) développées par les ménagères à partir de la farine d'igname, et présentant un potentiel de commercialisation, sont autant d'éléments qui militent en faveur d'un développement de variétés d'igname convenable au système cossettes.

Le projet de développement laitier

La tradition pastorale des populations du Nord Cameroun a favorisé, en marge de l'élevage bovin pour la viande, une activité de production et de transformation laitière, intégrée de façon significative, aussi bien dans les habitudes alimentaires locales que dans l'artisanat alimentaire de la région. Le caractère marginal et informel de cette activité a contribué à ignorer le niveau de sa contribution réelle à la couverture de la demande en produits laitiers de la région.

A l'échelle paysanne, l'activité de production et de transformation laitière, qui propose différents produits (*kindirmou, pendidam, bol*, etc…) distribués de façon ambulante ou sur quelques places de marché, s'appuie sur une structure exclusivement familiale qui offre à la ménagère, principale intervenante dans la filière, une source de revenus subsidiaires pour les besoins de la famille. Les conditions ménagères de production et de transformation, avec des moyens techniques précaires, constituent l'une des principales contraintes au système paysan, et contribuent notamment à limiter la qualité hygiénique des produits[7].

Les volumes cumulés de lait frais déclarés par les producteurs paysans laissent entrevoir le potentiel de cette activité par rapport à la demande en produits laitiers qui, au demeurant, présentait en 1995, un déficit de 200.000 tonnes pour les seules villes de Garoua et Maroua[8]. Ce déficit semble avoir justifié le développement, par les femmes des centres urbains, d'une production et d'une commercialisation de produits laitiers (yaourts notamment) fabriqués dans des conditions artisanales à partir de laits reconstitués d'importation.

Le besoin de combler ce déficit par un développement de la production locale a certainement justifié, au début des années 90, la mise en place d'un projet de développement laitier, basé dans la région de Ngaoundéré, zone leader de l'activité pastorale nationale.

L'interpellation des structures de la recherche technologique dans ce projet a porté d'une part sur l'amélioration des races bovines par insémination artificielle, d'autre part sur l'amélioration des techniques de traite et de traitement du lait.

Si les essais d'insémination artificielle n'ont pas donné les résultats escomptés, l'amélioration technologique des systèmes de production et de transformation a contribué à valoriser l'image de la filière.

La démarche d'amélioration technologique adoptée a consisté en trois composantes:
- formation primaire des acteurs locaux de la filière aux bonnes pratiques d'hygiène et aux techniques modernes de traitement du lait;
- contribution à la mise en œuvre d'une unité pilote moderne de traitement et de transformation du lait;
- formation du personnel de l'unité pilote (personnel issu; pour la plupart, des formations primaires) aux techniques de production, à l'utilisation des équipements et au contrôle de la qualité des produits.

L'implantation et le démarrage de l'unité de pilote a eu pour impact:
- la structuration de la filière de production de lait, avec pour conséquence une organisation du circuit de collecte auprès des fermiers à un prix garanti;
- la disparition des réseaux ambulants de distribution de lait et produits laitiers paysans dans des calebasses, et dans des conditions peu hygiéniques;
- la disparition des réseaux ménagers de production et de distribution de yaourts à base de lait reconstitué;
- l'amélioration, voire la standardisation de la qualité des laits et produits laitiers proposés sur le marché;

- le développement d'un réseau de distribution du lait et des produits laitiers issus de l'unité pilote.

Ce dernier impact est couplé à la prise de conscience des acteurs de la filière sur le potentiel réel de leur activité. Un nombre significatif de ceux-ci, travaillant initialement pour le compte de l'unité pilote, a ainsi décidé de valoriser lui-même sa production laitière. Ceci s'est traduit par une multiplication de microstructures plus ou moins modernes de production de lait et des produits laitiers. La conséquence immédiate en a été la réduction significative des volumes de lait frais livrés à l'usine pilote, d'où l'arrêt de ses activités et des négociations de rachat ou de contrôle par les opérateurs de la filière.

Si, au plan individuel, en milieu urbain, le développement des activités de l'usine pilote a créé un manque à gagner pour les femmes distributrices de yaourt ménagers, l'amélioration de la qualité des produits offerts aux consommateurs constitue, à cet égard un argument suffisant, en raison notamment du peu d'intérêt manifesté désormais par les consommateurs de ces produits ménagers de qualité non garantie. Par ailleurs, l'amélioration du revenu net des paysans producteurs de lait peut être présenté comme le principal acquis positif du projet de développement.

La valorisation technologique et commerciale des jus de fruits locaux

Des études menées dans le Nord Cameroun sur la consommation des boissons[2,4,9] ont montré une forte représentativité des boissons rafraîchissantes. Ce secteur concerne essentiellement 3 types de produits[6]: les boissons industrielles (Coca Cola, Fanta, Top, Njino …) fabriquées par les unités industrielles nationales, les jus de fruits importés, conditionnés en sachet Doypack ou en bouteilles plastiques, les jus locaux (citron, oseille, sucettes …), fabriqués par les ménagères et distribués en vente ambulante dans des sachets plastiques fins noués, dans des gobelets ou dans des bouteilles de récupération.

Plusieurs limites entravent la valorisation commerciale des boissons du secteur artisanal. La production est essentiellement familiale et très saisonnière, avec une activité très intense en saison sèche. Mais cette intensité chute de près de 60% en saison de pluies ou les vacances scolaires, ou encore pendant le ramadan[4,10]. Par ailleurs, les consommateurs sont face à plusieurs incertitudes sur la qualité des produits: composition des produits, origine de la matière première, conditions de production. Ces boissons artisanales sont pourtant les plus consommées par le grand public, notamment les élèves, en raison de leur bas prix: environ 100 FCFA/litre. Les boissons industrielles et d'importation sont, quant à elles, vendues à un prix moyen variant entre 475 FCFA et 950 FCFA le litre, ce qui, notamment pour les boissons importées, leur donne une image de produit de luxe.

Le constat de cet écart de prix et la disponibilité des ressources végétales transformables, laissent penser à la possibilité de garantir un marché aux jus locaux si les conditions de production (hygiène notamment) sont améliorées, de manière à en sortir un produit de qualité à un prix abordable[6]. L'innovation à introduire est alors, sur la base des ressources techniques locales, un nouveau produit répondant, au moins en partie, aux incertitudes des consommateurs. Une action a ainsi été mise en place pour accompagner et appuyer l'émergence de petites entreprises dans ce secteur. La démarche d'action consistait à élaborer, avec les opérateurs, le concept du produit, à en construire la qualité et à mettre au point une stratégie commerciale pour sa mise en marché[6].

A la suite d'une série de réflexions concertées entre chercheurs et opérateurs, le concept du nouveau produit met en avant les caractères naturel, sain, hygiénique, bon marché et disponible toute l'année, considérés comme un atout par rapport à la

concurrence. La construction de cette qualité s'est alors appuyée sur la formation des opérateurs aux bonnes pratiques d'hygiène et aux techniques améliorées de production. La halle de technologie de l'IRAD de Garoua, équipée pour réaliser diverses opérations de transformation (broyage, dépulpage, pressage, mélange, chauffage, séchage, cuisson …) et de contrôle (pH, a_w …) a servi de lieu de formation et d'expérimentation pour la recherche, mais aussi de lieu de production où chaque opérateur débutant pouvait fabriquer ses produits tout en recevant les conseils des techniciens et des chercheurs.

La stratégie de mise en marché a mobilisé plusieurs éléments qui contribuent à renforcer l'image définie dans le concept du produit:

- la standardisation du conditionnement*:* conditionnement des produits pasteurisés en sachet plastique épais (120µm), transparent et thermosoudé. La transparence du sachet permet de porter un jugement sur la couleur du produit (photo);
- l'attribution d'un nom au produit, faisant référence au caractère naturel et sain du jus de fruit (*Natura*, *Fruitana*, *Nectana*, *Nectar plus*), à son caractère local (*Africa jus*) ou à son effet vitalisant (*Tonus*);
- le prix du produit, moins cher que les productions industrielles: 100 et 150 FCFA;
- un lieu de vente soigné*:* boutique, pousse-pousse ou bicyclette propre (photo).

Exemples de renforcement de l'image commerciale et de la qualité des produits.

Plusieurs opérateurs offrent sur le marché, aujourd'hui, une grande variété de jus de fruits (mangue, goyave, oseille de guinée, gingembre, citron) naturels, avec une certaine garantie de qualité microbiologique, et répondant à une bonne partie des incertitudes relevées par les consommateurs. Ces jus s'écoulent en ville, sur les routes, au niveau des péages routiers, et même sur les marchés ruraux.

EFFETS POSITIFS DES INNOVATIONS

D'une manière générale, les principaux effets positifs générés par les innovations ci-dessus, en termes d'amélioration des systèmes, portent, selon le cas, sur la sécurité alimentaire, la structuration des filières et le positionnement sur des niches de marchés spécifiques.

L'implication des acteurs de la transformation alimentaire dans une démarche qualité s'est traduit par une amélioration de la qualité hygiénique des produits consommés, notamment les jus de fruits et produits laitiers, dont la consommation pose moins d'inquiétudes pour les consommateurs. La multiplication des formes de transformation, résultant d'une adaptation ou d'une acquisition technologique, offre sur le marché, de nouveaux produits et de nouvelles formes de consommation, contribuant ainsi à une diversification alimentaire. La disponibilité et l'accessibilité de ces aliments renforcent leur contribution à la sécurité alimentaire. En effet, les jus de fruits et les produits laitiers, initialement soumis au rythme saisonnier des récoltes et des collectes, sont aujourd'hui présents, à longueur d'année, sur les marchés. Leurs prix, abordables pour le grand public, contribue à une fidélisation de la clientèle et à un maintien de la consommation.

En ce qui concerne la transformation de l'igname, la production des cossettes ne connaît pas encore de développement commercial, en raison de la faible disponibilité des tubercules. Toutefois, à l'échelle familiale, en milieu paysan, certains producteurs d'igname valorisent les rebuts de récolte (tubercules d'igname blessés à la récolte) en les transformant en cossettes? Ceci permet à la famille de disposer de l'igname tout au long de l'année, et de diversifier la forme de consommation de la boule ou de la bouillie.

Sur le plan économique, l'effet induit le plus significatif de l'amélioration de la qualité des produits aura été l'accès à des parts plus importantes du marché. Ceci s'est traduit par la multiplication de petites entreprises plus ou moins structurées pour alimenter ce marché. Il en est ainsi particulièrement des petites entreprises laitières à Ngaoundéré, et des unités de transformation des jus de fruits à Garoua. Ces petites entreprises contribuent à créer des emplois et à limiter, dans une certaine mesure, la pression du chômage.

La création et la structuration des petites entreprises de transformation vont de pair avec une certaine professionnalisation des acteurs et une certaine structuration des filières. On peut, à cet égard, noter le regroupement de certains acteurs, en associations, voire en coopératives. Ces regroupements, notamment les associations de femmes, sont fondés plus sur une logique d'entraide que de maximisation des gains, offrant ainsi au consommateur une image positive d'une production tournée vers la recherche de la qualité, du travail bien fait et d'une conscience professionnelle[11]. Ces regroupements offrent, par ailleurs, l'opportunité de s'appuyer sur des réseaux de connaissance pour collecter les matières premières, diffuser les produits et en faire connaître la qualité.

Enfin, l'amélioration du système de transformation des jus de fruits et des produits laitiers à contribué à réduire, de façon significative, les pertes post-récolte de ces denrées. Il est, en effet, de moins en moins courant de rencontrer des fruits pourris en période de récolte, ou des calebasses de lait périmé par ce qu'ils n'ont pas pu être vendus ou consommés. On assiste plutôt, et de façon courante, à un transfert quasi permanent des produits frais vers les unités de transformation, ce qui, d'un autre côté, crée quelquefois, des tensions sur les marchés des produits frais. C'est ainsi qu'il est de plus en plus difficile de trouver à Ngaoundéré, du lait frais de traite sur le marché, car les petits transformateurs ratissent large pour collecter les produits dès la ferme.

Par rapport à la démarche de mise en œuvre pour l'introduction des innovations, la prise en compte de l'environnement socio-économique et culturel dans lequel s'intègrent les innovations, peut être considérée comme la raison majeure de la réussite des actions d'accompagnement des acteurs. Les innovations auraient pu être pensées uniquement en termes d'introduction de procédés de transformation «adaptés» pour réduire les pertes post-récolte et offrir des produits finis de bonne

qualité. Une telle démarche, utilisant de façon exclusive les seuls outils et démarches technologiques présenterait le risque d'être impersonnelle et hors de portée des acteurs qui constituent la trame du système. Ceux-ci ont souvent des intérêts très diversifiés. Certains ont en tête des produits, voire des techniques bien arrêtés qu'ils veulent développer, d'autres sont simplement à la recherche d'opportunités économiques[6]. Connaître ces acteurs afin de mieux cerner leurs motivations et leurs attentes, et s'appuyer sur cette compréhension pour construire leurs connaissances et compétences sont autant d'éléments ne relevant pas de la seule science des procédés. Les démarches en termes de systèmes techniques qui mettent en relation l'outil (équipement, procédés), la matière et l'Homme[12], prend ici toute leur importance, car elles révèlent le caractère pluridisciplinaire du processus d'introduction de l'innovation, et permet d'en évaluer le résultat sous forme d'impact à la fois technologique et social, voire culturel.

Dans les études de cas ci-dessus, les innovations ont contribué à améliorer ou à introduire des procédés, mais également, et surtout, elles ont réveillé les consciences culturelles locales sur le potentiel de valorisation des ressources techniques localement disponibles. C'est ainsi, par exemple, que le *kindirmou* (lait fermenté, encore appelé yaourt traditionnel), le *pendidam* (lait caillé, utilisé comme supplément protéique dans la bouillie) et le *dakkéré* (semoule précuite de céréale ou de tubercule, consommé en association avec le *pendidam*) ont pu passer du statut traditionnel et local, à un produit de grande consommation, porteur des valeurs culturelles d'une région.

ENSEIGNEMENTS ET LIMITES DES INNOVATIONS

Au-delà des aspects positifs des innovations introduites, celles-ci présentent quelques limites relatives notamment à la durabilité des résultats.

L'amélioration des systèmes, et plus particulièrement le développement des marchés, a eu un effet d'entraînement sur la création de nouvelles structures de transformation. Cette multiplication des acteurs ne signifie pas nécessairement une garantie de la qualité. L'apparition de nouveaux acteurs sur le marché, attirés par l'opportunité économique, mais n'ayant pas, au contraire des premiers acteurs, bénéficié d'une formation, ni d'un accompagnement, augmente le risque de nouvelles inquiétudes pour le consommateur. Celui-ci a en permanence besoin d'une garantie de la qualité des produits qui lui sont proposés. Or l'absence d'organisme de suivi de la qualité risque de fragiliser les systèmes, en laissant la porte ouverte aux fraudes diverses.

Par ailleurs, l'accompagnement des acteurs dans la construction de la qualité des produits s'est réalisé sur un plan individuel. De ce fait, les acteurs, sur le terrain, ont privilégié un comportement de concurrence, refusant, pour la plupart, d'engager des actions collectives. Les quelques groupements et associations qui se sont constitués, l'ont été de façon isolée, sans démarche d'ensemble sur la profession. Or seule une démarche collective peut permettre de fixer les règles de la profession, contrôler la qualité des produits, et assurer leur valorisation commerciale. Les organisations professionnelles ont, dans de nombreux cas, montré qu'elles pouvaient jouer ce rôle.

Si cette lacune révèle une des limites essentielles de la démarche d'innovation initialement engagée, elle constitue, en même temps, une nouvelle interpellation de l'institution de recherche et de développement qui doit mettre en œuvre une démarche permettant au système de passer de la reconnaissance individuelle des acteurs à une reconnaissance collective. Cette reconnaissance collective est le gage d'une représentativité auprès des pouvoirs publics, et constitue, en même temps, le meilleur moyen de pression pour une évolution vers l'établissement des normes de qualité.

Dans cette dynamique, l'institution technologique et de recherche devra contribuer à l'élaboration de réglementations en proposant des indicateurs de différenciation des produits et d'assurance de leur qualité.

RÉFÉRENCES

1. Chuzel G, Muchnik J. La valorisation des ressources techniques locales: l'amidon aigre de manioc en Colombie. In: Muchnik J, ed. Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Paris: L'Harmattan, 1993:307-37.
2. Ferré T, Mayaka. Recensement des activités de transformation dans la ville de Garoua. Garoua: IRAD-PRASAC, 1999.
3. Feze F. Diagnostic sectoriel des activités de transformation des produits agroalimentaires dans la ville de Maroua (Cameroun). Mémoire fin d'études Ingénieur. Ngaoundéré: Université de Ngaoundéré, IRAD/CIRAD/PRASAC, 1999.
4. Talom B. Diagnostic sectoriel des activités de transformation des produits agroalimentaires dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). Mémoire fin d'études Ingénieur. Ngaoundéré: Université de Ngaoundéré, IRAD/CIRAD/PRASAC, 1999.
5. Kenfack H, Ndjouenkeu R, Ngongang D, Ferré T, Koumaro M. Evaluation de la production et de la commercialisation de la poudre de tomate au Nord Cameroun et au Tchad. In: Kapseu C, Kayem J, eds. Séminaire International sur le séchage et la valorisation du *karité* et de l'*aïélé*. Ngaoundéré, 1999:381-7.
6. Cerdan C, Hamadou L, Ferré T, Doassem J. Qualité et valorisation commerciale des produits sur les marchés urbains: les jus de fruits pasteurisés au Nord Cameroun. Communication présentée à l'atelier «Promotion et structuration socioprofessionnelle des petites entreprises agroalimentaires en Afrique de l'Ouest». Réseau AVAL, Cotonou, Bénin, 29 janvier – 1er février, 2002.
7. Ndjouenkeu R. Diagnostic des structures marchandes et de transformation des produits laitiers dans la région de Garoua (Nord Cameroun). Communication présentée à l'atelier international: «Les petites industries agroalimentaires pour une nutrition saine en Afrique de l'Ouest». Ouagadougou, Burkina Faso, 1999.
8. Mbanga J, Vabi M, Mfi A, et al. Report of survey on peri-urban dairy production in Maroua and Garoua. Garoua: IRAD, 1995.
9. Kaldapa H. Etude de marché des boissons dans la ville de Garoua. IRAD/CIRAD/PRASAC, 1996.
10. Piveteau S. Diagnostic sectoriel des activités de transformation des produits agroalimentaires dans la ville de Garoua (Cameroun). Mémoire de stage d'initiation à la recherche. Cameroon: IRAD/CIRAD/PRASAC, 1999.
11. Cheyns E. La qualification des produits artisanaux: du marché de proximité à l'échange à distance. Le soumbala au Burkina Faso. Etud Rech Syst Agraire Dév 2001;32:65-78.
12. Muchnik J, Ferré T. Technologie organique, idées et méthodes. In: Muchnik J, ed. Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Paris : L'Harmattan, 1993:235-62.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Genomic characterization and functional properties of *Bacillus* species isolated from *okpehe*, a traditional fermented condiment

Oguntoyinbo[1*] Folarin A, Sanni[2] Abiodun I, Holzapfel[3] Wilhelm H, Franz[3] Charles MAP

[1] Department of Botany and Microbiology, University of Lagos, Akoka, Lagos, Nigeria.
[2] Department of Botany and Microbiology, University of Ibadan, Nigeria.
[3] Institut fur hygiene und Toxikologie / BFE, Engesserstrasse 20, D-76131 Karlsruhe, Germany.

[*]Corresponding author: *foguntoyinbo@yahoo.com*

- Abstract -

The *Bacillus* species associated with the fermentation of *Prosopis africana* seeds during *okpehe* production were characterized, their functional and virulence properties investigated. A total of 124 bacilli were studied, the combined RAPD M13 and OPR 13 produced the UPMGA dendrogram with six major distinct clusters identified and put in-groups 1-6. RAPD established the degree of heterogeneity among the diverse strains. Majority of the strains belongs to the *Bacillus subtilis* group with the *Bacillus cereus* group identified. The strains were further discriminated in ARDRA analysis in a PCR reaction that amplified the conserved 16S rDNA of the strains, ARDRA pattern obtained from three restriction enzymes Sau3A, Hha 1 and Hinf 1 generated a reliable UPMGA dendrogram that differentiate the strains. The API 50 CHB combined with API 20E determined the phenotypic characteristics of the strains. The strains exhibited differences in desirable properties such as proteolytic activity (100%), amylolytic activity (64%), polyglutamic acid production (65%) and pectin hydrolysis (69%). Virulence characteristics such as heamolysis on blood agar plate were observed in all the strains of the *B. cereus* cluster, while *hblA*, *hblC* and *hblD* virulence genes were detected in some of the strains in the *B. subtilis* and *B. cereus* groups. Selected strains were used as starter cultures in the pilot plant fermentation of *Prosopis africana* seeds for *okpehe* production. *B. subtilis* BFE 5301 and *B. subtilis* BFE 5372 were chosen as the starter cultures.

Key words: *Okpehe* – *Prosopis africana* – *Bacillus* – Condiment – Fermentation.

- Résumé -

Caractérisation génomique et propriétés fonctionnelles d'espèces de *Bacillus* isolées de l'*okpehe*, un condiment fermenté traditionnel

L'*okpehe* est un condiment fermenté traditionnel utilisé dans la région centrale et le Sud Est du Nigeria comme agent d'assaisonnement des soupes et des sauces, il contribue aux apports en protéines et en acides gras essentiels. L'utilisation de l'*okpehe* comme substitut bon marché de la viande réduit la malnutrition protéino-calorique et les déficiences en acides gras essentiels. La production du condiment se fait par fermentation spontanée au cours de laquelle différentes espèces de bactéries, surtout des espèces de *Bacillus,* ont été signalées. Afin de sélectionner des cultures starter appropriées pour la production des condiments en Afrique de l'Ouest, les espèces de *Bacillus* associées à la fermentation des graines de *Prosopis africana* au cours de la production de l'*okpehe* ont été caractérisées et leurs propriétés fonctionnelles et de virulence examinées.
Un total de 124 bacilles a été étudié et l'utilisation de techniques combinées d'amplification de l'ADN (RAPD M13 et OPR 13) ont permis d'obtenir un dendogramme UPMGA distinguant six groupes principaux distincts. Le RAPD a permis d'établir le degré d'hétérogénéité entre les différentes souches. La majorité des souches appartiennent au groupe des *Bacillus subtilis*, tandis que le groupe *Bacillus cereus* a aussi été identifié. Les souches ont été par la suite distinguées en utilisant la technique ARDRA dans une réaction PCR qui amplifie le 16S rDNA des souches. Le modèle ARDRA obtenu à partir de trois enzymes de restriction *Sau*3A, *Hha* 1 et *Hinf* 1 a généré un dendogramme UPMGA qui a différencié les souches. Les dendogrammes UPMGA combinés des RAPD et les empreintes ARDRA ont également mis en évidence six groupes de différentes souches d'espèces de *Bacillus* présents dans le produit fermenté. Les caractéristiques phénotypiques des souches ont été déterminées en utilisant une galerie API 50 CHB combiné avec une galerie API 20E. Les données combinées du typage génomique et des caractéristiques phénotypiques ont été utilisées pour identifier des souches du groupe *bacillus subtilis* se composant de souches de *B. subtilis*, *B. licheniformis, B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus,* tandis que le groupe *Bacillus cereus* comprenaient des souches telles que *B. cereus* et *B. mycoides*. Les souches ont présenté des différences au niveau des propriétés souhaitables telles que l'activité protéolytique (100%), l'activité amylolytique (64%), la production acide polyglutamique (65%) et l'hydrolyse des pectines (69%). Les caractéristiques de virulence telles que l'hémolyse sur plaque agar/sang ont été observées pour toutes les souches du groupe *B. cereus*, tandis que des gènes de virulence *hblA*, *hblC*, *hblD* et *bceT* ont été détectés dans certaines souches du groupe *B. subtilis*. Les souches sélectionnées ont été utilisées comme cultures starter en fermenteur avec des graines de *Prosopis africana* pour la production de l'*okpehe*. Le *B*. *subtilis* BFE 5301 et le *B*. *subtilis* BFE 5372 ont été choisis comme cultures starter, à cause de leur capacité à produire des bactériocines pour BFE 5301 et des activités amylolytiques et protéolytiques élevées ainsi que du PGA pour BFE 5372 et en raison de l'absence de propriétés de virulence dans les deux souches. Une culture mixte avec ces deux souches a permis de produire de l'*okpehe* ayant des caractéristiques acceptables et exempt de *B*. *cereus*.

Mots-clés: *Okpehe* – *Prosopis africana* – *Bacillus* – Condiment – Fermentation.

INTRODUCTION

The use of fermented vegetable proteins as seasonings are widespread in Africa and Asia[1,2,3]. *Okpehe* is a traditional fermented soup condiment produced from *Prosopis africana* seeds, which serves as tasty, low cost protein source among the people of Eastern and Mid Western Nigeria[4].

Production of this condiment is by spontaneous fermentation carried out in homes using rudimentary utensils[2]; as a result of which, different microorganism should be expected in the fermentation. Although there is a general agreement that aerobic spore forming bacteria, most especially *Bacillus* species are the dominant microflora during the fermentation[9] proteolytic activity leading to release of amino acid, ammonia and other volatile compounds[5] is the major biochemical changes during the fermentation[6]. The actual strains that can bring about the desirable biochemical changes are not yet selected, while pathogenic and spoilage strains of *Bacillus* cannot be totally ruled out in some fermentation batches[7]. Variation in the quality of the condiments from one region to the other is expectedly imminent.

The conventional phenotypic characterization of *Bacillus* species have not been able to distinguish between different species in the genus due to similarity in the phenotypic characteristics leading to ambiguous identification[8]. Many workers reported *Bacillus subtilis* as the most important during the fermentation[9], although most of the strains reported were only phenotypically identified. *Bacillus subtilis* group comprises different species of *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. pumilus* etc that are phenotypically related and are often difficult to differentiate. Nakamura et al.[10] has earlier reported the diversity among strains of *Bacillus subtilis*. Similar observation has also been reported for the *B. cereus* group that comprises species of *B. cereus B. mycoides*, *B. anthracis* and *B. thuringensis*. Different genomic typing techniques have been used in different laboratories to differentiate between *Bacillus* species and strains[11].

The relative abundance of *Bacillus* species in the condiments and their high enzymatic activity even among the known pathogenic species needs adequate investigation. In addition, the virulence properties that appear to be widespread in the genus *Bacillus*[12] even among the *Bacillus subtilis* group earlier regarded as GRAS need to be elaborated. However, the presence of enterotoxin gene *Bce*T and haemolysin gene *Hbl*A, *Hbl*C and HblD genes has been used to detect virulence characteristics among the different strains of *Bacillus*[12]. DNA based techniques such as RAPD-PCR and ARDRA have also proved useful in the typing of *Bacillus* species. RAPD is a powerful technique for differentiating large number of strains, and has been used to estimate the diversity among *Bacillus* species[13]. ARDRA identify strains more specifically to different species based on their conserved 16SrDNA. It is a reliable typing technique and has been applied to typing of *B. cereus* group[14].

The phylogenetic classification of *Bacillus* spp. is important not only to classify the strains to species and sub species but also to aid the assessment of their technological properties such as enzymes, antimicrobes and amino acid for starter cultures selection. Up to date, no previous studies have used both the phenotypic, genotypic and the functional properties to characterize large number of *Bacillus* strains isolated from traditional fermented condiment. Therefore, in this paper, we describe phenotypic, genomic (RAPD and ARDRA), virulence characteristics and functional properties of *Bacillus* strains isolated from *okpehe*, a Nigerian fermented condiment.

MATERIALS AND METHODS

Sample collection

Fifty samples of *okpehe* were collected randomly from retail markets in Lagos, Nsukka, Ankpa, Makurdi and Ibadan, Nigeria. They were transported to the laboratory in sterile polyethylene bags and stored at 4°C. Microbiological analyses were conducted immediately on the samples.

Phenotypic characterization

Pure cultures of the isolated strains, typed and reference strains obtained from Deutsche Sammlung von Mikroorganismen (DSM) were observed under the phase contrast microscope. Strains were Gram's stained using the method of Collins and Lyne[15]. Catalase test was performed on 24 h old culture, while hydrolysis of starch, casein and gelatin were determined as described by Seeley and Van Demark[16]. Growth at different pH values, temperature and NaCl, Voges Proskauer test, methyl red test, nitrate reduction, gas from glucose, citrate utilization, propionate utilization, sugar fermentation using micotiter plates and anaerobic growth were carried out as described by Claus and Berkeley[17]. API 50 CHB combined with API 20 E systems (bio Merieux, France) were used following the manufacturers instructions to study the sugar fermentation and the biochemical characteristics of selected strains representing each cluster obtained in the RAPD PCR analysis. UPMGE was developed using the bionumeric analysis for the sugar fermentation and the growth characteristic profile of the strains.

Genotypic characterization

Bacillus isolates and the reference strains were grown overnight in Tryptone soya broth (BBL) in an Ehlrnemeyer flask and incubated at 37°C on a rotary shaker at 100rpm. The Guanidium extraction method described by Pitcher et al.[18] was used to isolate DNA from all the strains. Two sets of RAPD-PCR analysis were conducted, each reaction mixture contained 5µl buffer (30mM$MgCl_2$); 6µl dNT´s, 5µl primer (**M13** (5´- GAG GGT GGC GGT TCT- 3´) in the first RAPD-PCR; **OPR 13** (5´-GGA CGA CAA G- 3´) for the second RAPD-PCR), 0.3µl Taq polymerase (Almasham Phamacia), 23.8µl MilliQ water and 10µl DNA. The PCR reaction was carried out in a thermal cycler (WG-Biotec Primus) in 35 cycles of 94°C for 1 min; 40°C for 20s, ramp to 72°C at 0.6°C for 2min and 72°C for 2min. The PCR product were separated on 1.6% agarose gel electrophoresis running at 48 volts overnight, gels patterns were visualized by ethidium bromide staining and the photograph taken under UV transillumunator. Photonegatives were scanned and analysed using bionumerics. The similarities between RAPD clusters generated were evaluated using the Pearson product correlation coefficient (r) and the Unweighted Pair Group Algorithm with arithmetic average (UPGMA). The two sets of RAPD were combined to obtain a unique dendrogram.

Amplified Ribosomonal DNA Restriction Analysis (ARDRA)

The DNA of the selected strains earlier extracted was used in this experiment. The conserved 16srDNA gene for the strains was amplified using Heterofermentative F Hetf 5´-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG -3´ as forward primer and 16Srv2 (5´-GCT GAT CCG CGA TTA CTA GC- 3´) as the reverse primer. The PCR reaction mixture contained 5µl buffer (POW komplett); 5µl dNTPs Almasha Phamacia); 2.5µl forward primer (Lhet16f) and 2.5µl reverse primer (16Srv2), 0.5µl POW enzyme and 23.5µl Milli Q water. The PCR reaction was carried out in a thermal cycler (Eppendof 53001)

under the following conditions: in 35 cycles of 94°C for 2 min.; 58°C for 1 min. 30 S, ramp to 68°C for 2 min. and 68°C for 6 min. The PCR products were cleaned using the Quantum Prep PCR kleen spin Columns (BIO RAD). The amplified PCR product was applied gently on the column bed without touching the resin and centrifuge at 3100 for 2 minutes. The purified product was collected at the bottom of the 1.5ml tubes. The clean amplified PCR product was divided into three1.5ml eppendof tube such that each tube contained 15µl of the product. Hinf I, Sau3A and Hha I (New England; Bio Lab) were the three-restriction enzymes used. Different master mix was prepared for each enzyme. In Hinf I restriction, each 5µl master mix contains 2µl buffer 2, 0.3µl enzyme and 2.7µl MQ, while each 5ul Sau3A and Hha I restriction master mix contained 2µl buffer (4); 2µl BSA 0.3µl enzyme and 0.7µl MQ, respectively. Master mix was spin down before adding 5ul to the amplified product. The tubes were incubated for 2.30 min at 37°C. The products were run in 1.8% Agarose gel (Eurobio) at 105 volts for 4 hours in 1x TBE electrophoresis buffer (Tris, Boric acid and EDTA). The similarities between ARDRA clusters generated were evaluated using the Pearson product correlation coefficient (r) and the Unweighted Pair Group Algorithm with arithmetic average (UPGMA). The combined RAPD and ARDRA profile was also created and the UPGMA dendrogram was generated.

Lecithinase reaction

All the strains were streaked on Egg yolk agar and incubated at 30°C for 24 h. Positive reaction was recorded by ability of the strain to produce a cloudy creamy zone around the colony.

Haemolysis on blood agar

All the strains were grown on Colombia agar supplemented with 10% sheep blood (BD) and incubated at 30°C for 24 h. Positive reaction was recorded for strain that produce a clear zone around distinct colonies

Molecular determination of Virulence genes

DNA of all the *Bacillus* strains was amplified in a PCR reaction to detect *HblA* gene, *HblC* gene, *HblD, and BceT* genes as earlier described[19]. The sequences, amplicon size and target gene designation for PCR primers used to screen the strains are given in table 1.

Table 1: Sequences, amplicon size and target gene for PCR prmers used to screen the strains.

Primer designation	Sequence	Amplicon size	Target
HBLA-N	5´-GCT AAT GTA GTT TCA CCT AGC AAC-3´	873bp	*hbl*A
HBLA-C	5´-AAT CAT GCC ACT GCG TGG ACA TAT AA-3´		
HBLC-N	5´-AAT AGG TAC AGA TGG AAC AGG-3´	399bp	*hblC*
HBLC-C	5´-GGC TTT CAT CAG GTC ATA CTC-3´		
HBLD-N	5´-AAT CAA GAG CTG TCA CGA AT-3´	429bp	*hblD*
HBLD-C	5´-CAC CAA TTG ACC ATG CTA AT-3´		

Bacteriocin screening assay

All the *Bacillus* strains 124 were screened for antagonistic potential against indicator strains by agar sport test method[20]. The bacterial used as indicator strains were *Enterococcus feacalis* DSM 20380, DSM 20477, *Lactobacillus casei* DSM 20011, *Pediococcus acidilactici* DSM 20333, *Bacillus megaterium* DSM 32, *Bacillus subtilis* DSM 10 T, DSM 1092, *Bacillus cereus* DSM 2301, *Listeria inocua* DSM, *Listeria monocytogene* DSM, *Enterococci* species isolated from *okpehe* and selected strains of *Bacillus* from *okpehe.*

Hydrolysis of starch

Strains were streaked on 1% starch agar and incubated at 37°C for 5 days after which they were flooded with iodine solution. A clear zone around the line of streak demonstrated a positive reaction.

Hydrolysis of Casein

Strains were streaked on 10% casein agar and incubated at 37°C for 5 days. A clear zone around the line of streak demonstrated a positive reaction.

Polyglutamic acid production

Strains were grown on phyton agar Nagai *et al*.[21], and development of a sticky colony consistency upon lifting with an inoculation loop, demonstrated release of PGA into the medium.

Pilot Plant Production of *Okpehe*

Preparation of inoculum

The strains were grown in an *okpehe* broth, which was prepared by wet milling boiled *Prosopis africana* cotyledon and re-suspended in water, filtered and sterilized in an autoclave. The filtrate was used to grow the strains. The ability of the strains to grow in the broth was determined by checking the viable count on nutrient agar and MRS at 0, 12 and 24 h.

Pilot Plant Fermentation

Six fermentation batches were set up in a beaker. Each batch contains 100g of cooked *Prosopis africana* cotyledon inoculated with starter cultures. Uninoculated samples served as control. The sets were incubated at 37°C for 48 h samples were taken at 0, 12, 24 and 48 h.

RESULTS

Phenotypic characterization

One hundred and twenty four *Bacillus* isolates (Gram's and catalase positive rods) were randomly isolated from the samples. All the strains and some of the reference strains obtained from DSM and CECT cultures collection were tested for their different biochemical properties. The growth characteristics and the micro titer sugar fermentation profile showed the phenotypic diversity of the strains. The groups of strains that grows phenotypically and that can utilise propionate as sole source of carbon were distinguished as *Bacillus cereus* and *B. licheniformis* group. While other strains were grouped as *B. subtilis* group, majority of the strains in the *B. subtilis* group

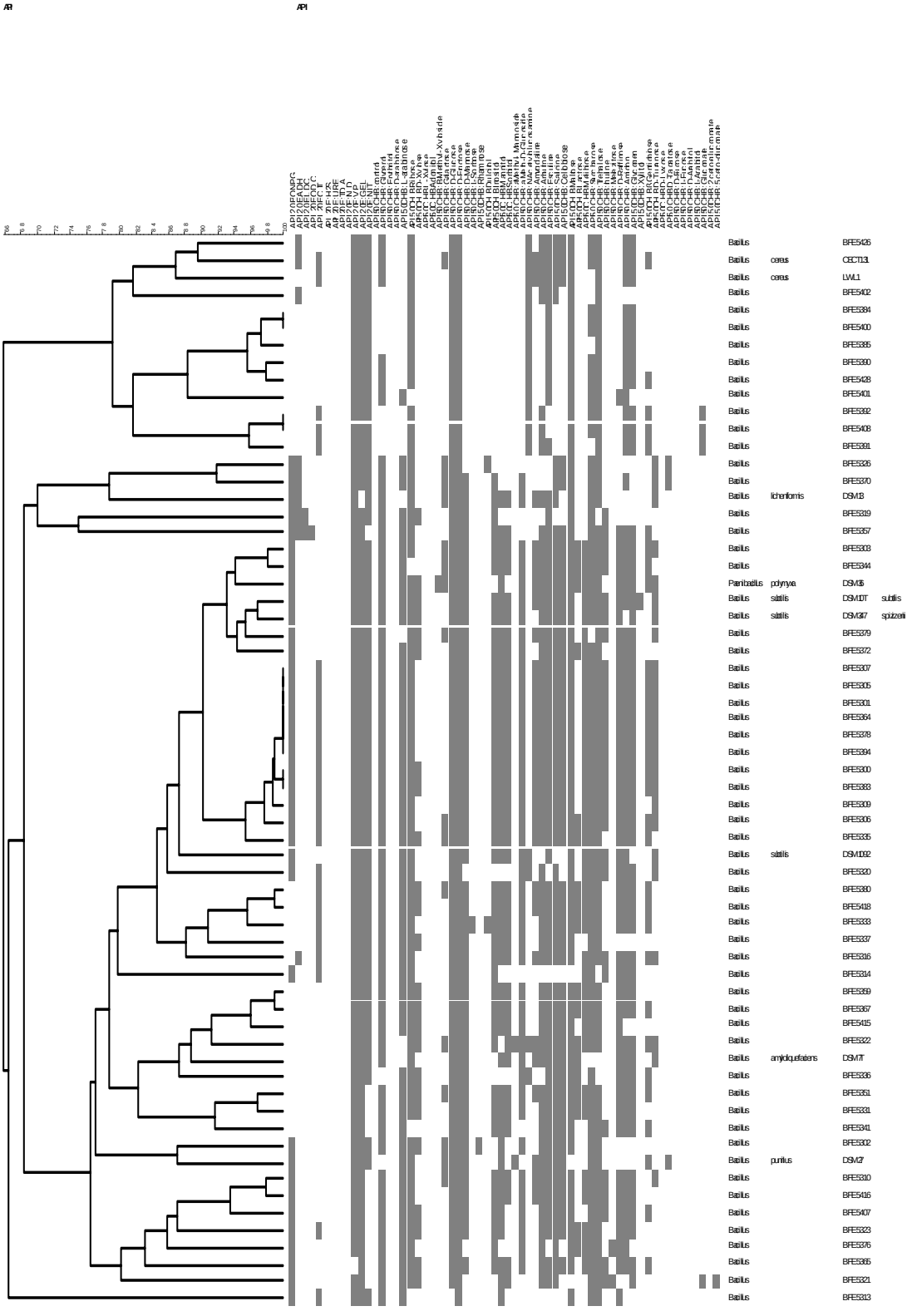


Figure 1: API 50 CHB combined with API 20 E and growth characteristics UPMGA dendrogram of selected *Bacillus* strains.

did not grow anaerobically. The positive heamolytic and lecithinase reaction further discriminate *B. cereus* from *B. licheniformis* group. All the *Bacillus* isolates did not ferment erythritol, D-arabinose, L-xylose, adonitol, L-sorbose, rhamnose, dulcitol, a methyl-manoside, melezitose, xylitol, D-xylose, D-fucose, L-fucose, D-arabitol, L-arabitol, gluconate, 2 ceto- gluconate, 5 ceto- gluconate as shown in the API cluster analysis (figure 1). The diversity of the strains was observed in the cluster analysis of the combined growth characteristics and API results (figure 1). Phenotypically, it appears that many variant of *Bacillus subtilis* exist in the samples. Some of the strains grow at 50°C, but no growth was however observed at 60°C. Therefore the possibility of *B. stearothermophilus* in *okpehe* is doubtful although API computer soft ware identified some of the strains as *B. steaothermophilus*. Several workers have reported the difficulty in identifying *Bacillus* species phenotypically.

Functional properties

The performance of the strains supported their phenotypic characteristics: all the strains hydrolysed casein (100%), starch (63%), production of PGA (63.5%), and pectin hydrolysis (69.8%), while only one strain produced bacteriocin. None of the strains in the *Bacillus cereus* group hydrolyszed pectin nor produce PGA. *B. subtilis* BFE 5301 produced bacteriocin but did not produce PGA figure 2, and its bacteriocin was active against *B. cereus* strains most especially the ones isolated from *okpehe.*

Virulence characterization

The result showed that the virulence characteristics is widespread among the strains, The UPMGA dendrogram for the virulence properties (figure 3), showed the distribution of virulence characteristics among the *B. cereus* group. All the strains demonstrated positive haemolysis, lecithinase test and harbours virulence genes most especially *hbl*C and *hbl*D. *B. cereus* BFE 5426 harbour all the virulence genes tested except *hbl*A gene (table 2). Although we found out that virulence genes *hbl*D was harboured by some strains of *B. subtilis* group.

Table 2: Detected virulence genes among *Bacillus okpehe* strains.

Strain	*HblA*	*HblC*	*HblD*
B. subtilis BFE 5372	_	_	_
B. subtilis BFE 5302	_	_	_
B. subtilis BFE 5301	_	_	_
B. licheniformis BFE 5326	_	_	_
B. licheniformis BFE 5370	_	_	_
B. cereus BFE 5303	_	+	+
B. subtilis BFE 5310	_	_	_
B. subtilis BFE 5357	_	_	_
B. subtilis BFE 5415	_	_	+
B. subtilis BFE 5416	_	_	_
B. subtilis BFE 5359	_	_	_
B. cereus BFE 5383	_	_	+
B. cereus BFE 5401	_	+	+
B. cereus BFE 5426	_	+	+

+ = detected, - = not detected.

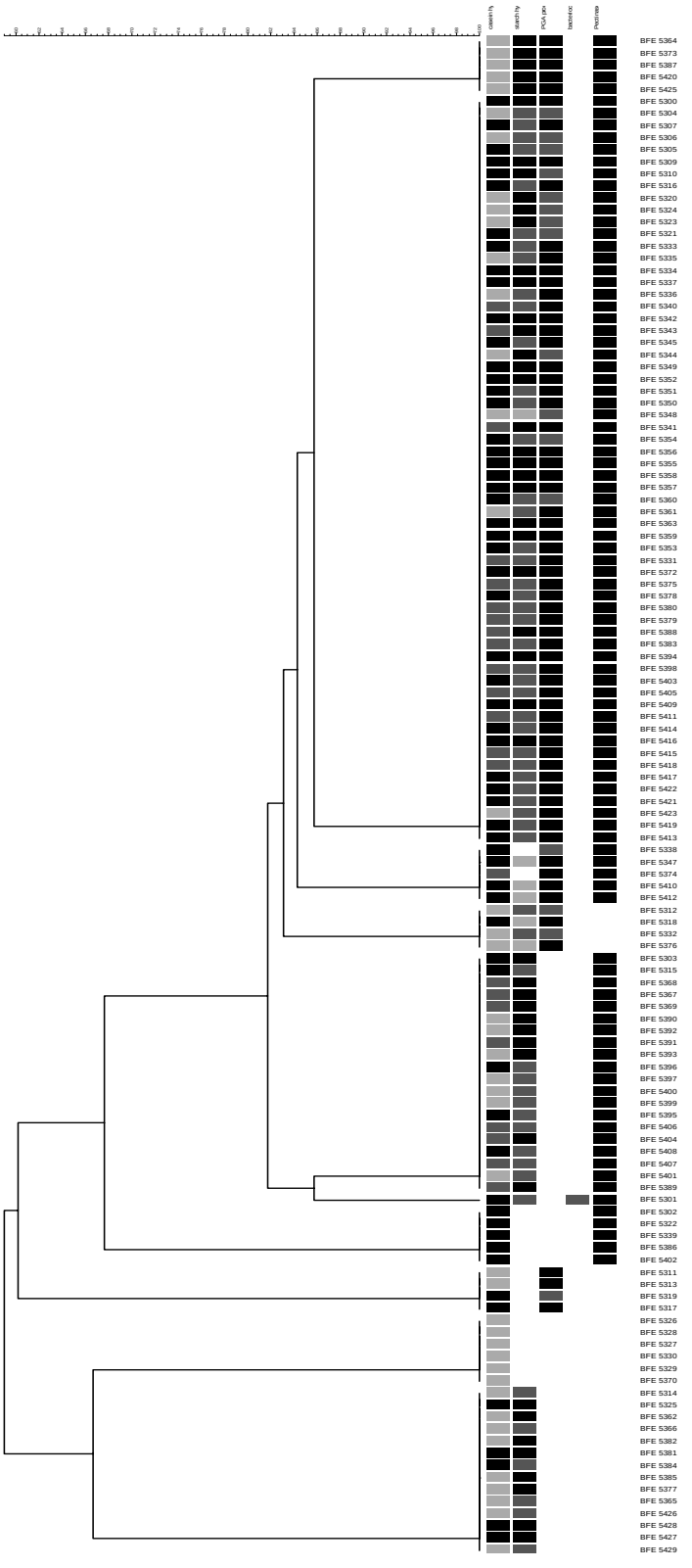


Figure 2: Functional properties of *Bacillus* strains isolated from *okpehe* UPMGA dendrogram.

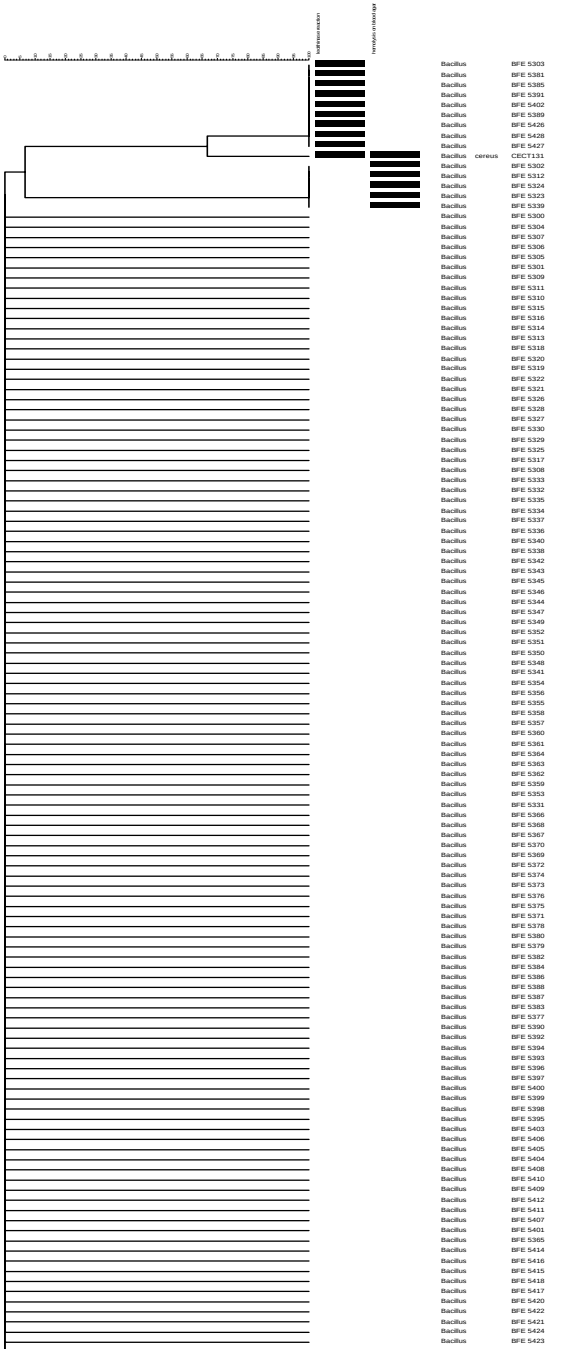


Figure 3: UPMGA dendrogram of virulence characteristics of ***''okpehe''*** *Bacillus* species.

Genotypic characterization

In the two RAPD, the degree of diversity among the reference and typed strains also confirmed the reproducibility and the discriminating potential of the method. The combined RAPD M13 and OPR 13 produced the UPMGA dendrogram shown in figure 4. The diversity of the strains isolated from *okpehe* is reflected in the six major distinct clusters identified and grouped as follows: Group 1 consists of 9 strains that

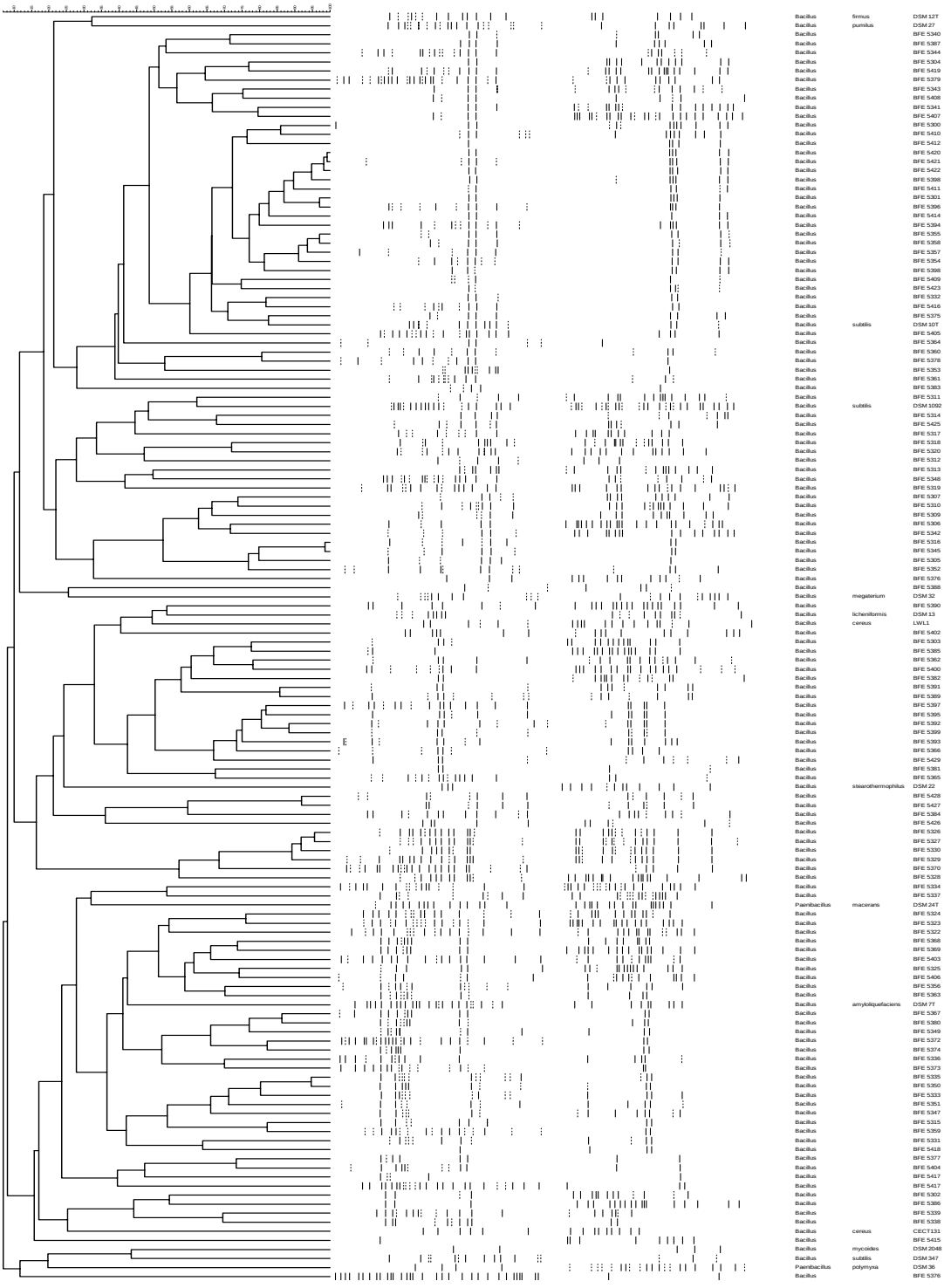


Figure 4: RAPD-PCR M13 combined with OPR 13 UPMGA dendrogram clusters of *okpehe Bacillus* species, typed and reference strains.

represent about 7% of the total *Bacillus* population. The strains clustered with *Bacillus subtilis* DSM 1092 with 35-90% coefficient correlation. Group 2 consists of 50 strains representing about 40% of the total *Bacillus* species in the fermented *okpehe*. The strains clustered with *B. subtilis* sub species subtilis DSM 10T with a correlation coefficient of 40-95%. Group 3 consists of 26 strains, which represent about 40 % of the total *Bacillus* population in the fermented *okpehe*. The strains clustered with *B. cereus* CECT131 and LWL1, *Peanibacillus macerans* DSM 24T, *B*. *licheniformis* DSM 13, *B*. *stearothermophillus* DSM 22, although strains BFE 5338, BFE 5339, BFE 5302 and BFE 5386 formed a separate subcluster. Group 4 consists of 24 strains representing about 19% of the total *Bacillus* strains with correlation of 70-95%. Majority of the strains in the cluster were identified as *B*. *subtilis* by the API computer software. Group 5 with 6 strains represent about 4% of the total *Bacillus* population with correlation of 75-95%. They were phenotypically identified as *B*. *stearothermophillus* by API system. Group 6 consists of 9 strains representing about 7% of total *Bacillus* strains in *okpehe* with correlation of 65-80%. The degrees of heterogeneity among the strains were also revealed by ARDRA analysis. The band pattern for each of the enzyme differs; higher numbers of bands were produced in the Sau3A and Hind I while the band patterns were specific for each cluster in the HhaI. Five clusters were identified (figure 5). Some strains in the *Bacillus cereus* group clustered with the *B. mycoides*, while the *Bacillus subtilis* cluster consist of strains that are phylogenetically diverse. Strains BFE 5370 and BFE 5326 clustered with *B. licheniformis* in the ARDRA analysis with similarity coefficient of 65%. The fermentation batch E containing the bacteriocin producing strain *B. subtilis* BFE 5301 and high PGA producing, enzymatic *Bacillus subtilis* BFE 5372 produced the most desirable *okpehe* that was free of *Bacillus cereus* growth.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The dominance of *Bacillus* species during *okpehe* production was evident, in that the strains were constantly isolated in all the samples tested. All the isolated strains were endospore-forming rods with diverse phenotypic characteristics. The ability of some of the strains to grow at 50°C shows the exothermic nature of the fermentation. Although the phenotypic tests differentiated the different groups of *Bacillus*, most especially the *Bacillus cereus* group from the *B. subtilis* group in the growth and the sugar fermentation pattern.

The diversity of the strains was however revealed in the RAPD analysis, although the combination of the two RAPD profiles gave distinct clusters and the four major clusters shows that the strains were heterogenous and the partial identification of the strains was determined. RAPD also showed the dominance of *B. subtilis* in the fermented samples. From our results, we noted the hydrolytic potentials of *B. subtilis*. All the strains hydrolyzed starch and casein readily; they produce PGA with the highest activity noted in *B. subtilis* BFE 5372. The bacteriocin producing strain belongs to this group. Based on the presence of subtilin gene possessed by the *B. subtilis* BFE 5301 we proposed that the bacteriocin my likely be subtilin. Virulence properties were not specifically demonstrated by the strain on culture plate, but the possibility that some of the strains can be pathogenic cannot be totally ruled out, because we detected virulence gene *hbl*D in some of the strains. Such strains will make the product unacceptable.

The study established a clear distinction between the *Bacillus cereus* cluster and the remaining clusters with the aid of RAPD. However, we used ARDRA to identify some of the strains as *B. mycoides* hence the RAPD discriminating potentials of this group is limited. The combination of RAPD and ARDRA analysis clearly differentiate *B. cereus*

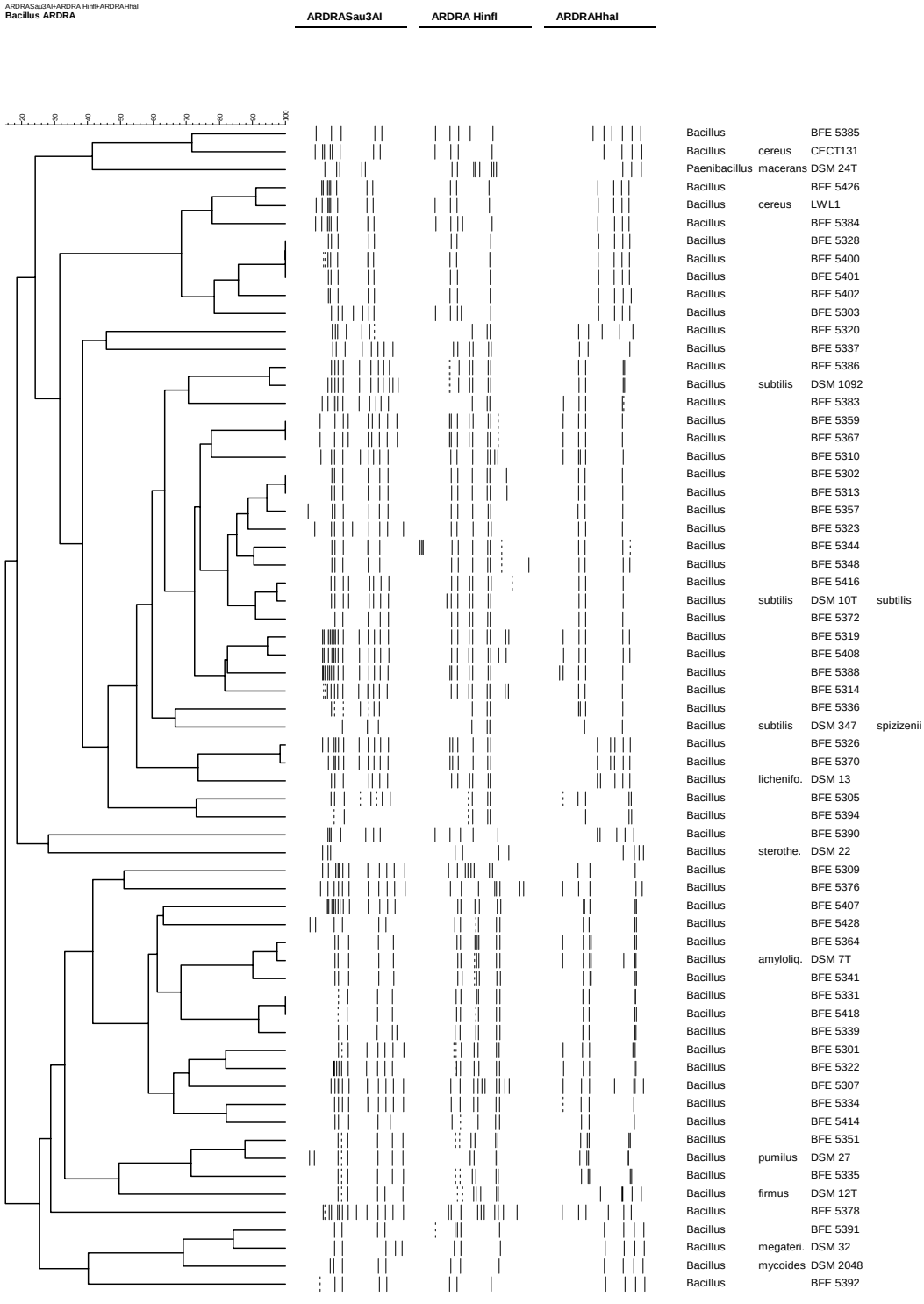


Figure 5: Combined ARDRA Sau3AI, Hinf I and Hha I UPMGA dendrogram clusters of *Bacillus* species (***"okpehe"*** isolates, typed and reference strains).

from *B. mycoides*, while the API clustering analysis revealed that *B. mycoides* can ferment 5-ceto gluconate and also demonstrated weaker heamolytic activities on blood agar. The species may however depend on the hydrolytic activities of other *Bacillus* group. RAPD analysis of the strains identified by API profile as *B. stearothermophilus* showed high similarity among the strains, but ARDRA analysis clustered the strains with *B. licheniformis* DSM 13. Phenotypic characteristics of the strains were also similar to that of *B. licheniformis.* However, further molecular differentiation of the strains most especially 16SrRNA will be very useful in typing of these strains.

From our results on the functional properties, phenotypic and genotypic characterization of the different strains of *Bacillus* isolated from different samples of *okpehe* in Nigeria. the following conclusions can be made (1) Although, phenotypic characterization of *Bacillus* species provides information about their biochemical properties, it is inadequate for valid identification of the strains (2) RAPD analysis combined with ARDRA provided useful information about the diversity of the *Bacillus* species isolated from traditional fermented *okpehe* (3) virulence characteristic is widespread among the *Bacillus* species, and the strains in the *Bacillus subtilis* group are not totally free of virulence properties (4) *Bacillus* strains from *okpehe* has enormous technological properties such as bacteriocin, enzymes and amino acid production potentials (5) Two strains identified as *Bacillus subtilis* BFE 5301 and *B. subtilis* BFE 5372 were selected as the best starter cultures for condiment production.

REFERENCES

1. Partwardhan VN. Pulses and beans in human nutrition. Am J Clin Nutr 1962;11:12-5.
2. Odunfa SA. African fermented foods in Microbiology of fermented foods. Wood BJB, ed. London New York: Elsevier Applied Science Publisher, 1985:2:155-91.
3. Steinkraus KH. Indigenous fermented foods involving an alkaline fermentation. In: Steinkraus KH, ed. Handbook of Indigenous Fermented foods. New York: Marcel Decker Inc, 1995.
4. Sanni AI. Biochemical changes during production of *okpehe*, a Nigerian fermented soup condiment. Chem Mikrobiol Technol Lebensm 1993;15:97-100.
5. Leejerajumean A, Ames JM, Owens JD. Effect of ammonia on the growth of *Bacillus* species and some other bacteria. Lett Appl Microbiol 2000;30:385-9.
6. Aderibigbe EY, Odunfa SA. Growth and extracellular enzyme production by strains of *Bacillus* species isolated from fermenting African locust beans, iru. J Appl Bacteriol 1990;69:662-71.
7. Sanni AI, Onilude AA, Oguntoyinbo FA. Optimization of process conditions for *owoh*, a fermented cotton seed condiment. Adv Food Sci 1998;20:163-7.
8. Stephan R, Schraft H, Untermann F. Characterization of *Bacillus licheniformis* with the RAPD technique (randomly amplified polymorphic DNA). Lett Appl Microbiol 1994;18:260-3.
9. Odunfa SA. Dawadawa. In: Reddy NR, Pierson MD, Salunkhe DK, eds. Legume Based Fermented Foods. Boca Racton, FL, USA.: CRC Press, 1986:173-89.

10. Nakamura LK, Roberts MS, Cohan FM. Relationship of *Bacillus subtilis* clades associated with strains 168 and W23: a proposal for *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* nov. and *Bacillus subtilis* subsp. s*pizizenii* subsp.nov. Int J Syst Bacteriol 1999;49(3):1211-5.

11. Brousseau R, Saint Onge A, Prefontaine G, Masson L, Cabana J. Arbitrary primer polymerase chain reaction, a powerful method to identify *Bacillus thuringiensis* serovars strains. Appl Environ Microbiol 1993;59:114-9.

12. Phelps RJ, Mckillip JL. Enterotoxin production in Natural Isolates of *Bacillaceae* outside the *Bacillus cereus* group. Appl Environ Microbiol 2002;68:3147-51.

13. Sarkar PK, Hasenack B, Nout MJR. Diversity and functionality of *Bacillus* and related genera isolated from spontaneously fermented soyabean (Indian *Kinema*) and locust bean (African *Soumbala*). Inter J Food Microbiol 2002;77:175-86.

14. te Giffel MC, Beumer RR, Klijn N, Wagendrop A, Rombouts FM. Discrimination between *Bacillus cereus* and *B. thuringiensis* using specific DNA probes based on variable regions of 16SrRNA. FEMS Microbiol Lett 1997;146:47-51.

15. Collins CH, Lyne PM. Staining methods. In: Collins CH, Lyne PM, eds. Microbiological Methods. London: Butterworths, 1972.

16. Seeley HW Jr, van Demark JP. Microbes in action. A laboratory Manual of Microbiology. San Francisco, CA: Freeman WA and Co., 1972;2:361.

17. Claus D, Berkeley RCW. Genus Bacillus Cohn 1872, 174. In: Sneath PHA, Mair NS, Sharpe ME, Holt JG, eds. Bergeys Manual of systematic Bacteriology. Baltimore, MD: Willams and Wilkins, 1986:2;1105-39.

18. Pitcher DG, Saunders NA, Owen RJ. Rapid extraction of bacterial genomic DNA with the guanidium thiocyanate. Lett Appl Microbiol 1989;8:151-6.

19. Rowan NJ, Deans K, Anderson J, Gemmell CG, Hunter IS, Chaithong T. Putative virulence factor expression by clinical and food isolates of *Bacillus* spp/. After growth in reconstituted infant milk formulae. Appl Envir Microbiol 2001;67:3873-81.

20. Schillinger U, Lucke FK. Antibacterial activity of the *Lactobacillus sake* isolated from meat. Appl Env Microbiol 1989;55:1901-6.

21. Nagai T, Nishimura K, Suzuki H, Banba Y, Sasaki H, Kiuchi K. Isolation and characterization of *Bacillus subtilis* strain producing natto with strong Umami-taste and high viscosity. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 1994;41:123-8.

Acknowledgements: *Oguntoyinbo FA is grateful to ICSC Worldlaboratory Lausane Switzerland, for the award of scholarship to visit IHT/BFE, Karlsruhe, Germany and Professor W. H. Holzapfel for hosting the research.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Conception de chips riches en protéines à base de céréales et de légumineuses

Osseyi[1]* Elolo SG, Lamboni[2] Courdjo, Lawson[1] Latré

[1] Département des Sciences et Technologies Alimentaires, ESTBA, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.
[2] Département de Biochimie/Nutrition, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.

*Auteur correspondant: *elosseyi@yahoo.com*

- Résumé -

Les chips sont des snacks ou amuse-gueules produits à partir de matières premières de nature glucidique qui varient selon les régions. Il existe des chips de pomme de terre en Europe, des *tortilla chips* de maïs en Amérique Latine et des chips de banane plantain en Afrique. Ce sont donc des produits plutôt énergétiques prêts à être grignotés tout au long de la journée.

Dans la présente étude, les procédés technologiques utilisés pour la production de *tortilla chips* de maïs ont été légèrement modifiés pour concevoir et réaliser des chips riches en protéines végétales à partir des farines de céréales (maïs) et de légumineuses (niébé, soja) locales. Différentes formulations contenant soit des farines pures de maïs, de niébé ou de soja (50%), soit des mélanges de deux types de farines (24 à 26% de chaque type), soit des mélanges des trois farines (14 à 20% de chaque type) ont été réalisés.

Les analyses de composition chimique des différents types de chips obtenus, ont mis en évidence la richesse en protéines des chips de légumineuses. Des tests de préférence et de notation de caractéristiques ont été utilisés pour l'étude des propriétés organoleptiques (apparence, texture, couleur, goût et appréciation globale) des chips. Il ressort de l'ensemble de ces évaluations que les chips les plus appréciées sont celles à base de soja, suivies de celles préparées à partir des mélanges de farines et des chips à base de maïs. Les chips de haricot viennent en dernière position. Cette étude a clairement montré que les légumineuses, tout comme les céréales, peuvent se prêter à la confection des chips. De telles chips de valeur nutritionnelle élevée, peuvent contribuer à l'amélioration du statut protéino-énergétique déficient et précaire des jeunes dans les pays en développement. Elles peuvent également servir de véhicule pour d'importants nutriments (vitamines et sels minéraux) si les farines sont au préalable fortifiées.

Mots-clés: Chips – *Tortilla* – Céréales – Légumineuses.

- Abstract -

Development of chips rich in protein from cereals and legumes

Chips are snack foods made from starchy raw materials, which vary from place to place. Potato chips are found in Europe, maize *tortilla-chips* in Latin America and plantain chips in Africa. Chips are therefore energy-yielding products ready to eat all day long.

In this study, technological processes used in *tortilla chips* making, were slightly modified to design and prepare from local cereal (maize) and leguminous seeds (soybean and common bean) flour, chips rich in plant proteins. Soybean grains were roasted whereas maize and cowpea grains were treated in an alkali solution (1% lime or sodium bicarbonate) in order to soften and loosen the teguments and make easier their removal. After the removal of the husks, the kernels were cooked (2 hours) and then soaked overnight to allow their hydration and starch gelatinisation. The treated kernels were rinsed, sun dried and milled into fine white flour. Different formulations were tested and these consisted of either pure flour of maize, cowpea and soybean (50% flour) or combinations of two types of flour at different ratios (24 – 26% of each type of flour) or combinations of the three types of flour (14–20% of each type of flour). The other ingredients were water, margarine, starch, baking powder, yeast extract, salt, sugar and spices. The resulting product from the blending of all ingredients was processed into homogeneous dough that was kneaded, flattened and cut into tiny disks. Both sides of the latter were simultaneously baked and fried in a thin layer of oil in the oven (170°C, 4 min) to give chips.

The proximate analysis of the different types of chips produced showed obviously the high protein content of chips prepared with leguminous seeds. Hedonic preference tests (ranking) and notation tests were performed to evaluate organoleptic attributes (appearance, texture, taste and overall acceptability) of the chips. It resulted from this sensory analysis that the soybean chips followed by the chips prepared from combined flour and the maize chips were ranked high compared to the cowpea chips.

This study clearly indicated that, like cereals, leguminous seeds could be good candidates for chips production. Such chips with high nutritional value can contribute to improving the deficient and precarious protein-energy nutritional status of young children in developing countries. They can also serve as vehicles for important nutrients (vitamins, minerals) by prior supplementation or fortification of flour.

Keys words: Chips – *Tortilla* – Cereals – Leguminous seeds.

INTRODUCTION

Les chips font partie de la catégorie de mets appelés amuse-gueules qui sont généralement servis avec les apéritifs ou consommés entre deux repas. Ces produits croustillants et délicieux présentent également l'avantage d'être conditionnés en petites quantités à emporter avec soi, offrant ainsi l'opportunité d'en disposer à tout moment. Toutes ces caractéristiques font le succès de ces produits auprès des consommateurs de tous les âges. Les chips sont particulièrement appréciées par les jeunes car elles constituent pour eux de petits repas à leur disposition en permanence pour apaiser les fringales de la journée.

Les chips de pomme de terre et les *tortilla chips* ou chips de maïs sont les plus populaires occupant une bonne place dans le circuit commercial international. Cependant, il existe dans les régions africaines des galettes et tranches rôties de racine, tubercule et banane plantain qui font office de chips. Ces snacks chips sont généralement fabriqués à base de matières premières glucidiques et sont alors de nature énergétique. L'engouement des jeunes pour les chips fait de ces dernières un produit indiqué pour servir de support à un apport complémentaire de protéines et de véhicule pour d'importants nutriments dans les régimes alimentaires des populations des pays d'Afrique où la malnutrition sévit[1]. Dans la région ouest africaine où les sources de protéine d'origine animale sont difficilement accessibles à toutes les classes sociales à cause de leur coût élevé, les légumineuses constituent un excellent complément protéique pour les régimes à bases de céréales[2]. Les graines de légumineuses, sources végétales les plus riches en protéines et dont la valeur est complémentaire à celle des céréales, amélioreraient l'équilibre de la ration alimentaire en Afrique, si leur consommation était accrue et permettraient de combattre les effets de la malnutrition protéique notamment chez les groupes vulnérables que constituent les enfants et les femmes enceintes et allaitantes[3,4]. Toutes ces considérations ont été à la base de l'idée de concevoir, par transfert de technologie, des chips à base de maïs et de légumineuses (niébé, soja) qui sont des denrées abondamment disponibles dans la sous-région ouest africaine. D'autre part, certains auteurs[5] ont pu utiliser la farine de niébé combinée avec de l'amidon pour fabriquer des chips ayant des textures diverses, prouvant ainsi que les légumineuses peuvent bien être utilisées pour la confection des chips.

L'objectif de la présente étude est de contribuer à la mise au point, en s'inspirant des procédés de production des *tortilla chips* et en utilisant des matières premières locales, un produit nouveau de qualité nutritive améliorée et bien adapté aux exigences de la vie moderne d'une société en pleine mutation. C'est également une forme de valorisation des ressources locales et de promotion d'une alimentation meilleure et variée des populations défavorisées, en particulier les enfants souffrant de malnutrition dans la sous-région.

MÉTHODOLOGIE

Le matériel biologique utilisé est constitué de maïs, niébé et soja achetés sur les marchés locaux. Les chips ont été fabriquées selon le procédé traditionnel de production des *tortilla chips* de maïs[6,7,8] auquel quelques modifications ont été apportées.

Traitement et transformation des grains

La transformation débute par le traitement à l'alcali ou "nixtamalisation" des grains de maïs et des graines de légumineuses. Les grains et graines, après nettoyage, sont cuits dans une solution de bicarbonate de sodium ($NaHCO_3$) ou de chaux éteinte

$Ca(OH)_2$ de 1% de concentration à 100°C pendant 1 heure. Après refroidissement jusqu'à 40-45°C, elles sont trempées pendant 10 heures pour permettre le ramollissement des téguments. Après essorage et séchage solaire durant 12 heures, elles subissent une mouture pour donner de la farine "nixtamalisée".

Formulation et fabrication des chips

Les farines issues des grains ou graines traitées ont été utilisées pour la formulation des chips. Différentes formulations (tableau 1) contenant soit des farines pures de maïs, de niébé ou de soja (50%), soit des mélanges de deux types de farines (24 à 26% de chaque type), soit des mélanges des trois farines (14 à 20% de chaque type) ont été testés. Les autres ingrédients entrant dans les formules sont de l'eau, de l'huile végétale, de l'amidon, de la levure chimique (baking powder), des extraits de levure, du sel de cuisine, du sucre et des épices.

Les étapes de la fabrication consistent tout d'abord à peser la farine et à la mélanger avec les autres ingrédients. Puis, le mélange est pétri manuellement dans un bol pour obtenir une pâte homogène. L'étalement et le laminage de la pâte se font à l'aide d'un rouleau à pâtisserie entre feuilles plastiques. La pâte est ensuite découpée en rondelles de 6 cm de diamètre qui sont simultanément cuites et frites avec exposition des deux faces de chaque pièce dans une mince couche d'huile au four à 170°C pendant 4 minutes pour donner des chips.

Tableau 1: Formulation des chips.

Ingrédients	Farines pures			Combinaisons binaires de farines			Combinaisons ternaires de farines		
	Essai 1 (%)	Essai 2 (%)	Essai 3 (%)	Essai 1 (%)	Essai 2 (%)	Essai 3 (%)	Essai 1 (%)	Essai 2 (%)	Essai 3 (%)
Farine de maïs	50	50	50	24	25	26	20	17	20
Farine de soja				26	25	24	16	17	14
Farine de niébé							14	16	16
Eau	26	28	30	28	28	28	28	28	28
Huile végétale	12	7	2	7	7	7	7	7	7
Amidon	3	6	9	6	6	6	6	6	6
Sucre	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sel de cuisine	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mél. aromates	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Levure chimique	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Extrait de levure	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Analyses chimiques des chips

Les analyses de la composition chimique des différents types de chips produites et achetées dans le commerce ont été effectuées afin de déterminer la teneur en eau, protéines, lipides, glucides et cendres. La teneur en eau est obtenue en mesurant par pesée la perte en eau après passage en étuve. La teneur en protéines a été déterminée par la méthode de Kjeldahl (AOAC Method 945.01)[9]. Le dosage des lipides a été réalisé par la méthode Soxhlet (AOAC Method 920.39C)[9]. Les cendres ont été obtenues après incinération à 550°C (AACC Method 08-01)[10]. Dans chaque cas, les déterminations ont été réalisées en triple.

Evaluation sensorielle des chips

Les propriétés organoleptiques des différents types de chips obtenus ont été évaluées et orientées par comparaison avec des chips du commerce par un panel de 21 étudiants. Les deux méthodes complémentaires d'analyse sensorielle utilisées ont été le "test de préférence" et celui "d'échelle ou de notation de qualité"[11] portant sur les caractéristiques organoleptiques des produits tels que l'apparence, la texture, la couleur, le goût et l'appréciation globale.

Analyses statistiques

Les différences entre les moyennes des teneurs en nutriments et entre les mesures des caractéristiques des diverses chips ont été évaluées par l'analyse de variance à un facteur en calculant les plus petites différences significatives de Fisher (ppds). Ces différences sont considérées comme significatives lorsque $p < 0,05$.

RESULTATS ET DISCUSSION

Traitement des grains à l'alcali

Le traitement à l'alcali ou «nixtamalisation» facilite l'enlèvement des enveloppes et provoque également l'hydratation et la gélatinisation de l'amidon, l'amélioration de la texture et l'augmentation de la disponibilité des vitamines B des grains de maïs[6]. Cependant, il a été constaté que ce traitement, appliqué tel quel aux légumineuses, n'a pas donné les résultats escomptés. La nixtamalisation suivie de la cuisson des graines du niébé aboutit à une pâte difficile à sécher pour en faire de la farine. Ce même traitement appliqué aux graines de soja ne ramollit que partiellement les téguments. Plusieurs essais de mise au point de la technique de traitement des graines de légumineuses ont conduit à l'adoption du procédé qui consiste à faire subir aux graines de niébé un blanchiment à 100°C dans une solution de chaux éteinte $Ca(OH)_2$ à 1% pendant 5 minutes pour ramollir l'enveloppe. Après essorage, l'enlèvement des pellicules s'effectue par frottement des graines entre les mains. Les graines décortiquées sont ensuite trempées pendant 10 heures. Elles sont rincées puis séchées au soleil pendant 12 heures et moulues pour produire de la farine nixtamalisée qui est légèrement torréfiée ultérieurement pour atténuer sa saveur persistante.

La trituration des graines de soja, plus dures à cuire, a nécessité une torréfaction. Les graines sont d'abord bouillies pendant 5 minutes dans l'alcali, essorées et séchées pendant 12 h puis torréfiées à 180°C. Elles sont ensuite débarrassées de leurs téguments qui se détachent aisément par un léger pilonnage et vannage suivis d'une mouture pour donner une farine nixtamalisée. La torréfaction permet d'éliminer partiellement ou totalement certains des facteurs anti-nutritionnels ou toxiques et le décollement des enveloppes.

Le procédé traditionnel de production des *tortilla chips* transforme par mouture les grains de maïs traités à l'alcali ou *nixtamal* en pâte ou *masa* à partir de laquelle les chips sont produites. La méthode adoptée dans la présente étude aboutit plutôt à une farine qui peut être stockée et utilisée au moment opportun. Elle s'apparente au procédé industriel de production des *tortilla chips* qui, de nos jours, est devenu mécanisé et produit les chips à partir de différents types de farine de maïs nixtamalisée.

Formulation des chips

Les formules types retenues à l'issue des différents essais de formulation sont consignées dans le tableau 1. La reconstitution de la pâte *masa* se fait par mélange de la farine avec l'eau et les autres ingrédients qui sont ceux habituellement utilisés pour la fabrication des *tortilla chips*. L'utilisation de proportions variables de farines nixtamalisées et autres ingrédients a permis de retenir celles ayant donné le plus satisfaction (essai 2 pour farines pures; essai 1 pour mélanges binaires et essai 1 pour mélanges tertiaires).

Cuisson et friture des chips

Compte tenu du matériel disponible et pour éviter une trop grande rétention d'huile, il a été adopté à l'issue des essais, une méthode qui consiste à faire cuire et frire simultanément avec exposition des deux faces de chaque pièce dans une mince couche d'huile au four à 170°C pendant 4 minutes. Contrairement à ce qui précède, le procédé traditionnel a recours à la cuisson au four (190–205°C; 40 s) des pièces de la pâte *masa* pour obtenir les *tortillas*, suivie d'un temps de refroidissement pour permettre l'homogénéisation de l'humidité dans les pièces avant la friture dans l'huile (185–200°C; 60 s).

Composition chimique des chips

Les analyses de composition chimique des chips (tableau 2) ont confirmé la richesse en protéines des chips de légumineuses. En effet, les teneurs en protéines des chips de soja, de haricot et des mélanges de farines sont de 3 à 9 fois plus élevées que celles des chips de maïs produites et du commerce. Ces constatations confèrent aux chips de légumineuses un caractère de produits à haute teneur en protéines.

Tableau 2: Composition chimique des différents types de chips (g / 100 g MB).

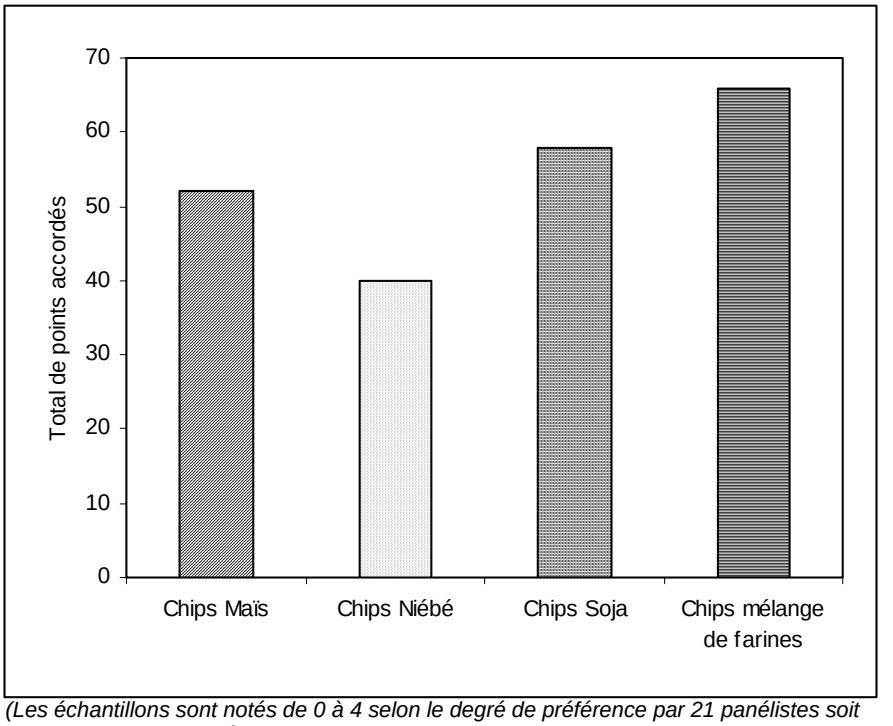
Produits	Teneur en eau	Protéines	Lipides	Glucides totaux	Cendres totales
Tortillas[12]	47,8	5,4	1,2	44,8	0,8
Tortilla chips Poco Loco*	4,7 ± 0,5	3,4 ± 0,2[a]	20,5 ± 0,6[a]	67,5 ± 1,2	3,9 ± 0,9[a]
Chips de maïs	7,4 ± 0,5	5,1 ± 0,1[b]	13,2 ± 0,1[b]	66,8 ± 1,2	7,5 ± 1,1[ab]
Chips de soja	7,3 ± 0,2	28,6 ± 0,2[c]	25,8 ± 0,1[c]	34,3 ± 0,7	4,0 ± 0,7[a]
Chips de niébé	10,0 ± 0,1	15,8 ± 0,2[d]	13,8 ± 0,1[d]	51,7 ± 1,3	8,7 ± 0,5[b]
Chips de combinaison de farines (maïs, niébé, soja)	6,7 ± 0,6	12,8 ± 0,5[e]	25,1 ± 0,1[e]	47,7 ± 1,4	7,7 ± 1,1[ab]

**Chips de maïs du commerce. Dans une même colonne, les moyennes non suivies de la même lettre sont significativement différentes (p < 0,05);*

Evaluation sensorielle

Le test de préférence a permis de recueillir auprès des panélistes un classement par ordre de préférence des différents échantillons analysés (figure 1). Il ressort que les échantillons les plus appréciés sont les chips à base de mélange de farines, suivies de celles à base de soja et de maïs. Les chips à base de niébé viennent en dernière position. Les tests d'échelle de qualité ont apporté un peu plus de précision sur certaines caractéristiques organoleptiques soumises à l'appréciation des panélistes. Ces derniers tests ont montré que les différents types de chips présentent des

différences significatives au niveau de la couleur et du goût (figure 2). Toutes les chips paraissent croustillantes et agréables à mastiquer. Dans l'ensemble, les chips de soja, de mélange de farines et de maïs sont celles qui regroupent les qualités organoleptiques les plus appréciées par les dégustateurs. Le goût des chips à base de niébé a été moins apprécié.



(Les échantillons sont notés de 0 à 4 selon le degré de préférence par 21 panélistes soit un total de points de 0 à 84).

Figure 1: Comparaison des notes obtenues par les différentes formules de chips.

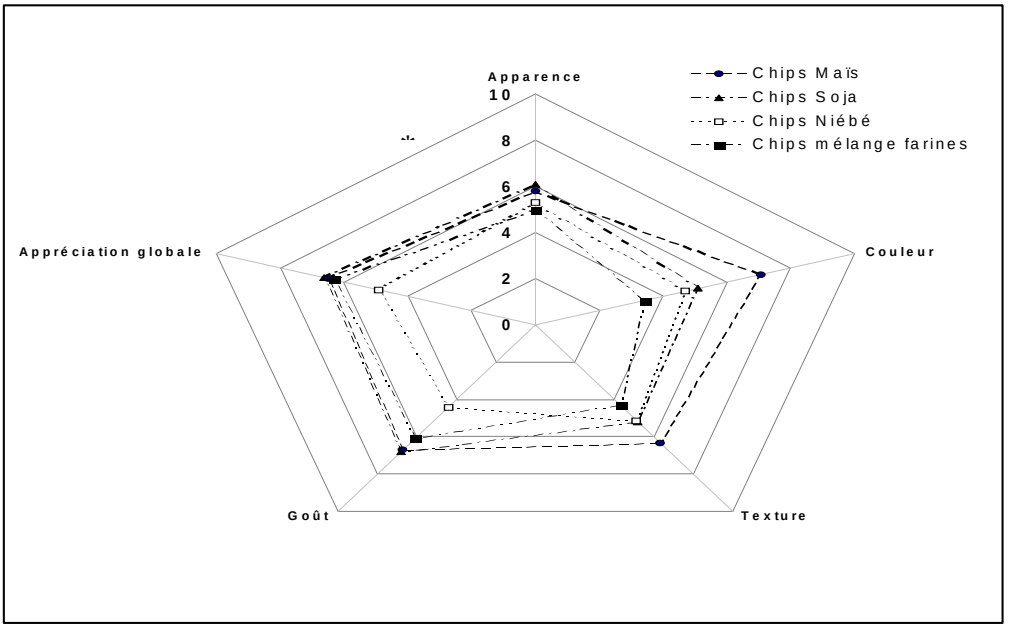


Figure 2: Notes moyennes (sur un total de 10 points) obtenues pour différentes caractéristiques organoleptiques par les différentes formules de chips retenues.

CONCLUSION

Cette étude a clairement montré que les graines de légumineuses, tout comme les grains de céréales, peuvent bien se prêter à la confection des chips. Le premier facteur important reste la nixtamalisation des grains qui est fondamentale pour obtenir des chips de bonne qualité. Cependant, ce traitement nécessite certaines adaptations selon le type de graines de légumineuse utilisé. Les chips des légumineuses ont une teneur en protéines élevée et mériteraient plus d'attention dans la mesure où elles peuvent contribuer à l'amélioration du statut protéino-énergétique déficient et précaire des jeunes dans les pays en développement.

RÉFÉRENCES

1. Almeida-Dominguez NG, Valencia ME, Higuera-Cipara I. Formulation of corn-based snacks with high nutritive value: biological and sensory evaluation. J Food Sci 1990:55(1):228-31.
2. Besançon P. La valeur nutritionnelle des légumes secs et des protéines de légumineuses. Rev Fr de Diététique 1978;84:5-17.
3. Stanton WR, Doughty J, Orraca-Tetteh R, Steele W. Légumineuses à grains en Afrique. Rome: FAO, 1970.
4. Bressani R. Productivity and improved nutritional value in basic food crops. In: Anonyme. Improvement of the Nutrient Quality of Cereals. Report of the 2nd Workshop on Breeding and Fortification. Washington, DC, 1976:265-87.
5. Kerr WL, Ward CDW, McWatters KH, Resureccion AVA. Milling and particle size of cowpea flour and snack chips quality. Food Res Int 2000;134:39-45.
6. Khan MN, DesRosiers MC, Rooney LW, Morgan RG, Sweat VE. Corn Tortillas: Evaluation of Corn Cooking Procedures. American Association of Cereal Chemists, Inc. Cereal Chem 1982;59:279-84.
7. Sahai D, Mua JP, Surjewan I, Buendia MO, Rowe M, Jackson DS. Alkaline processing (Nixtamalization) of white mexican corn hybrids for tortilla production: Significance of corn physico-chemical characteristics and process conditions. Cereal Chem 2000;178(2):116-20.
8. Sahai D, Buendia MO, Jackson DS. Analytical techniques for understanding nixtamalized Corn flour: Particle size and functionality relationships in a masa flour sample. Cereal Chem 2001;78(1):14-8.
9. Association of official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington, DC: AOAC, 1990.
10. American Association of Cereal Chemist. Approved Methods.10th ed. St. Paul, MN: AACC, 2000.
11. Stone H, Sidel LJ. Sensory Evaluation Practices. 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press, Inc., 1993.
12. Bressani R, Paz y Paz R, Scrimshaw NS. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. J Agric Food Chem 1958;6:770-4.

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Challenges facing the food industries in Nigeria: the role of food technologists

Sanni Lateef O

Department of Food Science and Technology University of Agriculture, P. M. B. 2240, Abeokuta, 110001, Nigeria.

*Corresponding author: *lateef_2@yahoo.com* or *losanni@infoweb.abs.net*

- Abstract -

The paper looks into various definitions and scope of food processing. The levels of poverty in Nigeria and its effect on the food environment are discussed. Various opportunities such as changes in food consumption patterns, human population, income growth, increase in the demand for variety of products (like low calorie foods, fortified foods, nutraceuticals etc) and innovative processes are highlighted. Current challenges such as globalization, export earnings, improving rural household incomes, changing consumer taste, raw material sourcing, appropriate technology, food information management, cash flow, food policy and marketing as well as extension strategy are discussed. The level of food safety practices in Nigeria and various roles played by government, regulatory bodies, private organization, the consumers, and the food technologists are discussed. Issues on non-implementation of previous regulatory strategy are highlighted and suggestions on how to attain the ideals of food safety are enumerated. The contributions of the food technologists as exemplified by the current roles (such as stakeholders meetings, seminars, symposia, training and workshops on food processing and preservation) of the Nigerian Institute of Food Science and Technology in Nigeria towards adequate food processing practices are discussed. Various institutional innovations in ensuring effective and safe food processing practices in Nigeria are highlighted. One of the positive developments is the establishment of three universities of Agriculture in the three different geographical zones in Nigeria. As a case study, the paper enumerated the achievement of the University of Agriculture, Abeokuta in the establishment of small and medium scale processing factories for cassava products and cashew-nut. In conclusion, the paper suggests various strategies (such as review of academic curricula, research networking, capacity building, consumer education and awareness, infrastructural facilities, access to credits, government policies for viable business environment) towards ensuring adequate food processing practices in Nigeria.

Key words: Challenges – Opportunities – Food Processing – Nigeria – Food Technologists.

- Résumé -

Défis et opportunités des industries agroalimentaires au Nigeria: le rôle des technologues alimentaires

Cette contribution examine diverses définitions et domaines de la transformation alimentaire. Les niveaux de pauvreté au Nigeria et leurs effets sur l'environnement alimentaire sont discutés. Par ailleurs, l'état de l'agriculture et des industries agroalimentaires nigérianes ainsi que l'environnement économique sont pris en compte, faisant apparaître divers facteurs déterminants au niveau physique, culturel, socio-politique, réglementaire, technologique et même psychologique. Diverses opportunités telles que les changements aux niveaux des modèles de consommation alimentaire, de la population, de la croissance des revenus, de l'augmentation de la demande pour une variété de produits (aliments à faible contenu énergétique, aliments fortifiés, nutraceutiques etc.) et des processus innovateurs sont soulignés. Les défis actuels tels que la globalisation, les recettes de l'exportation, l'amélioration des revenus des ménages ruraux, le changement des préférences des consommateurs, l'origine des matières premières, les technologies appropriées, la gestion de l'information relative aux aliments, le cash-flow, la politique alimentaire et le marketing aussi bien que les stratégies d'extension sont examinés. Le niveau des pratiques de sécurité sanitaire des aliments au Nigeria et les divers rôles joués par le gouvernement, les institutions réglementaires, les organisations privées, les consommateurs, et les technologues sont examinés. Les problèmes relatifs à la non mise en place des stratégies réglementaires précédentes sont abordés et des suggestions sur la manière d'atteindre les idéaux de la sécurité sanitaire des aliments sont données. Sont également discutées et illustrées par les rôles actuels (réunions de décideurs, séminaires, symposia, formation et ateliers sur la transformation et la conservation alimentaires) de l'Institut nigérian des sciences et des technologies des aliments, les contributions des technologues alimentaires au Nigeria en faveur de pratiques adéquates dans le domaine de la transformation des aliments. Diverses innovations institutionnelles pour assurer des pratiques de transformation efficaces et sûres au Nigeria sont soulignées. Un des développements positifs est l'existence de trois universités d'Agriculture dans les trois différentes zones géographiques du Nigéria. Comme étude de cas, la contribution a relevé la réussite de l'Université d'Agriculture d'Abeokuta dans l'établissement d'usines de petite et moyenne taille pour la transformation les produits du manioc et des noix de cajou. En conclusion, la contribution suggère différentes stratégies (telles que la revue des programmes académiques, la création de réseaux dans le domaine de la recherche, le renforcement des capacités, la sensibilisation et l'éducation du consommateur, les infrastructures, l'accès au crédit, les politiques gouvernementales en faveur d'un environnement viable pour les entreprises) permettant de favoriser des pratiques adéquates pour la transformation alimentaire au Nigeria.

Mots-clés: Défis – Opportunités – Transformation alimentaire – Nigeria – Technologues alimentaires.

INTRODUCTION

Food contributes to our physical, mental and emotional health[1]. Food processing can be defined as the application of scientific principles to the preservation or modification of foods to make safe, appealing products with a uniformly high quality[2].

All food processes are made up of a series of steps (sometimes called unit operations), which have to be followed in a particular sequence in order to make the food. Food Processing involves cleaning, size reduction, sorting, grading, parboiling, dehulling, polishing, soaking, fermentation, drying, threshing or shelling, and fortification, enrichment or restoration.

Globally, there is enough food for all, but more than 780 million people are chronically undernourished[2]. Poverty is a problem affecting many people all over the world. It is considered one of the symptoms or manifestations of underdevelopment. Poverty is the main cause of hunger and malnutrition, which are aggravated by rapid population growth, policy inadequacies, inconsistencies or weak administrative capabilities and poor food storage and processing techniques[2]. Millions of people in the developing world simply cannot obtain the food of the right quality and quantity that they need for a healthy and productive life.

POVERTY LEVEL IN NIGERIA

Nigeria is the most populous country in Africa with an estimated population of about 120 million and growth rate of 3% per annum[4]. About 30% of the population (26 million) live in urban areas and depend on the rural populations, who are subsistence smallholder farmers, for some of their food requirements. Nigeria is blessed with abundant land with an area of 98.3 million hectares out of which 72% is considered suitable for cultivation. Only about 30 million hectares are estimated to be currently under cultivation.

The concept of poverty reflects numerous visible attributes of multi-dimensional nature. Attributes of poverty may be classified into structural, economic, social, cultural and political deprivations[5]. The structural dimension appears more permanent and manifests a vicious cycle, reflecting limited productive resources, lack of skills for gainful employment, location disadvantage and inadequate income to obtain the basic necessities of life. The social dimension of poverty is largely a gender issue since the greatest weight of poverty is borne by women, household-heads and children from poor homes. However, the conventional notion depicts poverty as a condition in which people are below a specified minimum income level and are unable to provide or satisfy the basic necessities of life needed for an acceptable standard of living[5]. Often, the poor are known to have inadequate level of consumption and they are limited in growth and brain development[5].

The causes of poverty have been traced in the literature, partly to adverse developments on the international scene, world economic recession, foreign debt burden and a series of economic reforms undertaken by developing countries, which make them not to carry out poverty prevention programmes[2]. But the far-reaching causes are domestically based. These include inadequate production and income, lack of access to employment opportunities, poor quality of labour force, low level of technology, inefficient use of resources, locational disadvantage, wars and natural disasters and the lack of access to credit and other productivity resources[6].

In Nigeria, the economy had contended since the late 1970s with adverse economic environment created by oil shocks, world economic recession, deteriorating terms of trade, excessive importation or import dependency and debt overhang[3,5]. These

difficulties were compounded by inappropriate and inconsistent domestic policies that aggravated macro economic imbalances apart from mismanagement and /or corruption. A Structural Adjustment Programme (SAP) was adopted in 1986 to correct some of the policy distortions and structural imbalances. But the economic reform further increased production costs, decreasing food availability, severely increasing the rate of inflation, grossly reducing the purchasing power of the vast majority of Nigerians, increasing poverty and economic inequalities and reducing access to food[3].

As observed by Aworh[3], the Nigerian food and agriculture situation is epitomized by:

- serious food shortages as evidenced by increase in food imports and escalating food prices to the extent that many Nigerians are malnourished. According to Igene (1997) as quoted by Sanni[2], the proportion of food insecure Nigerians were close to 60% as at 1996. Energy and protein intake, especially animal protein, fall short of recommended levels. Nutritional deficiency diseases such as protein-energy malnutrition, xerophthalmia (vitamin A deficiency), nutritional anemia's and goiter (iodine deficiency) continue to constitute serious public health problems;
- severe shortage of agricultural raw materials: The government backward integration programme aimed at accelerating local sourcing of raw materials and increasing the contribution of agro-industries to the modernization of agriculture, had little chance of success, *ab initio*, because of the problems associated with large-scale farming in Nigeria[5];
- a decline in the contribution of agricultural sector to the Gross domestic product;
- a decline of the food safety and food security;
- a collapse of the country' agricultural export trade.

FOOD INDUSTRIES AND THE ENVIRONMENT

Rapidly changing world; the local environment, more than the global economy, is in fact more uncertain. The Nigerian business environment is a complex interplay of physical, cultural, socio-political, legal, technological and even psychological factors[7]. Over the last five decades, these factors have dictated the focus of industrialization in the food sector, yet no individual or organization often has direct control (table 1).

Market opportunities are enormous in the Nigeria environment. However, constraints of transportation and infrastructures especially communication facilities as well as vast urban-rural distances inhibit accessibility of products/services[7]. Thus, agro-industrial activities are still predominantly at cottage levels.

Very little emphasis is being paid to intermediate/raw materials food industries. This must be reversed. Small-scale plants for manufacture of enzymes, colours, flavours and other intermediate raw materials rather than final consumer products will achieve greater impact. Food Scientists and Technologists should show more interest in the food sector of Nigeria.

FOOD SAFETY PRACTICES

The essence of good manufacturing practice demands that food must be good and safe for human consumption within the period it is expected to be wholesome, and that whatever additives and preservatives are added have been certified as generally safe[8]. In Nigeria, food processors, food marketers and handlers as well as the consumers are important stakeholders in ensuring food safety[8].

Table 1: Trends in the Nigerian Food Sector.

Period	Food Industries	Operations	Sources of materials	Characteristics of the environment/economy
Late 50s - Early 60s	Cottage bakeries Satis Lipton Coca-cola Cadbury Breweries	Bread making Meat processing Tea packing Mixing/bottling Packing (Food) Brewing/Bottling	Importation Local/Importation Importation Importation Importation Importation	- Predominantly Rural agrarian life - Primary dependence on exportation of agricultural produce - Food Sector activities led by Multi-nationals.
Mid 60s - Mid 70s	Bakeries Lipton Satis Cadbury Coca-cola seven-up Pepsi cola	Bread/biscuits/pastries Tea packing Meat proc/pastries Cocoa bev/Confec/canned condiments Mixing/Bottling	Importation Importation Local/Import Local/Import Import	- Oil boom begins with attendant consumerism - Gradual shift from agriculture to construction industry - Food sector activities still led by Multi-Nationals but emergence of few /local initiatives - Civil war and later the three Rs - Significant increase in number of food sector industries
Late 70s - Mid 80s	As above with slightly marginal increase in number	Same as above	Same as above	Import licensing era, cottage industries developed, exponential increase in packaging industries due to liquidity but led by Asians, High level food importation, low agric output, & accelerated rate of price inflation with emergence of recession in 1981.
Late 80s - till date	Same as above	Same as above	Same as above	Collapse of oil wealth, poor convertibility of naira, SAP effect, interest rate deregulation, collapse of cottage Industries, development of survival of strategies by small/medium enterprises.

Source: Ogunmoyela G [7].

Food safety is a major public health problem that causes considerable morbidity and mortality worldwide most especially developing countries like Nigeria[8] given her literacy level and political instability and policy inconsistencies. Government, in an attempt to check this menace and ensure food security has promulgated food Standards and control laws[9]. However, partly due to the downturn of the economy, the proliferation of unregistered and unmonitored food processing and handling establishments has been a matter of great concern in Nigeria, especially as they failed to conform to approved standard specifications and handling for safety.

Our markets where these foods are displayed for sale are usually dirty and unsanitary and constitute a veritable source of microbial contamination. Environmental, as well as

poor domestic and industrial effluent disposal system, have caused the pollution of our rivers, lakes and ground water resources, thereby impacting negatively on our ability to produce water of acceptable or potable quality for food producers and consumers. Thus, the challenge to manufacturers, handlers, vendors and agencies for standardization and quality control is how to ensure that the food we eat and the water we drink are safe and wholesome.

For its part, the Nigerian government has enacted several laws and schemes as that prescribes standards for food manufacture and distribution. It has also established agencies (such as National Agency for Food and Drug Administration & Control, Decree No. 15, 1993; Standards Organization of Nigeria, Act No. 56, 1971 with amendments in 1976, 1984 and 1990 to mention a few) to enforce these laws and monitor their practices in Nigeria. Also, the Nigeria government, through its agencies, has embarked on the education of food handlers and vendors on health consciousness in the sales of food. It was in this regard that the National Council on Health, formulated a National Policy on Food Hygiene and Safety in 1999, which established specific or general limits to which food, food products, processes, procedures, practices and other stakeholders must comply to ensure safety of food and food products. This has been passed into law as at 2000[10].

There are quite a few non-governmental and community-based organizations and associations that regulate the practice of food safety among their members through, sometimes, by-laws. Such organizations include cooperative societies, food vendors associations, food sellers union, restaurants operators associations, etc.

Consumers are equally being sensitized on their choice of wholesome foods. This enabled an individual to insist on certain standards in a food supply, or resist the purchase or consumption of contaminated or sub-standard food. This should in no time send unscrupulous producers out of business.

Food processing industries have been encouraged to establish GMP management systems based on the principles of Hazards Analysis Critical Control Points (HACCP). HACCP system can be applied at any stage, from raw material to consumption of food. It permits a systematic approach to the identification and assessment of hazards and risks associated with the production, distribution and use of processed[1]. International bodies, such as the Codex Alimentarius Commission, have advocated a harmonized approach for the introduction of the HACCP system in the food Sector. This has become the code of practice for all food manufacturing industries in Nigeria.

However, many food processors in both formal and informal economic sector of Nigeria are yet to adopt this code of practice[8], which may be as a result of lack of necessary skills by the food processors/handlers coupled with the unstable environment.

CHALLENGES

Major challenges facing food processing practices in Nigeria include:

- Urbanization: urbanization is associated with changes in food consumption patterns; together with human population and income growth. This growth in urban populations and the subsequent increase in the demand for food in urban areas are certainly one of the great challenges of the near future. Amongst others, the food sector has a role to play in providing reliable, accessible and nutritious food for urban areas at affordable prices.

- Products: consumers now require variety of products like low calorie foods, fortified foods, nuetraceuticals and herbs, convenience/prepared foods, biotech products etc.
- Process: quality systems development, flexible manufacturing, innovation, business restructuring in an activity sequence and;
- People: as the resources that are ready to build core competencies, investing their intellectual and emotional commitment in the food industry and creating 'leadership' products; realizing vision via perseverance and sustainability of efforts and acknowledging the challenges of multi-skilling. Above all, the age of the new information order and the opportunities it offers food processing practitioners and professional food scientists and technologists are enormous.
- Increase globalization: implications for convenience, quality and safety of the novel or improved foods.
- Export earnings: implications for quality, safety and ethical trading of our foods.
- Improving rural incomes: processing to add value.
- Changing consumer needs: implications for new curricula and collaborative research works.
- Raw material sourcing: implications on quality, economic rate, adaptation, consistency in supply, and quantity to be supplied.
- Appropriate Technology: the technological challenge of the Nigerian Food processing has always been how to make the right choice to technology, which will be appropriate to a given purpose within a particular pattern for factor endowment that is time specific. This challenge is of particular significant in Nigeria because incorrect choice of technology has been identified as a major factor in the failure of industrial programme[11].
- Food Information Management: needs to manage the enormous volume of research data available in Nigeria. Focus on existing and new knowledge for our development.
- Cash flow/Food policy: the idea of collateral security coupled with insincerity amongst bankers' especially new generation banks dampens the acceleration of food processing in Nigeria. The exchange rate also remained high and this surely affects the productivity of the food processing sectors. The incessant change in government policy on food imports and exports also dampens the morale of major indigenous food industries.
- Marketing/Extension Strategy: the greatest inhibition of our professional practice in Nigeria is the absence of an organized and regulated extension service. Yet many beginning entrepreneurs need assistance in food safety, quality control, sources of ingredients and equipment or locating a contract partner; developing business and marketing plans, determining if their product fills a need or meets consumer wants, finding financial assistance, as well as laboratory and legal considerations. There is insufficient awareness today on many of these information requirements and availability of such services, especially giving room to a situation where professionals are exploited, public safety is at risk and at the mercy of all manner of 'quacks' and regulatory agencies cannot keep track. The examples of 'pure water' and 'cocoa beverages' suffice in driving home this menace and the enormous challenge before us as professionals.

ROLE OF FOOD TECHNOLOGISTS IN ENSURING EFFECTIVE FOOD PROCESSING PRACTICES IN NIGERIA

Academic Curricula

The present industrial training system in Nigeria calls for attention. The existing curricula in our tertiary institutions are not sufficiently flexible or relevant to the changing consumer needs and challenges of today. At a time when the introduction of food science into high school curriculum is the focus in other countries, our programs, as presently exist, produce graduates who can find no ready employment and yet are not sufficiently business-oriented to pursue their entrepreneurial spirit successfully. This is why Ogunmoyela[12] proposed what is appropriately described as a D.I.E.T (Dynamic Impactful Enterprise Total) programme in re-evaluating existing curricula, re-orientating same to prepare graduates for the realities of today and assist them in fitting to the emerging world of food processing practices. This may, involve a critical evaluation of the concept of working on projects in 'teams' that optimize the energy and talents of individual team members to prepare them for life outside the classroom.

Computer-aided food processing/research and food biotechnology are, undoubtedly, two of the most exciting developments in food processing and research that may have major impacts on new breed of food scientists and technologists. Computer applications in food processing include process control, process design and simulation, computerized food inspection system, computerized nutrient analysis and information storage and retrieval. The new curricula should focus more on acquisition of these tools by the new breed of our professionals.

Institutional innovations

The Universities of Agriculture were established in 1988 by the Nigerian government with a tripodial mandate to produce skilled manpower that is adequately furnished with the comprehensive information required for engaging in economic agricultural production as well as accelerate the pace of transfer of technology to the farmers and industrial communities through the development of an effective linkage between training, research and extension. It is therefore part of the tasks of these universities to accelerate food production in order that the national food problem might be solved.

Within fifteen years of existence, my university (UNAAB) has proved the relevance of its mandate in catalysing agricultural production and productivity in Nigeria in the areas of food crop production, livestock production, industrial crop production, and extension activities[2]. In 1992 the concept of UNAAB FOODs started in the department of Food Science and Technology. Through cottage level processing, UNAAB has been able to package *gari* and cashew fruit juice for sale to members of the community and the immediate environs.

Today, the university is blessed with a Cashew-nut processing factory courtesy the Federal Ministry of Agriculture and the Education Tax Fund. The Cashew Implementation Committee of the university that has a mandate to recruit, purchase and process well over 50 tons of raw cashew-nut daily for the factory. With continuous support by Government and Donor Agencies, Food Technologists in my university are committed to ensuring wide distribution of cashew-nut products both at National and International levels thereby ensuring food security and employment generation for Nigerians.

Presently, Food Technologists in my university are to develop selected cassava based foods (fermented *fufu*, pounded *fufu*, *kokonte*, cassava grits and local "starch") to meet the changing and growing urban demand through the manufacture of products that are convenient, of high quality and are safe, courtesy the European Union funding.

Previous experiences in Ghana and Nigeria have indicated that the development of the SME sector is key to providing the linkage between rural producers and the urban market courtesy Department for International Development and the Natural Resources Institute, Kent UK. This project takes a holistic approach to provide “best practice” tools and technologies to develop the chain from production to consumption. The approach is holistic because it takes into account market demand and consumer preferences, the needs of rural products and processors and the needs of newly emergent or established SMEs. Issues of technology development, market economics, business development and social development are addressed in an integrated manner.

One hopes that such International Collaborative research work will ensure adequate food processing practices in Nigeria.

The Nigerian Institute of Food Science and Technology in Nigeria

According to Denenu[13], prior to the attainment of political independence in 1960, the Nigerian economy was geared towards the production of agricultural; raw materials for use by the British colonial powers. It was therefore not unexpected that the use of science and technology as tools of national development was given a low profile in the colonial educational system. Although, the Nigerian economy was principally agriculture-based, the discipline of Food Science and Technology was ironically hardly appreciated even after a decade of independence.

The formal emergence of the modern profession of Food Science and Technology in Nigeria closely parallels the commencement of degree programmes in the discipline at tertiary institution soon after the Nigerian Civil war in 1970. The pioneer degree programme in Food and Technology was started at the University of Ife (now Obafemi Awolowo University) at Ile-Ife, Nigeria in 1970. Coupled with this emergence of food professionals in academia was the corresponding emergence of a fledging but nevertheless significant and distinctive modern industrial sector that could be termed food industry.

This awareness of a body of skills and knowledge in post-harvest food problems stimulated the desire to form an organized body of professionals to cater for its specialized need. After series of consultations, the nucleus of NIFST was formed on 5 June 1976 with adoption of the draft constitution of the Institute at Federal Institute of Industrial Research, Oshodi, Lagos, Nigeria with 45 people in attendance. Today, we have over 5000 Membership which cut across private sector, tertiary institutions, research institutes, and government parastatals.

The Institute has been the vanguard for food safety, being a body of professionals in food science and processing and quality control.

Our cardinal objectives for setting up NIFST are:

- to propagate, promote and further the knowledge, science, technique and development of, in or the application of science and technology to food and allied products;
- to disseminate information amongst food scientists and technologists by sponsoring, organizing, coordinating, and participating in research, workshops, symposia, seminars and publications, designed or relevant to food science or allied subjects and government policies there on.

Our vision: good and abundant food for all through service to humanity and country resulting in food security and well being of Nigerians.

Our mission: to harness the abundance of talent and knowledge amongst food professionals in Nigeria towards food sufficiency and good nutrition of the masses in the next five years.

Our tactical approach:

- creating awareness for the existence and works of the institute and getting appropriate recognition (charter);
- training and education of food practitioners and professionals;
- providing professional support for the food industry through research, scientific and regulatory activities, workshops, seminar, etc.
- providing the required rallying point for the membership;
- providing information and library service for the total membership (private and corporate) and the Nigerian public;
- organizing annual conferences:
    - to expose new opportunities in the area of food processing and technology,
    - to provide a good professional platform for interactions,
    - to conduct annual general meetings for reflecting on the institute's past activities and channel the way forward,
    - to elect officers to run the affairs of the institute,
- bringing about greater interactions amongst members and participation in the institute's affairs by breaking into chapters and zones for geographical convenience;
- producing and providing publications of interest for use by professionals and the general public;
- constituting the council of the institute to periodically review progress, proffer solutions to issues and map out way forward for the institute;
- employing the services and experience of its senior members (Fellows and Past Presidents) for the greater good of the institute on and on going basis.

NIFST members help to propagate, promote and advance the knowledge in application of science and technology in the resolution of problems of food and allied industries. NIFST has been a member of the International Union of Food Science and Technology (IUFOST) for the last 20 years.

Strategies for ensuring effective food processing practices

In conclusion, the paper suggests various strategies (review of academic curricula, Networking at National & Regional level, Capacity building amongst food processors and experts, Consumer education and awareness, well-maintained infrastructure, good management, access to credits, genuine government positive policy and viable business environment) towards ensuring adequate processing practices in Nigeria.

For effective food processing practices, there must be effective strategies. Priority areas for action include:

- access to planning information, access to credit, access to raw materials and proper research/transfer will ensure effective food processing practices;
- an effective food processing, distribution and marketing system will require an appropriate and well-maintained infrastructure, including markets, road networks and extension services to advise farmers on improved storage techniques or on how to bulk their produce as a group to reduce marketing costs;
- supportive research and technology transfer and technical assistance will increase effectiveness of food processing practices;
- credit facilities and good management are also vital points towards effective food processing practices;

– with regard to the special needs of the many women involved in food processing and marketing, governments can assist by providing information and training on the use of appropriate processing technology and by providing extension support for marketing of fresh and processed produce.

CONCLUSION

The Challenges are enormous, the opportunities are astonishing. The future belongs to those who will be Quality Conscious and whatever, they do, they will do it quality way. That is, right first time and every time, zero defect, error free work, total commitment to provide wholesome, safe and healthy foods to the consumers at affordable prices. The current trends provide opportunities for Food Technologists who will have innovative thinking and orientation, transparency and honesty taking due advantage of the 'global village' not to waste time 're-inventing the wheel'. We need to free the entrepreneurial spirit in all of us as food professionals. To successfully do this, we need sharp implements (such as initiative and creativity) to cut through the thickest of uncertainties, inertia and dependency-psychosis prevailing in the developing countries like Nigeria.

REFERENCES

1. Sanni LO. Quality Assurance in the Food Industry. Abeokuta, Nigeria: Jedidiah Publishers, 1997:146.
2. Sanni LO. Agricultural development without Post harvest system: Any hope for success? University of Agriculture, Abeokuta: Alumni Association Lecture Series, 2000;2:23.
3. Aworh OC. Food Security and the survival of food and agro-allied industries in the next millennium. Keynote address delivered at the 22nd Annual Conference of the Nigerian Institute of Food Science and Technology. Abeokuta, Nigeria, 23-27 Nov 1998.
4. Sanni LO. Food in the life of a Nation: the food science and Technology in the next millennium. Paper presented at the Raw Materials and Development Council. Abuja, Nigeria, 26th October 1999:10.
5. Okuneye PA. Rising cost of food prices and food insecurity in Nigeria and its implication for poverty reduction. CBN Economic & Financial Review 2003;39(4):15.
6. Okuneye PA. "Employment Generating Potentials of Agricultural Processing and Storage Technology: Additional Gain in Increased Food Availability Pursuit". Paper presented at the Workshop for Local Government Officials in Lagos State. Lagos, April 2000.
7. Ogunmoyela G. Food sector industrialization in Nigeria: the impact of the business environment. Paper presented at the 10th Annual Symposium of the Nigerian Institute of Food Science and Technology (Western Chapter). Moshood Abiola Polytechnic. Abeokuta, 5th May 1995:8.
8. Okon EU. Food Safety Practices in Nigeria. Invited paper presented at a symposium on food safety and quality management in Africa. Kenya: IUFoST, 2002:12.

9. Osuide GE. Food control laws and regulations. Proceedings of Workshop on Food Safety in manufactured and packaged foods organized by the Nigerian Institute of Food Science and Technology. Oshodi, Lagos, Nigeria, 1997:36-41.

10. National Policy on Food Hygiene and Safety. Nigeria: Federal Ministry of Health, 2000.

11. Ngoddy PO. Local manufacture of food processing equipment and spare parts: a challenge to engineers & fabricators. Plenary paper presented at the 20th Annual Conference of the Nigerian Food Science and Technology (NIFST). Lagos, Nigeria, 29th October, 1996

12. Ogunmoyela G. Food Science and Technology: Challenges and Opportunities. In: Denenu EO, ed. Perspectives. Vanguard, 1999:7.

13. Denenu EO. 15 years of the Nigerian Institute of Food Science and Technology. Niger Food J 1991;9:1-3.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Physico-chemical and quality characteristics of fish sauce produced from tuna processing wastes

Soyiri[1,2*] Ireneous N, Tano-Debrah[1] Kweku, Amoa-Awuah[2] Wisdom A

[1] Department of Nutrition and Food Science, P. O. Box LG 134, University of Ghana, Accra.
[2] Food Research Institute, Microbiology Division, (Council for Scientific and Industrial Research) P. O. Box M20, Accra.

*Corresponding author: *soyiriin@hotmail.com*

- Abstract -

The use of fish-processing by-products in the manufacture of fish sauce is a common practice in Southeast Asia. In Ghana, fish processing by-products abound. In a typical tuna canning industry, 60-70% of the fish received end up as waste after the canning process. In Post-harvest management, they might be considered as losses. This study investigates the potential use of Tuna processing wastes as raw materials for the production of fish sauce. Tuna processing wastes from a typical tuna processing industry in Ghana were characterized physically (bone, soft tissues and scales/fins), physico-chemically (moisture, total ash, crude fat, crude protein and carbohydrate) and microbiologically (aerobic mesophiles, facultative anaerobes, yeasts and coliforms). Soft tuna tissues were blended with glucose (10% w/w) as a substrate for microbial fermentation and then sodium chloride (10% w/w) as an ingredient to prevent petrifaction. The blend was then incubated in partially aerated plastic jars (1000g per jar) at 37.0^{o}C for 49 days. The physico-chemical and quality characteristics of the sauce produced in the 7-week fermentation were determined using standard analytical procedures. The sauce produced was dark brown in colour and had 16.0% sodium chloride, 18.0% crude protein, 36.6% free amino nitrogen, 3.3% total fat, a TBA number of 3.3 and a pH of 4.4. Histamine and heavy metal (Cadmium, Selenium, Mercury and Arsenic) levels were below maximum acceptable limits and the sauce was free of food borne pathogens. Generally the physico-chemical quality of the product was comparable to fish sauces reported by earlier authors. This paper provides an alternative approach to maximizing the utilization of fish for human consumption whilst limiting the waste generated during processing. The technology can be applied and exploited at household and community levels to supplement nutrient needs for fish intake.

Key words: Tuna processing wastes – Fish sauce – Fermentation.

- Résumé -

Caractéristiques physico-chimiques et qualité de la sauce de poisson produite à partir des déchets de transformation du thon

L'utilisation des sous-produits du poisson pour la fabrication de sauce de poisson est une pratique courante en Asie du Sud-Est. Au Ghana, les sous-produits du poisson abondent. Dans les conserveries classiques de thon, 60-70% des poissons reçus finissent comme déchets après les procédés de mise en conserve. En terme de management «après récolte», ils pourraient être considérés comme des pertes. Cette étude explore les possibilités d'utilisation des déchets de transformation du thon comme matière première pour la production de sauce de poisson.

Les déchets de transformation du thon d'une conserverie classique de thon du Ghana ont été caractérisés au niveau physique (arêtes, tissus mous et écailles/nageoires), physico-chimique (humidité, cendres totales, protéines brutes et glucides) et microbiologique (bactéries aérobies mésophiles, aérobies facultatives, levures et coliformes). Les tissus mous du thon ont été mélangés avec du glucose (10% m/m) en guise de substrat pour une fermentation microbienne et, par la suite, du chlorure de sodium (10% m/m). Le mélange a ensuite été incubé dans des bocaux en plastique partiellement aérés (1000 g par bocal) à 37.0°C pendant 49 jours. Les caractéristiques physico-chimiques et qualitatives de la sauce produite pendant les 7 semaines de fermentation ont été déterminées en utilisant les procédures d'analyses standard.

La sauce produite était de couleur brune sombre et contenait 16.0% de chlorure de sodium, 18.0% de protéines brutes, 36.6% d'azote aminé libre, 3.3% de matières grasses totales, un nombre de T.B.A de 3.3 et un pH de 4.4. Les teneurs en histamine et en métaux lourds (cadmium, sélénium, mercure et arsenic) étaient en-dessous des limites maxima acceptables et la sauce était dépourvue de bactéries pathogènes. Le plus souvent, la qualité physico-chimique du produit était comparable à celle des sauces de poisson déjà décrites par d'autres auteurs.

Cette contribution propose une approche alternative pour optimiser l'utilisation du poisson en alimentation humaine tout en limitant les déchets générés au cours de la transformation. La technologie peut être appliquée et exploitée au niveau des ménages et des communautés pour compléter les apports en nutriments à partir des poissons. La prochaine phase de ce travail va essentiellement se consacrer aux aspects sensoriels et culinaires.

Mots-clés: Déchets de transformation du thon – Sauce de poissons – Fermentation.

INTRODUCTION

Waste generation and its management are important issues all over the world. Food processing is one of man's activities, which contributes considerably to waste in general[1]. The choice of waste re-use in a fish industry in Ghana presents the opportunity to turn out new products by channeling waste as a raw material through novel processes. Bioconversion is a low cost process in which biotechnology is applied to transform organic materials into desired products[2] Fish sauce is an important fermented fish product in some parts of the world. It is in the likeness of soy sauce, and it is used as a condiment in meal preparations. It is more popular in Southeast Asia[3]. A typical fish sauce contains various nutritionally important hydrolyzed protein products and other macromolecules of fish[4]. The main raw material for its preparation is fish wastes and other small whole fishes and/or fish by-products from fish-smoking houses (e.g. guts)[3]. In oriental traditional fish sauce processing, the fish product is mixed with a predetermined amount of salt and a fermentable sugar source and fermented for long periods (Ref). Several authors have reported the presence of a wide range of microorganisms during the fermentation of fish sauce[5,6,7,3,8,9]. Salt-tolerant bacteria (*Micrococcus*, *Staphylococcus* and *Bacillus*) and lactic acid bacteria (*Pediococcus* and *Lactobacillus*) play important roles in the fermentation[10]. Fish sauce is apparently not known in Ghana, unlike soy sauce. The practice of fish fermentation is however an old business, as in the production of products likes *koobi* and *momone*[11]. The use of fish processing wastes in such processes is however not practiced even though fish waste generation in Ghana is undoubtedly high. It is estimated that wastes in the canning of tuna *Thunnus spp* are about 60-70% of the fresh fish at the beginning of processing[9]. While such wastes are sometimes directly used in animal feed production and aquaculture, they are considered as losses in post-harvest management terms. To maximize the utilization of the fish produce (protein), it is worthwhile to consider processes that would convert these wastes into products for direct human consumption. The main objective of this work was to investigate feasibility of producing fish sauce from wastes and to evaluate some of the quality characteristics of both the raw material (tuna processing wastes) and the fish sauce.

MATERIALS AND METHODS

Sample acquisition and Preparation

Tuna processing wastes

This was obtained from Pioneer Food Cannery, a tuna canning industry in Tema, Ghana. This industry has two major processing lines: one for the raw packaging of tuna into cans – generating raw tuna waste and the other for the packaging of pre-cooked (steamed) tuna and this line generates mostly pre-cooked waste. Samples of both 'Raw' and 'Pre-cooked' tuna wastes were aseptically packaged in sterile polythene bags on site and transported to the laboratory in an ice chest.

Sugar and sodium chloride

Glucose and sodium chloride that were all laboratory grade chemicals (AnalaR), were used. The raw and precooked tuna fish wastes were separated into bone, fins, gills and muscles. The meat portions of the raw and precooked samples were mixed (1:1) using a Hobart bowl chopper (Model No. 84142PED, Spec. No. 8163, The Hobart Mfg. Co. Ltd., Ontario, Canada) for 3 min.

Fish (Tuna) Waste Characterization

Physical characterization

The raw tuna processing wastes were hand-sorted into their various components of bone, fins and scales and soft tissues.

Proximate analyses

Protein, crude fat, moisture, and total ash contents of the samples were determined using standard AOAC (1990) methods described [12].

Microbiological characterization

Plate Count Agar (PCA) and Tryptone Soy Agar (TSA) were used to determine the bacterial populations in the fish processing wastes. Also, deMan Rogosa and Sharpe (MRS) agar was used to determine the population of lactic acid bacteria (Facultative anaerobes) whilst the coliforms were determined using an overlay of TSA on Violet Red Bile Agar (VRBA) in Petri dishes. Malt Agar (MA) containing 100 ppm of chloramphenicol selective supplement was used in the isolation of yeasts.

Production of fish sauce

The process flow chart for the production of fish sauce is shown in figure 1. Fish sauce was produced using deboned fish waste, 10% salt and 10% glucose as carbon source to facilitate the growth of microorganisms. The blended deboned fish waste was packed into fermenting jars (1000 g per jar) and then placed in an incubator at 37.0^{o}C for fermentation. Fermentation was allowed to proceed over seven weeks. Control experiments were set up in which no carbohydrate source and salt were added to the fish waste.

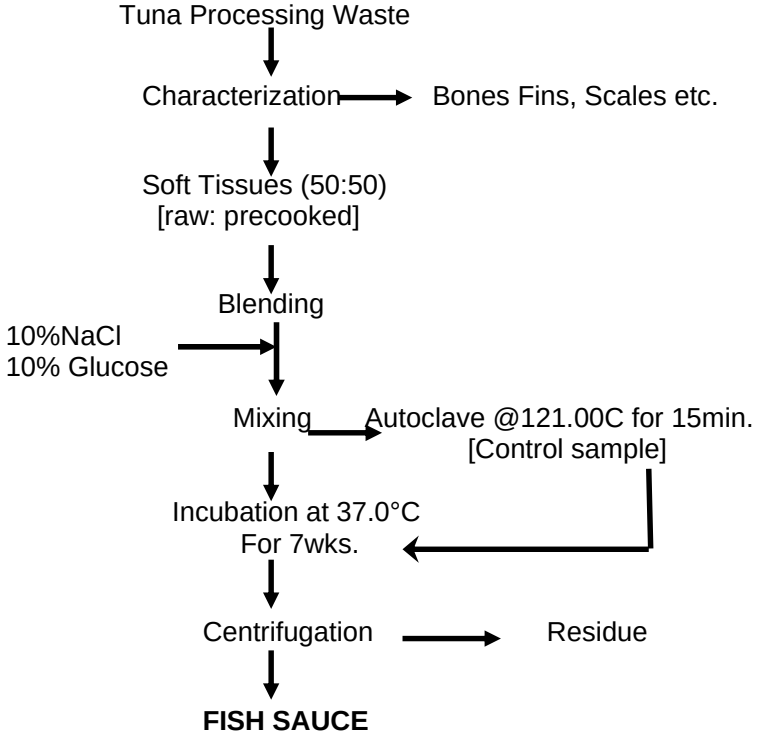


Figure 1: A typical flow diagram for the laboratory processing of fish sauce.

Physico-chemical analyses of fish sauce (Liquid Extract)

The physico-chemical changes associated with the fermentation of the fish sauce were monitored on the extracts of sauce collected at various stages of the fermentation. Samples of the extracts were filtered through Whatman No. 4 filter paper (Whatman Co. USA) and the filtrate used for the following determinations. Moisture content, Sodium Chloride (NaCl) content, pH, Titrable acidity, Total lipid, Free fatty acids (FFA), Total nitrogen protein and Free amino nitrogen (FAN) were analyzed using standard methods[1].

Determination of heavy metals and other safety parameters of fish sauce

The Ramanathan and Das method[13] was used to determine the Thiobarbituric acid number. The heavy metals were determined by Atomic Absorption Spectrum method using a Perkin Elmer (Model 3110, PERKIN ELMER – AAS, USA) equipment following the method described by Vinas et al[14]. The following metals were determined: Cadmium, Selenium, Mercury and Arsenic. The condition and assay settings of the instrument were set in accordance with the Operators manual. Standard curve for each metal was prepared using standard solutions obtained from the Ghana Standards Board.

Determination of histamine in fish sauce was by Colorimetric method involving the reaction of histamine with a diazo aromatic compound to form a colour complex, which enabled histamine to be estimated by column chromatographic technique as described by Rogers and Staruszkiewicz[15]. In this test a 4.0 ml sample of fish sauce (4.0 ml) was blended with 100 ml of 2.5% Trichloroacetic acid solution and filtered. The filtrate was then neutralized to a pH 7.0 with 1N Potassium hydroxide and 0.75 ml applied to a column of Amberlite (1 g of resin in 10 ml of 0.2 N acetate buffer - pH 4.63). The column was then washed with 100 ml buffer to remove all interfering substances after which Histamine was eluted with exactly 25 ml of 0.2 N hydrochloric acid. A blank was performed using a similar volume of 2.5% TCA. A 2.0 ml of chilled diazo reagent (0.894 g p-bromoaniline in 9 ml concentrated HCl and diluted with distilled water to 100 ml plus 5% Sodium nitrite) was added to the mixture and allowed to stand at 0°C for 10 min. prior to the measurement of absorbance. 1 ml of the eluent HCl eluate was added to 15 ml of 5% Sodium carbonate in a stoppered test tube previously chilled in ice water bath and the absorbance determined at 495 nm using distilled water as reference in a Double beam Uvikon Spectrophotometer (UVIKON 940, Kontron instruments, Tegimenta AG CH-6343, Switzerland). A standard curve was prepared using 0-80 µg histamine/ml 0.2N HCl and the concentration of histamine calculated as:

Concentration in ppm = K x (F/E) x Conc. µg/ml.

Where K = (25ml HCl / 75ml 1N KOH) x 4ml of sample taken = 1.3; F = Volume after neutralization; E = Volume of extract after filtration.

Microbiological analysis of fish sauce (Liquid Extract)

Sampling for microorganisms and incubation

Samples of the fermenting fish extract were taken from three different depths (surface middle and bottom) of the fermenting jar for the determination of total plate count. These samples (1.0 ml each) were serially diluted with peptone water (0.1% peptone, 0.85% NaCl pH: 7.2±0.2) and then plated for aerobic counts on PCA and TSA; yeast counts on MA; Facultative anaerobes on MRS and then for coliforms on TSA/VRBA as described for the microbial characterization of the fish waste above. These

inoculated agar plates were thus incubated at 35°C for 72 hours and 30°C for 72 hours respectively for PCA and TSA plates. MA plates were incubated at 30°C for a period of 3 to 5 days. The MRS plates were incubated for 5 days at 30°C. Samples of the fermenting fish extract were taken on predetermined days (0, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 49), for the isolation and identification of the dominant microorganisms.

Isolation and characterization of microorganisms

The isolation of dominant microorganisms was done for each category using their respective broth cultures. Thus from the plate count dilutions, colonies numbering 15 to 20 per plate were selected for sub-culturing into the broth. The grown broth cultures were subsequently streaked unto agar plates until pure colonies were obtained.

In the characterization and identification of isolates, the Aerobic mesophiles and lactic acid bacteria were tested for the following: Gram reaction, Catalase test, Oxidase test, Casein hydrolysis, Starch hydrolysis, Acid Production from carbohydrate and Hugh & Leifson test. These species of the isolates were identified by determining their pattern of carbohydrate fermentation, together with other characteristics described above and comparing these to known carbohydrate fermentation profile[16].

Yeasts were identified by their colony and cell morphology as well as their assimilation and fermentation of carbohydrates as described by Kreger Van Rij[17] and Kurtzman and Fell[18].

Test for food borne pathogens

In the test for Food Borne Pathogens, classical microbiological methods and selective media were used in the test for the detection of the following pathogens.

Detection of *Staphylococcus* spp.

A 10 ml aliquot of the fish sauce/extract was serially diluted and plated (0.1ml) on Baird-Parker agar plates (containing: g/L Distilled water; 63 g, Baird-Parker Medium [Oxoid CM275]; 50 ml, SR54 supplement all at a pH 6.8 ± 0.2) using the spread technique. The plates were incubated for a total of 48 ± 4 h at 37.0 ± 1.0 °C for the observation of typical colonies, which would be confirmed biochemically for the production of coagulase using the coagulase test.

Detection of *Bacillus cereus*

As a pretreatment, 10 ml of fish sauce was incubated in a water bath for 30 min. at 30.0 ± 1.0°C prior to inoculation. Serial dilutions were made and 01 ml of each was plated unto Bacillus Cereus Agar Base plates (containing: g/L, Distilled water; 20.5 g, Bacillus Cereus Agar Base [Oxoid CM617]; 2 ml, SR99 supplement; 25 ml, SR47 supplement; pH 7.2 ± 0.2). The plates were incubated at 30.0 ± 1.0°C for 24 ± 3 h, and typical colonies numbering 10 to 100 were examined physically and microscopically for *Bacillus cereus*.

Detection of *Clostridium Perfringens*

A sample of fish sauce (10 ml) was serially diluted as described above and inoculated (1 ml) unto Tryptose Sulphite Cycloserine (TSC) agar (containing: g/L, distilled water; 46 g, TSC [Oxoid CM587]; pH 7.6 ± 0.2) after which the inoculum was overlaid with 3/4 of the quantity of the TSC initially inoculated upon at a temperature 45 ± 1°C. The petri dishes were incubated anaerobically at 37.0 ± 1.0°C for 24 ± 3 h. The black colonies numbering 10 to 100, were counted and further identified using Blood–free Pyruvate Clostridium Perfringens (BCP) agar according to the method described by

Hood et al.[19]

Detection of *Salmonella* spp.

Samples of fish sauce weighing 2.22g were put in a pre-enrichment medium containing g/L, distilled water; 20g, Buffered Peptone Water [Oxoid CM509]; pH 7.2 ± 0.2). This was incubated at 37.0 ± 1.0^{o}C for 18 ± 2 h. The pre-enrichment broth was then mixed prior to removal and 0.1 ml transferred to 10 ml Rappaport-Vassiliadis Soy peptone (RV) broth (containing: g/L, distilled water; 30g, RV [Oxoid CM669]; pH 5.2 ± 0.2), which had been pre-warmed to the incubation temperature. Incubation was done in a water bath at 42.0 ± 0.2^{o}C for 23 ± 3 h. The contents of the enrichment broth was plated unto Xylose Lysine Decarboxylase (XLD) agar plate (containing: g/L, distilled water; 53.5 g, XLD [LAB M 048395]; 4.5 g, Agar [LAB M Q 21767/184]; pH 7.4 ± 0.2) and then incubated at 37.0 ± 1.0^{o}C for 24 ± 3h. Typical colonies were expected to have slightly transparent zone of reddish colour and a black centre.

Detection of coliform bacteria

Fish sauce was serially diluted and 1.0 ml of each diluent was pour plated with 5 ml of TSA (containing: g/L, distilled water; 40 g, TSA [Oxoid CM131]; 2.5 g; Agar [LAB M Q 21767/184]; pH 7.3 ± 0.2), previously temperate to 45.0 ± 1.0^{o}C and mixed with inoculum. This was then pre-incubated at 20 – 25°C for 2 h, and overlaid with 10–15 ml molten VRBA (containing: g/L, distilled water; 38.5 g, VRBA [Oxoid CM107]; 5.5 g, Agar [LAB M Q21767/184]; pH 7.4 ± 0.2) previously held at 45.0 ± 1.0^{o}C. The dishes were incubated at 37.0 ± 1.0^{o}C for 24 ± 3 h. Typical Coliform bacterial colonies were identified as dark red colonies surrounded by a red precipitation zone. These colonies were further confirmed using Brilliant Green Bile Lactose Broth (BGLB) containing g/L, distilled water; 52 g, BGLB (LAB M 049084); pH 7.2 ± 0.2 and incubated at 37.0 ± 1.0^{o}C for 24 ± 3h for the production of gas.

RESULTS AND DISCUSSION

Physical Characterisation and Proximate Composition of Tuna Processing Wastes.

According to figures 2 and 3, the fish muscles (soft tissues) constituted a major portion of the waste generated during the canning process. The raw tuna processing waste had more of these soft tissues than the pre-cooked waste. It was however generally observed that 80-94% of the waste comprised fish muscles, 4.2-18.9% was bone and the fins comprised 1.2-1.6%. The proximate composition of tuna wastes obtained from the two separate process lines described earlier is presented in table 1 and it shows a high content of protein and relatively low fat content in both samples (the raw and pre-cooked tuna processing wastes). The ash content was relatively high for the pre-cooked sample and it reflects a rather high bone proportion of the latter whose mineral content is higher. Generally however, the compositions of the raw and pre-cooked samples were similar. The proximate composition of the samples suggests the suitability of the waste samples as raw material for a bioconversion process, since considerable portions of the waste (fish muscles) constitutes protein (21 to 23%) which is usually hydrolyzed during fermentation to yield a liquid (fish sauce). The tuna processing wastes has great potential since a greater portion consists of fish muscle (soft tissues) and a large quantity of the waste is produced daily by several industries in Ghana. This is of value in the production of fish sauce since fermentation leads to the hydrolysis of the tissue proteins into smaller molecular weight proteins, peptides

and amino acids. These components make up the fish sauce. The protein content of tuna wastes is quite significant in relation to other nutrients and can be exploited to supplement the protein intake of man.

Table 1: Proximate composition of tuna processing wastes collected from two process lines in a tuna canning industry in Ghana.

Analyses (%)	Pre-cooked sample	Raw sample
Moisture	67.09 ± 1.57	76.81 ± 0.95
Total Ash	9.24 ± 1.12	3.76 ± 1.76
Crude Fat	2.54 ± 0.12	2.17 ± 0.04
Crude Protein	21.24 ± 0.80	23.41 ± 0.03
Carbohydrate	<1.0	<1.0

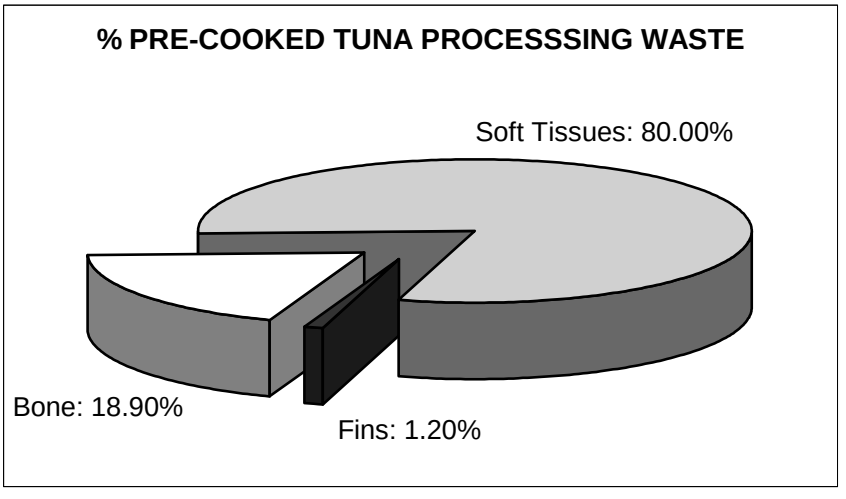


Figure 2: Percentage pre-cooked tuna processing waste.

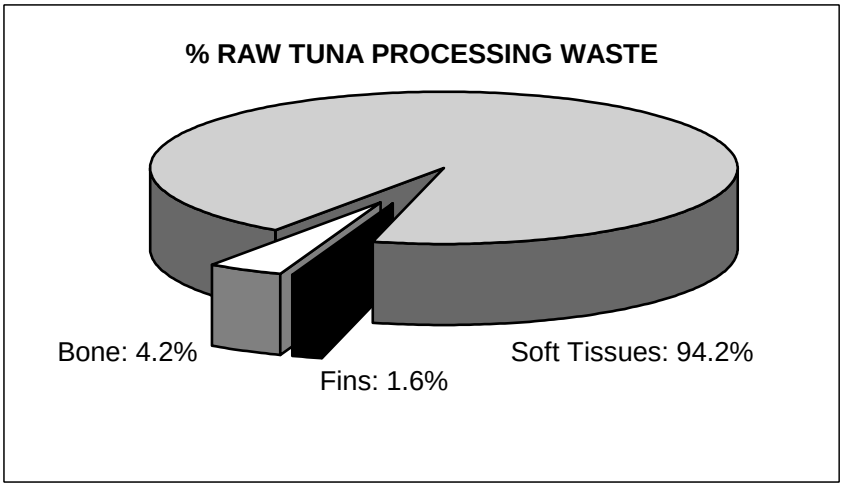


Figure 3: Percentage raw tuna processing waste.

Physico-chemical changes during bioconversion of tuna processing waste into fish sauce

Table 2 shows the quality characteristics of fish sauce produced from tuna processing wastes using glucose as additional substrate for fermentation. In the fermentation process, the sauces produced from fermentation (involving the use of glucose as added sugar) had pH's ranging from 4.6 to 5.7 pH units over the fermentation period (table 3). The pH of the samples remained fairly constant at about pH 5.5 during the first 21 days of fermentation. After 21 days there was a significant drop in pH in fish extract containing glucose as the source of carbon whilst in the control sample which no carbohydrate was added showed an increase in pH to about 8.0 by the end of the 42nd day of fermentation. This sample had gone extremely bad and had an odour of deteriorated fish. The increase in pH of the control sample was due to putrefaction leading to the formation of basic nitrogenous compounds. In the sample to which glucose had been added as carbon source for microbial growth bioconversion into fish sauce was successful. The drop in pH was attributed to the production of acids during bioconversion. According to Frazier and Westhoff[20] the trend in pH reduction may be explained as due to the involvement of lactic acid bacteria that were able to ferment sugars (glucose in particular) to produce lactic acid, which then resulted in the lowering of the pH. The differences in pH between the two samples could be attributed to the availability of fermentable sugars coupled with the population of lactic acid bacteria at the time, as well as the presence of enzymes inherent in the raw material used or produced by microbes. Lee et al.[21] have also indicated such an inverse relationship between pH and lactic acid; and also pH and acid forming bacteria/yeast in a lactic fermented fish product called *Sikhae.* The acidity, which was measured with reference to lactic acid over the period of fermentation, ranged from 0.9-1.0 to 1.2-2.5%(table 3). There was a gradual rise in acidity of the fish extract in sample. This indicated acidic fermentation in the sample. In the control sample no such increase in acidity was observed.

The moisture content varied from 72.6-74.5% to about 79.6-83.0% over 49 days of fermentation (table 3). There was an increase of over 10% in moisture content in all samples during the first 3 days of bioconversion. However after this, slight decrease in the moisture content of all samples was observed till the end of bioconversion.

The variations of salinity of the extract over the period of fermentation ranged from 10.1% to between 16% (table 3). The absence of fluctuations in salinity is a reflection of the inherent homogeneity of the fermentation systems set up in the laboratory. A similar situation was also reported[22].

The total protein of the extract at the beginning of fermentation was 11.2% and this increased over the period of fermentation to about 16.7-18.0% (table 3). Free Amino Nitrogen ranged between 5.0% to 36.6 mg/ml (table 3). The sample showed increases in protein content and free amino nitrogen of the fish extracts during bioconversion. This could be explained by the combined effect of autolysis and microbial degradation of the fish muscle, which is usually associated with fish sauce production. According to Ijong[3] increases in total free amino nitrogen and total soluble nitrogen occur concurrently during the production of fish sauce.

Total lipids in the sauces ranged between 2.3 and 4.0% over the period (table 3)**.** There was a gradual increase in % total lipid. The lipids in the fish were very labile due to the high number of unsaturated fatty acids[23]. Some hydrolyses took place and this led to the formation of free fatty acids.

The volume of extract produced over the fermentation period ranged between 144 ml and 295 ml (table 3). There was gradual but consistent liquefaction of the fish tissue during the 42 days of bioconversion with a slight increase in the rate of hydrolysis after 21 days of bioconversion.

The Thiobarbituric acid number (TBA) number which is an indication of the differential lipid oxidation occurring in the sauces produced was considerably high compared to traditional Southeast Asian fish sauces (table 2). The histamine level of the sample was below the maximum acceptable level set by the US FDA (5mg/g of fish) to regulate fishery products; as a result of its medical importance[24] and therefore considered safe. Mercury was not detected in any of the samples tested whilst the levels of all the other heavy metals measured; Cadmium, Selenium and Arsenic were below the maximum acceptable levels set (table 2).

Table 2: Key quality characteristics of the fish sauce produced from tuna processing waste using glucose as an additional substrate for fermentation.

Quality Index of sample	Characteristics of fish sauce (Lab. Sample)
Colour	Dark Brown
Moisture (%)	72.61 ± 1.15
Salt (%)	16.03 ± 0.05
Total Protein N (%)	18.01 ± 0.10
Total FAN mg/ml	36.59 ± 0.10
Total lipid (%)	3.28 ± 0.19
Free Fatty Acid	38.07 ± 1.78
pH	4.43 ± 0.12
Acidity as (w/w) Lactic acid%	2.43 ± 0.01
TBA Number	3.31± 0.01
Histamine (ppm)	13.95 ± 0.05
Cadmium (Cd)	0.21 ± 0.00
Selenium (Se)	5.4 ± 0.2
Arsenic (As)	4.16 ± 0.23
Mercury (Hg)	0

Table 3: The transitional changes of some physico-chemical parameters observed during the fermentation period.

Duration (Days)	pH	NaCl (%)	Acidity (w/w lactic acid)	Moisture (%)	Protein (%)	FAN (mg/ml)	Lipids (%)	Yield (ml)
0	5.67	10.16	-	62.12	11.22	-	2.24	-
3	5.27	10.25	0.92	74.52	11.22	-	2.25	140
7	5.43	10.49	0.82	74.81	11.23	5.02	2.31	146
14	5.48	13.34	1.02	73.8	12.49	4.28	2.6	156
21	5.42	14.85	1.21	73.54	12.23	4.87	2.6	170
28	5.41	14.98	1.58	73.67	13.72	6.66	2.74	216
35	4.98	15.49	1.94	73.14	17.85	39	3.02	250
42	4.59	16.03	2.43	72.62	18.01	36.58	3.98	284

Microbiological studies

Microbial population of tuna wastes

Growth on Plate Count Agar (PCA), and Tryptone Soy Agar (TSA) referred to as aerobic mesophiles showed the presence of the different types of microorganisms in the fish waste (table 4). Both the pre-cooked and raw samples have all the category of microbes. As expected the microbial population in the raw uncooked waste was higher than with the pre-cooked samples. Growth on de-Man Rogosa and Sharp (MRS) plates referred to as Gram positive and facultative anaerobes were also present but these had a slightly lower count compared to the Aerobic mesophiles. The Aerobic mesophiles and facultative anaerobes were however more predominant than other microorganisms. It was observed that the pre-cooking of the tuna reduced the population of aerobic mesophiles and counts on the MRS by about 100 fold (table 4). The dominant microbial types were the aerobic mesophiles, which were present at levels of about $6.6x10^9$ cfu/g in the uncooked tuna waste, and about $2.6x10^7$ cfu/g in the cooked tuna waste. The growth on the Malt Agar (MA) and Violet Red Bile Agar (VRBA) were recognised as yeasts and Coliforms respectively. The population of yeasts and coliforms were fairly low, as shown in table 4.

Table 4: Microbial population in colony forming units/g of tuna processing wastes.

Microorganism	Precooked sample	Raw sample (uncooked)
Aerobic Mesophiles [a]	$(1.0x10^7)^m$	$5.4x10^9$
Aerobic Mesophiles [b]	$2.6x10^7$	$6.6x10^9$
Counts on MRS Agar	$5.1x10^6$	$8.5x10^8$
Yeasts [c]	$1.0x10^3$	$9.3x10^3$
*Coliform	$1.6x10^3$	$1.4x10^3$

*[a] Counts on Plate Count Agar; [b] Counts on Tryptic Soy Agar; [c] Counts on Malt Agar supplemented with chloramphenicol (100ppm). *Enumerated on VRBA; [m] Mean value.*

The total population of microflora in the wastes as received was quite high particularly for the raw tuna wastes (table 4). This is important, as it will provide a good source for the selection of important species, which are relevant to the production of fish sauce through spontaneous fermentation. Even though lower counts were observed for yeasts, it was not very significant as yeasts and moulds are known to play little role in the traditional fish sauce fermentation[25].

Microbial populations of fish sauce from tuna waste

Counts for this sample were quite high at levels $1.1x10^8$ – $2.0x10^8$ cfu/ml for TSA, PCA and MRS at the beginning of the bioconversion process. The pattern of distribution was similar as their numbers generally decreased with time. Representative colonies of the MRS plates were mostly Gram-positive, catalase-negative rods, coccobacilli and cocci. They were also found to be oxidase negative and non-sporing, suggesting they were largely lactic acid bacteria. The PCA and TSA plates had representative colonies consisting of both gram-positive and gram-negative bacteria. The Yeasts and Coliforms were fewer in numbers at the start, $7.4x10^3$ and $1.4x10^3$ cfu/ml, but the Yeasts survived up to the 21st day (table 5). The counts of Aerobic mesophiles and Yeasts that require salt for survival as shown as Halo-TSA and Halo-MA were not observed at all after the 5th day of bioconversion.

Of the 162 strains of aerobic mesophiles isolated from TSA plates, 155 were Gram-positive. They were put under 7 different groupings based on their colony and cell morphology. The Characteristics of typical forms fall under the following species: *Micrococcus, Planococcus, Corynebacterium, Peptococcus, Streptococcus, Staphylococcus and Bacillus* spp. Out of the 162 bacterial strains isolated only 7 were Gram negative. These were also grouped accordingly as *Moraxella* spp. and *Branhamella* spp. These two species are known to be parasitic on the mucous membranes of man and other warm-blooded animals[26]. Furthermore, the presence of human pathogens on the fish is related to heavy human pollution of the environment. These Gram-negative bacteria; from their nature, must have been contaminants resulting from the handling of the tuna processing waste. Even though they are of public health importance, they did not survive the fermentation period for the first week. This was largely due to the composition of the fermenting medium, which was unsuitable for their survival. In the case of the yeasts, the following were identified: *Pichia capsulata; Candida vaccinii; Rhodotorula becarum; Rhodotorula pustula* and *Sporobolomyces roseus.*

Table 5: Total microflora counts in cfu/ml of fish fermenting extract.

Duration of Fermen-tation (Days)	Aerobic Meso-philes on TSA [a]	Aerobic Meso-philes on PCA [b]	Facultative Anaerobes on MRS [c]	Yeasts on MA[d]	Coliform bacteria VRBA [e]	Salt tolerant Meso-philes (Halo-TSA[f])	Salt tolerant Yeasts (Halo-MA[g])	Control Exp. [h]
0	$(2.0x10^8)$ [m]	$1.8x10^8$	$1.1x10^8$	$7.4x10^3$	$1.4x10^3$	$5.2x10^4$	$5.2x10^4$	0
3	$6.4x10^6$	$3.2x10^6$	$6.8x10^6$	$3.9x10^3$	$1.0x10^3$	$3.3x10^3$	$2.0x10^3$	0
5	$1.9x10^5$	$4.3x10^5$	$4.7x10^5$	$2.4x10^3$	$6.8x10^1$	$2.1x10^3$	$8.2x10^2$	0
7	$3.6x10^5$	$2.7x10^4$	$1.3x10^4$	$1.8x10^3$	$3.1x10^1$	0	0	0
14	$1.5x10^7$	$7.5x10^6$	$1.3x10^6$	$1.5x10^3$	0	0	0	0
21	$1.6x10^4$	$5.6x10^4$	$6.7x10^3$	$1.9x10^2$	0	0	0	0
28	$1.4x10^3$	$2.8x10^3$	$5.8x10^4$	0	0	0	0	0
35	$3.1x10^2$	$3.5x10^2$	$1.2x10^6$	0	0	0	0	0
42	$4.8x10^2$	$1.7x10^2$	0	0	0	0	0	0
49	$2.0x10^2$	$7.1x10^1$	0	0	0	0	0	0

[a] *Aerobic mesophile counts on Tryptic Soy Agar.*
[b] *Aerobic mesophile counts on Plate Count Agar.*
[c] *Facultative anaerobe counts on MRS Agar (Gram-positive, catalase-negative rods, coccobacilli and cocci.*
[d] *Yeasts counts on Malt Agar supplemented with chloramphenicol (100ppm).*
[e] *Enumerated on VRBA.*
[f] *Enumerated on TSA supplemented with 10% NaCl for halotrophic microorganisms.*
[g] *Enumerated on MA supplemented with 10% NaCl for halotrophic microorganisms.*
[h] *Control sample was autoclaved at 121oC for 15 min prior incubation.*
[m] *Mean value.*

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Both pre-cooked and raw tuna wastes obtained from Pioneer Food Cannery had 80 – 94% soft tissues and was considered to be suitable for the production of fish sauce. The tuna waste had 66 – 77% moisture, 4 – 9% total ash, 2% fat, 21 – 23% protein and less than 1% carbohydrate. Carbohydrate sources appart from sucrose, which could be used successfully to produce fish sauce, are, Malt from maize, Pineapple, Mango, Banana, and Plantain because they also contain considerable amounts of fermentable sugars and would be cheaper to come by.

During the bioconversion process, moisture decreased from 83 to 73%. Total protein and free amino nitrogen of the sauce increased from 11 to 18% and 5.02 to 36.6mg/ml respectively. Similarly total lipid and volume of sauce produced per kilogram respectively increased tremendously from 2 to 4.0% and 144 to 295ml. pH dropped from 5.7 to 4.6 whilst titrable acidity increased from 0.96 to 2.5%. The initial strong odour characteristic of fish wastes was greatly reduced in the residue. This would certainly enhance its use in the animal feed industry, as the fermentation process is known to enhance bioavailability of nutrients.

Undoubtedly inoculation of fish wastes with these groups of microorganisms appropriately will hasten the fermentation and degradation of the wastes. The fish sauce produced was found to be safe since it contained no pathogens and low levels of heavy metals and histamine which, with reference to the US FDA standards are far below the maximum permissible levels.

Thus this study sets the impetus for Ghanaian food (fish) processing industries to consider the option of waste reuse through bioconversion to meet some of the challenges of cutting down on the ultimate quantity of waste produced. It does not also limit the exploitation of other microorganisms found to promote biodegradation of certain wastes particularly from the agribusiness sector. The socioeconomic gains of reducing the pollution potential of such wastes prior their discharge into the environment will be immeasurable.

REFERENCES

1. Nemerow NL. Zero Pollution Industry – waste minimization through industrial complexes. New York: Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons Inc., 1995.
2. Atlas RM. Principles of microbiology. 2nd ed. Boston: WCB-McGraw-Hill, 1997:171-3,788-804,1207.
3. Ljong TG. A study on the production of an Indonesian Traditional Fish Sauce (*Bakasang*). Doctoral Thesis. Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University, 1996:11,54-5.
4. Ljong TG, Ohta Y. Characteristics of *bakasang* fermented with lactic acid bacteria – mixed culture. J Fac Appl Biol Sci 1995;34:1-10.
5. Dyett EJ, Hughes RB, Jones CRV. Meat and meat products. London & New Jersey: Appl Sci Publisher, 1981.
6. Lopez GS Jr. Microbial ensilage of trash fish for animal feed. Proceedings of the workshop on postharvest technology, preservation and quality of fish in Southeast Asia (Nov. 13-17, 1989). Stockholm, Sweden: IFS, 1989:189–91.
7. Olympia SDM, Valenzuela AG, Takano M. *Burong Bangus,* a traditional fermented fishery product in the Philippines. Proceedings of the workshop on postharvest technology, preservation and quality of fish in Southeast Asia (Nov 13-17, 1989) Stockholm, Sweden: IFO, 1989:67–76.
8. Morzel M, Fransen GN, Arendt EK. Defined starter cultures used for fermentation of Salmon fillets. J Food Sci 1997;62(6):1214-7.
9. Soyiri IN. Bioconversion of tuna wastes into fish sauce. Master of Philosophy Thesis. Legon, Ghana: University of Ghana, 2002.
10. Campbell-Platt G. Fermented foods of the World, a Dictionary and Guide. London, England: Butter worth's, 1987.

11. Nerquaye-Tetteh G, Eyeson KK, Tete-Marmon J. Studies on *Bomone*, a Ghanaian fermented fish product. Ghana J Agric Sci 1978;11:21-6.

12. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, VA: AOAC, 1990.

13. Ramanathan L, Das NP. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. J Agric Food Chem 1992;40:17-21.

14. Vinas P, Campillo N, Lopez Garcia L, Cordaba MH. Flow injection flame atomic absorption spectrometry for slurry atomization. Determination of calcium magnesium, iron, zinc and manganese in vegetables. Anal Chim Acta 1993;283:393-400.

15. Rogers PL, Staruszkiewicz WF. Histamine test kit comparison. J Aquatic Food Product Technol 2000;9(2):5-17.

16. Claus D, Berkeley RCW. The genus *Bacillus.* In: Sneath PHA, ed. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1986;2:1105-39.

17. Kreger-Van Rij NJW. The yeasts: A taxonomic study. Amsterdam: Elsevier, 1984: 1081.

18. Kurtzman PC, Fell JW. The Yeasts, a taxonomic study. 4th ed. Amsterdam: Elsevier, 1998: 3, 296-7, 565-6, 825-6, 836-7.

19. Hood AM, Tuck A, Dane CR. Blood-Free-Pyruvate Clostridium Perfringens (BCP) Agar. J Appl Bact 1990;69:359–72.

20. Frazier WC, Westhoff DC. Food Microbiology. New York, USA: McGraw Hill Book Co., 1988.

21. Lee CH, Lee EH, Lim MH, et al. Characteristics of Korean fish fermentation technology. Korean J Diet Culture 1986;3:267-79.

22. Thongthai C, Siriwongpairat M. Changes in the viable bacterial population, pH and chloride concentration during the first month of *Nam Pla* (fish sauce) fermentation. Thailand J Sci Soc 1978;4:73-78.

23. Huss HH. Fresh Fish – quality and quality changes. A training manual prepared for the FAO/DANIDA. Training programme on Fish Technology and Quality Control. Rome: FAO, 1988.

24. Collette RL. Industry practice of HACCP to prevent histamine in tuna and other seafoods. Arlington, VA: Food Regulatory Affairs, National Fisheries Institute, 2001.

25. Thongthai C, Siriwongpairat M. The sequencial quantitation of micro-organisms in traditionally-fermented fish sauce (*nam-pla*). In: Reilly PJA, Parry RWH, Barile LE, eds. Post harvest technology, preservation and quality of fish in Southeast Asia. Stockholm, Sweden: IFS, 1990:51-9.

26. BØvre K. Gram-negative bacteria. In: Krieg NR, Holt JG, eds. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 1. Baltimore: Williams and Wilkins, 1986:296-303.

Acknowledgements: *We wish to acknowledge the logistic support of the Department of Nutrition and Food Science of the University of Ghana and the DANIDA project for capability building in African Fermented Foods through the Food Research Institute (CSIR) Ghana, in this research work.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Selection, use and the influence of starter cultures in the nutrition and processing improvement of *ogi*

Teniola[1]* Olakunle D, Odunfa[2] Sunday A, Holzapfel[3] WH

[1] Biotechnology Division, Federal Institute of Industrial Research, Oshodi (FIIRO), P. M. B. 21023, Ikeja, Lagos, Nigeria.
[2] Botany and Microbiology Department, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
[3] Institute of Hygiene and Toxicology, Bundesforschungsanstalt fur Ernahrung (BFE), D-76131 Karlsruhe, Germany.

*Corresponding author: *olakunleteniola@yahoo.com*

- Abstract -

Starter cultures for *ogi* production were selected with the aim of improving processing technique, lysine and methionine levels of *ogi*, a traditional lactic acid fermented West African weaning food. Microorganisms from fermenting raw materials were screened for lysine, methionine, bacteriocin and biogenic amine productions, pH reduction, oligosaccharides and phytate degradations. *Lactobacillus brevis* XO43 and *Saccharomyces cerevisiae* OY4 were selected and used as starter cultures in a pilot plant study. Changes in pH, titratable acidity, lysine and methionine were monitored during fermentation. Samples produced with the selected starter cultures compared very well with the traditional fermented sample product as indicated by the sensory analysis. *ogi* fermentation process with the use of starter culture will improve *ogi* production technique and create a new avenue towards product nutritional improvement.

Key words: *Ogi* – Starter culture – Lysine – Methionine – Lactic acid fermentation.

- Résumé -

Sélection, utilisation et effets de cultures starters pour l'amélioration de la transformation et de la valeur nutritionnelle de l'*ogi*

L'amélioration nutritionnelle de l'*ogi* était précédemment basée sur la fortification du produit avec des légumineuses pour accroître les teneurs en acides aminés déficients. Après que cela a été fait, le nouveau produit était différent de l'*ogi*. Ce travail vise à choisir et démontrer la capacité de cultures starters productrices de lysine et méthionine pour améliorer les teneurs en acides aminés et la transformation de l'*ogi*.

Des micro-organismes isolés de matières premières fermentées ont été sélectionnés pour produire de la lysine, de la méthionine, des bactériocines et des amines biogènes ainsi que pour abaisser le pH et dégrader des oligosaccharides et phytates.

Des substrats de fermentation pré-inoculés avec *Lactobacillus brevis* XO43 et *Saccharomyces cerevisiae* OY4 choisis comme cultures starters lors d'une étude à l'échelle pilote présentaient un pH constant de 3,35 et une acidité plus élevée après fermentation que celle de l'*ogi* obtenu par fermentation spontanée. Des analyses de l'*ogi* fermenté ont montré que l'utilisation des cultures starters augmentaient les teneurs en lysine et méthionine disponibles. La fermentation de grains de maïs décortiqués avec du glucose (2% sec p/p) et des cultures starters donne de meilleures qualités pour tous les paramètres. Après séchage au four, il est de 24% supérieur à la farine d'*ogi* obtenue par fermentation traditionnelle et 11% supérieur aux grains de maïs entiers non transformés. La teneur en méthionine de l'échantillon de cette fermentation était plus élevée de 92% et de 77% respectivement que l'échantillon d'*ogi* préparé traditionnellement et que les grains de maïs entiers non fermentés. La teneur totale en acides aminés de l'échantillon était de 32% supérieure à celle de la farine d'*ogi* fermentée traditionnellement et de 55% supérieure à celle des grains de maïs. Les échantillons produits avec les cultures starters sélectionnées sont comparables à l'échantillon du produit traditionnel fermenté spontanément comme l'indique l'analyse sensorielle. Les teneurs en acides aminés et la transformation de l'*ogi* sont améliorées par l'utilisation de cultures starters bien choisies. L'utilisation de grains de maïs décortiqués comme substrat permet de procéder à une fermentation en milieu solide et d'éviter le tamisage humide de la méthode traditionnelle; elle réduit l'espace nécessaire, les besoins en eau et les pertes nutritionnelles durant le séchage.

L'utilisation des cultures starters pour la production d'*ogi* est une bonne base pour l'amélioration future du produit par la mise en œuvre de techniques biotechnologiques modernes.

Mots-clés: Lysine – Méthionine – Production d'acides aminés – Cultures starters – *Ogi.*

INTRODUCTION

Ogi is a common West African lactic acid fermented staple food from corn, sorghum, or millet[1]. The popularity and general acceptance of *ogi* has encouraged various works on the microbiology[2,3,4], nutrition[5-9] and the production techniques[10-13]. Onyekwere et al.[1] gave a detailed description of cottage and the industrial production techniques presently used. Despite all the attentions, only few works have been carried out on the use of starter cultures[11,13].

The Federal Institute of Industrial Research, Oshodi (FIIRO), Lagos, Nigeria, developed a pilot processing plant for *ogi* production based on the traditional procedure that requires spontaneous fermentation[1]. Although, this has encouraged a better product presentation, packaging, increased shelf life and increased output, the fermentation requires improvement for better efficiency and nutritional improvement. Products resulting from the present spontaneous fermentation process are not likely to be reproducible worldwide due to varying microflora and the environmental conditions. The spontaneous fermentation been used has also discouraged the potential use of modern biotechnology techniques to improve the product quality.

Attempts at the nutritional improvement of *ogi* in the past has been based on product fortification with legumes such as groundnut, pinto, soyabean and cowpea to boost the deficient amino acid levels[7,8,14]; while this has been achieved, a different product emerged that is different from *ogi* in flavour, aroma, and general acceptability[1,15]. The daily replacement of the sour water on *ogi* to prolong the shelf life is cumbersome and may reduce the nutritional value through lost of water-soluble nutrients. The use of starters in controlled *ogi* fermentation has the advantage of utilizing the vast potentials of the lactic acid bacteria and other useful micro-organisms present in the natural fermentation to improve *ogi* and solve various health problems. Olukoya et al.[13] developed an improved *ogi* named *DogiK* with potential use in the prevention and treatment of diarrhoea by using *Lactobacillus* starter cultures with antagonistic activity against diarrhoeagenic bacteria (and also possessing amylolytic activity). The product is active against pathogens in cooked and uncooked form and at neutral pH. Lactic acid bacteria and yeast from *ogi* and other related sources have been identified with important features such as production of antimicrobial substances against major pathogens and spoilage microorganisms[16,17,18], production of amino acids such as lysine and methionine[19,20] as well as various enzymes that are capable of degrading anti-nutritional factors like phytate, protease inhibitors and oligosaccharides[21,22].

This work is aimed at selection and demonstrating the ability of the selected lysine- and methionine- producing starter cultures to improve the amino acid levels of *ogi* in a pilot plant study. The implication of certain steps employed during processing and their effects on the final product will also be investigated.

MATERIALS AND METHODS

Screening of starter culture

Isolates of yeasts and lactic acid bacteria (LAB) cultures obtained during *ogi* processing as previously described[1] were screened to obtain *ogi* starter cultures. Isolates were screened for such important features as pH reduction ability[23], acid production from oligosaccharides[22], lysine and methionine production[20,24], phytate degradation[21], bacteriocin production[25,26] and biogenic amine production[27]. Promising isolates were further tested and selected for use as *ogi* starter cultures.

Selected starter cultures

Saccharomyces cerevisiae OY4 and a heterofermentative *Lactobacillus brevis* XO43 identified as *ogi* starter cultures with lysine and methionine producing capabilities[28] isolated in an earlier work were used for the fermentations.

Inoculum production for fermentation

Twenty-four hours cultures of *S. cerevisiae* OY4 and *L. brevis* XO43 on agar slants were prepared according to the method of Teniola and Odunfa[28].

Fermentation experiment

The raw materials used for the laboratory studies include maize and soyabean flour which were purchased at Idi-Oro market, Mushin, Lagos. Fifteen kilograms (15kg) of dehulled maize grains was used for each fermentation. The substrates were made up of substrates: (A) Dehulled maize grains alone; (B) Dehulled maize grains and glucose (2%w/w); (C) Dehulled maize grains, glucose (2%w/w), and soyabean flour (1%w/w). These were each mixed with 32 litres of tap water and inoculated with 1.6 litres of well mixed equal proportions of *L. brevis* XO43 and *S. cerevisiae* OY4 prepared inoculum above [10^7-10^8 c. f. u. /ml confirmed by microbial plate count using MRS agar (Oxoid CM 361) and SDA (Oxoid CM 41)]. An uninoculated spontaneously fermented sets from the substrates described above were used as the control; while whole maize grains spontaneously steeped and fermented as done traditionally was used as a reference control[1]. After 24 h of steeping, the fermented grains were wet-milled using a double grinding mill (Model: Asiko A11, Addis Engineering, Nigeria). The wet-milled mash was further fermented for 48 h. The traditionally prepared reference control from whole maize grains was wet-sieved before further fermentation. After fermentation, the pH and percentage total titratable acidity of the fermented mash samples were measured. *Lactobacillus brevis* XO43 and *Saccharomyces cerevisiae* OY4 used as starter cultures were isolated and confirmed with the stock cultures using various morphological and biochemical tests. The representative samples of each of the fermentation sets were freeze-dried at -40°C temperature using a Labconco freeze-dryer (Lyph-Lock 6, Labconco Co., Kansas City, USA) [28]. The water of the fermented mash samples was each removed and the water extract kept at -20°C temperature for subsequent analyses. The wet-cakes were oven-dried using a Mitchell tray oven-drier (L. A. Mitchell Ltd. Drying Engineers, Ref. No. 008404/63/Exp, Manchester, England) at 55°C to obtain *ogi* flakes. These flakes were milled into powder in a disk mill (Apex-Mill, Apex Construction Ltd., England) and packaged in polyethene bags. The final samples were stored at -20°C temperature prior to analyses. The experiments were set-up in duplicates.

Chemical analyses

The pH and total titratable acidity (TTA) were determined directly from the fermentation mash prior to drying according to the method of Oyewole[29]. Total amino acids assessment was according to Rosen[30] while the method of Lowry et al.[31] was used for the total soluble protein determination.

Determination of lysine, methionine and niacin

Test materials were prepared according to A.O.A.C.[32] methods. The samples were analysed for availability of lysine, methionine, and niacin by microbiological assays[32-34].

Organoleptic (sensory) evaluation test

A 7-man trained panel who were familiar with *ogi* were asked to assess the qualities of the 48 h fermented samples considering the colour or appearance, aroma, taste, sourness after taste, mouth feel consistency and overall acceptability as reported by Teniola and Odunfa[28]. This was then analysed statistically as described by Cass[35].

Statistical analysis

This was done by analysis of variance (ANOVA) using the Duncan`s Multiple Range Test (0.05 level) as described by Cass[35].

RESULTS

Natural lysine and methionine production study of *Lactobacillus* and yeast in batch fermentation of *ogi* showed that 43% of the *Lactobacillus* and 83% of the yeast isolates tested were capable of lysine production while 25% of the *Lactobacillus* and 88% of the yeast isolates produced methionine. Other important characteristics of the screened LAB isolates vary depending on LAB groups as shown in tables 1.

Table 1: Characteristics of lactic acid bacteria screened as *ogi* starter cultures.

Lactic acid bacteria groups	Number of isolates	Cell morpho-logy	Reduc-tion of MRS pH<4.0	Phytate degrada-tion	Bacte-riocin produc-tion	*Acid from oligosaccharides*	
						Stachyose	Raffinose
Homo-fermentative *Lactobacillus*	35	Rods	32	20	0	16	33
Hetero-fermentative *Lactobacillus*	25	Rods	2	4	0	4	12
Pediococcus	65	Cocci	63	24	0	29	59
Lactococccus	24	Ovoids	1	9	3	6	8
Leuconostoc	1	Ovoids	0	0	0	0	0
Enterococcus	20	Ovoids	4	1	0	9	13

The changes in the pH and the percentage total titratable acidity (%TTA) of the fermented mash after 3 days of fermentation are presented in table 2. Fermentation substrates pre-inoculated with starter cultures showed similar pH level of 3.35 after fermentation in contrast with the variable pH readings for the spontaneously fermented. The pH 3.35 level was slightly lower but close to the pH 3.40 observed in the traditional fermented reference *ogi* sample from whole maize grains. Fermentation with starter cultures gave products with higher acidity (%TTA) than the spontaneous fermentations (table 2). Addition of sugar and soyabean flours also increased the acid levels during fermentation.

Table 2: Changes in pH and percentage total titratable acidity (%TTA) of 3-day fermented *ogi* gruel*.

Substrate used	Fermentation type	pH	Percentage total titratable acidity (%TTA)
Whole maize grains	Spontaneous	3.40	0.934
Dehulled maize grains alone	Spontaneous	3.25	0.937
	Starter culture	3.35	0.991
Dehulled maize grains and glucose (2%w/w)	Spontaneous	3.45	0.973
	Starter culture	3.35	1.262
Dehulled maize grains, glucose (2%w/w) and soyabean flour (1%w/w)	Spontaneous	3.50	1.000
	Starter culture	3.35	1.297

Spontaneous= traditional method **Stated values are means of two trials.*

Nutrients such as lysine, methionine, total amino acids, soluble protein and niacin reduced when whole maize grains were dehulled (tables 3 and 4).

Table 3: Lysine and methionine contents of pilot-plant produced *ogi* sample.

Samples used	Fermentation type	**Lysine (mg/g)**		**Methionine (mg/g)**	
		Oven dried	Freeze dried	Oven dried	Freeze dried
Whole maize grains (WMG)	Unfermented	$16.26^{c\#}$	nd	$2.19^{c\#}$	nd
Dehulled maize grains (DMG)	Unfermented	$9.07^{a\#}$	nd	$1.56^{b\#}$	nd
Traditionally produced *ogi* from WMG	Spontaneous	14.54^{b}	26.63^{d}	2.02^{c}	5.83^{c}
Ogi from DMG alone	Spontaneous Starter cultures	7.39^{a} 13.27^{b}	8.73^{a} 20.65^{c}	1.54^{b} 2.77^{c}	3.01^{a} 4.12^{b}
Ogi from DMG and glucose (2 % w/w)	Spontaneous Starter cultures	7.35^{a} 18.08^{c}	12.61^{a} 29.28^{d}	0.96^{a} 3.88^{d}	3.42^{a} 7.38^{d}
Ogi from DMG, glucose (2% w/w) and soyabean (1% w/w)	Spontaneous Starter cultures	12.23^{b} 15.53^{c}	16.74^{b} 18.15^{b}	2.50^{c} 3.76^{d}	4.84^{b} 5.48^{c}

$^{a-d}$ Values in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$). Stated values are means of two trials; $^{\#}$ Results for unprocessed raw material samples; nd, not determined.

Freeze-dried *ogi* analyses indicated that the use of starter cultures increased the levels of the available lysine and methionine. The total amino acids and soluble protein also increased more after fermentation when compared with spontaneously fermented freeze-dried controls and the unfermented dehulled maize grains used as

the substrates (table 4). Fermentation of dehulled maize grains fortified with glucose (2%w/w) alone by starter cultures shows the best quality in all the parameters considered except the available niacin (tables 3 and 4). It is 24% higher than oven-dried *ogi* flour from the traditional fermentation and 11% higher than unprocessed whole maize grains. The methionine level of the sample from this fermentation fortified with added glucose and fermented with starter cultures was 92% and 77% higher than the traditionally prepared *ogi* sample and unfermented whole maize grains, respectively. The total amino acids level of the sample was 32% more than the traditionally fermented *ogi* flour and 55% more than maize grains. Although, the soluble proteins level was 23% lesser than the unfermented whole maize grains, it was still 12% more than the dehulled maize substrate and *ogi* from traditional process. The reduced lysine and methionine levels when maize substrate added with glucose (substrate B) was further fortified by adding 1% (w/w) soyabean flour as additional nitrogen source (substrate C) was against our expectation based on earlier physiological studies on the starter cultures (tables 3 and 4). The results show that fermentation of corn into *ogi* led to losses in the initial quantity of niacin that is available in the raw materials. All the fermentation products show lesser quantities of niacin than the unprocessed whole maize grains. There were higher levels of available lysine, methionine, total amino acids, soluble proteins and niacin in the freeze dried than the oven dried samples (tables 3 and 4).

Table 4: Total amino acids, soluble protein and niacin contents of pilot-plant produced *ogi* samples.

Samples used	Fermentation type	**Total amino acids content (mg/g)**		**Soluble protein content (mg/g)***		**Niacin content (μg/g)***	
		Oven dried *ogi*	Freeze dried *ogi*	Oven dried *ogi*	Freeze dried *ogi*	Oven dried *ogi*	Freeze dried *ogi*
Whole maize grains (WMG)	Unfermented	$45.87^{b\#}$	nd	$23.04^{d\#}$	Nd	$20.34^{c\#}$	nd
Dehulled maize grains (DMG)	Unfermented	$38.32^{a\#}$	nd	$15.78^{b\#}$	Nd	$12.47^{b\#}$	nd
Traditionally produced *ogi* from WMG	Spontaneous	53.70^{c}	71.84^{b}	15.72^{b}	20.52^{b}	7.85^{a}	19.50^{c}
Ogi from DMG alone	Spontaneous Starter cult.	48.72^{b} 52.25^{c}	64.94^{a} 72.95^{b}	9.18^{a} 13.84^{b}	14.64^{a} 20.92^{b}	6.07^{a} 6.37^{a}	8.27^{a} 13.00^{b}
Ogi from DMG and glucose (2 % w/w)	Spontaneous Starter cult.	45.32^{b} 70.88^{d}	60.93^{a} 81.79^{c}	11.22^{a} 17.68^{c}	18.18^{b} 24.64^{c}	5.40^{a} 7.38^{a}	8.07^{a} 12.50^{b}
Ogi from DMG, glucose (2% w/w) and soya-bean (1%w/w)	Spontaneous Starter cult.	49.46^{b} 53.61^{c}	65.21^{a} 73.57^{b}	9.90^{a} 15.76^{b}	23.04^{c} 25.72^{c}	7.33^{a} 7.77^{a}	9.94^{a} 17.27^{c}

[a-d] Values in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$). Stated values are means of two trials; [#] Results for unprocessed raw material samples; nd, not determined.

Organoleptic or sensory study of the products of the pilot-plant produced *ogi* as shown in table 5 confirmed the earlier report of good quality *ogi* product from dehulled maize grain substrate and starter cultures[28]. There is no significant difference between the traditionally produced *ogi* and all other prepared samples considering the appearance, aroma, taste and sourness (table 5).

Table 5: Organoleptic (sensory) assessment of ready to eat pap from pilot-plant produced *ogi* flour samples[a].

Substrate used	Fermentation type	Organoleptic (sensory) characteristics								
		Colour / Appearance	Aroma	Taste	Sourness	After taste	Flavour	Mouth feel	Consistency	Overall Acceptability
Traditionally produced *ogi* from whole maize grains	Spontaneous	3.33±0.49	3.17±0.17	3.17±0.17	2.33±0.56	3.17±2.67	2.67±0.42	3.83±0.17	4.00±0.37	3.67±0.33
Ogi from dehulled maize grains alone	Spontaneous	3.66±0.49	2.5±0.43	2.67±0.42	2.50±0.43	2.33±0.33*	2.50±0.22	2.67±0.33*	3.33±0.21	3.17±0.31
	Starter culture	4.00±0.26	3.50±0.34	3.17±0.17	2.67±0.42	3.33±0.21	3.00±0.26	3.17±0.31	3.83±0.31	3.67±0.21
Ogi from dehulled maize grains and glucose (2% w/w)	Spontaneous	4.00±0.26	2.83±0.60	3.17±0.48	2.17±0.40	3.50±0.22	2.83±0.31	3.33±0.33	3.33±0.21	3.00±0.37
	Starter culture	3.83±0.31	3.33±0.49	3.50±0.22	3.33±0.21	3.17±0.17	3.00±0.26	3.33±0.42	3.00±0.26	3.33±0.33
Ogi from dehulled maize grains glucose (2% w/w) and soya bean (1%w/w)	Spontaneous	2.33±0.33	2.50±0.50	2.17±0.40	1.33±0.33	2.17±0.31*	2.33±0.33	2.83±0.48	2.67±0.21*	2.17±0.31*
	Starter culture	2.50±0.56	2.83±0.60	2.33±0.21	3.17±0.48	2.67±0.49	2.50±0.50	3.00±0.37	2.67±0.33*	2.67±0.33

[a] *Values are means of the seven-man taste panel ± S.D.*

** Values are significantly different (P>0.01) from the traditionally fermented sample from whole maize grains (control).*

DISCUSSION / SUMMARY

The selection of lysine and methionine producing starter cultures as reported is a cheap and safer way of improving *ogi* value without changing the sensory features and product acceptability. Other features such as no biogenic amine production further confirm the safety[36]. Bacteriocinogenic isolates have been linked with *ogi* products[13,16], the isolation of three *Lactococcus* isolates producing bacteriocin as demonstrated in this study emphasised the potential of the product hygiene improvement by using starter cultures. Starter cultures application as also demonstrated a unique ability to stabilize fermentation bringing about homogeneity within fermented batches when compared with spontaneous fermentation. The varying pH levels observed in the spontaneously fermented controls may be attributed to the different modifications in the substrate compositions and the various types of the micro-organisms present in these fermentations[2,3,5]. Dominant *L. brevis* activity in the fermenting mash enhanced by the presence of *S. cerevisiae* may be responsible for the high acid production during starter culture fermentation[37]. This indicate a better product shelf life since organic acids produced by lactic acid bacteria has inhibitory effect against many spoilage and pathogenic organisms[17,18].

Lysine and methionine producing capabilities of the starter cultures used conform to the results of Newman and Sands[20] on the possibility of improving food nutrients by microbial fermentation with nutrient hyper-producing microorganisms. Chung and Fields[38] reported a decrease in the available lysine level of cornmeal fermented with *Bacillus megaterium* ATCC 13639 and *Enterobacter aerogenes*, although a significant increase in the available methionine and tryptophan was not observed. The fermentation liquor removal prior to drying and the heat applied during oven drying are major factor responsible for nutritional losses during *ogi* processing. Although low, the various quantities of the nutrients observed in the discarded fermentation liquor gives

credence to this view (data not shown) as well as the difference observer between the nutritional status of oven- and freeze- dried samples.

Difference after taste observed in the two spontaneously fermented samples from dehulled maize alone and that from substrate fortification with glucose and soyabean may indicate that more strange metabolites have been produced by other microorganisms in the spontaneous fermentation that are different from that from *ogi* starter cultures. Bacteria such as *Bacillus subtilis, B. licheniformis* and *Staphylococcus* spp. with unknown contributions during *ogi* fermentation have been largely isolated in various soyabean related products[39]. The lower acceptability of *ogi* produced from soyabean fortified raw materials agreed with past reports[15]. Better improvement in the product quality as reflected by the overall acceptability when *ogi* is fermented with selected microoganisms confirmed the ability to impact good feature on the final products as starter cultures (table 5).

CONCLUSION

In conclusion, the present result shows that:

- the current pilot plant process can be improved nutritionally by the use of a well-selected starter cultures and the modification of the traditional whole maize grains used as the fermentation substrate.
- dehulling of whole maize grains prior to use as fermentation substrate has the advantage of avoiding the wet-sieving stage of the traditional process and its associated problems.
- dehulling also allows easy regulation or control of water usage during fermentation and reduces nutritional losses from longer period of heat exposure during drying or the discarding of the excess fermentation liquor prior to drying.
- a solid-state fermentation used help to reduce space and production cost as observed in *kenkey*, a related Ghanaian fermented product from maize[40,41,42].
- although, grain dehulling reduces the substrate nutrient, the use of well-selected starter cultures with valuable nutrient producing capability will remove the disadvantage during fermentation. The removed hull and germs from the grains will have a good value in the livestock industry as a food supplement.
- the use of starter cultures for the pilot plant production of *ogi* and product nutritional enhancement is a good foundation for the future *ogi* product improvement by modern biotechnological techniques.

REFERENCES

1. Onyekwere OO, Akinrele IA, Koleoso OA. Industrialization of *ogi* fermentation. In: Steinkraus KH, ed. Industrialization of indigenous fermented foods. New York: Marcel Dekker, 1989:329-61.

2. Akinrele IA. Fermentation studies on maize during preparation of a traditional African starch-cake food. J Sci Food Agric 1970;21:619-25.

3. Odunfa SA, Adeyele S. Microbiological changes during the traditional production of *'ogi-baba'*, a West African fermented sorghum gruel. J Cereal Sci 1985;3:173-80.

4. Adegoke GO, Babalola AK. Characteristics of microorganisms of importance in the fermentation of *fufu* and *ogi* -two Nigerian foods. J Appl Bacteriol 1988;65:449-53.

5. Akinrele IA, Bassir O. The nutritive value of *ogi,* a Nigerian infant food. J Trop Med Hyg 1967;70:279-80.

6. Oniwinde AB, Akinrele IA. Toxicological evaluation of *soy-ogi,* a new infant protein food in Nigeria. West African Biol Appl Chem 1973;16:29-34.

7. Ojofeitimi EO, Afolabi OA, Fapojuwo OO, Grissom FE, Oke OC. The use of black-eyed cowpea maize gruel mixture *ewa-ogi* in the treatment and prevention of infantile protein malnutrition. Nutr Rep Int 1984;30:841-52.

8. Salami IL. An assessment of the nutritional value of corn-pinto bean, *ogi-pinto* porridge as a food. J Arid Agric 1988;1:107-19.

9. Ezeagu IE. Nitrate and nitrite contents in *ogi* and the changes occurring during storage. Food Chem 1996;56:77-9.

10. Banigo EOI, Muller HG. Manufacture of *ogi* (a Nigerian fermented cereal porridge): Comparative evaluation of corn, sorghum and millet. Canadian Inst Food Sci Technol J 1972;5:217-21.

11. Banigo EOI, de Man JM, Duitschaever CL. Utilisation of high-lysine corn for the manufacture of *ogi* using a new improved processing system. Cereal Chem 1974;51:559-72.

12. Adeyemi A. *ogi* quality of sorghum flour dry-milled from fermented sorghum grains. J Food Sci 1988;53:641-2.

13. Olukoya DK, Ebigwei SI, Olasupo NA, Ogunjimi AA. Production of *DogiK*: an improved *ogi* (Nigeria fermented weaning food) with potential for use in diarrhoea control. J Trop Pediatrics 1994;40:108-13.

14. Akinrele IA, Edwards CCA. An assessment of the nutritive value of a maize-soyabean mixture, *soy-ogi*, as a weaning food in Nigeria. Br J Nutr 1971;26:177-85.

15. Mensah P, Ndiokwelu CI, Uwaegbute A, et al. Feeding of lactic acid fermented high nutrient density weaning formula in paediatric settings in Nigeria and Ghana acceptance by mothers and infant and performance during recovery from acute diarrhoea. Int J Food Sci Nutr 1995;46:353-62.

16. Olasupo NA, Olukoya DK, Odunfa SA. Studies on bacteriocinogenic *Lactobacillus* isolates from selected Nigerian fermented foods. J Basic Microbiol 1995;35:319-24.

17. Sanni AI, Fapohunda EM, Onilude AA. Characteristic properties of lactic acid bacteria isolated from the rumen of Maladi goats. Chem Mikrobiol Technol Lebensm 1995;17:99-104.

18. Kingamkono R, Shogren E, Svanberg U, Kaijser B. Inhibition of different strains of enteropathogens in a lactic-fermenting cereal gruel. World J Microbiol Biotechnol 1995;11:299-303.

19. Morzycka E, Sawnor-Korszynska D, Paszewki A, Grabski J, Raczynska-Bojanowska K. Methionine over-production by *Saccharomyces lypolytica*. Appl Environ Microbiol 1976;3:125-30.

20. Newman RK, Sands DC. Nutritional values of corn fermented with lysine excreting lactobacilli. Nutr Rep Int 1984;30:1287-93.

21. Sreeramulu G, Srinivasa DS, Nand K, Joseph R. *Lactobacillus amylovorus* as a phytase producer in submerged culture. Lett Appl Microbiol 1996;23:385-8.

22. Oda Y, Tonomura K. α-Galactosidase from yeast Torulaspora delbrueckii IFO 1255. J Appl Bacteriol 1996;80:203-8.

23. Wood BJB, Holzapfel WH. The genera of lactic acid bacteria. London: Blackie academic and professional press, 1995:398-407.

24. Brigidi P, Mattauzzi D, Fava F. Use of protoplast fusion to introduce methionine overproduction in *Saccharomyces cerevisiae*. Appl Microbiol Biotechnol 1988;28:268-71.

25. Schillinger U, Lucke FK. Identification of lactobacilli from meat and meat products. Food Microbiol 1987;4:199-208.

26. Franz CMAP, Du Toit M, Von Holy A, Schillinger U, Holzapfel WH. Production of nisin-like bacteriocins by *Lactococcus lactis* strains isolated from vegetables. J Basic Microbiol 1997;37:187-96.

27. Babu S, Chander H, Batish VK, Bhatia KL. Factors affecting amine production in *S. cremoris*. Food Microbiol 1986;3:359-62.

28. Teniola OD, Odunfa SA. The effects of processing methods on the levels of lysine, methionine and the general acceptaility of *ogi* processed using starter cultures. Int J Food Microbiol 2001;63:1-9.

29. Oyewole OB. Optimization of cassava fermentation for *fufu* production: effects of single starter cultures. J Appl Bacteriol 1990;68:49-54.

30. Rosen HA. Modified ninhydrin colourimetric analysis of amino acids. Arch Biochem Biophys 1957;67:10-5.

31. Lowry OH, Rosenbrough NJ, Fazz AL, Randal RJ. Protein measurement with folin-phenol reagent. J Biol Chem 1951;193:265-75.

32. Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis. 13th ed. Washington, DC: AOAC, 1980.

33. Anon A. Difco manual of dehydrated culture media and reagents for science microbiology and clinical laboratory procedures. Detroit, Michigan, USA : Difco Laboratories, 1984:232-3.

34. Wright A, Orman B. Rapid screening procedure for methionine levels in maize and soyabean. Crop Sci 1995;35:584-6.

35. Cass T. Statistical methods in management. London WCIR: Casel Ltd., 1980;2:1-255.

36. Holzapfel WH. Use of starter cultures in fermentation on a household scale. Food Control 1997;8:241-58.

37. Leroi R, Pidoux M. Detection of interactions between yeast and lactic acid bacteria isolated from sugary kefir grains. J Appl Bacteriol 1993;74:48-53.

38 Chung HJ, Fields ML. Production of riboflavin and vitamin B12 by *Bacillus megaterium* ATCC 13639 and *Enterobacter aerogenes* in corn meal. J Food Sci 1986;51:1514-7.

39 Subaru HA, Akinyanju JA. Starter culture for the production of *soyiru*. World J Microbiol Biotechnol 1996;12:403-4.

40 Nyako KO. *Kenkey* -a fermented staple in Ghana. Symposium on indigenous fermented foods. Bangkok, Thailand, 1977.

41 Halm M, Lillie A, Sorensen AK, Jakobsen M. Microbiological and aromatic characteristics of fermented maize doughs for *kenkey* production in Ghana. Int J Food Microbiol 1993;19:135-43.

42 Kpodo K, Sorensen AK, Jakobsen M. The occurrence of mycotoxins in fermented maize products. Food Chem 1996;56:147-53.

Innovation et transfert de technologie: cas du contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique

Totté[1,2*] Anne, Tine[1] Emmanuel, Seye[3] Ndeye, Mathiam[4] Jean-Michel, Roblain Dominique[5], Thonart[5] Philippe

[1] Laboratoire de Microbiologie et de Génie Industriel (LMAGI), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop, BP 5085, Dakar Fann - Sénégal.
[2] Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE), Communauté Wallonie Bruxelles, BP 6279, Dakar - Sénégal.
[3] Institut de Technologie Alimentaire (ITA), BP 2765, Dakar Hann – Sénégal.
[4] Programme des Femmes en Milieu Urbain (PROFEMU), Unité de Transformation des Céréales, Dakar – Sénégal.
[5] Centre Wallon de Biologie Industrielle (CWBI), Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux– Belgique.

*Auteur correspondant: *magi@ucad.sn*

- Résumé -

Au Sénégal, les recherches sur le contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique (*Lactobacillus plantarum* 308a) ont permis de mettre au point un procédé s'intégrant dans les habitudes de production traditionnelles des unités de transformation urbaines de produits fermentés granulés à base de mil. Les objectifs de ces recherches étaient les suivants: étudier le rôle des micro-organismes dans la fermentation traditionnelle du mil, identifier les agents de fermentation, mettre au point un ferment permettant l'acidification de la farine de mil et le contrôle des contaminants, former une équipe universitaire dans le domaine des biotechnologies et établir une banque de souches tropicales utiles en biotechnologie alimentaire ou susceptibles d'améliorer la qualité sanitaire des aliments. Le screening et l'identification de plusieurs souches lactiques ont permis la mise au point d'un starter constitué par une souche (*Lactobacillus plantarum*), dont la biomasse produite en fermenteur est conditionnée sur le substrat d'origine (farine de mil). Ce starter présente une durée de vie d'au moins 1 an à 4°C. La forme lyophilisée, plus coûteuse, a l'avantage de présenter une plus grande viabilité et des propriétés d'acidification plus stables à long terme.

Le transfert de technologie est en cours de discussion avec les producteurs. Une seule unité de production a émis le souhait de participer aux essais de transfert, proposés sous forme d'une convention signée par les partenaires. L'intégration du starter permet un contrôle de la fermentation du mil, la mise sur le marché d'un produit plus digeste et de meilleure qualité microbiologique, et présentant des degrés d'acidité stabilisés en fonction des goûts locaux. Des perspectives nouvelles s'ouvrent dans le secteur de la boulangerie pour une farine de mil acidifiée utilisée comme adjuvant de panification (arômes et goût).

Mots-clés: Fermentation – Mil – Produits locaux – Transfert – Bactéries lactiques.

- Abstract -

Innovation and technology transfer: the millet fermentation control case by use of a lactic acid starter

Studies on millet fermentation control in Senegal, by use of a lactic starter *(Lactobacillus plantarum* 308a), permitted the development of a new process integrated in the traditional production customs of small urban processing units of granulated fermented millet products. The main objectives were to study the micro-organisms role in the traditional fermentation of millet, identify the fermentation agents, develop a starter for the millet flour acidification and for contamination control, train a university research team in biotechnology and create a tropical strain bank for food biotechnology uses and for sanitary food control.

Lactic strains screening and identification lead to the development of a starter containing one strain (*Lactobacillus plantarum)*, whose biomass produced in reactor is conditioned on it native substrate (millet flour). This starter offers a shelf life of minimum one year at 4°C. The lyophilised form, more costly, has the advantage to present a higher viability and more stable acidification properties in a long term.

The technology transfer is in discussion with producers. Only one processing unit wish to participate to the transfer tests, specified in a common convention signed by the partners. The use of the starter allows a control of the millet fermentation, offers a more digest product with a better microbiology quality, and permits to present various degrees of stabilised acidity to meet the local flavour wishes. New perspectives appear in bakery trade for the use of an acidified millet flour as a bread making additive (for aroma and taste).

Key words: Fermentation – Millet - Local products – Transfer - Lactic bacteria.

———————————

INTRODUCTION

Le mil, céréale traditionnelle au Sénégal, est utilisé pour préparer différents produits plus ou moins fermentés, de différentes granulométries. La farine et les brisures de mil (*sankhal*) sont utilisées pour des bouillies; le *cere* (couscous fin) est consommé avec de la viande ou du poisson; le *ciakri* (couscous moyen) est utilisé avec du lait caillé sucré, le *arraw* (gros granules de mil) permet la fabrication de bouillies épaisses consommées avec du lait caillé ou de la pâte d'arachide.

Dans le cadre de la politique de valorisation des produits locaux céréaliers au Sénégal, le développement des produits roulés fermentés à base de farine de mil (*céré, ciakri, arraw* [a]) est une alternative intéressante à la consommation du riz et du blé du point de vue alimentaire et économique depuis la dévaluation du franc CFA (1994). Une vingtaine de groupements d'intérêt économique (GIE) de type semi-industriel se sont développés pour proposer ces produits sous forme séchée et emballée, mais les volumes de production sont encore faibles. La consommation de céréales locales à Dakar (1998) se situerait autour de 50.000 tonnes/an[1], dont 2.500 tonnes provenant des unités semi-industrielles (produits roulés, *sankhal*, farine de mil ou de maïs).

Parmi les techniques utilisées pour l'amélioration de la qualité des aliments à base de céréales, la fermentation est une des plus économiques[2]. Ce procédé permet une certaine conservation des aliments, détruit les facteurs anti-nutritionnels inhérents au mil[3], améliore la digestibilité et rehausse la valeur nutritive[4] tout en améliorant l'aspect et le goût. Cette valorisation par fermentation nécessite une maîtrise et une connaissance approfondie des agents responsables de cette fermentation. Les opérateurs de cette filière sont les premiers concernés par l'utilisation des micro-organismes comme agents de transformation pour l'obtention de produits fermentés de qualité: d'où l'importance des recherches sur les ferments ("starters") à base de micro-organismes sélectionnés localement.

Cet article présente quelques réflexions sur l'expérience d'une approche de recherche appliquée relative à la mise au point et au transfert d'un starter lactique tropical, adapté au contrôle de la fermentation du mil. L'introduction d'un ferment dans un procédé traditionnel chargé de significations sociales, culturelles et religieuses est vue comme une innovation importante. Le transfert de technologie a été le plus simple possible pour ne pas introduire de modifications coûteuses dans le procédé actuellement utilisé par les GIE. L'intégration d'un ferment n'est pas évidente, autant pour des raisons liées aux habitudes alimentaires que pour des raisons économiques et structurelles relatives à la filière mil, à la formation des opérateurs, et à l'organisation du système national de contrôle de la qualité au Sénégal.

La qualité des produits roulés fermentés et séchés en milieu urbain

Les produits alimentaires des marchés et des GIE ne sont que rarement soumis à un contrôle de qualité. Le Programme de Promotion des Céréales Locales (PPCL, 1993-2002) exécuté par Enda-graf[b] et le Gret[c] avec le financement de l'Union Européenne, a permis aux transformateurs urbains (GIE) de cette filière mil, organisés en association, d'avoir accès entre autres à un suivi au niveau gestion et qualité: les productions ont été contrôlées du point de vue composition chimique et analyse microbiologique, pendant 5 ans (1997-2002). Des conseils en qualité ont été fournis, ainsi que divers appuis (formation procédé, crédit gestion, marketing, etc.). Ce

[a] *Arraw, ciakri et céré: noms en langue wolof des produits roulés (granulés) à base de mil.*
[b] *Enda-Graf: Environnement et développement - groupe de recherche action formation.*
[c] *Gret: Groupe de recherches et d'échanges technologiques.*

programme a confirmé le potentiel de développement des produits roulés à base de mil, séchés, et conditionnés en sachet[1].

L'*arraw* sec en particulier est très demandé, mais il est hygroscopique et présente une durée de conservation plus limitée que les couscous. Un problème de goût se pose souvent au-delà de 3 mois: produit rance, qualité microbiologique peu satisfaisante. Nous observons une fréquence plus élevée de contamination par les insectes: ce produit non précuit est dépendant de la qualité de la matière première. Sa consommation est évaluée à 10-15 tonnes /mois à Dakar et il coûte 400-500 Fcfa/kg.

Le couscous sec en sachet se positionne sur un marché important, mais il est en concurrence avec le couscous frais, en préparation domestique ou artisanale. Les consommateurs sont exigeants sur le goût: l'acidité est plus ou moins recherchée selon les ethnies. La ménagère préfère le faire elle-même ou le confier à quelqu'un de sa famille ou à une artisane de confiance. Les petites entreprises vendent maintenant le couscous en vrac à un prix compétitif (250 Fcfa/kg au lieu de 800 Fcfa/kg en sachet). L'intérêt pour un contrôle de la fermentation et pour la reproduction d'un goût acide apprécié a été noté auprès des petites entreprises dont la production augmente.

Les objectifs de la recherche

Les objectifs visés par cette recherche sont les suivants (1997-2000): étudier le rôle des micro-organismes dans la fermentation traditionnelle du mil, identifier les agents de fermentation, mettre au point un ferment permettant l'acidification de la farine de mil, former une équipe universitaire capable de répondre localement aux besoins des producteurs et établir une banque de souches africaines utiles en biotechnologie alimentaire[5]. La valorisation de la recherche (2001 à aujourd'hui) s'est focalisée sur 2 points: a) le transfert et l'utilisation du ferment lactique par au moins une unité de transformation du mil; b) la réflexion sur l'amélioration de la phase finale de séchage des produits fermentés.

Stratégie de partenariat

Cette recherche appliquée a nécessité un partenariat (figure 1) englobant des chercheurs des universités (Sénégal et Belgique), des opérateurs de terrain (les transformateurs de céréales), ainsi qu'une institution chargée du transfert de technologie agro-alimentaire au niveau national (l'Institut de Technologie Alimentaire de Dakar – ITA).

Le Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel (LMAGI) de l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) et la Faculté des Sciences et Techniques (FST), deux institutions de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar étudient depuis 1997 les micro-organismes impliqués dans la fermentation du mil. Les recherches sont réalisées en partenariat avec une Université belge (Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux) qui accueille le Centre Wallon de Biologie Industrielle (CWBI).

Le financement est assuré par l'Association pour l'éducation et la formation à l'étranger (Apefe), la Commission universitaire pour le développement (CUD) et la Région Wallonne de Belgique. L'AUPELF est intervenue partiellement à travers une jeune équipe de recherche (JER 6014). Une sous-traitance est effectuée avec l'ITA en terme d'essais de production de produits roulés à base mil (section Céréales), fermentés sous contrôle du starter et séchés dans des conditions contrôlées. L'ITA est également le partenaire capable d'assurer la production de ferments (unité de Biotechnologie) à une échelle répondant aux besoins des transformateurs de céréales.

Les chercheurs du partenariat ESP/FST/CWBI/ITA ont souhaité se rapprocher des transformateurs du mil à travers des associations existantes ou des ONG bien implantées en terme d'action de formation ou de suivi de cette filière. Le choix des unités de transformation (La Vivrière, Free Work Service) ou des groupements féminins (Profemu) producteurs de produits fermentés à base de mil s'est donc fait avec l'aide du programme PPCL, en ce qui concerne le milieu urbain (Dakar et Thiès). En milieu rural, les produits roulés à base de mil sont produits au niveau familial et les quantités traitées ne posent pas le même problème de contrôle et de qualité qu'en milieu urbain.

Les restitutions de résultats ont eu lieu soit à travers le PROCELOS[d] sous forme de réunions des transformateurs, soit à travers le ROCAFREMI[e], au sein des forums organisés dans le cadre du programme P5 "amélioration des technologies" coordonné par l'ITA.

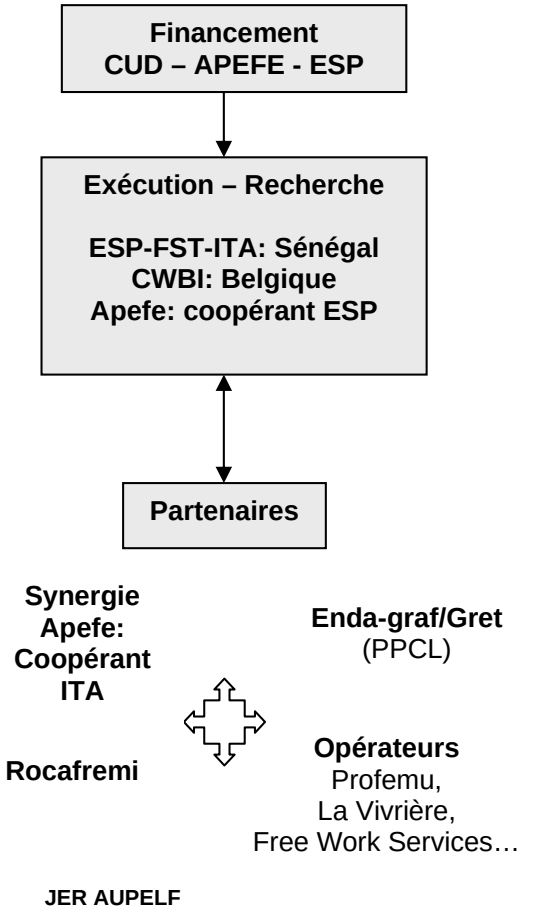


Figure 1: Relations de partenariat.

[d] *Programme Céréales Locales du Sénégal, association regroupant les transformateurs de céréales locales.*

[e] *Réseau Ouest et Centre africain de Recherche sur le Mil (actuellement regroupé avec le Réseau Sorgho sous l'appellation Initiative Mil-Sorgho).*

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'origine du starter: méthodologie de recherche/développement

En 1997 et 1998, les conditions de fermentation traditionnelle du mil ont été suivies à Dakar et à Thiès pour le milieu urbain, dans le Sine-Saloum et dans le Nord du Sénégal à Saint-Louis en milieu rural. La zone Nord ne procède pas à une fermentation et les produits roulés à base de mil sont directement cuits et consommés.

C'est donc dans la zone de Dakar et du Sine-Saloum que les micro-organismes responsables de la fermentation du mil (*Pennisetum glaucum (L.) R. Br.)* ont été isolés sur les variétés traditionnelles telles que la *Souna* et la *Sanio*. Les micro-organismes responsables de la fermentation sont des bactéries lactiques (productrices d'acide) et des levures (source d'arômes)[6]. Des "screening" ont été réalisés au cours des différentes étapes de transformation, en incluant le séchage final.

Parmi ces micro-organismes, les bactéries lactiques ont été sélectionnées pour leur capacité à acidifier rapidement la farine de mil. L'une de ces souches sénégalaises s'est avérée bonne productrice d'acide lactique et elle résiste au conditionnement sous forme de "starter": elle est identifiée[7] comme *Lactobacillus plantarum*, code 308a.

En 1999, le "starter mil" est mis au point avec la collaboration de l'Unité de Biotechnologie de l'Institut de Technologie Alimentaire qui le conditionne sur son substrat d'origine: de la farine de mil préalablement stérilisée. Ce mode de conditionnement permet de produire le starter localement et de le rendre économiquement accessible.

Ce starter est viable pendant plus de 1 an à 4°C, donc conservé au réfrigérateur. Par contre, sa capacité d'acidification diminue au-delà de 6 mois de stockage. Il doit alors être utilisé à concentration plus élevée. Son utilisation est définie sous forme de fiches de vulgarisation[8] adaptées au niveau artisanal.

Restitution des résultats de la recherche et essais de transfert

En l'an 2000, les résultats de ces recherches sont restitués aux unités. Le transfert du starter sur le terrain, dans les conditions de production des unités, va être effectué sur demande des intéressés, à la condition qu'un protocole d'accord soit signé entre les partenaires en vue d'impliquer les bénéficiaires. Une seule unité dakaroise en fera le souhait (transfert 2001) au sein du PROFEMU (Programme des Femmes en Milieu Urbain), suite à un contrôle de routine de leurs produits. Paradoxalement, la plupart des unités présentes lors des restitutions et se disant intéressées n'ont pas sollicité l'équipe de chercheurs pour effectuer ces essais.

Le protocole d'accord garantit la démonstration de l'utilisation du starter dans les conditions de transformation de l'unité, et la formation du personnel à la fermentation contrôlée. Le procédé de transformation est étudié (schéma de production, flux, paramètres, adéquation du matériel et de l'infrastructure), ainsi que l'organisation générale de l'unité. Des points critiques de contrôle[9] sont identifiés et des analyses microbiologiques effectuées (tableaux 1 et 2). L'unité s'engage à mettre à disposition le matériel et le personnel nécessaire aux essais, ainsi que toute information utile à l'étude du procédé. Elle s'engage aussi, en cas d'adoption du starter, à l'utiliser de manière exclusive pendant 5 ans (contrainte possible).

Objectifs du transfert

Les objectifs des deux partenaires sont résumés ci-dessous:

Objectifs Profemu:
- Evaluer le starter en terme de mode de fonctionnement, goût …
- Diagnostiquer les points faibles du procédé traditionnel
- Avoir l'avis de spécialistes en microbiologie et en contrôle de procédés alimentaires ainsi que les recommandations nécessaires à l'amélioration du fonctionnement de l'Unité
- Réaliser conjointement des fiches de suivi de la production

Objectifs projet:
- Tester le mode d'utilisation du starter sur le terrain
- Comparer son effet avec la fermentation traditionnelle (acidité, microbiologie, goût)
- Recueillir l'avis du GIE sur l'utilisation du starter
- Suivre la production des produits fermentés (capacité de production du GIE, rendements en produits finis)
- Repérer les points critiques en vue de l'élaboration future d'une procédure HACCP adaptée.

Tableau 1: Acidités titrables (en g d'acide lactique/100g de produit) et taux d'humidité des grains de mil, de l'*arraw* et du *ciakri* (couscous).

Produit	Humidité (%)	Acidité titrable (% base hum.)	Acidité titrable (% base sèche)
Grains de mil brut Grains de mil décortiqués ou gros mil ou petit mil	9,67 8,95	Nd nd	nd nd
Farine humide après mouture (F0)	31,00	1,25	1,81
Farines fermentées et roulées:			
Farine fermentée avec starter dès le début du procédé (F1)	41,51	1,73	2,96
Farine fermentée avec starter pendant le roulage (F2)	41,74	1,64	2,81
Farine fermentée traditionnellement (Ft)	40,55	1,59	2,67
Arraw secs			
Arraw F1 séché (starter la veille)	7,38	1,90	2,05
Arraw F2 séché (starter le matin)	7,82	1,50	1,63
Arraw « Ft » séché au soleil. (Majoritaire)	8,64	1,61	1,76
Arraw « Ftt » séché sous tente	9,67	1,58	1,74
Produit cuit: exemple du ciakri			
Ciakri avant cuisson	41,03	0,94	1,59
Ciakri après cuisson	38,10	0,35	0,56
Ciakri sec *(le cere est équivalent)*			
Ciakri sec	3,55	0,53	0,54

nd: non déterminé *F: farine* *t: traditionnel*
Ciakri et cere: couscous moyen et fin *arraw: granules grossiers non précuits*

NB: les chiffres soulignés sont des résultats qui entraînent certaines recommanda-tions pour le contrôle des paramètres du procédé.

Tableau 2: Qualité microbiologique des produits à base de mil (fermentation contrôlée et traditionnelle) : produits humides, puis séchés au soleil (direct ou sous tente).

Produits: ⇓	Temps de Fermentation	**Nombre de germes UFC/g de produit (base sèche)**			
		Germes désirés	Germes à limiter		Germes non désirés
		Lactiques	**Mésophiles totaux**	**Levures**	**Strepto-coques**
Farine humide	0	4.10^{9}	1.10^{11}	2.10^{6}	3.10^{5}
***Arraw* humide + Starter (F1)**	1 nuit + 1 matinée	**1.10^{11}**	7.10^{8}	3.10^{6}	$4.\ 10^{6}$
***Arraw* humide + starter (F2)**	1 nuit + starter la matinée	5.10^{9}	3.10^{11}	8.10^{5}	9.10^{7}
***Arraw* traditionnel (Ft)**	1 nuit + 1 matinée	**3.10^{10}**	3.10^{11}	7.10^{6}	3.10^{8}
***Arraw* F1 séché (**starter présent**)**		<100	6.10^{6}	<100	5.10^{4}
***Arraw* F2 séché (**starter présent)		<100	8.10^{5}	<100	2.10^{4}
***Arraw* traditionnel (Ft) séché**		<100	8.10^{5}	<100	2.10^{5}
***Arraw* traditionnel séché sous tente (Ftt)**		3.10^{6}	**1.10^{7}**	**10^{6}**	2.10^{5}
***Ciakri* avant cuisson**		**8.10^{9}**	5.10^{8}	5.10^{5}	3.10^{7}
***Ciakri* après cuisson et refroidissement**		1.10^{6}	3.10^{5}	**3.10^{5}**	<100
***Ciakri* sec**		6.10^{4}	2.10^{6}	**7.10^{4}**	5.10^{3}

Produits: ⇓	**Nombre de germes UFC/g de produit (base sèche)**			**Remarques**
	Germes non désirés			
	Staphylo-coques	**Coliformes totaux**	**Coliformes résistants**	
Farine humide	4.10^{6}	2.10^{5}	1.10^{4}	*Staphylococcus aureus absent,* streptocoques non fécaux présents, présumés lactiques. Coliformes résistants limites aux normes.
***Arraw* humide + Starter (F1)**	<100	<10	<10	Effet de la fermentation (acidité) sur les contaminants, Streptocoques toujours présents (lactiques thermophiles)
***Arraw* humide + starter (F2)**	<100	<10	<10	Idem F1
***Arraw* traditionnel (Ft)**	<100	<10	<10	Germes lactiques bien développés, mais non contrôlés. Streptocoques lactiques plus nombreux. Pas de contaminants à risques.
***Arraw* F1 séché (**starter présent**)**	<100	<10	<10	Les streptocoques résistent au séchage. Des moisissures apparaissent parmi les germes mésophiles
***Arraw* F2 séché (**starter présent)	<100	<10	<10	*S. aureus* absent, même remarque que ci-dessus
***Arraw* traditionnel (Ft) séché**	<100	<10	<10	Idem ci-dessus
***Arraw* traditionnel séché sous tente (Ftt)**	<100	<10	<10	Survie des lactiques et des levures. Viabilité dépendante de l'activité de l'eau (et du temps de stockage du produit sec)
***Ciakri* avant cuisson**	<100	<10	<10	Flore similaire à Ft (même produit sauf granulométrie)
***Ciakri* après cuisson et refroidissement**	<100	<10	<10	Produit à surveiller au cours du refroidissement, contaminé à l'air libre après cuisson
***Ciakri* sec**	<100	<10	<10	Les streptocoques réapparaissent pendant le séchage, donc sont présents dans l'environ-nement. Attention aux levures durant stockage.

UFC: Unité Formant Colonie *F: farine* *t: traditionnel*

Méthodologie et analyses: fermentation contrôlée et témoin traditionnel

La production par fermentation contrôlée ou traditionnelle est présentée au schéma 2.

Le starter est inoculé à raison de 10^7 germes lactiques/g de farine (base humide)[10]. L'inoculum est introduit de 2 manières différentes dans de la farine de mil préhumidifiée:

- inoculation la veille du roulage, soit une fermentation de 1 nuit + une matinée;
- inoculation le matin sur une farine humide ayant subi une nuit de repos (procédé traditionnel) et roulée au cours de la matinée.

Les 2 produits sont séchés au soleil et comparés avec le *arraw* traditionnel (fermentation de 1 nuit et 1 matinée). Des prélèvements sont effectués entre chaque opération unitaire.

Les farines obtenues ont pour code: F1 et F2 (farine avec starter); et Ft (farine traditionnelle, séchage à l'air libre ou sous tente). Les analyses effectuées sont les suivantes: teneur en eau, acidité titrable (exprimée en acide lactique/100g de farine) et analyses microbiologiques[11]. Ces dernières concernent les bactéries lactiques (milieu MRS), les bactéries aérobies totales mésophiles (milieu PCA), les levures et moisissures (milieu Sabouraud), et certains contaminants: les streptocoques fécaux (milieu BEA à 45°C, puis Chapman), l'absence *de Staphylococcus aureus* (sur Baird Parker, suivi des tests de coagulase et Dnase), les coliformes totaux (DCL, 37°C) et les coliformes résistants (DCL, 44°C).

RÉSULTATS DU TRANSFERT À L'UNITÉ DE PROFEMU

L'unité de transformation de céréales locales (UTCL) du Profemu (Programme des femmes en milieu urbain) existe depuis 1999. Elle est basée à Dakar au sein d'une petite villa d'un quartier populaire (Thiaroye).

La première rencontre avec PROFEMU a eu lieu lors d'une restitution du mode de fonctionnement du "starter mil" en juillet 2000. Un questionnaire à l'intention des transformateurs du mil avait été distribué. Le chargé de programme de Profemu souhaitait réaliser des analyses puis évaluer l'efficacité du starter par rapport à la durée de vie du produit fini (*arraw*, *ciakri* ou *cere*) et la qualité finale du produit séché.

En juin 2001, suite à la présence de contaminants tels que *Staphylococcus aureus*, des essais ont été formalisés après signature du protocole d'accord. Le personnel du GIE a participé au test du starter sur l'*arraw* (produit délicat dont la fermentation n'est pas stoppée par cuisson), et aux calculs de rendements de production. Huit femmes ouvrières et deux meuniers ont fabriqué les différents produits à base de mil. Les recommandations[12] ont été élaborées en utilisant l'approche participative.

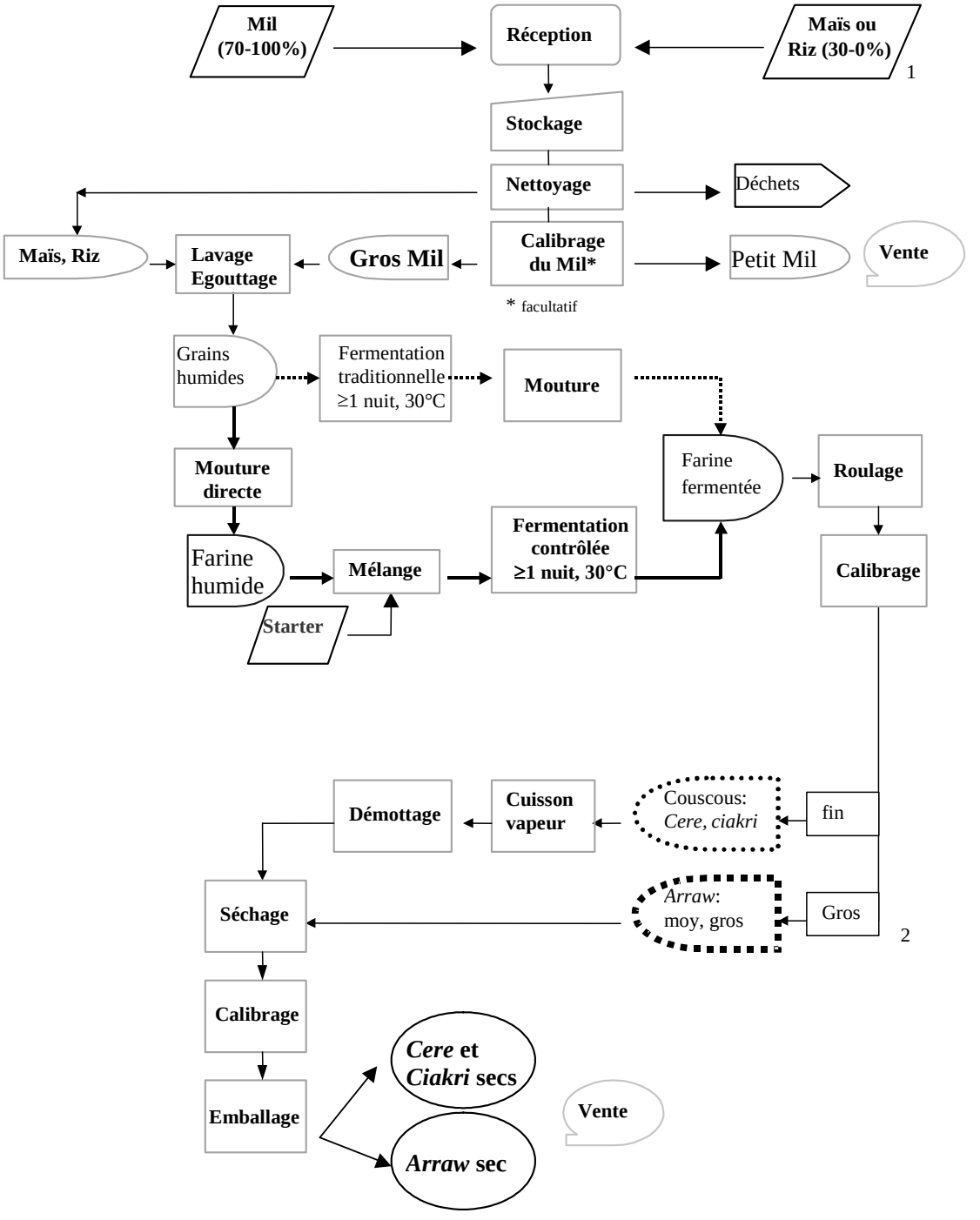
Résultats

Les analyses microbiologiques ont été effectuées une seule fois, après échantillonnage et mélange de 3 lots du produit pour analyse.

a) Acidité du *arraw* fermenté avec starter et du *arraw* traditionnel, produits secs:

- Le *arraw* fermenté une nuit avec starter présente un taux d'acidité titrable plus stable et plus élevé (2,05% ± 0,10) que le *arraw* fermenté traditionnellement (1,76% ± 0,15) ou inoculé tardivement dans la matinée (tableau 1);
- Le *arraw* fermenté avec starter a été dégusté sous forme de *fondé* (bouillie à gros grumeaux) et il présente un goût un peu plus acide que le produit habituel (pH de 4 au lieu de 4,5). Certains consommateurs ajoutent du jus de citron ou de tamarin dans leur plat. Le goût acide dépend des clients. Le produit "habituel" consommé

"frais" est très variable en fonction des ethnies et des habitudes urbaines ou rurales. Le produit sec fourni par les GIE présente généralement un pH de 4,5 après fermentation traditionnelle. Les produits contrôlés par starter peuvent atteindre un pH de 4 après 20h de fermentation à 30°C.



1: les trois céréales (mil, riz et maïs) sont traitées séparément avant mouture
2: la fabrication des 3 produits (cere, ciakri, arraw) est généralement séparée dans le temps

Figure 2: Diagramme de fabrication des produits fermentés roulés, à base de mil (fermentation traditionnelle et fermentation contrôlée par starter).

b) Qualité microbiologique des produits fermentés et des produits séchés:

Les analyses microbiologiques (tableau 2) montrent qu'en fin de procédé, les produits secs fermentés ou non avec starter, respectent les normes[9]. La fermentation en présence du starter est plus rapide en terme de biomasse (et d'acidité). Par contre le *arraw* fermenté traditionnellement et séché sous tente n'a pas une qualité satisfaisante du point de vue microbiologique. Le taux de germes mésophiles totaux, au-delà des normes acceptées pour les produits transformés séchés (maximum 10^6 germes/g de produit), est lié à la survie des bactéries lactiques et des levures de par un séchage plus lent qu'en exposition solaire directe. Ce produit n'étant pas précuit, il est nécessaire de contrôler la fermentation et le séchage en vue d'obtenir un produit stable, reproductible. L'utilisation du starter est donc nécessaire dans le cas du séchage sous tente. Après séchage, la survie partielle des bactéries lactiques diminue rapidement en 2 mois de stockage à 30°C.

Il faut aussi prendre en compte l'évolution de la flore microbienne au cours du stockage. Le stock du GIE dépasse rarement plus de 15j. et concerne uniquement le *arraw*, produit moins demandé que les couscous. La durée de conservation ne pose pas de problème actuellement. Un suivi de la qualité microbiologique des produits secs stockés dans les conditions ambiantes (chaleur et humidité) serait nécessaire pour établir leur durée de vie maximale, en prévision d'une augmentation de la production.

c) Les effets du séchage et de la cuisson à la vapeur:

La cuisson à la vapeur diminue fortement l'acidité des couscous alors que le séchage a un effet moins important sur l'acidité des produits finis. Le *arraw* est donc un produit fini qui présente une acidité supérieure à celle des couscous. Les consommateurs ne s'en rendent pas compte car ils le consomment sous forme de bouillie.

d) Les supports pour le suivi de la production:

Les supports suivants ont été réalisés et sont utilisés par le GIE:

- des fiches de suivi de la production de *arraw*, de *ciakri* et de *cere*, sont mises au point;
- les données de production obtenues sur une semaine, pour les 3 produits, ont été complétées sur 1 mois pour le calcul du prix de revient;
- les tableaux de calcul de rendements en *arraw*, *ciakri* et *cere*, sont utilisés par le personnel

Les documents suivants sont accessibles pour les besoins du système HACCP:

- la liste du personnel et la description des produits fabriqués
- le diagramme de fabrication des 3 produits fermentés à base de mil
- une fiche récapitulant les besoins en matières premières en terme de mil brut, de gros mil, de maïs, etc.;
- un tableau présentant l'organisation de la fabrication des produits fermentés, sur 5 jours ouvrables (1 semaine)

Ces données et les recommandations émises ont été utilisées par PROFEMU pour calculer le prix de revient exact des différents produits. Une réorientation de l'organisation a été décidée en 2002.

Conséquences indirectes du transfert et de la formation

La restructuration de l'unité

La détermination des Points Critiques de Contrôle et les solutions proposées ont

mené l'unité à reconstruire une partie de l'infrastructure pour respecter la marche en avant et les normes d'hygiène. La construction a eu lieu en 2002 (12 millions de Fcfa), avec une terrasse de séchage à l'étage, séparée des zones de réception et de nettoyage de la matière première.

L'acquisition du starter

Après les travaux précités, l'utilisation du starter a été rediscutée de manière informelle. Le GIE n'a pas réagi mais le coût du ferment ne semble pas en cause d'après les responsables. L'urgence de la reprise de la production et un certain attentisme du personnel est une réalité. Cette introduction ne semble pas être une priorité pour le moment: la très faible production vers l'export (commandes ponctuelles vers l'Italie), la quasi-absence de contrôle qualité sur le marché local n'incite pas à l'amélioration. La demande reste très élevée localement et la production actuelle est entièrement écoulée dans le quartier de production ou les environs.

Un an et demi après ces essais, quelques unités restent intéressées en terme d'appui-conseil au niveau organisationnel et bonnes pratiques d'hygiène ou de fabrication. Le système HACCP[9] en partie appliqué au sein de l'unité "test" apporte plus de résultats directs (et visibles) au producteur en terme d'organisation que la seule introduction d'un starter pour le contrôle de la fermentation du mil. L'amélioration qui découle de l'introduction du ferment n'est pas "visible": seules des analyses confirment la qualité du produit fini. Or ces dernières sont rarement exigées pour la commercialisation locale. Par contre, l'exportation entraînera une mise en conformité de la qualité, en particulier au niveau microbiologique.

DISCUSSION

Acquisition du ferment

Plusieurs questions se posent sur la non acquisition du starter par les producteurs:

- la vulgarisation des résultats n'était pas suffisante (une vulgarisation plus personnalisée au niveau de chaque GIE intéressé aurait pu être réalisée). Dans ce cas, d'autres moyens auraient dû être prévus pour accompagner le transfert de la recherche, avec du personnel local supplémentaire (partenariats avec les structures concernées);
- les gérants d'unité doivent être convaincus en même temps que les propriétaires pour susciter l'intérêt; l'introduction de nouvelles "façons de faire" est parfois perçue comme une perte de temps;
- certains responsables attendaient un ferment "instantané" qui aurait permis d'obtenir une acidité moyenne en 1 ou 2 heures en vue d'accélérer la production, alors que la fermentation (nécessaire à l'aromatisation) nécessitait environ une nuit, comme dans le procédé traditionnel;
- l'option choisie de laisser les producteurs rappeler le laboratoire était trop souple;
- le starter apparaît comme un produit nouveau de type additif malgré les informations sur son origine;
- la signature d'un protocole d'accord a poussé certaines unités à se rétracter, surtout s'il y avait des incidences financières.

Il faut noter que les unités les plus ouvertes aux nouvelles technologies sont par ailleurs sollicitées par divers projets pour participer à des études, échantillonnages, essais de nouveaux équipements, etc. Leurs responsables ne bénéficient pas toujours de retombées financières et les incidences sur la qualité (s'il y en a) ne sont souvent visibles qu'après un certain temps (minimum 1 an) et à la suite de contrôles répétés. Le choix de la stratégie de "transfert " est délicat et l'agro-alimentaire se prête

difficilement à l'utilisation de "modèles" d'approches[13] étant donné la diversité de l'environnement économique et humain. L'adoption de nouvelles technologies ne peut se faire que progressivement.

Les contraintes du procédé traditionnel

Le problème de maîtrise de la qualité s'avère plus complexe que le simple contrôle de la phase de fermentation: si celle-ci peut être maîtrisée par l'utilisation d'un starter qui "occupe le terrain" et dirige l'acidification, les problèmes liés à la phase finale du procédé - le séchage - ne sont toujours pas résolus, en particulier pour les unités urbaines qui traitent de plus grandes quantités.

Les risques de contamination par le milieu ambiant apparaissent lors du refroidissement des couscous et pendant le séchage des produits. La figure 2 présente le procédé de fabrication des produits roulés fermentés à base de mil, en incluant la fermentation contrôlée par starter. Cette dernière ne modifie pas le schéma traditionnel de production: elle maintient une nuit de fermentation de la farine de mil, et s'intègre bien dans le timing de transformation journalier. Le starter ne fonctionne pas sur des grains de mil lavés et égouttés, le substrat n'étant pas accessible.

Le procédé traditionnel présente plusieurs contraintes à lever, indépendantes de la fermentation: l'émottage des couscous après cuisson à la vapeur, le séchage dans les meilleures conditions d'hygiène pour maintenir les bénéfices acquis; et le problème du séchage rapide des gros granules de *arraw* dont la fermentation se poursuit partiellement au cours du séchage tant que l'activité de l'eau n'est pas assez faible. Il faut donc répondre à un besoin d'équipement qui corresponde à une production semi-industrielle et qui garantisse une hygiène adéquate.

La sous-traitance effectuée avec l'ITA a permis d'utiliser le séchoir ATESTA (origine Burkina Faso) amélioré pour les produits à base de mil. Ce séchoir à gaz, comportant 2 compartiments de claies, permet d'obtenir des produits de bonne qualité, mais la capacité reste encore faible pour les producteurs urbains (70 kg /10 h de fonctionnement). Le séchage solaire vient encore en première place avec tout ce qu'il entraîne comme risques de contaminations. En période humide, il n'est pas adéquat.

Les opérateurs ont donc accès à une offre technologique qui se complète et où les différents partenaires proposent maintenant des solutions pour certaines étapes:

- un nettoyeur à mil, progressivement vulgarisé dans le cadre de réseaux tel que le ROCAFREMI;
- le contrôle de la fermentation par starter (partenariat ESP/ITA/CWBI);
- un rouleur mécanique existe à l'ITA mais sa capacité est jugée faible par les opérateurs par rapport aux besoins;
- un séchoir à gaz ATESTA modifié par l'ITA, modulaire et donc utilisable en batterie, et quelquefois en fin de séchage après un pré-séchage solaire pour optimiser la production;
- un séchoir à gaz rotatif (recherche ROCAFREMI-ENDA-ESP) adapté au *arraw* (le mouvement permet un séchage plus homogène et évite le brunissement en surface des granules de *arraw*).

Certaines de ces solutions ne répondent pas complètement aux besoins des opérateurs en terme de capacité et le coût des prototypes reste encore élevé pour les petites entreprises. Le matériel existe à l'échelle industrielle, mais les coûts et les capacités sont disproportionnés par rapport aux besoins et aux moyens financiers. Le produit concerné est un produit alimentaire de base pour lequel une plus-value trop élevée ne permettra pas de concurrencer les produits traditionnels du marché

artisanal. Une autre optique se dessine en visant l'exportation pour laquelle la qualité devra être assurée.

CONCLUSION

La mise au point d'un starter pour le contrôle de la fermentation du mil n'est qu'une étape d'amélioration d'un procédé traditionnel. Ce starter garantit l'occupation directe du substrat par les bactéries lactiques nécessaires à l'acidification. Mais le transfert de cette technologie ne réside pas seulement dans l'adéquation coût/effet de ce starter sur le produit en terme de goût et de qualité: les autres contraintes du procédé doivent être résolues pour que les bénéfices du contrôle par ferment soient maintenus.

Un Pôle de Séchage a été créé entre l'ITA, l'ESP et le CWBI depuis 2002, en vue de répondre aux besoins de nouvelles technologies de séchage pour l'amélioration de la qualité des produits locaux. La farine de mil acidifiée est séchée par atomisation après dilution. L'atomisation, à des températures de sorties entre 60 et 80°C, maintient une certaine viabilité des bactéries lactiques issues de la fermentation. En fonction des objectifs visés, l'effet des températures d'entrée et de sortie sont en cours d'étude. Grâce à l'étape d'acidification par fermentation, le produit final est plus clair (couleur crème) par rapport au mil non fermenté (couleur grise), et de longue conservation. Ce type de farine acide peut être utilisé en tant qu'adjuvant de panification (arômes et goût).

L'accompagnement législatif est une autre raison d'immobilisme dans l'adoption de nouvelles technologies: si les contrôles de qualité ne sont pas réalisés, pourquoi introduire un ferment (évalué à 5% maximum du prix de revient total des produits secs), alors que la production actuelle n'arrive pas à suivre la demande? Les avantages nutritionnels ne suffisent pas. Il n'y a pas de norme nationale relative aux produits roulés fermentés à base de mil. Une faible production est pourtant exportée vers la diaspora sénégalaise (Italie, USA). Dans le cas d'une exportation importante, les normes internationales devront être respectées et l'utilisation d'un ferment pourra se justifier.

La création d'une structure adaptée à réaliser des technologies de transformations plus sophistiquées devient nécessaire pour favoriser l'émergence de nouveaux produits de qualité. Le problème est la création d'un véritable tissu industriel qui sera obligé de monter le niveau technologique local tout en assurant un prix concurrentiel sur le marché international et/ou local.

RÉFÉRENCES

1. Broutin C, Sokona K. Innovations pour la promotion des céréales locales. Reconquérir les marchés urbains. Programme de promotion des céréales locales du Gouvernement du Sénégal et de l'Union européenne. Série Etudes et recherches. Enda-graf, Gret, Dakar, 1999;206-207:147.
2. Asiedu JJ. La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Paris : CTA, KARTHALA, 1992.
3. Khetarpaul N, Chauhan BM. Effect of fermentation by pure cultures of yeasts and lactobacilli on phytic acid and polyphenols content of pearl millet. J Food Sci 1989b;54(3):780-1.

4. Khetarpaul N, Chauhan BM. Improvement in HCL extractibility of minerals from pearl millet (*Pennisetum typhoides*) by fermentation with yeasts and lactobacilli. J Sci Food Agric 1989a;49:117-21.
5. Thonart Ph, Roblain D, Leite N, Tine E. Etude des communautés microbiennes des fermentations traditionnelles et des milieux protégés au Sénégal. Rapport d'activité 1997-1998. Gembloux : Centre Wallon de Biologie Industrielle, FUSAGX, 1998:70.
6. Diop M. Etude de la fermentation traditionnelle du mil au Sénégal: aspects microbiologiques et biochimiques. DEA en Chimie & Biochimie des Produits Naturels. Université Cheikh Anta Diop (Dakar), Faculté des Sciences et Techniques, 23 janvier 1999:70.
7. David H. Bergey's Manual of systematic Bacteriology. Baltimore, USA: Williams & Wilkins, 1984-1986:vol.1 et vol.2.
8. Diop-Sow O. Elaboration d'un procédé de contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique. Mémoire d'Ingénieur de Conception. Université Cheikh Anta Diop (Dakar), Ecole Supérieure Polytechnique, juillet 2001:70.
9. Quittet C, Nelis H. Normes HACCP pour PME et artisans. Tome 1: Secteurs alimentaires autres que viandes, poissons, produits laitiers. Gembloux : Presses Agronomiques, 1999:455-97.
10. Marico Diop R. Etude de la viabilité et transfert d'un starter lactique adapté à la fermentation du mil au Sénégal. DEA en Chimie & Biochimie des Produits Naturels. Université Cheikh Anta Diop (Dakar), Faculté des Sciences et Techniques, 28 mai 2002:67.
11. Galzy P, Guiraud J. L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. 2ème édition. Collection Génie Alimentaire. Paris: Les Editions de l'Usine Nouvelle, 1980.
12. Totté A. Transfert de technologie, GIE Profemu. Rapport final. Projet CUD "Etude de communautés microbiennes africaines des fermentations traditionnelles". Dakar: Laboratoire LMAGI /ESP/UCAD, 2001:18.
13. Treillon R. L'innovation technologique dans les pays du Sud. Le cas de l'agro-alimentaire. Collection Economie et développement. Paris: ACCT, CTA, KARTHALA, 1992:260.

Remerciements: *Le projet "Etude de Communautés Microbiennes des Fermentations Africaines traditionnelles" (Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel – ESP - Dakar) remercie la CUD (Commission universitaire pour le développement) et l'Administration Générale de la Coopération pour le Développement (ex AGCD, Belgique), la Communauté française de Belgique et l'Apefe (Association pour la promotion de l'éducation et de la formation à l'étranger), ainsi que la Région Wallonne pour leur appui financier et technique. Cette recherche appliquée n'aurait pu avoir lieu sans le soutien scientifique du CWBI (Centre Wallon de Biologie Industrielle) et l'expérience de terrain de nos collègues de la Faculté des Sciences et Techniques, de l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop, et de l'Institut de Technologie Alimentaire de Dakar.*

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Effets du mûrissement, du séchage et de la conservation après séchage sur la teneur en caroténoïdes des mangues

Zagré[1,2*] Noël M, Somé[3] Issa T, Ouédraogo[1] Hermann, Sawadogo[1] Boubacar, Ouattara[4] Awa

[1] UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso.
[2] Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger.
[3] Laboratoire de Chimie analytique et de toxicologie, UFR Sciences de la santé, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
[4] CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *nzagre@hki.ne*

- Résumé -

Introduction: La carence en vitamine A (VA) constitue un problème majeur de santé publique au Burkina Faso. Les apports alimentaires inadéquats de VA représentent la cause principale de cette carence. Une meilleure utilisation des mangues, denrée locale riche en β-carotène, pourrait contribuer à une amélioration des apports. L'objectif de cette étude était de suivre l'évolution de la teneur en caroténoïdes lors du mûrissement, du séchage, puis de la conservation des mangues séchées.
Méthodologie: Les échantillons de mangue ont été prélevés dans une unité industrielle de séchage. Pour chaque variété (Brooks et Amélie), un échantillon de mangues semi-mûres et un échantillon de mangues mûres ont été prélevés avant séchage et ont été stockés à -32°C, à l'abri de l'air et de la lumière. A la fin du séchage, deux autres échantillons de mangues semi-mûres ont été prélevés, l'un immédiatement mis à congeler et l'autre emballé et conservé 6 mois dans les conditions habituelles de vente avant d'être analysé. Le séchage a été réalisé au four à gaz à une température de départ de 80°C progressivement diminuée à 40°C en 24 heures. La détermination des caroténoïdes a été effectuée par HPLC
Résultats: La zéaxanthine et le β-carotène ont été identifiés dans les mangues. Les teneurs en β-carotène des variétés Amélie et Brooks étaient, respectivement, de 700 ± 18 et 633 ± 19 µgEAR/100g de matière sèche (MS) pour les mangues mûries et de 183 ± 11 et 189 ± 10 µgEAR/100g MS pour les mangues semi-mûres. La zéaxanthine était surtout présente dans les mangues mûres (69 ± 3 µgEAR/100g MS pour Amélie et 75 ±5 µgEAR/100g MS pour Brooks). Après séchage, les teneurs des mangues semi-mûres sont passées respectivement à 160 ± 19 et à 151 ± 34 µgEAR/100g MS. Les teneurs des mangues semi-mûres séchées ont baissé à 97 ± 18 et 88 ± 47 µgEAR/100g MS pour les 2 variétés après 6 mois de conservation.
Conclusion: La teneur en β-carotène des mangues analysées est similaire à celles rapportées ailleurs. Les pertes de β-carotène observées au cours du séchage puis de la conservation des mangues séchées sont importantes et suggèrent que des précautions soient prises pour les réduire.

Mots-clés: Mangues – Mûrissement – Séchage – Conservation – β-carotène.

- Abstract -

Effects of ripening, drying and storage after drying on the carotenoid content of mangoes

Introduction: Vitamin A deficiency remains a major public health problem in Burkina. Inadequate vitamin A intake appears to be its main causal factor. Mangoes are extensively produced in Burkina Faso and have a very good acceptability by children and adults. A better management of this speculation may greatly contribute to improve VA intake.

Objective: The objective of this study is to measure changes in carotenoid content during ripening, drying and storage of dried mangoes for 6 months.

Methods: Mangoes samples were collected from a small dryer unit in Ouagadougou. For each variety (Amélie and Brooks), four samples were collected: a first sample of half-ripened mangoes and a second of ripened mangoes were collected prior to drying and stored at -32°C, protected from light and air. At the end of the drying process, we collected two samples from the half ripened lot, one was immediately freezed and stored in a freezer while the second was packed and kept at sales conditions for 6 months, till analysis. Carotenoïds were determined in triplicate by HPLC and content was expressed on a crude and dry matter basis. Drying was performed in a gas oven, starting at 80°C. Temperature in the oven was progressively decreased to 40°C after 24 hours.

Results: Only zeaxanthine and β-carotene were found in mangoes. β-carotene content of Amélie and Brooks varieties were respectively 700 ± 18 µg RAE/100g and 633 ± 19 µg RAE/100g for fresh ripened mangoes. For half ripened mangoes, content were respectively 183 ± 11µg RAE/100g and 189 ± 10µg RAE/100 g for Amélie and Brooks. Zeaxanthine mostly found in ripened mangoes but the amount was low (69 ± 3 µg/100g for Amélie and 75 ± 5 µg/100g for Brooks). After drying, the β-carotene content of half-ripened mangoes respectively decreased to 160 ± 19 µg RAE/100g and 151 ± 34 µg RAE/100g (expressed as dry matter). Content dropped to 97 ± 18 and 88 ± 47 µg/100g (expressed as dry matter) after 6 months of storage.

Conclusion: β-carotene content of mangoes in our study was similar to those published elsewhere. Decrease in β-carotene content following drying and storage of dried mangoes are high and suggest that actions should be taken against.

Key words: Mangoes – Ripening – Drying – β-carotene – Storage.

———————————

INTRODUCTION

La carence en vitamine A (VA) constitue un problème important de santé publique dans les pays en développement. Les stratégies de lutte contre les troubles dus à la carence en VA comprennent la supplémentation par les capsules de VA, les approches alimentaires incluant l'enrichissement d'aliments vecteurs adéquatement choisis, certains procédés technologiques la diversification alimentaire[1] et enfin certaines mesures de santé publique. La supplémentation à la fois avec le β-carotène et les fortes doses de rétinyl palmitate entre dans le 21ème siècle avec une réputation d'innocuité quelque peu ternie, alors que les caroténoïdes pro vitaminiques A sont jugées d'efficacité insuffisante et sans danger d'un point de vue de santé publique[2]. Cependant, des connaissances supplémentaires sur les caroténoïdes pro vitaminiques A pourraient participer à la pleine réalisation de leur potentiel comme une source efficace et saine de VA alimentaire pour les populations exposées. Les progrès technologiques concernant la conservation des aliments et la production végétale constituent une des stratégies participant à la diversification alimentaire[3].

Les mangues sont des fruits riches[1] en caroténoïdes provitaminiques A. Le manguier (*Manguifera indica*), originaire du Nord-Est de l'Inde, a été progressivement introduit dans le monde tropical[4]. La maturation ultérieure des mangues cueillies est possible en quelques jours à température ambiante, à l'éthylène, ou encore par trempage dans une solution d'étéphon[5]. Les fruits peuvent être conservés pendant deux semaines si les conditions sont bonnes, c'est-à-dire à une température moyenne de 13°C, à 90% d'humidité relative et avec une bonne ventilation. La mangue est consommée fraîche, en jus ou en nectar. Elle peut être séchée ou transformée en confiture ou sous forme marinée. Le but du séchage est de déshydrater la mangue et de stabiliser sa qualité pendant la durée nécessaire pour la commercialiser durant toute l'année[6].

Au Burkina Faso, les mangues sont produites dans la région ouest. La récolte est saisonnière et des procédés de conservation sont nécessaires pour minimiser les pertes et rendre le produit disponible tout au long de l'année et dans les régions qui n'en produisent pas suffisamment. Les mangues séchées peuvent être transportées plus facilement, et conservées plus longtemps. Cependant une altération des caroténoïdes provitaminiques A peut intervenir au cours du séchage ou de la conservation.

L'objectif de cette étude était de mesurer l'évolution de la teneur en caroténoïdes lors du mûrissement et du séchage des mangues, puis lors de la conservation des mangues séchées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'unité de séchage qui a collaboré à cette étude traite deux variétés de mangues, à savoir la variété Amélie et la variété Brooks qui sont deux variétés largement répandues au Burkina et dans la plupart des pays africains au sud du Sahara.

Description des techniques utilisées pour le séchage des mangues

Les mangues sont récoltées à l'état semi-mûr dans la région Ouest du pays, puis transportées à l'unité de séchage où un mûrissement provoqué est réalisé grâce à l'utilisation du carbure (éthylène). Lorsque les mangues sont semi-mûres, elles sont lavées, épluchées et découpées en tranches d'environ 1 cm d'épaisseur avant d'être étalées sur des claies par des travailleuses manuelles. Le séchage se fait dans un four à gaz, à une température de départ de 80°C progressivement diminuée à 40°C en 24 heures. Après le séchage, les mangues séchées sont conditionnées dans des

sachets (de 500 g ou de 1kg) transparents en polyéthylène de faible densité. Le diagramme de séchage des mangues est illustré sur la figure 1.

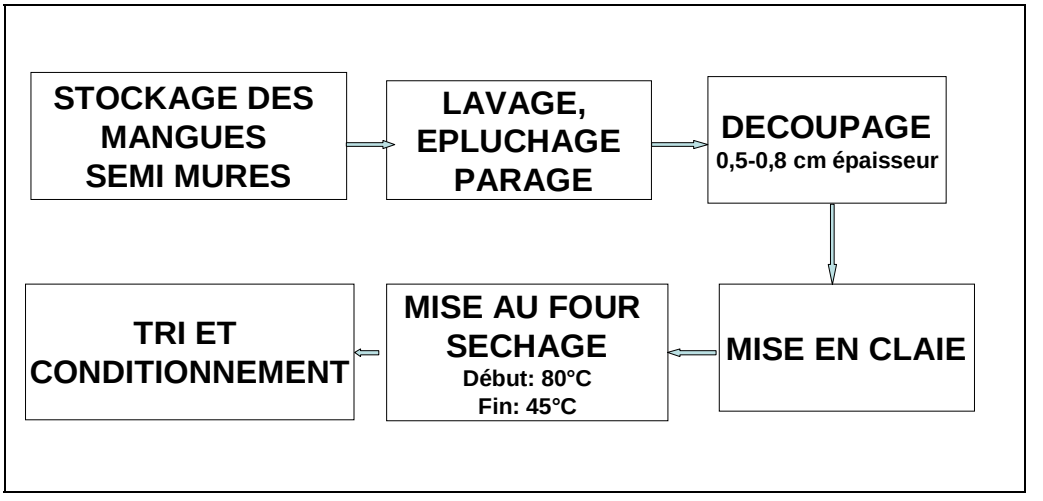


Figure 1: Diagramme de séchage des mangues.

Prélèvement et conditionnement des échantillons

Les échantillons de mangues avant séchage ont été directement prélevés par nos soins dans l'atelier de séchage, après que les mangues aient été lavées, épluchées et étalées sur les claies juste avant la mise au four.
Pour chaque variété, un 1er échantillon de 200 g de mangues semi-mûres a d'abord été constitué par prélèvement direct à partir des claies, avant la mise au four et a servi de témoin avant séchage. Deux autres échantillons de 100 g de mangues semi-mûres séchées ont été ensuite prélevés sur les mêmes claies, à la sortie du four. L'un de ces deux échantillons, de même que celui prélevé avant séchage ont été stockés à -32°C, à l'abri de l'air et de la lumière, immédiatement après le prélèvement. Le 3ème échantillon a d'abord été emballé par l'unité, puis conservé dans son emballage pendant 6 mois dans des conditions semblables à celles des magasins de vente (emballage plastique transparent, stockage dans des cartons fermés, à température ambiante). Au bout des 6 mois de stockage, cet échantillon a été conservé dans les mêmes conditions que les deux précédents jusqu'aux analyses au laboratoire. Un 4ème échantillon, constitué de mangues mûres, a été obtenu à partir des mêmes lots exposés au carbure pendant une période plus longue.

Méthodes d'analyses

La teneur en matière sèche a été estimée avec un humidimètre de marque Scaltec au laboratoire du Centre de Recherches en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles de l'Université de Ouagadougou. Une quantité d'au moins 5g de l'échantillon à analyser est déposée dans un récipient en aluminium et introduite dans l'appareil. L'appareil sèche complètement l'échantillon à une température de 100°c et affiche le taux d'humidité exprimé en pourcentage d'eau.

La détermination des teneurs en caroténoïdes a été réalisée par HPLC, au laboratoire de Biochimie de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Santé (Université de Ouagadougou) selon la méthode décrite par Epler et al[7]. Les analyses sont effectuées à l'aide d'une chaîne de chromatographie liquide haute performance constituée d'une pompe de type JASCO PU-980 (Tokyo, Japon) équipée d'une boucle

d'injection de 20 µL, d'une colonne chromatographique SUPELCO LC-18 (Bellefonte, USA.) de 25 cm de longueur, 4,6 mm de diamètre; la taille particulaire étant de 5 µm.

Les standards analytiques de lycopène (LYCO), de zéaxanthine (ZEA), de cryptoxanthine (CRYP), d'échinenone (ECHI) d'α-carotène (ACAR) et de β-carotène (BCAR) ont été soit obtenus auprès de SIGMA (Allemagne), soit reçus à titre de dons gracieux de Hoffman-La Roche (Bâle, Suisse). Le méthanol (CARLO ERBA, Italie), l'acétonitrile (CARLO ERBA, Italie), le dichlorométhane (SIGMA, France) et l'hexane (ACROS, France) sont de qualité CLHP.

Après un broyage de la mangue de manière à obtenir une pâte homogène, une prise d'essai de 1 à 2 g environ de pâte est prélevée dans un tube à essai. Les caroténoïdes sont extraits par agitation au vortex par 2 fois 2 mL d'hexane en présence d'échinenone (standard interne), à une concentration de 0,6 pmol/µL. Après agitation vigoureuse, le mélange a été centrifugé à basse température, puis les phases hexaniques ont été réunies et évaporées sous flux d'azote. Le résidu ainsi obtenu a été repris dans 800 µL d'acétonitrile pour obtenir une solution contenant 15 pmol/20µL du standard interne. Vingt µL ont été injectés. Trois essais ont été faits pour chaque échantillon.

Les teneurs en β-carotène ont été exprimées en µg d'équivalent rétinol (EAR) pour 100g de matière brute et de matière sèche. Toutes les teneurs exprimées en µg EAR ont été obtenues en considérant un taux de conversion de 12 µg de β-carotène pour 1 µg EAR. Quant à la zéaxanthine, les teneurs ont été exprimées en µg de zéaxanthine par 100 g de matière sèche.

RÉSULTATS

Le tableau 1 présente les taux d'humidité des mangues mûres et semi-mûres, à l'état frais, séché, puis séché et conservé pendant une période de 6 mois. On constate que le taux d'humidité est élevé dans les produits frais, et qu'ils sont plus élevés au niveau des mangues mûres que des mangues semi-mûres. Ces taux ont été ramenés à environ 13% suite au séchage et à une valeur encore plus faible après la période de conservation à température ambiante.

Tableau 1: Teneur en eau des mangues "Amélie" et "Brooks" mûres à l'état frais et semi-mûres à l'état frais, séchées ou conservées après séchage (en g/100g de mangue).

Etat des mangues	Mangues mûres fraîches	Mangues semi-mûres		
		fraîches	séchées	conservées 6 mois après séchage
Variété Amélie	85,1±5,9	67,6±4,6	12,5±0,5	3,5±0,4
Variété Brooks	80,3±2,6	59,0±1,9	13,3±0,6	5,0±0,1

Les analyses CLHP ont révélé que les deux variétés de mangues étudiées ne contiennent que deux types de caroténoïdes, à savoir le β-carotène et la zéaxanthine, cette dernière n'ayant pas de pouvoir provitaminique A. Le tableau 2 présente, pour les deux variétés, les teneurs en ces deux caroténoïdes sur la base de la matière sèche. Il apparaît que la teneur en caroténoïdes est beaucoup plus élevée dans les mangues mûres que dans celles semi-mûres (700±18 contre 183±11 et 633±19

µgEAR/100g MS pour les mangues mûres contre 189±10 µgEAR/100g MS pour les mangues semi-mûres respectivement pour les variétés "Amélie" et "Brooks"). On y remarque également la faible présence de la zéaxanthine au regard du β-carotène.

Tableau 2: Variation des teneurs en caroténoïdes des mangues "Amélie" et "Brooks" au cours du mûrissement.

	Teneur en β-Carotène (µg EAR/100g de MS)		Zéaxanthine (µg /100g de MS)	
	Semi-mûres	Mûres	Semi mûres	Mûres
Amélie	183±11	700±18	5	69±3
Brooks	189±10	633±19	3	75±5

MS= Matière sèche.

L'effet du séchage sur l'évolution des teneurs en β-carotène est présenté au tableau 3. On observe un accroissement des teneurs de β-carotène exprimées par rapport à la matière brute qui vont de 58±6 à 135±18 µg EAR/100g MB et de 78±9 à 132±26 µg EAR/100g, respectivement, pour les variétés "Amélie" et "Brooks". Lorsque ces mêmes résultats sont exprimés par rapport à la matière sèche, on constate plutôt une baisse des teneurs en β-carotène.

Tableau 3: Evolution des teneurs en β-carotène des mangues semi-mûres au cours du séchage.

	En µg EAR/100g de matière brute		En µg EAR/100g de matière sèche	
	Avant séchage	Après séchage	Avant séchage	Après séchage
Amélie	58±6	135±18	183±11	160±19
Brooks	78±9	132±26	189±10	151±34

Concernant l'effet de la conservation des mangues séchées, les résultats présentés au tableau 4 montrent une diminution des teneurs en β-carotène à l'issue des 6 mois de stockage dans les conditions habituelles de vente.

Tableau 4. Evolution des teneurs en β-carotène des mangues semi-mûres séchées au cours de 6 mois de conservation (en µg EAR/100g de MS).

	Avant stockage	Après stockage
Amélie	160±19	97±18
Brooks	151±34	88±47

DISCUSSION

Les teneurs en β-carotène des mangues mûres Amélie et Brooks se situent dans la fourchette des valeurs rapportées par d'autres auteurs. En effet, les teneurs en β-carotène, rapportées au gramme de matière brute sont respectivement de 12,6 µg/g (1,05 µg EAR/g) et 11,4 µg/g (0,95 µg EAR/g) pour les variétés "Amélie" et "Brooks". Sungpuag a rapporté des teneurs en β-carotène allant de 0,5 à 10 µg/g (0,04 à 0,83 µg EAR/g) de mangue[8] sur la base de la matière brute, tandis que Mumtaz[9] a trouvé une gamme de variation de 20 à 130 µg/g (1,6 à 10,8 µg EAR/g). Les teneurs trouvées dans les variétés ayant fait l'objet de notre étude sont élevées comparativement à celle de la variété Tommy Atkins qui est de 5,8 µg/g[10] (0,48 µg EAR/g). Par ailleurs, alors que la zéaxanthine a été retrouvée dans les mangues lors de notre étude, Sungpuag n'a pas trouvé d'autre caroténoïde que le β-carotène[8]. Cependant, étant donné que les sources ne donnent aucune information sur les échantillons à partir desquels ces valeurs ont été obtenues, la prudence devra être observée lorsqu'on souhaite porter une appréciation ou classer ces valeurs. En effet, certains facteurs peuvent expliquer ces différences observées entre nos résultats, facteurs souvent liés à la variété, au stade de maturité, au climat ou au site géographique de production, à la partie de mangue considérée, aux techniques culturales, aux techniques de transformation et aussi aux méthodes d'analyse[10,11]. La comparaison est également rendue difficile lorsque les teneurs sont exprimées en µg EAR, car le taux de conversion du β-carotène en EAR utilisé par les autres auteurs est rarement mentionné. A l'occasion d'un essai réalisé en Gambie[12], les auteurs ont rapporté une teneur des mangues de variété «Amélie» mûres et séchées au soleil de 1,9 µg EAR/g, lorsqu'un facteur de conversion de 12 est utilisé.

Le mûrissement des fruits s'accompagne d'une augmentation de la biosynthèse des caroténes[11,13]. Cela a été retrouvé dans notre étude pour les mangues Amélie et Brooks dont la teneur en β-carotène sur la base de la matière brute, s'accroît de 80% et 39% respectivement, au cours du mûrissement. Les mangues devraient être consommées à l'état mûr pour optimiser la contribution des mangues aux apports en β-carotène. L'accroissement réel de la teneur en β-carotène est encore plus élevé car le mûrissement s'accompagne en même temps d'une augmentation de la teneur en eau.

La rétention du β-carotène lors du séchage a été de 87,4% pour la variété Amélie et de 79,8% pour la variété "Brooks". Ces taux sont comparables à celui obtenu en utilisant les séchoirs solaires améliorés. En effet, lors d'une expérience menée au Kenya, la déshydratation des mangues au séchoir solaire, avec obscurcissement jusqu'à une humidité de 15 à 20%, a permis une rétention[6,11] du β-carotène de 81%. Cependant, des étapes préliminaires avaient, contrairement à notre étude, précédé la phase de séchage proprement dite. En effet, les mangues avaient d'abord subi un blanchiment à l'eau bouillante ainsi qu'un trempage dans une solution d'acide citrique et de saccharose pour maximiser la rétention du β-carotène. Il est bien connu qu'un blanchiment préalable au traitement thermique, détruit les enzymes d'oxydo-réduction et réduit les pertes ultérieures en β-carotène[13,14].

Les pertes en β-carotène lors de la conservation des mangues séchées sont importantes puisque les pertes sont de l'ordre de 39,9% et 41,7% par rapport aux valeurs initiales, respectivement, pour les variétés "Amélie" et "Brooks". Ces pertes élevées peuvent être liées aux réactions d'oxydation des caroténoïdes qui peuvent survenir lors du stockage. En effet, les sachets (polyéthylène basse densité) ayant servi pour le conditionnement d'échantillons sont reconnus pour leur forte perméabilité à l'oxygène[15], ce qui favorise la dégradation du β-carotène. Il est important de noter que la diminution de teneur en en β-carotène exprimée sur la base de la matière

sèche survient alors que le taux d'humidité baisse, ce qui supporte l'hypothèse d'une action oxydative sur les caroténoïdes, comme certains auteurs[16] l'ont rapporté. Des solutions devraient s'orienter vers l'amélioration du conditionnement et des conditions de conservation afin de réduire ces pertes.

Au plan de la santé publique, les mangues peuvent être considérées comme une bonne source d'apports en VA. En effet, dans une étude menée au centre nord du Burkina, des auteurs ont établi la liste des sources de VA de la région et ont cherché à identifier les meilleures sources[17]. A cet effet, ils ont attribué des cotes de teneur tenant compte de la teneur et de la taille de la portion habituellement consommée par les enfants, ainsi qu'une cote de bio-efficacité des caroténoïdes de tous les aliments répertoriés. Ils ont ensuite calculé un score VA, qui a permis de classer les aliments sources de VA. Les mangues ont été classées parmi les huit meilleures sources, au même rang que les patates douces orangées et la pulpe de néré et après le foie, l'HPR, et les œufs. L'utilisation des mangues et en particulier des mangues séchées comme source de VA chez les enfants constitue donc un complément important aux autres sources alimentaires, et s'est montrée aussi efficace que la capsule à améliorer la rétinolémie chez des enfants de 2 à 7 ans. Les mangues sont généralement bien appréciées par les enfants et la forte production de cette denrée dans bon nombre de pays africains devrait inciter à une meilleure valorisation sous forme de produits divers tels que les mangues séchées, les confitures, les jus. Les technologues alimentaires pourraient même envisager la mise au point de techniques permettant de produire de la poudre de mangues, ce qui rendrait les mangues éligibles pour un usage en mélange aux farines de complément pour des enfants plus jeunes.

CONCLUSION

La teneur en β-carotène des mangues Amélie et Brooks produites au Burkina Faso est similaire à celles rapportées ailleurs. La biosynthèse du β-carotène se poursuit au cours du mûrissement des mangues. Le séchage accroît la concentration du β-carotène dans la mangue rapportée à la matière brute, mais se traduit par une baisse de teneur lorsqu'elle est exprimée par rapport à la matière sèche. Au-delà de l'évolution de la teneur du β-carotène lors du séchage, d'autres facteurs tels la biodisponibilité du β-carotène, les qualités organoleptiques et l'acceptabilité des mangues séchées sont importants à considérer.

RÉFÉRENCES

1. FAO. International Conference on Nutrition. World Declaration and Plan of Action for Nutrition. Rome: FAO, 1992.
2. Solomons NW. Carotenes as dietary precursors of vitamin A: their past and their future. Sight and Life Newsletter 2002;3:87-98.
3. UN/ACC/SCN. Controlling vitamin A deficiency. Nutrition policy paper. Geneva: SCN-United nations, 1994;14.
4. Arbonnier M. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier: CIRAD/MNHN/UICN, 2000.
5. Laville E. La protection des fruits tropicaux après récolte. Montpellier: CIRAD, FLHOR, 1994.

6. Gomez MI. Les effets du séchage sur la valeur nutritionnelle des produits alimentaires au Kenya. Compte rendu du colloque d'Ottawa sur le séchage des produits alimentaires. Ottawa: 1983:31-5.

7. Epler KS, Ziegler RG, Craft NE. Liquid Chromatography methods for the determination of carotenoids, retinoids and tocopherols in human serum and in food J Chromatogr Biomed App 1993;619:37-48.

8. Sungpuag P. Development of database for vitamin A and β-carotene in Thai foods and establishment of simplified dietary assessment of retinol equivalent consumption. Mahidol: Mahidol University, 1988.

9. Mumtaz KI. Mango, the king of fruits. Internet: http://www.bawarchi.com/health/index.html (accessed 3 December 2003).

10. Rodriguez-Amaya DB. Enhacing the carotenoids level of foods through agricultural and food technology. Internet: http://www.foodafrica.nri.org (accessed 10 November 2003).

11. Rodriguez-Amaya DB. Carotenoids and food preparation: The retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Arlington VA: John Snow Inc/OMNI Project, 1997.

12. Drammeh SB, Marquis SG, Funkhouser E, Bates C, Eto I, Stephensen BC. A randomized, 4 months mango and fat supplementation trial improved vitamin A status among young Gambian children. J Nutr 2002;132:3693-99.

13. Rodriguez-Amaya DB. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. Arch Latinoam Nutr 1999;49:38S-47S.

14. Rodriguez-Amaya DB. Effects of processing and storage on food carotenoids. Sight and Life Newsletter 2002;3:25-35.

15. CNCED/OMC. Emballage de produits alimentaires: centre international du commerce pour les formateurs. Genève: OMC, 1992.

16. Grandall PG, Kesterson JW, Denis S. Storage stability of carotenoids in orange oil. J Food Sci 1993:924-7.

17. Zagré NM, Delisle H, Delpeuch F. L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. Communication orale au 2ème Atelier international sur les voies alimentaires d'amélioration des situations alimentaires en Afrique de l'Ouest: le rôle des nutritionnistes et des technologues alimentaires". Ouagadougou, 23-28 novembre 2003.

Remerciements: *Les auteurs remercient la Directrice de l'atelier de séchage "Sonny-*Séchage*" de Ouagadougou pour son aimable collaboration à la réalisation de cette étude.*

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Nixtamalization, a Mesoamerican technology to process maize at small-scale with great potential for improving the nutritional quality of maize based foods

Wacher Carmen

Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México.

Corresponding author: *wacher@servidor.unam.mx*

- Abstract -

"Nixtamalization" is the process of cooking maize grains in a lime solution, soaking and washing them, to obtain "nixtamal". Then it is stone-ground to obtain nixtamal dough or *masa*. A variety of products are obtained from it and *tortilla* (flat pancakes cooked in a griddle) is the most popular one. Although maize became a staple crop in numerous African countries, this process has not been commonly adopted in Africa. This paper reviews the technology of nixtamalization and highlights its benefits for possible adoption in African countries.

This technology improves the quality of maize in different ways. From the technological point of view, lime-cooking improves the rheological properties of the dough (elasticity, resistance to tearing and cracking), conferring desired organoleptic characteristics. It significantly increases its calcium content, releases bound niacin and makes it available. Insoluble dietary fibre decreases from raw to nixtamalized maize; however the relatively high levels that remain in the dough are of nutritional significance. Total fat content decreases, but the lime cooking process does not cause changes in fatty acid distributions. Protein quality, as shown by higher protein efficiency ratios (PER) of nixtamal, compared to maize increases. In addition to these nutritional benefits, lime-cooking has also been found to reduce significantly the amount of mycotoxins that are present in maize. Fermentation of nixtamal further enhances its nutritional properties. Being simple and inexpensive, conditions to transfer this ancient technology to Africa could be assessed to contribute to improve the nutritional quality of maize based foods.

Key words: Maize – Nixtamal.

- Résumé -

La nixtamalisation: un procédé mésoaméricain de transformation du maïs à petite échelle présentant un grand potentiel pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle d'aliments à base de maïs

La Méso-Amérique est fort probablement le berceau du maïs où il fut domestiqué et devint un aliment de base. Au Mexique, le maïs représente la moitié des aliments consommés et contribue à environ 50% des ingérés énergétiques, cette proportion étant supérieure pour les populations à bas revenus.

La nixtamalisation est le procédé qui consiste à cuire les grains de maïs dans une solution de chaux, à les tremper et à les laver pour obtenir le «nixtamal». Il est ensuite broyé pour obtenir une pâte de «nixtamal» ou *masa*. De nombreux produits peuvent en être dérivés dont la *tortilla* (fine galette cuite sur une plaque chauffée) qui est le plus populaire. Bien que le maïs soit aussi devenu un aliment de base dans de nombreux pays africains, ce procédé n'a pas été communément adopté en Afrique.

Cette technologie améliore la qualité du maïs de différentes façons. D'un point de vue technologique, la cuisson à la chaux facilite l'élimination du péricarpe et l'hydrolyse alcaline libère des gommes du péricarpe et saponifie les lipides du germe, ce qui améliore les propriétés rhéologiques de la pâte (élasticité, résistance au déchirement et au craquelage). La cuisson altère la structure cristalline de l'amidon, et la réassociation des molécules constitutives de l'amidon durant le trempage est importante pour développer les propriétés rhéologiques de la pâte de nixtamal. L'intensité de la couleur, l'odeur et la flaveur sont affectées par la chaux, conférant ainsi des propriétés organoleptiques désirées. La teneur en calcium est significativement augmentée, ce qui est important car les apports de calcium par les produits laitiers sont limités dans les pays en développement en raison de leurs coûts et des problèmes liés à l'intolérance au lactose. Le traitement alcalin libère la niacine et la rend disponible, c'est la raison pour laquelle les civilisations pré-colombiennes ne souffraient pas de pellagre. La teneur en fibres insolubles diminue du maïs brut au maïs nixtamalisé; toutefois les niveaux relativement élevés encore présents dans la pâte sont encore d'intérêt nutritionnel. La teneur totale en lipides diminue, mais la cuisson alcaline n'altère pas la distribution en acides gras. Les protéines du maïs sont de mauvaise qualité à cause de leur concentration limitée en lysine et tryptophane. La nixtamalisation améliore la qualité des protéines, comme l'indique la valeur plus élevée du coefficient d'efficacité protéique (CEP) dans le nixtamal que dans le maïs. Outre ces bénéfices nutritionnels, il a été aussi montré que la cuisson à la chaux réduit significativement la quantité de mycotoxines présentes dans le maïs.

La fermentation du nixtamal améliore ses propriétés nutritionnelles. La fermentation naturelle d'une pâte de nixtamal pour obtenir du *pozol* (une boisson préparée par suspension de la pâte fermentée dans de l'eau) entraîne une amélioration de la qualité des protéines. Dans la mesure où elle est simple et peu coûteuse, il semble intéressant d'étudier les conditions du transfert de cette ancienne technologie en vue d'améliorer la qualité nutritionnelle des aliments à base de maïs.

Mots-clés: Maïs – Nixtamal.

INTRODUCTION

Mesoamerica (a region from Northern Mexico to Honduras and Nicaragua) is very likely the origin of maize[1]. It was cultivated throughout the American continent, but it was only consumed as the main food by the Mesoamerican cultures and at the Southeast of the United States[2]. Maize is capable of adapting to the most diverse ecological conditions, but is not capable of self-reproduction, so it depends on man to perpetuate. It is Mesoamerica where it was domesticated and consumed as a staple food[1]. Maize was also consumed in South America; however its role was never as important as in Mesoamerica[2]. In Mexico, half of the total volume of food that is consumed is maize, which provides approximately 50 percent of the energy intake and this proportion is even greater for lower income groups. A great culinary tradition includes about 605 different foods made with maize[3].

Maize has several nutritional limitations, especially the quantity and quality of its essential amino acids and niacin[4]. It is thought[2] that unless it is prepared by specific techniques, its nutritional value is marginal and any human population that depends on it as a major staple would suffer some degree of malnutrition. Alkali cooking was the main technique used to improve its nutritional value.

Presently, alkaline cooking or “nixtamalization” is widely used in Mexico and Central America to process maize. The traditional process, which is still widely used, consists of cooking maize grains in a lime solution, soaking for 8 to 16 hours and washing them by hand to remove the pericarp. This nixtamal is then stone-ground to obtain nixtamal dough or *masa*. A variety of products (*tortilla* chips, *tamales*, *tostadas*, *tacos*, *enchiladas*, *panuchos*, *sopes*, *atoles*, etc.) are obtained from it and *tortilla* (flat pancakes cooked in a griddle) is the most popular one (figure 1). According to Paredes-López and Saharópulos[5], in rural areas t*ortillas* provide 50% of the proteins and 70% of de calories consumed daily.

Figure 1: *Tortilla* baking at San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Mexico.

In the American continent, the societies that cultivate and consume large amounts of maize, use the alkali treatment as a way of softening the outer kernel[2]. The alkali used for cooking can include lime ($Ca(OH)_2$), wood ashes (KOH) and lye (NaOH). Lime use is restricted to Mesoamerica; North American producers use wood ashes and it is not used in South America, except for one community in Venezuela[2]. Although maize became a staple crop in numerous African countries, this process has not been commonly adopted in Africa.

Nixtamalization improves the quality of maize in different ways:

CHANGES IN THE MICROSTRUCTURE OF MAIZE DURING NIXTAMALIZATION

From the technological point of view, lime-cooking alters the microstructure of the outermost layers of maize pericarp, which shows a corrugated-like structure[5]. Surface materials dissolve partially and this facilitates pericarp removal during washing. The aleurone layer remains attached to the endosperm; it behaves as a semi-permeable envelope and might contribute to reduce protein losses. Most of the germ is retained during nixtamal and *tortilla* making process and contributes to the overall nutritional properties of the product. Boiling in lime causes removal of starch granules, so that the soft (inner) endosperm is greatly altered: starch arrangement becomes irregular and some fibrils connect the dispersed starch granules[5]. Important structural alterations, caused by heat denaturation of proteins, cross-linkages produced by unusual aminoacids and disruption of the tertiary structure of proteins occur. The endosperm proteins remain attached to the starch granules; lime cooking changes the physical appearance of protein bodies[6]. Improved digestibility of nixtamal proteins may be due to a better accessibility to them caused by starch gelatinization and changes in the protein matrix[5].

LIME COOKING ALTERATIONS THAT RESULT IN TECHNOLOGICAL IMPROVEMENTS

Alkaline cooking and the steeping step cause water and calcium to be taken up by the grain[7]. The role of lime is important, as it allows faster water absorption and distribution throughout the grain components and it modifies the outer layers, so that the pericarp fraction becomes gummy and sticky[7]. The alkaline treatment degrades and solubilizes cell wall components and this facilitates pericarp removal. Alkaline hydrolysis releases gums from the pericarp and saponified lipids from the germ that improve the rheological properties of the dough (elasticity, resistance to tearing and cracking). Alkali-soluble non-cellulosic wall polysaccharides (mainly arabinoxylan) show interesting functional properties as adhesives, thickeners, stabilizers, emulsifiers and film formers[7]. According to these authors, the presence of germ, which is not lost during nixtamalization, gives more machinability to the *masa*, with a higher tolerance to mixing and less susceptibility to breakdown. So, the traditional process results in *masa* with desirable properties of cohesiveness and adhesiveness. This is attributed to swelling of starch granules, to the presence of fibre gums from the nixtamalized pericarp and of saponified lipids from the germ.

During **steeping**, the grains absorb water and are softened due to the distribution of water[7]. Cooking alters starch crystallinity and reassociation of starch molecules during steeping is important to develop the rheological properties of nixtamal dough. **Grinding** disrupts the grain structure, dispersing cellular components and starch polymers. *Masa* can be considered to be a network of solubilized starch polymers with dispersed, uncooked and swollen starch granules, cell fragments and lipids[8].

According to Gómez et al.[9], swollen and partially gelatinized starch granules in a network of dispersed starch polymers, allows *tortilla* shaping during kneading and gas retention (puffing) during baking. Protein bodies swell, lose their shape and in some cases are physically destroyed during baking or drying[6]. After **baking**, starch granules and endosperm pieces are glued together by amylose, protein, lipids and cell wall components. During the 45-60 sec of baking time, water evaporates from the *tortilla* surface. Granules on the surface are partially gelatinized and more dehydrated; those in the middle are more gelatinized[9]. This results in stretchable and elastic *tortillas* that are resistant to tearing and cracking.

Organoleptic changes brought about by nixtamalization are probably the most important for consumers. Colour intensity, smell and flavour are affected by lime, conferring desired organoleptic characteristics. Lime affects *tortilla* colour and its intensity is related to carotenoid pigments, flavonoids and pH. The development of colour during nixtamalization is more complex, as calcium hydroxide reacts with different pigments[10]. *Tortilla* flavour is enhanced by Maillard browning reactions occurring between reducing sugars and peptides and unsaturated fatty acids.

LIME-COOKING ALTERATIONS THAT RESULT IN NUTRITIONAL IMPROVEMENTS

Dry matter losses occur during lime cooking and steeping and this is a drawback of nixtamalization. Total dry matter losses in commercially processed corn have been reported to be 2.8 to 10.7% between cooking and steeping and 1.6-2.0% during washing. The average composition of the suspended solids in “nejayote” (the cooking, steeping and washing water, which is discarded) was: 64% non-starch polysaccharides (mainly pericarp fiber), 20% starch and 1.4% solids washing[11]. However, the alkaline process induces some significant favourable compositional changes in maize:

Changes in protein content and quality

According to Bressani et al.[12], the protein content of raw maize varies from 9.4 to 10.2%, of cooked maize from 10.0 to 10.6% and of *tortillas* from 9.5 to 11.0%. Regarding lysine and tryptophan, which are the two most limiting aminoacids in maize, the same authors reported that lysine content does not change significantly due to processing (158-166 mg/g N in raw maize to 152-165 mg/g N in cooked maize, to 145-175 mg/ g N in *tortilla*), but lime cooking and tortilla baking decrease tryptophan content in maize from an average value of 38 mg/g of nitrogen in raw maize to 26 mg/g of N in *tortillas*. Another report[2], indicates that there are considerable losses of total nitrogen during the cooking process, but the relative amount of lysine in nixtamal is increased 2.8 times, tryptophan is increased slightly and the isoleucine/leucine ratio increases 1.8 times.

Regarding protein quality, Bressani et al.[12] showed that rats fed a casein diet showed weight gain, food intake and protein efficiency ratio (PER) significantly greater than those for rats fed diets on raw and processed maize, confirming other reports on the low quality of maize protein. However, the beneficial effect of lime cooking was demonstrated, as animals consuming diets made from maize dough and *tortillas* showed a weight gain and PER significantly ($p < 0.01$) greater than animals fed raw maize diets.

Nixtamalization alters the solubility patterns of maize proteins. Lime cooking and *tortilla* baking decrease the solubility of albumins and globulins (salt-water-soluble) and prolamins (alcohol-soluble). This alters the molecular weight distribution of the different protein fractions[13]. Bressani and Scrimshaw[14] showed that cooking with lime

selectively enhances the nutritional quality of corn and that this probably results from a relative decrease in the solubility of the zein portion (deficient in lysine and tryptophan) of the corn proteins. This procedure selectively enhances the quality of the corn protein that is available for enzymatic digestion.

Minerals

One of the most important contributions of nixtamalization is the increase in the calcium content of *tortillas*. Serna-Saldívar et al.[13] reported it increases 750%, which is over 85% available[15]. This is relevant, as calcium intake from dairy products in developing countries is limited by their high cost and problems associated with lactose intolerance. Low calcium intake also causes osteoporosis, which affects mainly post- and premenopausic women and elderly men. Nixtamalization also improves the calcium/phosphorous ratio[16]. Martínez-Flores et al.[17] studied the effect of calcium absorption on physical properties and composition of rat femurs, comparing rats fed with raw whole corn (RC), *tortillas* made from extruded *masa* with 0.25% lime content (TEWL) and without lime (TE), and nixtamal *tortillas* (NT). The femurs of rats fed with TEWL and NT were heavier, thicker, and longer, showed greater crystallinity and were more resistant to fracture than the femurs of rats fed with RC and TE.

Phytic acid (*myo*-inositol hexaphospohoric acid), which reduces the bioavailability of minerals, is found in relatively high concentrations in the germ (which is not eliminated during nixtamalization). This is reduced from 8% (when low calcium concentration, 0.4%, is used to nixtamalize maize) to 30-45% (when high, 1.2% calcium concentration is used). This reduction can be attributed to its lability to heat[16]. The same authors reported that the amount of calcium in nixtamal is considerably greater than the amount of phytic acid in the grain, so that this could be easily saturated by calcium. This would prevent iron from binding to it and be available for absorption. They showed that higher calcium concentrations used for nixtamalization led to higher increments in ionizable iron. Soaking time did not affect these parameters.

Bressani et al.[18] evaluated the composition of *tortillas* made by 5 different families and the maize used to prepare them. Besides the increase in calcium content (from 48.3 $\pm$ 12.3 in maize to 216.6 $\pm$ 41.5 in *tortilla*), Ca:P balance improved and Fe (4.8 $\pm$ 1.9 in maize to 7.0 $\pm$ 4.8 in *tortilla*), Cu (1.3 $\pm$ 0.2 in maize to 2.0 $\pm$ 0.5 in *tortilla*) and Zn (4.6 $\pm$ 1.2 in maize to 5.4 $\pm$ 0.4 in *tortilla*) concentrations increased. They proposed these minerals come from the lime or from the containers used to nixtamalize maize.

Vitamins

Maize is deficient in niacin, so a population whose diet consists mainly on maize would be likely to develop pellagra if other dietary constituents were not present[2]. The alkaline treatment releases bound niacin and makes it available[19]; this is the reason why pre-Columbian civilizations did not suffer pellagra. On the other hand, Cravioto et al.[20] reported small losses of thiamin, riboflavin and niacin and a 40% loss in yellow corn *tortillas* carotene during nixtamalization.

Dietary fiber and fat

The nixtamalization process helps to eliminate the pericarp, so insoluble dietary fiber decreases from raw to nixtamalized maize; however the relatively high levels that remain in the dough are of nutritional significance. According to Bressani et al.[12], who studied chemical changes during rural *tortilla* production in Guatemala, dietary fiber of nixtamal dough (9.3 - 9.6%) is lower than that of raw maize (12.2 - 12.8%); however total dietary fiber content of *tortillas* is higher (10.3 - 11.7%), possibly due to the development of insoluble compounds when the maize dough is placed in the hot plate

to bake *tortilla*. The same authors reported that total fat content decreases from 4.7% (w/w) in raw maize to 2.8 (w/w) in *tortillas*, but the lime cooking process does not cause changes in fatty acid distributions.

Mycotoxins

The maize grain is frequently invaded by moulds of the genera *Aspergillus, Fusarium* and *Penicillium*. In addition to the nutritional benefits mentioned earlier, lime-cooking has also been found to reduce significantly the amount of mycotoxins that are present in maize[21,22]. *Fusarium verticillioides* and *Fusarium proliferatum* are capable of producing fumonisins and frequently found in corn. Apart from causing animal diseases, human esophageal squamous cell carcinoma has been linked with consumption of fumonisin-contaminated corn. Dombrink-Kurtzman et al.[21] reported that *tortillas* made with naturally contaminated maize contained 18.5% of the initial concentration.

The traditional nixtamalization process has been reported to reduce levels of aflatoxin B1 by 94% and aflatoxin M1 by 90%[22].

INDUSTRIALIZATION OF *TORTILLAS*

Tortilla elaboration has gone beyond the home-made procedure to become an artisanal process, with small "nixtamal mills" and "tortillerías". About 100,000 establishments are dedicated to *tortilla* elaboration[1]. These are small family-type shops, where most of the population goes everyday to get fresh *tortillas*. These places are very important, because of the high preference for ready-made *tortillas*. Important agroindustries have also developed to obtain dry nixtamal flour. In 1996, Torres Salcido[23] reported about 34% of *tortillas* was made in Mexico from nixtamal flour.

Although the use of maize in Mexican cooking has received international recognition, its daily consumption for an important part of the population is a monotonous diet of *tortillas* and beans, which does not provide enough nutrients for a good physical and mental development. Fortification of foods that are generally consumed, as *tortillas*, can benefit most of the undernourished population. In 1997 Mexico established the addition of 7 micronutrients in nixtamal flour: vitamins A and C, riboflavin, niacin, folic acid, iron and zinc, to counteract deficiencies in the diet of the rural population especially. For this reason, fortified nixtamal flour is distributed by the government at subsidized prices[24].

NIXTAMAL FERMENTATION

Fermentation of nixtamal further enhances its nutritional properties. According to Cravioto et al.[25], after natural fermentation of nixtamal dough to obtain *pozol* (a beverage prepared by suspending in water this acidified dough), riboflavin, niacin and protein concentrations increase. Tryptophan and lysine concentrations increased from 0.46 g/100 g protein in maize to 0.71 g/100g in *pozol* and 3.05 g/100 g in maize to 3.96 g/100 g in *pozol*, respectively. The calculated biological value of *pozol* proteins was 66.75%, compared to that of maize (55.60). In accordance with this, protein efficiency ratio values for *pozol* and maize were 1.52 and 1.05 weight increase of rats/g consumed protein, respectively.

CONCLUSION

The quality of maize is greatly improved by the ancient technology of nixtamalization. It induces favourable modifications in its organoleptic attributes, rheological properties and nutritional value. Being simple and inexpensive, conditions to promote the use of this ancient technology to Africa could be assessed to contribute to improve the nutritional quality of maize based foods. Furthermore, it would be interesting to investigate if such a technology could apply for some other cereals (e.g. sorghum) widely consumed in Africa.

REFERENCES

1. Museo Nacional de Culturas Populares. El maíz, fundamento de la cultura popular mexicana. Mexico: Dirección General de Culturas Populares, SEP, 1987.
2. Katz SH, Hediger ML, Valleroy LA. Traditional maize processing techniques in the new world. Science 1974;184:765-73.
3. Lomelí Escalante A. El consumidor ante la controversia sobre la *tortilla*. In: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, eds. La industria de la *masa* y la *tortilla*, desarrollo y tecnología. México: UNAM, 1996:81-93.
4. Mertz ET. Nutritive value of corn and its products. In: Inglett GE, ed. Corn: culture, processing, products. Westport, Connecticut: The AVI Pub Co Inc, 1970:350-62.
5. Paredes-López O, Saharópulos ME. Scanning electronmicroscopy studies on limed corn kernels for *tortilla* making. J Food Technol 1982;17:687-93.
6. Gómez MH, McDonough CM, Rooney LW, Waniska RD. Changes in corn and sorghum during nixtamalization and *tortilla* baking. J Food Sci 1989;54:330-6.
7. Martínez-Bustos F, Martínez-Flores HE, Sanmartín-Martínez E, et al. Effect of the components of maize on the quality of *masa* and *tortillas* during the traditional nixtamalization process. J Sci Food Agr 2001;81:1455-62.
8. Gómez MH, Waniska RD, Rooney LW. Effects of nixtamalization and grinding conditions on starch in *masa*. Starch 1990;42:475-82.
9. Gómez MH, Lee JK, McDonough M, Waniska RD, Rooney LW. Corn starch changes during *tortilla* and *tortilla* chip processing. Cereal Chem 1992;69:275-9.
10. Gómez MH, Rooney LW, Waniska RD, Pflugfelder RL. Dry maize *masa* flours for *tortilla* and snack production. Cereal Foods World 1987;32:372-7
11. Pflugfelder RL, Rooney LW, Waniska RD. Dry matter losses in commercial corn *masa* production. Cereal Chem 1988;65:127-32.
12. Bressani R, Benavides B, Acevedo E, Ortiz MA. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during rural *tortilla* preparation. Cereal Chem 1990;67:515-8.
13. Serna-Saldívar SO, Gomez MH, Rooney LW. Technology, Chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: Watson SA, Ramstad PE, eds. Corn: chemistry and technology. St. Paul Minnesota: AACC, 1987:243-95.
14. Bressani R, Scrimshaw NS. Effect of lime treatment on in-vitro availability of essential aminoacids and solubility of protein fractions in corn. J Agr Food Chem 1958;6:774-7.

15. Poneros AG, Erdman JW Jr. Bioavailability of calcium from *tofu*, *tortillas*, nonfat dry milk and mozzarella cheese in rats: effect of supplemental ascorbic acid. J Food Sci 1988;53:208-10.

16. Urizar Hernández AL, Bressani R. Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de ácido fítico, calcio y hierro total y disponible. Arch Latinoam Nutr 1997;47:217-23.

17. Martínez-Flores HE, Figueroa JDC, Martinez-Bustos F. Physical properties and composition of femurs of rat fed with diets based on corn *tortillas* made from different processes. Int J Food Sci Nutr 2002;53:155-62.

18. Bressani R, Breuner M, Ortiz MA. Contenido de fibra ácido- y neutro-detergente y de minerales menores en maíz y su *tortilla*. Arch Latinoam Nutr 1989;39:382-91.

19. Bressani R, Gómez-Brenes R, Scrimshaw NS. Effect of processing on distribution and *in vitro* availability of niacin of corn (*Zea mays*). Food Technol 1961;15:450-4.

20. Cravioto RO, Anderson RK, Lockhart EE, Miranda FP, Harris RS. Nutritive value of the Mexican *tortilla*. Science 1945;102:91-3.

21. Dombrink-Kurtzman MA, Dvorak TJ, Barron ME, Rooney LW. Effect of nixtamalization (alkaline cooking) on fumonisin-contaminated corn for production of *masa* and *tortillas*. J Agr Food Chem 2000;48:5781-6.

22. Elías-Orozco R, Castellanos-Nava A, Gaytán Martínez M, Figueroa-Cárdenas JD, Loarca-Pina G. Comparison of nixtamalization and extrusion proceses for a reduction in aflatoxin content. Food Addit Contam 2002;19:878-85.

23. Torres Salcido G. Aspectos Sociales de la industria de la *masa* y la *tortilla*. In: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, eds. La industria de la *masa* y la *tortilla*, desarrollo y tecnología. México: UNAM, 1996:63-79.

24. Carrión Hernández O. Harina enriquecida de maíz nixtamalizado. In: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, eds. La industria de la *masa* y la *tortilla*, desarrollo y tecnología. México: UNAM, 1996:115-8.

25. Cravioto RO, Cravioto OY, Massieu HG, Guzmán GJ. "El *pozol*", forma indígena de consumir el maíz en el sureste de México y su aporte de nutrientes a la dieta. Ciencia Mex 1955;15:27-30.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 5:

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Quelles sont les stratégies qui marchent (et celles qui ne marchent pas)?

Theme 5:

Food-based strategies in West-Africa: what does work (and what doesn't)?

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Stratégies alimentaires d'amélioration de la situation nutritionnelle en Afrique de l'Ouest

Ag Bendech Mohamed

Helen Keller International (HKI), 04 BP 8150, Ouagadougou (Burkina Faso).

Auteur correspondant: *mab@hki.bf*

- Résumé -

Plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest ont adopté des politiques publiques ou plans d'action pour la nutrition. Les stratégies alimentaires sont parmi les solutions retenues. Le présent document résume à titre illustratif certaines d'entre elles.

Les stratégies alimentaires de réduction de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition protéino-énergétique: La constitution dans les pays sahéliens de stocks tampons de céréales et leur injection sur les marchés en temps de crise a permis d'éviter les grandes famines telles qu'elles ont été vécues entre 1973 et 1984. La préparation et la vente des aliments sur la voie publique dans les villes sont généralement assurées par les femmes. Les enfants d'âge préscolaire et scolaire sont quotidiennement exposés à ces aliments de qualité hygiénique douteuse. La production des aliments de complément est de plus en plus souvent assurée par des unités industrielles et artisanales.
L'ouverture de centres d'éducation et de réhabilitation nutritionnelle (CREN) ou de centres d'alimentation communautaire a été privilégiée comme intervention de lutte contre la malnutrition durant les années 1980. Les cantines scolaires sont une voie d'amélioration de l'état nutritionnel des écoliers dans les pays où elles sont incluses dans les stratégies nationales.

Les stratégies alimentaires de réduction de la carence en vitamine A: Plusieurs expériences réussies de jardinage à petite échelle ont été conduites. La promotion de la consommation de l'huile de palme rouge dans les régions non productrices a été assurée au Burkina Faso. L'enrichissement des aliments de consommation de masse vient d'être amorcé dans la région Ouest africaine.

Les stratégies alimentaires de réduction de la carence iodée: La lutte contre les troubles dus à la carence en iode, grâce à l'iodation du sel, a fait des progrès remarquables ces dix dernières années.

Les stratégies alimentaires de réduction de l'anémie nutritionnelle: Peu d'interventions de type alimentaire ont été menées pour réduire l'anémie nutritionnelle.

Mots-clés: Stratégies Alimentaires – Carences - Afrique de l'Ouest.

- Abstract -

Food strategies for improving the nutritional situation in West Africa

In several countries of West Africa where a demographic and health survey was conducted between 1991 and 1999, one child under three years of age out of three suffers from early growth retardation. The so-called micronutrient deficiency diseases (goiter, cretinism, anemia and night blindness) are frequent among women and children. Available data suggest, especially in urban area, an increase of mortality associated with excess diseases among adults. To deal with this situation, several countries have adopted nutrition public policies or action plans (Burkina Faso, Gambia and Senegal for example). Food strategies are among the proposed solutions. The present document summarizes in an illustrative way some of them.

Food strategies for reducing food insecurity and protein energy malnutrition: Establishment in Sahelian countries of crops' security stocks and their introduction on markets during crisis times has allowed to avoid big famines similar to those seen between 1973 and 1984. Foods' cooking and sale on public way in cities are generally provided by women. Preschool and school aged children are exposed daily to these foods with uncertain hygienic quality. Several interventions aimed at improving the quality of these foods have been conducted successfully in Mali, Ghana and Benin. The production of complementary foods is more and more home made or provided by industrial units.
In the 80's, the creation of nutrition education and rehabilitation centers (CREN in French) or that of community feeding centers has been privileged as intervention to fight against malnutrition. But, attempts to sustain the CREN have failed. School canteens are ways of improving school children nutritional status in countries where they are included into national strategies. Their functioning is, however, dependent upon the policy of food aid donors.

Food Strategies for reducing vitamin A deficiency: Several successful experiences of small-scale gardening have been conducted. The major constraint of this approach is the lack of funding to scale it up. The promotion of red oil consumption in regions where it is not produced has been ensured in Burkina Faso. This promising strategy offers an interesting perspective but requires more follow up and documentation. Infants' formula and margarines have been the first fortified foods with vitamin A and the fortification of mass consumption foods has just started in West Africa region. Cote d'Ivoire and Ghana have made fortified oils available on their markets.

Food Strategies for reducing iodine deficiency: The fight against iodine deficiency disorders, using iodized salt, has made remarkable progresses during the past ten years. This experience should be consolidated and sustained.

Food Strategies for reducing nutritional anemia: Few food interventions have been conducted to reduce nutritional anemia. Indeed, anemia prevalence among pregnant women and children has not decreased at all.

Key words: Food Strategies – Deficiencies – West Africa.

INTRODUCTION

Dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest ayant fait l'objet d'une enquête démographique et de santé entre 1991 et 1999, un enfant sur trois de moins de trois ans souffre d'un arrêt prématuré de croissance. La proportion d'enfants d'age préscolaire qui présente une insuffisance pondérale ou un retard de croissance a diminué dans toutes les régions sauf en Afrique au sud du sahara. Les maladies dites de carence en micronutriments (goitre, crétinisme, anémie et cécité nocturne) sont fréquentes chez les femmes et les enfants. Les données disponibles révèlent surtout en milieu urbain un accroissement de la mortalité associée aux pathologies de surcharge chez les adultes (obésité, diabète, Hypertension artérielle et certains cancers.) Cette situation s'explique par une faible productivité agricole, exacerbée par les guerres et conflits sociaux, les effets incertains de la mondialisation et les conditions économiques défavorables. Des pratiques alimentaires inadéquates particulièrement chez l'enfant, le faible accès aux aliments sains, à l'eau potable et aux soins de santé sont des déterminants non négligeables. La faiblesse globale des disponibilités alimentaires masque des disparités importantes entre les pays côtiers mieux approvisionnés et les pays sahéliens Ouest-africains qui ont encore la hantise de la *soudure*[a]*.* Les conséquences de ces problèmes nutritionnels sont immenses sur le plan de la santé publique et le développement de la sous région: mortalité et morbidité accrues, developpement physique et mental altéré, capacités de travail et d'apprentissage diminuées[1].

Les stratégies alimentaires sont parmi les solutions retenues pour relever le défi de la pénurie alimentaire en Afrique de l'Ouest. Le présent document résume à titre illustratif certaines d'entre elles.

RÔLE DES POLITIQUES ALIMENTAIRES ET NUTRITIONNELLES

La responsabilité politique de la mise en œuvre des stratégies alimentaires d'amélioration nutritionnelle dans une démarche dynamique est clairement établie[2]. Plusieurs pays disposent actuellement de politiques publiques ou plans d'action de nutrition adoptés (Burkina Faso, Gambie et Sénégal, par exemple). D'autres ont des politiques agricoles et/ou sanitaires qui intègrent des objectifs de nutrition (Bénin, Mauritanie et Mali, par exemple). Ces plans et politiques de nutrition sont d'introduction récente suite aux recommandations de la CIN en 1992[3]. Des problèmes et faiblesses liés au choix des priorités et à la mise en œuvre de ces politiques sont constamment évoqués. Cependant, ils constituent des acquis importants car ils révèlent un engagement politique stimulé par plusieurs initiatives internationales dont les plus récentes sont le sommet mondial de l'alimentation, les cadres stratégiques de lutte contre la pauvreté et l'adoption des Objectifs du Développement du Millénaire (ODM)[4]. Au niveau régional, L'Organisation Ouest Africaine de la Santé (OOAS/WAHO), organe chargé de coordonner les politiques et programmes régionaux de la santé, a inscrit des objectifs de nutrition dans son premier plan d'action. Le CILSS[b] dispose d'une stratégie de sécurité alimentaire qui concerne uniquement les pays sahéliens. Ses principaux axes stratégiques sont la prévention et la gestion des crises alimentaires, le développement de la petite irrigation de saison sèche et l'harmonisation des méthodes d'identification et d'analyse de la vulnérabilité

[a] *Il s'agit d'une période de l'année difficile qui précède la prochaine récolte caractérisée par de faibles disponibilités céréalières.*

[b] *Le Comité Permanent Inter états de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS) couvre neuf pays (Burkina Faso, Cap Vert, Gambie, Guinée Bissau, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad).*

conjoncturelle[5]. Il s'agit donc d'une stratégie qui privilégie la dimension quantitative de l'alimentation. Ces efforts politiques sont encore loin de répondre aux besoins immédiats d'amélioration d'une situation nutritionnelle qui se complexifie au fil du temps. Cette complexité est la conséquence d'une urbanisation et des changements rapides dans les modes de vie, d'alimentation et dans les politiques internationales. Les politiques internationales influencent significativement l'accès aux technologies agricoles et aux résultats de recherche dans les pays en développement en général et d'Afrique de l'Ouest en particulier. L'intégration régionale amorcée dans le cadre de la Communauté Economique Des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) peut constituer une voie de la sécurité alimentaire[6]. Dans cette perspective, le renforcement de la production de denrées alimentaires et leur distribution en privilégiant les zones défavorisées serait une solution de réduction des inégalités sociales très marquées dans la région. Il est indispensable de repenser les politiques régionales et des pays en matière de nutrition dans une démarche globale et complémentaire aux autres politiques gouvernementales de développement notamment celles qui soutiennent l'amélioration et la diversification des revenus des ménages et l'éducation des filles. Ces nouvelles politiques d'alimentation et de nutrition doivent, entre autres, améliorer l'accès de tous aux matières grasses, aux produits animaux et aux fruits et légumes[7]. Elles doivent aussi accroître la capacité d'expertise en nutrition et assurer sa stabilité.

STRATÉGIES ALIMENTAIRES DE RÉDUCTION DE L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET DE LA MALNUTRITION PROTÉINO-ÉNERGÉTIQUE

La constitution dans les pays sahéliens de stocks tampons de céréales et leur injection sur les marchés en temps de crise a permis d'éviter les grandes famines telles qu'elles ont été vécues entre 1973 et 1984. La mise au point et l'utilisation des outils harmonisés d'évaluation des campagnes agricoles, notamment céréalières et la libéralisation des marchés soutenus par des échanges triangulaires plus fréquents entre pays voisins sont d'autres expériences envisagées. L'aspect relatif à l'harmonisation des méthodes d'évaluation des campagnes céréalières est un acquis important. Il reste, en revanche, insuffisant puisqu'il n'existe pas encore d'outils efficaces d'évaluation des productions animales et des fruits et légumes.

La préparation et la vente des aliments sur la voie publique dans les villes sont généralement assurées par les femmes issues des classes pauvres et intermédiaires. Les enfants d'âge préscolaire et scolaire surtout ceux issus des familles urbaines pauvres sont quotidiennement exposés à ces aliments[8]. Des études révèlent qu'environ 20% des apports énergétiques quotidiens des citadins proviennent de cette alimentation. Ce secteur contribue à la diversification du régime alimentaire des citadins en particulier ceux issus des milieux défavorisés. En revanche, des intoxications liées à la consommation de ces aliments sont fréquemment évoquées. Une étude récente réalisée au Ghana a révélé qu'au moins 70% des échantillons d'aliments de rue prélevés contenaient des microbes[9]. Plusieurs interventions visant l'amélioration de la qualité de ces aliments ont été conduites avec succès au Mali, Ghana et Bénin. Ces interventions ont porté sur l'amélioration de la qualité hygiénique des aliments de rue et l'orientation de l'offre et la demande en faveur des écoliers et des vendeuses.

Les programmes d'alimentation de complément sont généralement intégrés à ceux portant sur l'allaitement, survie de l'enfant et santé. Le plaidoyer n'est assuré qu'à travers les programmes d'allaitement maternel[10]. Ces deux situations limitent fortement leurs chances d'expansion à l'échelle nationale. La production des aliments de complément est de plus en plus souvent assurée par des unités industrielles et

artisanales. Ces interventions semblent encore de portée limitée pour des raisons multiples notamment parce que les aliments de complément industriels sont chers et que les productions artisanales s'inscrivent généralement dans le contexte de programmes curatifs. Il me semble important de créer la demande en faveur de l'action et d'augmenter les capacités de financement et de mise en œuvre de programmes autonomes. Pour cela, il faut assurer l'engagement de l'ensemble des acteurs notamment les secteurs en charge de la production pour assurer la disponibilité et l'accessibilité des farines infantiles appropriées riches en micro nutriments.

L'ouverture de centres d'éducation et de réhabilitation nutritionnelle (CREN) ou de centres d'alimentation communautaire a été privilégiée comme intervention de lutte contre la malnutrition durant les années 1980. Au Burkina Faso, les évaluations ont montré plusieurs problèmes liés à la discontinuité de l'approvisionnement en vivres dans les CREN ne bénéficiant pas de l'assistance, à l'insuffisance de la prise en charge curative de la malnutrition, aux taux élevés d'abandon et de rechutes et à la faible importance accordée à la prévention et à la qualité des prestations d'éducation à la nutrition[11,12]. Les tentatives de pérennisation des CREN ont échoué. L'approche Prise en Charge intégrée des Maladies de l'Enfant (PCIME) adoptée et mise en œuvre par plusieurs pays est-elle une alternative au CREN ou est-elle plutôt complémentaire à leurs objectifs actuels centrés sur la récupération des enfants malnutris graves? Quelle est la place des programmes de nutrition communautaire soutenus par la Banque mondiale au Sénégal et en Mauritanie?

Les cantines scolaires sont une voie d'amélioration de l'état nutritionnel des écoliers dans les pays où elles sont incluses dans les stratégies nationales. Au Burkina Faso, le système des cantines scolaires a été instauré en 1962 dans les écoles primaires. Ce système a fonctionné durant trois décennies grâce à l'aide alimentaire. Un repas quotidien (déjeuner) est offert à chaque écolier durant les jours de semaine. Ce complément alimentaire couvre en moyenne 22% de leurs besoins énergétiques annuels et 68% de ceux en vitamine A puisque deux des trois aliments sont enrichis en vitamine A. Leur fonctionnement est, en revanche, dépendant de la politique des pourvoyeurs de l'aide alimentaire. C'est la raison pour laquelle à partir de 1998, Le Ministère de l'Enseignement de Base et de l'Alphabétisation (MEBA) a fait émerger les cantines endogènes dont le fonctionnement est entièrement financé par les parents d'élève. Les cantines endogènes ne représentent jusqu'à présent que 2% de l'ensemble du système des cantines scolaires[13].

STRATÉGIES ALIMENTAIRES DE RÉDUCTION DE LA CARENCE EN VITAMINE A

Les jardins potagers (jardins de groupements ou familiaux) peuvent répondre aux besoins domestiques en vitamine A et apporter d'autres nutriments. Traditionnellement, ce sont les femmes qui s'en occupent, elles y cultivent des légumes et parfois des arbres fruitiers. Plusieurs expériences réussies de jardinage à petite échelle ont été conduites dans plusieurs pays dont le Burkina Faso et le Niger. Au Burkina Faso, un projet pilote de jardinage scolaire et communautaire a été mis en œuvre dans 16 villages. Apres deux ans de mise en œuvre, la consommation des légumes riches en vitamine A s'est accrue et la prévalence de la cécité nocturne chez les femmes enceintes a baissé dans les villages où au moins 30 des ménages pratiquent du jardinage. Un processus expérimental d'introduction de nouvelles variétés de patates douces à chair orange riches en vitamine A a été conduit. Trois variétés sur sept de patates douces à chair orange ont été sélectionnées, à partir des critères de rendement à l'hectare et de leur teneur en vitamine A, pour la vulgarisation. La contrainte majeure de cette approche, qui contribue de façon durable

à l'amélioration des systèmes alimentaires, est l'absence de financement pour passer à une échelle plus grande.

La promotion de la consommation de l'huile de palme rouge dans les régions non productrices et non-utilisatrices a été assurée au Burkina Faso. L'huile de palme rouge est produite dans l'ouest du pays. Le projet a été initialement implanté dans la province de Sanmatenga et cible les femmes et les enfants qui reçoivent des suppléments alimentaires d'huile de palme. Après un an de mise en place d'un réseau subventionné de commercialisation d'huile de palme et de promotion, les apports en vitamine A ont doublé chez les mères et leurs enfants[14]. Dans sa phase d'extension, il a été élargi à d'autres provinces et à d'autres groupes cibles notamment les écoliers du primaire. Cette stratégie prometteuse offre une perspective intéressante mais nécessite plus de suivi et de documentation pour assurer par la suite son intégration au programme national de lutte contre la carence en vitamine A.

L'enrichissement des huiles et corps gras, du sucre, des sauces et des condiments divers est l'une des stratégies qui, une fois les investissements de démarrage couverts, peut être peu coûteuse, durable et efficace. Plusieurs pays en développement ont réussi des expériences d'enrichissement d'aliments en vitamine A notamment en Amérique latine et en Asie. Les farines infantiles et les margarines ont été les premiers aliments enrichis en vitamine A et l'enrichissement des aliments de consommation de masse vient d'être amorcé dans la région ouest africaine. La Côte d'Ivoire et le Ghana ont mis sur le marché des huiles enrichies.

STRATÉGIES ALIMENTAIRES DE RÉDUCTION DE LA CARENCE IODÉE

La lutte contre les troubles dus à la carence en iode, grâce à l'iodation universelle du sel, a fait des progrès remarquables ces dix dernières années. En 1999, plus de 60% des ménages consomment du sel iodé. Toutefois l'accès au sel iodé varie selon les pays. C'est uniquement au Nigeria que plus de 90% de la population a accès au sel iodé[15]. En effet, les pays (Ghana et Sénégal) où les petits producteurs de sel fournissent une part importante du sel destiné à la consommation humaine intérieure ou des pays voisins, posent un problème majeur car les petits producteurs ne sont généralement pas intégrés au programme national d'iodation du sel. La teneur en iode du sel est aussi très variable. Une étude d'évaluation de la teneur alimentaire en sel iodé conduite en Côte d'Ivoire a montré que tous les échantillons de sel prélevés étaient iodés. En revanche, la teneur en iode du sel n'était adéquate (entre 30 et 50 ppm) que pour 32%[16]. La qualité de l'iodation du sel reste un défi majeur qui ne peut trouver sa solution que dans la mise en place des systèmes fiables de contrôle et de surveillance à l'échelon des pays et au niveau régional. Il est aussi important d'aider certains pays producteurs de sel comme la Mauritanie pour progresser dans la voie d'iodation du sel. Il faut assurer la durabilité des programmes actuels par le renforcement du partenariat public et privé.

STRATÉGIES ALIMENTAIRES DE RÉDUCTION DE L'ANÉMIE NUTRITIONNELLE

Dans la région Ouest africaine, la quantité de fer quotidiennement consommée dépasse souvent les recommandations usuelles. En revanche, les quantités de fer absorbées sont peu importantes du fait de sa faible biodisponibilité dans les régimes alimentaires observés constitués essentiellement d'aliments d'origine végétale. Ces régimes sont généralement pauvres en fruits et légumes riches en vitamines C et A et en viandes et poissons susceptibles d'améliorer l'absorption du fer. Hormis des expériences pilotes de promotion de la spiruline, peu d'interventions de type

alimentaire ont été menées pour réduire l'anémie nutritionnelle. D'ailleurs la prévalence de l'anémie chez les femmes enceintes et les enfants n'a guère régressé. Dans le domaine des voies alimentaires qui peuvent contribuer à la réduction de l'anémie, les directives internationales suggèrent de plus en plus le recours a la biofortification[c] et l'enrichissement en fer des aliments[d]. Il me semble aussi possible d'améliorer la consommation régulière des produits animaux, riches en fer héminique (viande, poisson, abats) même si *a priori*, ils sont jugés coûteux et inaccessibles. Les causes de l'anémie dans la région Ouest africaine sont nombreuses et certaines non nutritionnelles. L'importance de ces dernières justifie des programmes intégrés de prévention de l'anémie incluant la supplémentation en fer et en anti-helminthiques et la lutte contre le paludisme. Au Ghana, un modèle de stratégie de communication de lutte intégrée contre l'anémie a été élaboré et mis en œuvre[17].

CONCLUSION

Les stratégies alimentaires sont une voie sûre d'amélioration de la situation nutritionnelle en Afrique de l'Ouest. Hormis quelques succès documentés dans le domaine de la prévention des carences en iode et en vitamine A, les progrès sont encore limités. La complexité de la situation nutritionnelle caractérisée par le double fardeau de la coexistence des carences et des pathologies de surcharge ne facilite pas la définition des orientations stratégies et politiques appropriées. Les politiques internationales, régionales ou nationales doivent privilégier une approche globale dans laquelle les voies alimentaires d'amélioration de l'état nutritionnel sont mieux ciblées et soutenues sur le plan du financement. Le développement des stratégies alimentaires doit s'opérer de façon complémentaire aux autres interventions de nutrition dans une démarche plus globale de développement durable. La capitalisation des expériences du passé et le développement de l'expertise sont des préalables à la pérennisation des acquis et au développement d'une vision prospective prenant en compte l'ensemble des facteurs qui interagissent dans le domaine de la nutrition.

RÉFÉRENCES

1. Delpeuch F, Salem G. Nutrition et développement au temps de la mondialisation: de nouveaux enjeux pour la santé publique. Cah Santé 2002;12:5-8.
2. Manan MA. An evaluation of the national food and nutrition policy of Bangladesh. Food Nutr Bull 2003;24(2):183-92.
3. Conférence Internationale sur la Nutrition. Déclaration mondiale et plan d'action sur la nutrition. Rome: FAO/OMS, 1992;63.
4. PNUD/Economica. Les objectifs du Millénaire pour le développement. Rapport mondial sur le développement humain. Paris: Pnud-Economika, 2003.
5. CILSS. Sécurité alimentaire durable dans une perspective de lutte contre la pauvreté au Sahel: Stratégie opérationnelle régionale 2003-2015. Institut du Sahel, 2002.

[c] *La biofortification permet la sélection et la promotion de variétés de haute teneur en fer ou des plantes fortifiées par transgénèse.*

[d] *L'enrichissement consiste à ajouter du fer dans un aliment afin d'augmenter les apports de ce nutriment en population. Les aliments les plus fréquemment enrichis en fer sont les farines de céréales, les farines infantiles, les condiments (sauce de poissons, soja, bouillon cube).*

6. Azoulay G. La sécurité alimentaire mondiale: de nouveaux enjeux pour le Sud? Communication au colloque sur le monde peut-il nourrir le monde? Paris, 15 octobre 2003.

7. Courade G. Vulnérabilité alimentaire et sécurité nutritionnelle en Afrique. Dossier. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 2003;116:7-9.

8. Ag Bendech M, Chauliac M, Malvy DJM. Assessment of Dietary intake at home and outside the home in Bamako (Mali). Ecol Food Nutr 1998;37:135-62.

9. Mensah P, Yeboah-Manu D, Owusu-Darko K, Ablordey A. Street Foods in Accra: How safe are they? Bull World Health Organ 2002;80(7):547-54.

10. Piwoz EG. Promotion and advocacy for improved complementary feeding: Can we apply the lessons learned from breastfeeding? Food Nutr Bull 2003;24(1):29-44.

11. Somé Koungno JF. Itinéraire des enfants admis pour malnutrition dans les centres de réhabilitation et d'éducation nutritionnelle de Ouagadougou. Thèse de Doctorat en Médecine. Ouagadougou : Université de Ouagadougou, 1998-99.

12. Ilboudo EM. Rapport final d'évaluation de l'efficacité de la récupération nutritionnelle dans 11 Centres de Réhabilitation et d'Education Nutritionnelle (CREN), sites de programmes d'intervention. Rapport Centre National de Nutrition/OMS, Juillet 2001.

13. HKI/Catholic Relief Services (CRS). Programme de santé scolaire: aspects alimentaires et nutritionnels du système des cantines scolaires au Burkina Faso. Bull HKI Burkina 2002;8:1-4.

14. Zagré NM, Delisle H, Tarini A, Delpeuch F. Evolution des apports en vitamine A à la suite de la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cah Santé 2002;12:38-44.

15. De Benoist B, Delange F. La carence iodée: bilan et perspective pour le futur. Cah Santé 2002;12:9-17.

16. Adou P, Aka D, Aké M, Koffi M, Tébi A, Diarra-Nama AJ. Evaluation de la teneur en iode du sel alimentaire à Abidjan (Côte d'Ivoire). Cah Santé 2002;12:18-21.

17. Hude J, Agble R, Nestel P. The role of communication in comprehensive anemia control: A framework for planning and implementation a strategic communication plan. Washington, DC: INACG, 2003.

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Importance du choix des régimes alimentaires pour la récupération nutritionnelle hospitalière et post-hospitalière dans les régions à forte prévalence de malnutrition sévère

Donnen[1,2] Philippe OT

[1] Ecole de Santé Publique (Université Libre de Bruxelles), Département d' Epidémiologie et de Médecine Préventive, 808 route de Lennik, 1070, Bruxelles, Belgique.
[2] CEMUBAC (Centre d'Etudes Scientifiques et Médicales de l'Université Libre de Bruxelles pour ses Activités de Coopération), Belgique.

Auteur Correspondant: *pdonnen@ulb.ac.be*

- Résumé –

En Afrique, la plupart des enfants d'âge préscolaire souffrent d'au moins une forme de malnutrition et 49% des décès sont associés à la malnutrition. La mortalité des enfants hospitalisés en malnutrition (MPE) sévère reste très élevée. L'OMS a récemment publié un protocole de prise en charge des enfants en MPE sévère. Le volet diététique est divisé en 2 phases: une phase initiale, pendant laquelle on donne une alimentation pauvre en protéines sous forme d'un mélange lacté (F75), puis une phase de récupération nutritionnelle rapide au cours de laquelle est utilisé un mélange lacté dense en énergie et en protéines (F100). Cette prise en charge permet de réduire le taux de létalité de la MPE sévère à moins de 5% mais elle nécessite une hospitalisation longue et coûteuse.

Des stratégies ont été proposées pour réduire l'hospitalisation et poursuivre la réhabilitation nutritionnelle à domicile ou dans des centres de jour: *(i)* augmenter la densité énergétique des aliments de complément en réduisant leur viscosité avec des amylases industrielles ou produites localement; *(ii)* ajouter de l'huile ou du sucre dans les mélanges, mais cela entraîne une diminution de la densité d'autres nutriments; *(iii)* fabriquer industriellement des mélanges de céréales et légumineuses additionnés parfois de vitamines et de minéraux *(iv)* augmenter les apports en micronutriments en augmentant la consommation de produits d'origine animale ou en augmentant le contenu et la biodisponibilité des micronutriments dans les aliments d'origine végétale; *(v)* fortifier les aliments de complément avec des micronutriments.

Un nouveau produit (RTUF: *solid Ready-To-Use Food*) ayant une densité énergétique 5 fois plus élevée que le F100 a été testé récemment. Il est obtenu en remplaçant une partie du lait écrémé utilisé dans la fabrication du F100 par du beurre d'arachide. Un essai clinique randomisé au Sénégal a montré que le remplacement du F100 par du RTUF permettait une augmentation significative de la quantité d'énergie journalière ingérée, de la moyenne du gain de poids journalier ainsi qu'un raccourcissement de la durée d'hospitalisation.

Mots-clés: Malnutrition sévère – Récupération nutritionnelle – Fortification.

- Abstract -

Importance of the choice of the diet for hospital and post hospital nutritional recovery in regions with a high prevalence of severe malnutrition

In Africa, most of preschool age children suffer from at least one form of malnutrition and 49% of deaths are associated with malnutrition. Mortality of hospitalised severely malnourished children remains very high.

WHO recently published a manual for the management of severely malnourished children. Nutritional component is divided in two phases: during the initial phase, child is given a milk based diet (F75) poor in protein (75 Kcal and 0.9 g of protein per 100 ml) and fortified with vitamins and minerals, except iron.
As soon as main complications are controlled starts the rapid nutritional rehabilitation phase. Child is given a protein and energy dense milk based diet (F100) added with vitamins and minerals of which iron. A solid diet is progressively reintroduced alternately with F100.
This nutritional management can reduce lethality of severe malnutrition to less than 5% but it requires a long and costly hospitalisation.

Strategies have been proposed to reduce time of hospitalisation to the reanimation phase and to continue nutritional rehabilitation at home or in day-centre. As F100 can not been used at home because of risk of bacterial contamination, different food based approaches have been tested, the divergent results of which will be discussed:

- to increase the energy density of complementary foods by reducing their viscosity with industrial or locally produced amylases;
- to add oil or sugar in the diets but this leads to a lowering of other nutrient density especially protein and iron;
- to industrially produce blends of cereals and leguminous sometimes fortified with vitamins and minerals to be used as flours for infants;
- to increase the micronutrient intakes by increasing the consumption of animal products or by improving the content and bioavailability of micronutrients in plant-based complementary foods (*reducing the content of phytates by adding phytases produced industrially or locally*);
- to fortify infant flours with micronutrients.

A new product (RTUF; *solid Ready-To-Use Food*) was recently tested. It has an energy density that is more than 5 times that of F100. This food is obtained by replacing part of the dried skim milk used in the F100 formula with peanut butter.
A randomised trial in Senegal showed that replacement of F100 by RTUF during the management of hospitalised severely malnourished children led to a significant increase in daily energy intake and in average weight gains and to a significant decrease of rehabilitation duration.

Key words: Severe malnutrition – Nutritional recovery – Fortification.

IMPORTANCE DE LA MALNUTRITION DANS LE MONDE ET EN AFRIQUE

Dans les pays en développement, près de 30% des habitants souffrent actuellement d'au moins une forme de malnutrition. Les enfants d'âge préscolaire sont les plus touchés. 26,7% des enfants de moins de 5 ans souffrent d'insuffisance pondérale (zscore PPA < -2) et 32,5% d'un retard de croissance staturale (zscore TPA < -2); 12% de la population générale présentent un goitre. 4,4 millions (0,9%) d'enfants de moins de 5 ans ont des lésions oculaires de carence en vitamine A et 127 millions (25,3%) souffrent d'une carence sub-clinique. 39% des enfants de 0-4 ans sont anémiques. Il n'existe pas de données mondiales pour la carence en fer mais on estime que la plupart des enfants d'âge préscolaire sont carencés en fer.

En Afrique, la situation est souvent pire que dans le reste du monde en développement et elle a tendance à se dégrader alors qu'elle s'améliore plutôt en Asie et en Amérique Latine. La proportion d'insuffisance pondérale chez les enfants de moins de 5 ans a tendance à augmenter (26,2 en 1980 - 28,5% en 2000). 20% de la population présente un goitre. Entre 27,5 et 61,2 % des enfants d'âge préscolaire souffrent d'une carence sub-clinique en vitamine A. La plupart des enfants de moins de 5 ans souffrent de carence en fer.

Les conséquences de la malnutrition, parmi lesquelles le décès, le retard mental et le retard de croissance, la susceptibilité accrue aux maladies infectieuses provoquent non seulement une souffrance pour les victimes et leurs proches mais elles entraînent aussi un retard de développement socio-économique de nombreuses sociétés. 49% des 10,7 millions de décès d'enfants de moins de 5 ans dans les PVD sont associés à une forme de malnutrition.

PRISE EN CHARGE DE LA MALNUTRITION SÉVÈRE

Depuis près de 30 ans, la mortalité des enfants hospitalisés en malnutrition sévère n'a pas beaucoup évolué et est restée très élevée, souvent supérieure à 30%[1].
Pourtant il y a eu beaucoup de progrès dans les connaissances sur la physiopathologie de la malnutrition protéino-énergétique (MPE) et depuis 1999 un manuel de l'OMS[2] est disponible, décrivant clairement la prise en charge des enfants en MPE sévère.

Les principales pratiques fréquemment rencontrées pouvant expliquer cette mortalité élevée sont les suivantes[1]:

- diurétiques utilisés pour traiter les oedèmes;
- pas de prise en charge spécifique les premiers jours;
- *kwashiorkor* traité comme une carence en protéines;
- pas de vitamine A à l'admission;
- anémie traitée avec du fer à un stade trop précoce;
- utilisation de la voie IV pour donner albumine / AA;
- ration non mesurée;
- pas d'alimentation la nuit;
- pas de couvertures.

Presque tous les enfants sévèrement malnutris présentent des infections, une insuffisance hépatique et intestinale ou d'autres problèmes liés à un déséquilibre électrolytique. Ils sont de ce fait incapables de tolérer les quantités habituelles de protéines, graisses et sodium alimentaires.

Du point de vue diététique, la prise en charge de la malnutrition sévère est généralement divisée en 2 phases: une phase initiale et une phase de récupération

nutritionnelle rapide. L'objectif de la première phase est d'éviter une dégradation de l'état nutritionnel. On se contente de couvrir les dépenses d'entretien et les pertes pour les protéines et l'énergie. L'OMS recommande de donner les premiers jours une alimentation pauvre en protéines, contenant 75 Kcal et 0,9 g de protéines par 100ml sous forme d'un mélange lacté (F75), auquel on ajoute un complexe de vitamines et minéraux, excepté du fer. Lorsque les principales complications sont jugulées (infections, déshydratation, hypoglycémie, hypothermie) et que l'enfant retrouve l'appétit, un mélange lacté dense en énergie et en protéines est donné (F100) avec le complexe de vitamines et minéraux. A ce stade, une supplémentation en fer doit être ajoutée. Progressivement, une alimentation solide sera réintroduite en alternance avec le F100.

Le traitement dure de 3 à 4 semaines à l'hôpital ou dans un centre de nutrition thérapeutique. Ce type de prise en charge permet, dans de bonnes conditions, un gain de poids journalier moyen de 10 à 20 g/kg et de réduire le taux de létalité de la MPE sévère à moins de 5%. Cependant, cette stratégie nécessite une hospitalisation longue, ce qui a comme principal désavantage d'obliger la mère à rester pendant tout ce temps à l'hôpital et d'exposer l'enfant à un risque d'infections nosocomiales. De plus, ce type de prise en charge est très coûteux[3].

Pour éviter ces problèmes, d'autres formules de prise en charge ont été proposées, comme le traitement des enfants au niveau de structures plus légères fonctionnant en hôpital de jour ou une prise en charge à domicile dès la fin de la phase de réanimation. Il n'est cependant pas recommandé d'utiliser le F100 à domicile. En effet, ce produit est un excellent milieu de culture et son utilisation dans un environnement peu hygiénique peut s'avérer catastrophique. D'autre part ce produit a un aspect comparable au lait en poudre dilué et son utilisation en dehors du contexte de la malnutrition sévère pourrait saper les efforts faits pour encourager l'allaitement maternel.

La poursuite de la réhabilitation nutritionnelle à domicile passée la phase initiale de réanimation pendant laquelle l'enfant est hospitalisé permet, d'après certaines études, de réduire fortement le coût du traitement sans augmentation de la mortalité. Le gain de poids est cependant moins rapide[4]. Des régimes sans lait pourraient être utilisés mais certaines études ont montré qu'ils étaient moins efficaces que les régimes à base de produits lactés[5].

Un nouveau produit a été testé récemment, le RTUF (*solid Ready-To-Use Food*). Ce produit a une densité énergétique 5 fois plus élevée que le F100. Il est obtenu en remplaçant une partie du lait écrémé utilisé dans la fabrication du F100 par du beurre d'arachides. D'après les premières études sur son utilisation, ce produit est bien accepté par les enfants[6] et un essai clinique randomisé au Sénégal a montré que le remplacement du F100 par du RTUF pendant la prise en charge d'enfants hospitalisés pour MPE sévère entraînait une augmentation significative de la quantité d'énergie journalière ingérée, de la moyenne du gain de poids journalier ainsi qu'un raccourcissement de la durée d'hospitalisation[7]. Les résultats d'études utilisant ce produit dans la prise en charge de la MPE sévère au niveau communautaire sont attendus (Malawi, Sénégal).

Le pourcentage de rechute des enfants après un épisode de MPE sévère est élevé. Ils retrouvent les conditions qui les ont menés à cet état et leur suivi est, la plupart du temps, absent ou insuffisant.

PRISE EN CHARGE NUTRITIONNELLE DES ENFANTS MALNOURRIS À PLUS LONG TERME

Il faut donc continuer la prise en charge à long terme et proposer une alimentation plus adéquate à domicile. Plusieurs pistes ont été explorées:

Augmenter les apports énergétiques

La plupart des mélanges donnés aux enfants en complément au lait maternel ont une faible densité énergétique (0,3 Kcal/g) alors que la densité énergétique recommandée est de 0,6 Kcal/g pour les enfants allaités de 6-8 mois et de 1,0 Kcal/g pour les enfants allaités de 12-23 mois[8].
Des études récentes ont montré une forte association entre la densité énergétique des aliments donnés aux enfants, la fréquence des repas et les apports en énergies des enfants.
Plus la densité énergétique des aliments était élevée, plus les apports énergétiques augmentaient. A densité énergétique égale, les apports énergétiques augmentaient avec la fréquence des repas[9].

La densité énergétique peut être augmentée en réduisant la viscosité des céréales avec des amylases. Les amylases peuvent être achetées ou produites localement par germination des céréales. Cette approche a conduit à des résultats mitigés. Les inconvénients sont un temps de préparation plus long. Le risque de contamination bactérienne est plus élevé si les amylases sont fabriquées localement. Les résultats des études ayant testé l'impact de l'addition d'amylases n'ont montré une augmentation des apports en énergie que dans 5 études sur 8[10]. Pour le moment, cette approche n'est plus encouragée. Une autre stratégie est d'ajouter de l'huile ou du sucre dans les mélanges mais cela entraîne une diminution de la densité d'autres nutriments, protéines et fer notamment[10].

Augmenter les apports protéiques

Dans la majorité des cas, les apports protéiques des enfants allaités sont suffisants. Il ne semble donc pas recommandé d'en rajouter dans les mélanges. Cela coûte cher.

Dans certaines situations cependant, les apports en protéines peuvent être insuffisants: quantité insuffisante de lait maternel, utilisation d'aliments de complément pauvres en protéines (manioc).

Utiliser des mélanges «pré-fabriqués»

Depuis les années 60, de nombreux mélanges de céréales et légumineuses additionnés parfois de vitamines et de minéraux ont été fabriqués pour servir de compléments alimentaires aux enfants.

Plusieurs problèmes ont été rencontrés:
- le coût relativement élevé surtout pour les familles d'enfants souffrant de malnutrition;
- le manque de disponibilité de ces produits en milieu rural;
- l'insuffisance de leurs contenus en micronutriments, rendant ces produits incomplets.

L'intérêt pour ces produits a été relancé ces dernières années en raison notamment de l'urbanisation, de l'augmentation du nombre de femmes travaillant à l'extérieur entraînant une demande d'aliments de complément pouvant être préparés facilement et rapidement et de la disponibilité de techniques simples de production de ces produits au niveau communautaire.

Les essais cliniques randomisés évaluant les effets d'aliments de complément «industriels» ont montré des résultats variables en terme de croissance.

Les principales caractéristiques que doivent avoir les aliments de compléments sont:
- une densité énergétique suffisante, au moins 0,8 Kcal/g si l'enfant consomme au moins 3 repas par jour;
- une proportion adéquate de macronutriments (protéines, glucides, lipides);
- des ratios micronutriments/énergie adéquats;
- une viscosité appropriée à l'âge de l'enfant;
- l'absence de facteurs antinutritionnels;
- une bonne résistance à la contamination microbienne;
- une bonne facilité de préparation;
- un emballage permettant une bonne conservation;
- un coût peu élevé;
- de bonnes caractéristiques organoleptiques.

Augmenter les apports en micronutriments

Augmenter la consommation de produits d'origine animale

Les aliments d'origine animale sont riches en micronutriments et la plupart des vitamines et minéraux sont mieux absorbés s'ils proviennent de produits animaux plutôt que végétaux. Les produits d'origine animale contiennent plus de rétinol, de vitamine D et E, de riboflavine, de calcium et de zinc par 100 kcal que les produits végétaux. Ils constituent également la seule source de vitamine B12.

Une plus grande consommation d'aliments d'origine animale a été associée à une meilleure croissance dans certaines études[11,12,13]. Une revue de la littérature faite par Dewey en 2001 montre que dans 12 études sur 15, les enfants consommant des produits laitiers avaient une meilleure croissance que les enfants qui n'en consommaient pas.

Augmenter le contenu et la biodisponibilité des micronutriments dans les aliments de compléments d'origine végétale

Les micronutriments les plus difficiles à obtenir en quantité suffisante à partir d'aliments de complément, en particulier d'origine végétale, sont le fer, le zinc, le calcium et la vitamine A. Les aliments de complément dans les pays en développement sont composés essentiellement de céréales qui contiennent des quantités importantes de phytates. Ces phytates sont des inhibiteurs de l'absorption du fer et du zinc et sont en partie responsables des carences en ces micronutriments observées chez les enfants de 6 à 24 mois.

Par des techniques de fermentation et de germination, il est possible d'améliorer la biodisponibilité en fer et en zinc d'aliments de complément d'origine végétale en réduisant leur contenu en phytates. Ceci peut se faire par l'ajout d'une phytase exogène d'origine industrielle ou d'une phytase obtenue localement à partir de graines de céréales. Cependant, l'effet de l'utilisation d'aliments ayant subi ces techniques sur l'état nutritionnel des jeunes enfants n'est pas encore clairement démontré[14].

L'ingestion de thé et de café au moment des repas peut diminuer l'absorption du fer des aliments. L'absorption du fer des céréales et des légumineuses peut être augmentée en consommant de la vitamine C au cours du repas. La vitamine C doit être donnée au cours du repas qui contient le plus de fer ou dans l'heure qui suit ce repas. Le pouvoir de l'acide ascorbique à contrecarrer l'effet inhibiteur de l'acide phytique dépend à la fois des quantités d'acide phytique et d'acide ascorbique

présentes dans les aliments consommés. Le statut en fer des enfants de 6 à 24 mois s'améliorera si de la vitamine C est ajoutée à des compléments alimentaires fortifiés en fer ou à du lait en poudre.

En général, les enfants ressentent le besoin de consommer suffisamment d'énergie pour satisfaire leurs besoins. Ceci n'est pas le cas pour les vitamines et les minéraux. Il faut donc que les aliments aient une densité suffisante en nutriments (ratio nutriments/énergie).

FORTIFICATION DES ALIMENTS DE COMPLÉMENT AVEC DES MICRONUTRIMENTS

Il est difficile de couvrir les besoins en tous les micronutriments des enfants de moins de 24 mois à partir des aliments préparés à domicile. Une revue de 23 études de supplémentation alimentaire avec différents produits dont au moins une part de produits d'origine animale a montré qu'aucun de ces régimes ne permettaient de fournir suffisamment de fer et que la plupart ne permettaient pas de fournir suffisamment de zinc aux enfants[15].

Les essais cliniques randomisés mesurant les effets de compléments alimentaires sur l'état nutritionnel des enfants ont montré des résultats divergents[10,16].

Les principales conclusions qu'on peut tirer de ces études sont les suivantes:
- ces études différaient par de nombreux points de vue: âge des enfants, composition des aliments de complément, état nutritionnel des enfants au début de l'intervention, proportion d'enfants allaités;
- dans 3 études, les compléments augmentaient la taille et le poids des enfants; dans 2 études, seul le poids des enfants avait augmenté;
- il n'y avait pas de relation entre la composition des compléments et leur impact;
- l'impact du complément sur l'état nutritionnel semblait plus important si celui-ci était donné lorsque l'enfant avait entre 6 et 12 mois plutôt que s'il était âgé de 1 à 2 ans;
- dans aucune des études, les enfants n'ont atteint la vélocité de croissance attendue pour leur âge.

SUPPLÉMENTATION EN MICRONUTRIMENTS

Fer

- L'effet d'une supplémentation en fer sur la croissance pondérale et staturale des enfants d'âge préscolaire varie d'une étude à l'autre.
- La supplémentation en fer augmente de manière significative les concentrations sanguines d'hémoglobine et de ferritine chez les enfants de moins de 24 mois. Chez les enfants de 2 à 5 ans, les résultats sont divergents.
- La supplémentation en fer améliore les fonctions intellectuelles des enfants de 2 à 4 ans.

Zinc

Une méta-analyse a montré qu'une supplémentation en zinc provoquait une augmentation significative de la taille uniquement chez les enfants qui étaient en retard de croissance (zscore Taille pour Age < -2) et une augmentation significative du poids uniquement chez les enfants dont le zinc sérique était bas. Il a également été montré qu'une supplémentation en zinc diminuait l'incidence des diarrhées et des pneumonies chez les enfants d'âge pré-scolaire[17]

Vitamine A

Une méta-analyse a montré qu'une supplémentation en vitamine A des enfants d'âge préscolaire diminuait leur mortalité de 23%, essentiellement due aux gastro-entérites et à la rougeole. L'impact d'une supplémentation en vitamine A sur la croissance des enfants d'âge préscolaire est variable en fonction des études.

Multimicronutriments

Les carences nutritionnelles sont souvent multiples chez les enfants d'âge préscolaire. Relativement peu d'études ont analysé les effets d'une combinaison de micronutriments sur leur état nutritionnel.

La difficulté tient notamment au fait que certains micronutriments doivent être donnés chaque jour alors que d'autres peuvent être donnés moins fréquemment. Les résultats des études sont divergents sur la croissance et sur le statut en micronutriments[8].

De nouvelles approches visent à tester l'ajout de micronutriments à des aliments de complément sous différentes formes: *tablets, sprinkles, spreads*.

- ***Tablets***: Un comprimé fabriqué par l'Unicef, contenant 10 vitamines et 4 minéraux a été testé chez des enfants au Pérou, en Indonésie, au Vietnam et en Afrique du Sud. Ce comprimé peut être broyé sur la nourriture ou croqué directement. Les enfants étaient répartis de manière aléatoire dans 4 groupes: 1 RDA chaque jour, 2 RDA chaque semaine, 1 RDA de fer chaque jour, 1 placebo chaque jour. Les résultats préliminaires de 3 études sur 4 montrent que l'effet de la supplémentation sur le statut en fer était meilleur dans le groupe 1 RDA chaque jour. C'est aussi dans ce seul groupe qu'un effet significatif sur la croissance a été montré dans une étude.
- ***Sprinkles***: Il s'agit de mélanges de vitamines et minéraux sous forme de poudre, présentée en sachet. Des essais ont été faits avec du fer (fumarate) mico-encapsulé et de l'acide ascorbique. Cette poudre est emballée dans des sachets et on saupoudre le contenu du sachet sur les aliments après leur cuisson. Il a été montré que le fumarate de fer micro-encapsulé était aussi efficace que le sulfate de fer sous forme liquide pour le traitement de l'anémie chez les enfants de 6 à 18 mois[18]. La même équipe vient de montrer qu'un supplément de fer et de zinc microencapsulé réduisait également de manière significative la prévalence d'anémie chez des enfants de 6 à 18 mois[19].
- ***Spreads*** **(RTUF)**: Ces pâtes à haute densité énergétique prêtes à l'emploi ont montré leur efficacité dans le traitement de la malnutrition sévère[7]. Elles permettront sans doute à l'avenir de réduire la durée d'hospitalisation et de continuer le traitement à domicile.

CONCLUSION

En conclusion, le traitement de la malnutrition sévère, standardisé par l'OMS est efficace mais peu efficient et grand consommateur de temps pour les familles affectées. De nouvelles approches de prise en charge des enfants souffrant de malnutrition sévère à domicile, en tout ou en partie, utilisant des produits alimentaires solides très concentrés (RTUF) semblent donner des résultats prometteurs à la fois en terme d'efficacité et d'efficience. Elles permettront sans doute à l'avenir d'augmenter la couverture des enfants traités et de permettre aux parents de continuer à s'occuper de leurs activités et du reste de la famille.

La prise en charge nutritionnelle de la malnutrition modérée est difficile car il faut trouver une alimentation à haute densité énergétique et riche en micronutriments à un coût abordable. Plusieurs stratégies ont été proposées mais aucune n'a réellement démontré son efficacité en terme opérationnelle. Les recherches doivent se poursuivre dans ce domaine.

RÉFÉRENCES

1. Schofield C, Ashworth A. Why have mortality rates for severe malnutrition remained so high? Bull World Health Organ 1996;74:223-9.
2. WHO. Management of severe malnutrition: a manual for physicians and other senior health workers. Geneva: WHO, 1999.
3. Ashworth A, Khanum S. Cost-effective treatment for severely malnourished children: what is the best approach? Health Policy Plan 1997;12:115-21.
4. Khanum S, Ashworth A, Huttly SR. Controlled trial of three approaches to the treatment of severe malnutrition. Lancet 1994;344(8939-8940):1728-32.
5. Brewster DR, Manary MJ, Menzies IS, Henry RL, O'Loughlin EV. Comparison of milk and maize based diet in kwashiorkor. Arch Dis Child 1997;76:242-8.
6. Briend A, Lascala R, Prudhon C, Mounier B, Grellety Y, Golden M. Ready-to-use therapeutic food for treatment of marasmus. Lancet 1999;353:1767-8.
7. El Diop HI, Dossou NI, Ndour MM, Briend A, Wade S. Comparison of the efficacy of a solid ready-to-use food and a liquid, milk-based diet for the rehabilitation of severely malnourished children: a randomized trial. Am J Clin Nutr 2003;78:302-7.
8. Allen L, Gillepsie S, Stuart R. What works? A review of the efficacy and effectiveness of nutrition interventions. Geneva: ACC/SCN, 2001. [ACC/SCN Nutrition policy paper n.19, ADB Nutrition and development series 5]
9. Brown K, Lutter CK. Potential role of processed complementary foods in the improvement of early childhood nutrition in Latin Amercica. Food Nutr Bull 2000;21:5-11.
10. Brown KH, Dewey KG, Allen LH. Complementary feeding of young children in developing countries: A review of current scientific knowledge. Geneva: WHO, 1998.
11. Marquis GS, Habicht JP, Lanata CF, Black RE, Rasmussen KM. Breast milk or animal-product foods improve linear growth of Peruvian toddlers consuming marginal diets. Am J Clin Nutr 1997;66:1102-9.
12. Allen LH, Blackstrand JR, Stanek EJ, Pelto GH, Chavez A, Molina E. The interactive effects of dietary quality on the growth and attained size of young Mexican children. Am J Clin Nutr 1992;56:353-64.
13. Allen LH. The Nutition CRSP: What is marginal nutrition, and does it affect human fonction? Nutr Rev 1993;51:255-67.
14. Lind T, Lönnerdal B, Persson L, Stenlund H, Tennefors C, Hernelle O. Effects of weaning cereals with different phytate contents on hemoglobin, iron stores, and serum zinc: a randomized intervention in infants from 6 to 12 mo of age. Am J Clin Nutr 2003;78:168-75.
15. Gibson RS. Zinc nutrition in developing countries. Nutr Res Rev 1994;7:151-73.

16. Dewey KG. Approaches for improving complementory feeding of infants and young children. Geneva: WHO, 2001.

17. Black R. Zinc deficiency, infectious disease and mortality in the developing world. J Nutr 2003;133:1485S-1489S.

18. Zlotkin S, Arthur P, Antwi K, Yeung G. Treatment of anemia with microencapsulated ferrous fumarate plus ascorbic acid supplies as sprinkles to complementary (weaning) foods. Am J Clin Nutr 2001;74:791-5.

19. Zlotkin S, Arthur P, Schauer C, Antwi K, Yeung G, Piekarz A. Home-fortification with iron and zinc sprinkles or iron sprinkles alone successfully treats anemia in infants and young children. Am J Clin Nutr 2003;133:1075-80.

2ème Atelier international / 2nd *International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Quel agroalimentaire, demain, en Afrique de l'Ouest? Un point de vue

Grongnet[1*] Jean-François, Mignot[2] Agnès

[1] Agrocampus Rennes, 65 rue de Saint-Brieuc, F-35042 Rennes cedex, France.
[2] Association Française de Transfert de Technologie (AFTT).

*Auteur correspondant: *grongnet@roazhon.inra.fr*

- Résumé -

L'amélioration des situations nutritionnelles passe souvent par un accroissement significatif du revenu monétaire des familles. C'est une étape difficile à franchir dans les sociétés rurales des pays du sud où prévaut encore très largement le modèle de l'agriculture de subsistance qui laisse les familles hors du circuit de la monnaie. A l'occasion, ce modèle cohabite avec une agriculture marchande à vocation exportatrice (coton, café, cacao….) qui se caractérise souvent par des revenus réalisés une fois par an, une modalité qui incite à des dépenses sociales de prestige et qui se traduit bien rarement par des achats alimentaires réguliers, au cours de l'année.
Aujourd'hui, les choses changent: en raison d'une urbanisation massive, de solides marchés nationaux émergent. Les communautés villageoises doivent, au plus vite, les investir afin d'en tirer une augmentation de leurs revenus. Elles y sont très mal préparées car la démarche filière qui permet de raisonner le circuit des produits «du champ du paysan jusqu'à l'assiette du consommateur», ne prévaut pas encore suffisamment. Les décideurs politiques ont, le plus souvent, privilégié des actions d'incitation à produire et délaissé la structuration de la transformation agroalimentaire et de la commercialisation dont l'indigence constitue probablement aujourd'hui, le maillon faible du développement rural. Dans les grandes métropoles, à coté des marchés traditionnels très actifs mais où les marges sont faibles, des outils de commercialisation modernes se sont mis en place. On y trouve de nombreux produits manufacturés importés et ce sont essentiellement des familles aisées qui s'y approvisionnent. Les marges commerciales potentiellement réalisables sont séduisantes mais la qualité requise pour les pénétrer semble absolument hors de portée des communautés villageoises. Pourtant, en s'appuyant sur une démarche rigoureuse d'appropriation de la technologie, passant par la rédaction et le suivi de procédures très précises, en poursuivant une stratégie de contrôle de qualité et de conditionnement hautement professionnel, des produits issus d'ateliers artisanaux voire ménagers peuvent être acceptés sur ces marchés, au même titre que des produits issus de l'industrie. La généralisation de cette dynamique représente un enjeu réel pour le développement rural car les atouts sont grands: *(i)* démarrer une action dans cet esprit ne nécessite pas de réunir un capital considérable; *(ii)* l'activité ne bouleverse pas l'organisation sociale traditionnelle du travail comme peut le faire une usine fortement dimensionnée. Toutefois, pour réussir il faut contourner divers obstacles dont le premier est incontestablement la difficulté de se procurer avec grande régularité des emballages modernes et les intrants technologiques nécessaires.

Mots-clés: Agroalimentaire - Transfert technologie - Très petite entreprise – Marché.

- Abstract -

What food sector for tomorrow in West Africa? A point of view

Improvement of nutritional status often follows a significant increase of families' income. That is a difficult step to overcome in West Africa rural societies where subsistence agriculture is still widely prevalent that let families out of monetary circuit. This pattern existed together for a long time with commercial agriculture for export (cotton, coffee, cocoa…) often characterized by income once the year, a procedure which brings to social expenses of prestige but rarely for regular food purchases during the year.

Nowadays, everything is changing: because of the massive urbanization in southern countries national markets are rising up and the rural communities must rapidly take their place in good conditions. They are not well prepared because the approach, «from the field to the consumer plate», is not sufficiently prevailing. Politic authorities have most often incited to produce and neglected structuring food processing and marketing which weakness probably constitutes today the weak link of rural development. In the great towns, near the traditional markets which remain active but where margins are low, equipments for modern marketing are setting up. Several imported manufactured products are found and it is mainly the well-off families, which shop there. The potentially realizable profit margins are attractive but the required quality to break into them seems absolutely out of rural community's possibility.

Even so, it has been shown that products from traditional small-scale production units even domestic can be accepted on these markets, as industrial products when using a strict approach of technology appropriation by writing and following accurate procedures and implementing a strategy of quality control and of highly professional conditioning. The generalization of this dynamics constitutes a real challenge for the rural development because the assets are important: *(i)* to start an action in this way does not need to gather an important capital; *(ii)* the activity does not turn upside down the traditional social organization of labor contrary to what can happens with a big plant. However, to succeed it is necessary to walk round several obstacles, in particular the difficulty to get regularly modern packaging and the necessary technological inputs

Key words: Village – Technology – Procedures – Quality – Packaging.

En dehors de conditions sociales où l'agriculture de subsistance est très prépondérante, l'amélioration de la situation nutritionnelle d'une population passe par l'augmentation du pouvoir d'achat. Or, en Afrique de l'Ouest comme dans une grande partie du continent, celui-ci est encore très faible car ces régions souffrent d'un déficit cruel de production de richesses. Les biens issus de l'activité économique sont essentiellement des matières premières agricoles et minières ainsi que des édifices auxquels il faut ajouter des articles textiles et des pièces mécaniques destinés aux marchés locaux. Il demeure que la valeur ajoutée créée est modeste.

De lourds handicaps économiques et culturels freinent l'esprit d'entreprise. Premièrement, les porteurs de projets se heurtent à un accès au crédit bancaire très difficile voire impossible. Deuxièmement, l'économie, mue par un esprit très re-distributif, limite souvent l'essor des jeunes entreprises qui, soumises à une pression sociale ou familiale forte, ne peuvent mobiliser une part suffisante de leurs gains pour leur développement. On peut noter aussi que la culture dominante ne pousse pas les personnes les mieux formées à devenir des entrepreneurs. Les modèles de réussite sociale les plus enviés, car sans doute les plus visibles, appartiennent au secteur tertiaire: beaucoup de jeunes étudient pour devenir professeur, magistrat, avocat, médecin… mais bien peu affichent leur désir de créer une entreprise. Au surplus, avertis des obstacles auxquels ils se heurteront et qui sont rappelés ci-dessus, les diplômés issus des écoles supérieures techniques ambitionnent le plus souvent de rejoindre les administrations. Ils désertent ainsi les rangs déjà clairsemés du secteur productif de bon niveau. Il importe de noter, malgré tout, que ce regrettable dédain pour la création d'entreprise chez les élites les mieux préparées, sévit aussi en France où seuls 5% des fondateurs de sociétés sont des diplômés des «grandes écoles», comme nous l'a récemment rappelé Michel Godet[1].

Pourtant, des possibilités réelles existent aujourd'hui. Compte tenu de la forte prégnance de l'agriculture dans la sous-région, le secteur agroalimentaire offre certainement les meilleures opportunités. C'est lui qui est susceptible de générer le plus aisément et le plus rapidement de la valeur ajoutée car les matières premières à travailler sont déjà produites. De surcroît, son développement contribuera, parallèlement, à conforter la situation nutritionnelle des populations. La demande marchande de produits alimentaires est déjà forte et elle augmente chaque jour car, dans la plupart des Etats, la proportion des populations vivant en ville avoisine maintenant, assez souvent, la proportion des populations vivant au village et il ne faut pas s'attendre à ce que cette tendance s'inverse. Ce mouvement d'urbanisation ne semble pas vouloir se ralentir tant le désir de rejoindre les grandes villes est vivement exprimé par les jeunes des campagnes. Ces populations urbaines ne produisent pas leur alimentation et il en résulte l'émergence de très gros marchés nationaux qui, grossièrement, sont structurés en deux sous-ensembles: le marché traditionnel et ce que l'on peut appeler le marché moderne. Le marché traditionnel se caractérise par une faible exigence de qualité et des prix souvent peu rémunérateurs pour les fournisseurs. Il draine la production villageoise qui l'approvisionne partiellement, en direct: des paysans et, plus fréquemment, des paysannes n'hésitent pas à faire de longues heures de marche, de bus ou de taxi-brousse pour vendre, quelquefois très loin, une grosse bassine de tubercules, un régime de bananes, quelques médiocres légumes ou cinq à six litres de lait, ce qui, au demeurant, illustre leur courage. Pour sa part, dans les capitales où le marché traditionnel reste dominant, le marché moderne se caractérise par des outils de grande distribution assez similaires à ceux rencontrés dans les pays les plus développés. Les opérateurs commerciaux sont d'ailleurs bien souvent les mêmes: Carrefour/Champion, Cora, Score…Les prix y sont élevés et seules s'y approvisionnent les couches aisées des populations. L'exigence de qualité y est grande. Beaucoup de marchandises, y compris alimentaires, proviennent des

circuits d'importation. Si on parvient à les concurrencer par des produits locaux, les marges réalisées seront confortables. Ces gros outils commerciaux ne doivent pas masquer que, dans des agglomérations de moindre importance, en un éventail plus limité, on trouve des articles manufacturés de bonne qualité que l'on peut même acheter, pour certains, jusque dans les mini-boutiques des villages reculés: Vache qui rit, Cérélac pour ne prendre que ces deux exemples. Au final, ce dernier flux de marchandises est notable et peut dépasser en importance celui qui traverse les hypermarchés des grandes métropoles.

Ce sont ces marchés prometteurs et rentables qu'il importe de pénétrer avec des produits locaux du meilleur niveau quand on souhaite adosser le développement économique global sur l'essor du secteur agroalimentaire. Un certain alignement sur le modèle européen traditionnel a longtemps laissé penser que, pour ce faire, il fallait mettre en place de grosses structures industrielles. Certes, en Europe, au cours de nombreuses années, la modernisation du secteur agroalimentaire s'est accompagnée d'un accroissement de la dimension des entreprises ainsi que de leurs usines si bien que, pendant très longtemps, chacun a associé, indéfectiblement, les notions de grande taille et de technologie moderne. Comme on le verra plus loin, c'était une erreur mais c'est ce modèle qui a été proposé aux jeunes Etats africains dans les décennies qui ont suivi les indépendances. Des échecs répétés en ont assez vite démontré l'inadaptation, et les structures élaborées sur ce principe se sont, le plus souvent, avérées dépourvues de rentabilité, à l'exception notable des secteurs de la limonade, de la brasserie et de la manufacture du tabac. Parmi les raisons de cette inadaptation, on pourrait citer le fait que l'installation de ces gros dispositifs a provoqué un trop grand bouleversement en changeant simultanément, d'une part, les procédés qui furent modernisés et avec lesquels les opérateurs ont dû se familiariser et, d'autre part, l'organisation sociale du travail: mise en place d'équipes nombreuses, à la hiérarchie complexe et demandant grande rigueur de comportement pour être efficaces, toutes choses auxquelles les travailleurs étaient peu préparés[2].

Deux spécificités de l'agroalimentaire portent à croire qu'un autre modèle était et reste possible. Premièrement, il faut noter que, dans ce secteur, la qualité du produit fini ne dépend en rien de la taille de l'atelier où il a été élaboré: à titre d'exemple, fromages et bières, élaborés dans des usines de grande dimension ne sont pas meilleurs, à la dégustation, que ceux fabriqués par des artisans. En France, en terme d'image, il y a même un avantage très net aux produits artisanaux car les consommateurs sont persuadés qu'un produit «fermier» ou artisanal est toujours meilleur qu'un autre issu de la grosse industrie, ce qui n'est pas toujours vérifié. Deuxièmement, en agroalimentaire, les économies d'échelle, bien que réelles, ne se réalisent pas dans les mêmes proportions que dans d'autres domaines de l'industrie. Retenons, comme secteurs de comparaison, les constructions aéronautique et automobile. On notera tout d'abord qu'aucun avion commercial n'est de facture artisanale; parler, dans ce cas précis, d'économie d'échelle perd donc partiellement son sens puisque, dans ce secteur, seules les très grosses entreprises sont en mesure d'agir. S'agissant de l'automobile, les choses sont plus nuancées: quelques constructeurs artisans résistent mais leurs produits sont démesurément chers; doués d'une forte notoriété, ils souffrent quand même souvent de défauts de fiabilité malgré un recours non négligeable à des composants achetés chez les grands constructeurs. Dans ce secteur, les économies d'échelles sont donc décisives. En agroalimentaire rien de cela: outre que, chez le petit faiseur, les qualités organoleptique et sanitaire peuvent être parfaitement assurées, les économies d'échelle sont moindres. En matière de transformation laitière, malgré des outils industriels très performants et fortement automatisés, elles sont faibles[3] et la quantité de lait transformée annuellement chez un industriel, rapportée au nombre total de salariés, n'est que trois à quatre fois supérieure à ce que l'on peut trouver chez un opérateur de taille très réduite. Ce qui

est gagné en productivité du travail industriel est partiellement perdu en coûts administratifs, frais de logistique, de communication… Pour toutes ces raisons, les ateliers agroalimentaires de petite taille ont un avenir assuré. En Europe et particulièrement en France, ils sont de plus en plus nombreux et leur succès ne se dément pas. Ils sont au même niveau sanitaire que les grosses structures car ils sont soumis aux mêmes textes réglementaires que ces dernières. Ils mettent sur le marché des produits qui sont, certes, plus chers mais qui véhiculent une forte et sympathique image de terroir. De surcroît, et c'est décisif, au moment où l'acheteur occidental se sent seul, voire angoissé, face à l'hyper-choix alimentaire que lui propose la grande distribution[4], ces petites structures réincorporent dans l'alimentation, un lien social rassurant grâce à une relation souvent directe entre le producteur et le consommateur[5].

Selon nous, ce «nouveau modèle agroalimentaire» *(petite taille mais haut niveau technologique et sanitaire)*, est très bien adapté aux pays en développement: il est peu exigeant en capital et il ne bouleverse pas l'organisation sociale du travail. Il faut noter qu'il a déjà fait ses preuves, en Afrique de l'Ouest, dans le domaine particulier de la boulangerie. C'est le seul secteur qui, en France, a persisté dans l'artisanat. De ce fait, les équipementiers de ce pays proposent du matériel très moderne mais bien adapté à la taille modeste des fournils; ces outils et les ingrédients correspondants trouvent parfaitement leur place en Afrique de l'Ouest où du pain de type français, de bonne qualité, est partout disponible. Il reste aujourd'hui à étendre ce mode d'agir à d'autres produits alimentaires manufacturés. Dans un premier temps, il ne semble pas judicieux d'appliquer la méthode aux produits d'usage courant (*attiéké, gari, foutou, bissap, dolo...*) qui semblent déjà donner satisfaction aux consommateurs et sont préparés à très bon marché, dans des conditions ménagères avant d'être vendus sur le marché traditionnel. Ils ne supporteraient sans doute pas, commercialement, l'obligatoire renchérissement généré par leur élaboration dans un atelier rationnel, entièrement dédié, dont il faudrait amortir les coûts de construction et de maintenance.

Comme l'affirma Claude Fischler[4] et Claude Levi-Strauss[6] avant lui, rien ne caractérise aussi puissamment une culture que les spécificités de ses habitudes alimentaires et de sa cuisine. Pourtant, il apparaît aussi aujourd'hui, que dans tous les pays en développement, quel que soit le continent, à côté de ce que l'on peut appeler les produits ethniques, on retrouve dans les magasins du marché moderne, des familles alimentaires quasi-universelles: gâteaux secs, confitures, farines infantiles, conserves de viande et de poissons appertisées, limonades, bières, glaces, yaourts, fromages frais et fromages de garde, sauces et condiments... Une proportion importante des quantités vendues est issue de l'importation et le reste provient de grosses usines appartenant, le plus souvent, à des multinationales dont la volonté de participer au développement local est souvent nulle. Les outils qu'elles exploitent sont très fermés sur eux-mêmes et leurs propriétaires ne sont pas enclins à diffuser leur savoir-faire alentour. C'est pourquoi un individu désireux d'entreprendre sera très démuni pour démarrer son activité.

Il importe donc de se pencher avec acuité, sur la question difficile du transfert de technologie. Une solution, maintes fois testée à l'intention des entrepreneurs potentiels des pays du Sud, est l'organisation de stages de formation dans un atelier où expertise et ouverture d'esprit se conjuguent. C'est une solution très onéreuse car ces sites se trouvent souvent à l'étranger et pour y avoir accès, il faut également posséder un bon réseau de relations. Devant ces difficultés, les débutants s'en remettent donc le plus souvent aux ouvrages disponibles ainsi que, depuis peu, aux informations accessibles sur Internet. Ils se caractérisent presque toujours, soit par une approche très générale qui en reste aux concepts et ne permet pas d'avoir prise

sur le réel, soit par une faible précision quand des modes opératoires sont décrits. Ces insuffisances sont souvent la cause de sévères déconvenues et c'est pourquoi l'Association Française de Transfert de Technologie (AFTT) et Agrocampus Rennes, s'efforcent de développer, depuis quelques années, une méthode plus performante de transfert fondée sur le principe de l'assurance qualité.

Dans tous les continents, de très nombreuses entreprises ont accompli cette démarche, validée par la certification selon les normes ISO. Les réussites sont nombreuses et quelques solides entreprises africaines s'y sont exercées avec succès (PKL à Abidjan, par exemple). La première phase peut se résumer en peu de mots: «Ecrire tout ce que l'on fait et ne faire que ce que l'on écrit». C'est l'élaboration des procédures techniques qui sont rédigées avec une précision digne des algorithmes informatiques dont chacun sait qu'une seule ligne erronée bloquera le fonctionnement du programme. Cette méthode peut être appliquée au transfert de technologie et l'AFTT ainsi que son laboratoire support, à Agrocampus Rennes, s'attache à collecter, rédiger et valider des procédures pour de nombreux produits dont l'intérêt commercial et nutritionnel est majeur. Sans avoir à se déplacer mais muni de procédures de ce type dont l'accès sera aisé, un opérateur débutant pourra espérer parvenir rapidement à fabriquer des articles d'une qualité suffisante pour pénétrer le marché moderne.

Cependant, malgré l'espoir que peut susciter cette méthode, il importe d'en percevoir les limites. Tout d'abord, il faut se souvenir que le marché moderne requiert un «packaging» de très haut niveau. Un emballage médiocre et une étiquette pauvre parce que réalisée sur une modeste imprimante de bureau, véhiculeront une connotation très négative qui déclassera le produit. Pour connaître le succès, la démarche ici proposée se doit d'être homogène à tous les stades et l'opérateur devra tout mettre en œuvre pour conditionner ses produits de façon très professionnelle. C'est chose possible partout, même si la ressource se trouve fréquemment à l'étranger. Les produits d'emballage voyagent aisément et ne sont pas périssables; on peut les stocker longuement. Il sera quelquefois un peu plus ardu de se procurer avec régularité et sécurité les intrants biologiques et chimiques nécessaires qui ne seront bien souvent eux aussi, disponibles qu'à l'étranger (levures, ferments lactiques, enzymes, vitamines, oligo-éléments…). Ce problème n'est pas sans solution car les masses mises en jeu sont toujours très limitées et l'acheminement aérien est souvent tout à fait envisageable. Ensuite, et c'est très important, il faut savoir que seules des personnes très bien formées peuvent gérer, sur les plans financier et technique, un atelier où va être mise en œuvre une technologie de haut niveau, même si le dispositif est de taille très réduite, à ses débuts. Avec en poche un diplôme de technicien supérieur ou d'ingénieur, un opérateur devra donc avoir grande confiance en son avenir et savoir affronter, de temps à autre, l'incompréhension de ses proches pour s'investir dans un projet qui suscitera peut-être, au départ, la dérision. La tentation sera alors grande de confier cet outil de production à un tiers peu qualifié afin d'être entrepreneur en soirée et fonctionnaire pendant la journée mais cela conduira très souvent à l'échec.

Ce modèle agroalimentaire peut être efficace en Afrique comme dans d'autres régions émergentes du globe, pour le développement général des Etats et, partant, pour l'amélioration de la situation économique et nutritionnelle des populations. S'il réussit sur une vaste échelle, il évitera peut-être à ces zones de se voir totalement investies, à long terme, par des multinationales industrielles ou commerciales hyper puissantes pour ne pas dire sub-totalitaires, si le lecteur veut bien pardonner ce néologisme. La croissance de ces mastodontes qui se poursuit aujourd'hui, le plus souvent dans le cadre de fusions-acquisitions, ne vise plus guère l'amélioration de l'efficacité technologique qui était acquise bien avant cette ère du gigantisme. Elle s'inscrit tout entière dans une logique d'affrontements sans merci entre concurrents ou entre

acheteurs et vendeurs de matières premières et produits finis. Pour prendre l'exemple contemporain de la production porcine en Europe, dans quelques Etats de ce continent, deux ou trois centrales d'achat achètent la quasi-totalité de la production porcine nationale à des groupements de producteurs qui ne sont pas plus nombreux. Il en résulte d'âpres batailles commerciales qui font d'innombrables victimes et se concluent, aujourd'hui, au bénéfice de la grande distribution, en très nette position de force. Ne peut-on substituer à cette logique du gigantisme et de l'écrasement de l'autre, une logique de réseaux peuplés d'opérateurs à taille humaine, comme le propose Michel Houdebine[7]? C'est une situation qui n'exclut pas, pour autant, une concurrence loyale et saine entre les acteurs, qui est vecteur d'émulation et de progrès? Des observateurs avertis comme Minguet et Dherse[8] discernent, ici ou là, dans les pays développés, en opposition au mouvement très médiatisé des fusions-acquisitions, les prémisses d'un mouvement opposé, le «down-sizing» qui vise à ré-humaniser l'économie en réduisant la taille des entreprises. Il est encore très hésitant et peine à s'imposer même quand le droit et les gouvernements tentent d'y contribuer (ex: le procès Microsoft aux USA qui fut marqué par la demande du ministère public, d'un démantèlement de la firme). Quand on le peut encore, ne faut-il pas s'en tenir, dès le départ, au «Small is beautiful» du grand économiste E.F. Schumacher[9]? Ne serait-ce pas ainsi faire preuve de la sagesse à laquelle l'Afrique a habitué le monde?

RÉFÉRENCES

1. Godet M. Le choc de 2006, Démographie, croissance, emploi. Pour une société de projets. Paris: Odile Jacob, 2003.
2. Grongnet JF. La production porcine dans le bassin de Cotonou-Porto-Novo. Rapport de mission pour le Secrétariat d'Etat à la Coopération. 1997.
3. Trémolet V, Chalvignac E. Un chiffre d'affaires en hausse pour tous les métiers du lait. Revue laitière française 2002;623:17-21.
4. Fischler C. L'homnivore. Paris: Odile Jacob, 1990.
5. Grongnet JF. Le mythe de l'age d'or. Pour. 2003;178:55-60.
6. Lévi-Strauss C. L'origine des manières de table. Mythologiques 3. Paris: Plon, 1968.
7. Houdebine M. Vive les maquis économiques. Paris: Ad Lib Editions, 2000.
8. Minguet H, Dherse JL. L'éthique ou le chaos. Paris: Presses de la Renaissance, 1999.
9. Schumacher EF. Small is beautiful. Paris: Seuil/Contretemps, 1978.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam

Monvois[1*] Chantal, Trèche[2] Serge

[1] Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, 211 Rue Lafayette, 75 010 Paris, France.
[2] UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *chmonvois@gret.org*

- Résumé -

Nutridev est un programme international de réduction de la malnutrition chronique chez le nourrisson de moins de deux ans. Née de la synergie entre savoir-faire de partenaires français et des pays du Sud, entre experts d'horizons multiples, cette expérience initiée en 1994 tend à faire la preuve que la mise à disposition d'aliments de qualité nutritionnelle satisfaisante, vendus à prix accessibles à tous, liée à l'éducation nutritionnelle des populations est une voie de réduction des diverses formes de malnutrition infantile. La mise en œuvre de cette approche dans divers contextes a mis en évidence l'existence d'une palette variée de voies alimentaires adaptables à chaque contexte socioculturel et économique.

Mots-clés: Malnutrition infantile – Alimentation de complément – Stratégie intégrée.

- Abstract -

Strategies to improve feeding of young children in Africa: lessons learnt from projects implemented in Madagascar and Vietnam

Introduction: Since 1994, GRET, IRD, and local partners have set up the Fasevie and Nutrimad Projects in Vietnam and Madagascar, respectively. A similar approach is being implanted in Burkina Faso *(the NutriFaso project)*. The experience acquired makes it possible, as part of an approach called "NutriDev", to assess and disseminate a full range of know-how aiming to reduce infant malnutrition in other contexts.

General strategy: Provide populations with context-appropriate complementary foods (in addition to breast milk) that are accessible to all, and teach them how to use these foods appropriately (*nutritional status, food habits, availability of raw materials, level of technological development, etc.*).

Proposed approach: Prior diagnostics reveal primarily a lack of nutritional knowledge among populations and a lack of access to foods with suitable characteristics for young children after six months of age. Therefore, there is a need for:

- Educating populations: NutriDev sets up nutrition education programmes whose main recommendations are to maintain exclusive breastfeeding until the age of six months and, from that age onwards, introduce suitable complementary foods in addition to breast milk. The nutrition messages are disseminated via local organisations or networks.
- Defining foods that are suitable in terms of nutrient composition (*formulation with the assistance of the Alicom software elaborated by IRD*), energy density, micronutrient bioavailability, accessibility (price, ease of preparation), and organoleptic characteristics.
- Defining realistic modes of production and distribution for these foods: semi-industrial production and sale by small food processing units; community-level fabrication; transfer of improved recipes to households or canteens for young children…
- Elaborating and implementing at pilot scale integrated strategies and assessing them to propose efficient solutions and tools for larger scale application.

Obtained or expected results: reduction of infant malnutrition, creation of viable enterprises, optimisation of local farming resources, and increased education among populations.

Lessons learnt able to be applied in Africa:

- an ability to distinguish between on-going and conjectural causes of malnutrition;
- diversified solutions and tools that can be rapidly adapted to different contexts;
- knowledge of the constraints and limits of the strategies already proposed, leading to envisaging approaches that rely more heavily on existing production and commercialisation circuits and also taking into account the nutritional problems faced by pregnant and breastfeeding women.

Key words: Infant malnutrition – Complementary food – Integrated strategy.

INTRODUCTION

Depuis 1994, le Gret (Groupe de recherche et d'échanges technologiques), l'IRD (Institut de recherche pour le développement) et des partenaires locaux concernés ont mis en place les projets Fasevie au Vietnam et Nutrimad à Madagascar. Une implantation de la démarche est en cours au Burkina Faso (projet NutriFaso). Issus de la volonté de travailler en synergie entre partenaires scientifiques et techniques, ces projets ont été, de plus, l'occasion de mettre en place d'étroits partenariats entre organismes de France et ceux des pays concernés.

Les expériences acquises permettent, au sein d'une démarche transversale, appelée Nutridev, de concevoir, tester, évaluer, et enfin, de diffuser un ensemble de savoir-faire visant à la réduction de la malnutrition infantile dans divers contextes des pays du Sud.

LA STRATÉGIE GÉNÉRALE NUTRIDEV

Le lien entre alimentation infantile et santé

Les connaissances actuelles[1,2,3] en terme de nutrition infantile indiquent que le jeune enfant devrait être allaité exclusivement au sein au cours des 6 premiers mois et recevoir, à partir de cet âge, des aliments de complément ayant des caractéristiques adaptées à ses besoins nutritionnels et à sa physiologie, tandis que l'allaitement devrait se prolonger au-delà de deux ans. Une alimentation inadaptée pendant les deux premières années de la vie induit un retard dans le développement intellectuel et physique de l'enfant dont les conséquences peuvent être durables. De ce fait les nourrissons et les jeunes enfants en période d'alimentation complétée sont une cible prioritaire pour les actions d'amélioration de l'alimentation.

Agir sur la qualité de l'alimentation de l'enfant de moins de deux ans apparaît comme une nécessité pour permettre à ces futurs adultes de participer davantage au développement économique de leur pays. Pour atteindre ce but, il est indispensable de conseiller les mères sur le meilleur calendrier de sevrage possible pour leurs enfants en leur proposant des solutions accessibles.

Nutridev, une méthodologie en cours de validation

Le programme Nutridev vise à réduire, en intervenant au niveau de sa prévention, de façon durable la malnutrition dans les contextes d'intervention ciblés. En développant dès le démarrage des partenariats avec les organismes concernés, Nutridev vise à créer les conditions d'autonomisation des partenaires à terme.

La stratégie générale adoptée par Nutridev est de mettre à disposition des populations, en leur apprenant à les utiliser de manière appropriée, des aliments de complément au lait maternel accessibles à tous et adaptés aux contextes (situation nutritionnelle, habitudes alimentaires, disponibilités en matières premières, niveau de développement technologique, etc.). *«Accessibles à tous»* signifie, d'une part, des prix de vente adaptés au pouvoir d'achat de toutes les familles, même les plus démunies, et d'autre part, une disponibilité régulière et large sur le marché local. *«Apprendre à les utiliser de manière appropriée»* suppose la mise en œuvre d'activités adaptées au contexte pour améliorer les connaissances nutritionnelles des mères, notamment aux niveaux des pratiques d'allaitement à la naissance, du calendrier de sevrage et des caractéristiques que doivent nécessairement avoir des aliments de complément appropriés.

LES CONTEXTES D'INTERVENTION DE NUTRIDEV

Des situations nutritionnelles préoccupantes

Au Vietnam

Le rapide développement économique que connaît le Vietnam depuis 1986, date de mise en œuvre de la politique de *«Doi moi»* (rénovation), génère des différenciations dans la population pour l'accès aux biens et aux services. Les services de base que constituent l'éducation et la santé, autrefois pris en charge par l'Etat, et à ce titre accessibles à tous et gratuits, se libéralisent partiellement. Si l'état de santé de la population s'est globalement amélioré, des écarts apparaissent entre catégories sociales, entre villes et campagnes et entre différentes régions du pays. Si les deux deltas du Mékong et du Fleuve Rouge ont connu un développement accéléré, les provinces côtières du Centre et les montagnes du Nord et du Centre sud (Hauts plateaux) sont reconnues comme les plus pauvres du Vietnam.

La situation nutritionnelle des enfants de 0 à 5 ans reste préoccupante. Selon la dernière enquête nationale[4], la prévalence du retard de croissance chez les enfants de 0 à 5 ans est de 33,8%, certaines zones d'extrême pauvreté pouvant présenter une prévalence de plus 45%. Chez ces mêmes enfants, le taux d'émaciation est supérieur à 8%, l'insuffisance pondérale est de 36,5%. A noter que cette situation est cependant en nette amélioration par rapport à celle de 1990 qui évaluait à 45% la prévalence du retard de croissance chez cette même catégorie d'enfants. Une situation nutritionnelle peut donc s'améliorer rapidement dès lors que les conditions sont requises.

A Madagascar

Les enquêtes sur la situation nutritionnelle, notamment l'Enquête Nationale Démographique et Sanitaire[5] réalisée en 1997, montrent une situation alarmante au niveau national. En 1997, près d'un enfant sur deux (48,3%) âgé de moins de 3 ans était retardé en taille (T/A < - 2ET; NCHS), preuve d'une malnutrition chronique répandue. Celle-ci peut être considérée comme sévère (T/A < - 3ET; NCHS) chez plus d'un enfant sur cinq (21,6%). Ces prévalences de retard de taille sont nettement supérieures à celles observées dans la plupart des pays en développement.

Cette malnutrition protéino-énergétique s'installe très rapidement après la période d'allaitement exclusif puisque le minimum du Z-score du poids sur l'âge atteint un minimum peu après l'âge de 12 mois[6]. Cette précocité d'apparition de la malnutrition tend à montrer que les problèmes nutritionnels des jeunes enfants sont étroitement liés à leur alimentation au cours de leurs deux premières années de vie et en particulier entre 6 mois et un an.

Des pratiques alimentaires du nourrisson inadaptées

Au Vietnam

L'allaitement maternel est largement pratiqué juste après la naissance. Toutefois, les enquêtes que nous avons menées[7] dans deux provinces du Vietnam ont montré que les conditions de son initiation sont rarement optimales, le taux d'allaitement exclusif très faible (moins de 20% pendant les 4 premiers mois) et la durée de l'allaitement trop courte. Par ailleurs, la faible densité en énergie et en nutriments des premiers aliments de complément utilisés ainsi que leur faible fréquence journalière de distribution ne permet pas à l'enfant de compléter, à partir de 6 mois, les apports du lait maternel pour couvrir ses besoins nutritionnels[8].

Il est important de noter que les mères vietnamiennes préfèrent généralement acheter des farines prêtes à l'emploi dès que leur pouvoir d'achat le permet et n'ont pas la tradition de préparer elles-mêmes les bouillies. Celles ci sont souvent remplacées par des plats de riz mou écrasé cuit dans un excès d'eau *(chao)* que l'on peut assimiler à des pseudo-bouillies mais dont la densité énergétique ne dépasse pas 60 kcal/100 g. Les aliments de complément distribués aux jeunes enfants au Vietnam sont donc perfectibles, tant sur le plan nutritionnel qu'économique. Actuellement, aucune solution alimentaire satisfaisante à la fois sur le plan économique (prix accessible aux plus pauvres) et sur le plan nutritionnel, n'est disponible à la grande majorité des enfants.

A Madagascar

L'enquête EDS[5] de 1997 a permis d'établir que, parmi les enfants nés au cours des 3 années ayant précédé le passage des enquêteurs:

- 96,9% en zones rurales ont été allaités;
- 31,9% et 78,5% des enfants avaient été mis au sein maternel respectivement dans l'heure et dans les 24H qui ont suivi la naissance;
- le taux d'allaitement exclusif sur l'ensemble du territoire est de 61,4% pour les enfants de moins de 4 mois et de 22% pour les enfants de 4 à 6 mois avec une durée moyenne d'allaitement exclusif en zones rurales de 2,2 mois.
- la durée médiane de l'allaitement en zones rurales est de 20,7 mois

Les aliments distribués aux nourrissons consistent essentiellement en du riz préparé sous diverses formes (*ranom bary,* sorte d'écume récupérée à la surface de l'eau de cuisson du riz; *kobam bary,* bouillie préparée à partir de grain de riz grillé puis pilé; *vary soasoa*, riz ayant subi une cuisson prolongée dans un excès d'eau et plus ou moins écrasé après cuisson*; vary maina*, riz cuit pour le plat familial; *vary mohafina*, obtenu après une seconde cuisson du *vary maina* dans un excès d'eau; *ranom aponjo,* préparé en faisant recuire dans un excès d'eau le riz attaché au fond de la casserole après préparation du *vary maina*) parfois mélangé avec des crevettes séchées et pilées, de la viande, du poisson, de l'huile ou du sucre, et plus rarement des légumineuses écrasées et des sauces à base de brèdes. Du pain, des sortes de gaufres sucrées (*mofo gasy*) ou salées (*mofo sira*) ou des beignets (*mofo menakely*) sont parfois donnés en supplément des aliments à base de riz.

Les enquêtes que nous avons réalisées en zones[9] urbaines et rurales ont confirmé cette trop grande précocité de l'introduction des aliments de complément et leur inadéquation aux besoins de l'enfant en raison de leur trop faible densité en énergie et en nutriments.

L'APPROCHE PROPOSÉE PAR NUTRIDEV

Dans les programmes visant à améliorer la santé publique et plus particulièrement les situations nutritionnelles, il s'agit de travailler en développant les synergies les plus complètes possibles entre partenaires internationaux et locaux, chacun apportant une partie des connaissances utiles à la définition de stratégies efficaces. De même, il est important de travailler entre partenaires d'expertises complémentaires, les problèmes de malnutrition étant généralement le résultat de caractéristiques d'ordre technique, économique, social, culturel, etc.

L'IRD est en charge de l'approche scientifique du programme Nutridev. Ce travail consiste à identifier les causes, définir des actions à mener pour améliorer l'alimentation des enfants (aliments adaptés aux besoins des nourrissons, éducation des familles pour changer les habitudes alimentaires, etc.) et à évaluer leurs impacts

auprès des populations. Le Gret, ONG française de transfert de savoir-faire vers les pays du Sud, est responsable de l'approche technique. Cette association traduit les recommandations scientifiques en actions concrètes et les met en œuvre avec des partenaires locaux: aider à produire les aliments localement, les rendre accessibles aux populations, travailler avec les populations pour faire évoluer les habitudes alimentaires. Les partenaires locaux apportent dans le partenariat leur propre savoir-faire, et la connaissance approfondie du contexte local.

Le cycle des projets Nutridev

L'identification et la mise en place de la démarche sont réalisées en six étapes:

- Identification des caractéristiques du milieu: le contexte est évalué auprès des populations afin de mieux connaître la situation nutritionnelle des enfants, les pratiques alimentaires et de sevrage, les matières premières disponibles, le niveau de développement technologique, les caractéristiques socioéconomiques et culturelles.
- Analyse des déterminants de la malnutrition: parmi les nombreuses causes de malnutrition, sur lesquelles est-il possible d'agir?
- Définition des actions à mener: informer et impliquer les populations grâce aux campagnes d'éducation sur les thèmes de l'hygiène et de la nutrition; choix des voies alimentaires acceptables par la population.
- Exécution des actions avec les partenaires: le partenariat est un facteur clé de la pérennité et de l'autonomie du programme. Concernés et impliqués dès le départ, les partenaires locaux s'investissent durablement.
- Evaluation de la pertinence des actions: quel est l'impact du programme sur la santé des enfants? A-t-il modifié les habitudes alimentaires?
- Analyse du travail effectué pour en tirer les enseignements permettant d'affiner la stratégie et, si besoin est, la modifier avant de la tester à nouveau.

S'attaquer aux déterminants de la malnutrition

Après dix années de travail de recherche/action sur le terrain, Nutridev peut être résumé en quatre points de stratégie générale, qui se sont révélés justifiés dans les contextes d'intervention abordés à ce jour. En effet, si le niveau économique des ménages semble être le déterminant le plus constant[10] des pratiques alimentaires des jeunes enfants, les diagnostics préalables ont également mis en évidence le manque de connaissances nutritionnelles des populations et d'accès à des aliments ayant des caractéristiques adaptées aux nourrissons à partir de six mois. Les quatre axes de travail de Nutridev sont donc à ce jour organisés en quatre thèmes.

Eduquer les populations

NutriDev met en place des programmes d'éducation nutritionnelle dont les principales recommandations sont le maintien de l'allaitement maternel exclusif jusqu'à l'âge de six mois et l'introduction, à partir de cet âge, d'aliments de complément ayant des caractéristiques adaptées. Les messages nutritionnels sont diffusés via des organismes ou des réseaux locaux. Il s'agit de développer des réseaux efficaces et pérennes de diffusion des messages. Nutridev a veillé à travailler à l'élaboration et la diffusion des messages avec les organismes dont l'éducation des populations est la mission première: les associations de quartiers d'Antananarivo, les volontaires villageois du projet de nutrition à assise communautaire (Nac) à Madagascar, l'Union des femmes du Vietnam, etc.

Définir des aliments adaptés

Il s'agit de définir des aliments adaptés en terme de composition en nutriments, de densité énergétique, de biodisponibilité des micronutriments, d'accessibilité (prix, facilité de préparation) et de caractéristiques organoleptiques.

Organiser la production locale des aliments

Nutridev accompagne la définition de modes de production et de mise à disposition réalistes pour ces aliments: production semi-industrielle et commercialisation par de petites unités agroalimentaires; fabrication au niveau communautaire; transfert de recettes améliorées au niveau des ménages ou de cantines pour jeunes enfants…

Evaluer avant de changer d'échelle

Nutridev apporte son appui pour élaborer et mettre en œuvre à l'échelle pilote des stratégies intégrées et les évaluer afin de proposer des solutions et des outils efficaces pour une application à plus grande échelle.

LES PREMIERS RÉSULTATS OBTENUS

Le programme Fasevie au Vietnam

Ce projet initié en 1994, en partenariat entre le Gret, l'IRD et l'INN (Institut national de Nutrition) de Hanoi, vise à tester des stratégies de réduction de la malnutrition infantile par la mise à disposition sur le marché d'aliments de complément au lait maternel accessibles à tous, produits dans des unités de production vietnamiennes. Des campagnes d'éducation des populations sont menées auprès des publics concernés.

L'implantation concrète de la démarche

Après la phase de diagnostic, la seconde phase a consisté à concevoir des outils. Le contexte vietnamien se prêtait au développement de solutions relativement «sophistiquées», grâce à une population cible éduquée aux questions de l'eau et de l'hygiène et une économie en pleine évolution. Les solutions alimentaires retenues ont été au nombre de deux: une farine instantanée complète (Favilo, Favina) et un complément alimentaire à ajouter au plat familial (Favilase). Les produits sont emballés dans des boîtes en plastique de 400g avec étiquette quadrichrome (farine complète) ou en sachet multicouche aluminium (Favilase), d'aspect attractif et moderne.

Pour ce faire, une technologie de cuisson-extrusion à très faible coût a été mise au point dans le cadre du projet[11,12] et quatre unités de production, installées dans 4 provinces différentes, ont été appuyées sur le plan technologique, marketing et gestion pour développer ce marché d'aliments de complément instantanés auprès des populations vietnamiennes, même les plus défavorisées.

L'éducation nutritionnelle a été mise en place sur sept districts de deux provinces, grâce à la formation de 1 800 volontaires de l'Union des femmes, qui visitent les mères à leur domicile et leur apportent les conseils adaptés à l'âge de leur enfant. Ce système est économiquement viable dans la mesure où les volontaires sont également chargés de la vente des produits et en tirent un revenu satisfaisant.

L'appui à la mise en place locale d'unités de production d'aliments de complément au lait maternel a permis de les rendre accessibles à tous (1 000 à 2 000 VND/enfant/jour – soit, 0,05 à 0,11 € ou 36 à 72 Fcfa - contre 3 000 VND – soit 0,16 € ou 108 Fcfa - avec les autres produits locaux).

Des résultats préliminaires sur le statut nutritionnel de l'enfant

La stratégie développée par Fasevie fait l'objet depuis 1997 d'études visant à en mesurer sa pertinence:

- une étude d'utilité biologique *(«efficacy study»)* des aliments de complément Favina et Favilase dans laquelle est prévue d'étudier l'effet de la consommation effective des aliments proposés non seulement sur les niveaux d'ingérés en énergie et en nutriments à partir des aliments de complément mais aussi la croissance et le statut en micronutriments des enfants.
- une étude d'impact («*effectiveness study*») dans un district pilote de plus de cent mille habitants (district de Thang Binh, province de Quang Nam au centre du Vietnam) visant à mesurer, l'effet après deux ans de la stratégie sur l'état nutritionnel de l'ensemble des enfants de moins de 2 ans du district par comparaison avec l'évolution de la situation pendant la même période dans un district témoin. Cette étude est couplée avec des enquêtes par questionnaire effectuées tous les 6 mois dans le district d'intervention pour mesurer l'évolution des connaissances nutritionnelles des mères et des femmes en âge de s'occuper des enfants afin de mesurer plus spécifiquement l'efficacité de la campagne d'éducation nutritionnelle.

Les premiers résultats de l'étude d'utilité biologique sont encourageants, avec notamment pour les enfants âgés de 6 à 12 mois: une réduction significative de la prévalence d'anémie (-27% et - 45% pour les groupes consommant régulièrement les produits Fasevie Favina (farine complète) et Favilase, (complément alimentaire) contre -13% pour le groupe témoin; $p<0,0001$); un maintien satisfaisant de la concentration en ferritine (-3,3 et +1µg/l pour les groupes d'intervention contre -8,9µg/l dans le groupe témoin, $p<0,0001$); une tendance à une amélioration de la concentration en rétinol sérique (+0,18 et +0,21 µg/l pour les groupes d'intervention contre +0,14 µg/l pour le groupe témoin; $p=0,14$). L'ensemble des résultats de ces études sera disponible début 2005.

Le programme Nutrimad à Madagascar

Nutrimad a également démarré par une phase expérimentale en 1994. A partir des résultats de cette phase expérimentale menée en milieu urbain (Antananarivo) et rural (région de Brickaville), l'équipe a construit une méthodologie opérationnelle autour de trois axes d'intervention pour chacun des contextes:

- un volet d'éducation nutritionnelle;
- un volet agroalimentaire pour la mise au point des farines et des compléments alimentaires;
- un volet de suivi-évaluation.

Le contexte malgache d'extrême pauvreté a amené l'équipe à développer des méthodologies et des solutions alimentaires différentes de celles adoptées au Vietnam: les farines ne sont pas instantanées mais à cuire, afin de pallier le manque d'éducation à l'hygiène des populations. Afin d'intégrer les contraintes économiques dans l'établissement du prix de revient, les emballages sont unitaires (30 et 50g) avec des sachets en polyéthylène (choix possible grâce au réseau de distribution de proximité), etc.

Les activités de Nutrimad dans les quartiers urbains

Nutrimad a implanté les activités du projet dans cinq quartiers d'Antananarivo, en partenariat avec des acteurs locaux qui, par la suite, sont censés poursuivre la démarche en toute autonomie:

- Un volet éducation nutritionnelle: des animatrices sont formées dans chaque quartier pour délivrer des messages lors de visites à domicile.

- Un volet agroalimentaire: une farine infantile à cuire *Koba Aïna* a été mise au point avec un industriel pour répondre aux besoins nutritionnels des jeunes enfants. Elle est vendue dans le réseau Nutrimad de restaurants pour enfants au prix de 3 500 Fmg le kg (soit 0,5 € ou 325 Fcfa), alors que les farines commerciales de qualité nutritionnelle équivalente sont vendues à un prix de 50 000 Fmg/kg (7,1 €, 4600 Fcfa).
- Des restaurants pour bébés (*Hotely zazakely*) installés par l'équipe Nutrimad vendent à la fois des bouillies préparées à partir de la farine *Koba Aïna* et des plats à base de riz enrichis avec des légumineuses pour les enfants plus âgés. Ces restaurants pour enfants constituent un réseau original de diffusion des solutions alimentaires Nutrimad et un lieu de formation des mères dans les quartiers d'interventions.

La phase pilote a permis de valider l'approche du projet Nutrimad mise au point lors de la phase expérimentale et de d'étendre la zone du projet à trois nouvelles villes (Toamasina, Fianarantsoa et Antsirabé) et à de nouveaux quartiers d'Antananarivo.

Les activités de Nutrimad en zone rurale

Depuis 1995, l'Unicef appuie le gouvernement de Madagascar pour la mise en œuvre d'un programme de Nutrition à assise communautaire (NAC). En 1998, le Gret, l'IRD, le Labasan (Laboratoire de biochimie appliquée à la nutrition et à l'alimentation de l'Université d'Antananarivo) se sont engagés pour définir et mettre en œuvre un volet d'appui au projet Nac - le volet Nutrimad rural – afin de permettre aux communautés et aux ménages de disposer des aliments de complément de qualité, économiquement accessibles à tous, et préparés à partir d'ingrédients locaux[13].

Après avoir vainement essayé de promouvoir la préparation de farines au niveau de chaque village, le projet Nutrimad a choisi de faire produire une farine infantile par les animateurs d'une ONG locale (ASOS) dans une unité installée à Brickaville et destinée à approvisionner les mères de l'ensemble de la sous-préfecture. Des volontaires villageois sont chargés à la fois de transmettre les messages d'éducation nutritionnelle et de revendre les farines avec une marge raisonnable.

Un suivi des enfants avec mesures anthropométriques et enquêtes auprès des familles permettra d'ici un an d'en estimer l'impact sur les pratiques alimentaires et l'état nutritionnel des jeunes enfants. Si cette stratégie de fabrication décentralisée d'aliments de complément est validée par une amélioration des indicateurs nutritionnels des jeunes enfants, elle pourra être reproduite dans d'autres régions de Madagascar.

QUELS ENSEIGNEMENTS EN VUE D'UNE MISE EN APPLICATION EN AFRIQUE?

De ces dix années de travail de recherche action, Nutridev tente aujourd'hui de tirer des enseignements valables dans divers contextes d'intervention.

Comprendre les déterminants de la malnutrition

Le travail préliminaire à toute action, et à poursuivre tout au long de l'intervention, devrait être de comprendre de la façon la plus précise possible les déterminants de la malnutrition, en appréhendant en profondeur les composantes socioculturelles et économiques du contexte d'intervention. Sous-estimer l'importance de cette phase d'approche du contexte peut mener à des erreurs fatales en terme de choix stratégiques, et ce faisant à une non-atteinte des objectifs. A titre d'illustration, Nutridev prévoit d'élargir désormais, dans certains contextes, sa cible d'intervention initiale en

terme de consommation d'aliments fortifiés (les enfants de 6 à 24 mois) aux femmes enceintes et allaitantes.

A plus long terme, Il est important de profiter de la diversité des contextes d'intervention pour chercher à appréhender les déterminants des pratiques alimentaires et de la malnutrition infantile et de dégager d'éventuelles constances ou spécificités aux niveaux de leur nature et de leurs implications[10]**.**

Mettre en synergie des savoir-faire complémentaires

La phase d'identification des déterminants de la malnutrition fait rapidement appréhender la complexité du problème et la diversité des savoir-faire complémentaires à mettre en œuvre dans ce type d'approche de santé publique. Il ressort clairement que réduire la malnutrition dans les contextes des pays du Sud passe nécessairement par la mise en place de stratégies basées sur l'accès à une alimentation équilibrée pour tous, dès lors que l'on vise des résultats pérennes.

Nutridev existe aujourd'hui parce que, dans chaque contexte d'intervention, des partenaires de savoir-faire complémentaires ont su travailler avec un objectif commun de réduction de la malnutrition infantile: des chercheurs, des développeurs, des politiques, des éducateurs, des médecins et infirmiers, des entrepreneurs, etc.

C'est ce montage institutionnel complet - et complexe – qui a permis d'avancer ensemble vers des solutions pérennes de réduction de la malnutrition infantile. Cette synergie a pu se mettre en place parce que les partenaires ont appris à travailler ensemble et à adapter leurs modes de fonctionnement à ceux des autres.

La pérennité des acquis: un objectif omniprésent

Il convient de concevoir toutes les activités dans l'optique que les partenaires locaux devront pouvoir poursuivre seuls la démarche après la fin du projet en partenariat. Cela passe par le choix et la mise en place de solutions appropriables par chaque type d'acteur et/ou de bénéficiaire et par le développement de partenariats adaptés avec des organismes dont la mission initiale correspond à celle qui lui est dévolue dans le cadre du projet: Au Vietnam, c'est l'Union des femmes qui a pour vocation connue et reconnue de faire l'éducation des populations, c'est l'Institut national de la nutrition chargé par le Ministère de la Santé de mettre en œuvre la politique nationale de nutrition, c'est l'entrepreneur qui est spécialisé dans la transformation agroalimentaire, etc.

Cela passe également par la mise en place d'une organisation où chacun trouve un intérêt direct: c'est l'entrepreneur vietnamien qui produit et vend avec une marge commerciale, c'est la volontaire qui est intéressée à diffuser les messages d'éducation nutritionnelle car elle est aussi vendeuse d'aliments de complément et qu'elle a compris que l'éducation nutritionnelle est un facteur de développement de son marché, etc.

Se remettre en question régulièrement

Dans des contextes aussi complexes que le Vietnam ou Madagascar, Nutridev ne se serait probablement pas mis en place sans une forte aptitude des hommes et des femmes acteurs du projet à se remettre en question, et à évoluer dans leurs méthodes de travail au vu des résultats et de l'avancée du travail sur le terrain et de l'évolution permanente du contexte lui-même.

En effet, si la stratégie de base est restée inchangée (tester et valider des stratégies permettant d'améliorer l'alimentation infantile et adaptées à chacun des contextes d'intervention), le chemin pour y parvenir a été remis en question et redéfini bien des

fois en fonction de notre niveau de compréhension des contextes d'intervention et de leurs évolutions.

Constituer une «boîte à outils» adaptée à chaque contexte

Les stratégies visant à l'amélioration de la santé publique qui sont mises en œuvre à l'échelle pilote, ont pour vocation, après avoir été validées, de subir un changement d'échelle pouvant aller jusqu'à une mise en oeuvre au niveau national de la démarche.

Avec les partenaires locaux, il s'agit pour Nutridev de définir, tester et valider des outils permettant, dans chaque contexte, d'améliorer l'alimentation infantile et de contribuer à la réduction de la malnutrition infantile, en agissant sur chacun des déterminants sur lesquels il est possible d'intervenir: manque d'éducation des populations, inaccessibilité économique d'aliments satisfaisants sur le plan nutritionnel, inaccessibilité matérielle (distribution), etc.

Chacun des outils ainsi validés doit être appropriable par l'ensemble des acteurs locaux: les ministères concernés et leurs services, les collectivités politiques locales, les associations de terrain, les entreprises ou les populations elles-mêmes.

Il est prévu, à terme, de remettre la «boite à outils», c'est-à-dire l'ensemble des outils validés pour les différents contextes d'un pays donné, aux autorités de ce pays sous forme de supports concrets de travail et de méthodes en vue de leur diffusion par ces autorités au niveau des services de santé et d'éducation concernés.

Allier éducation et production/diffusion d'aliments bon marché

Des expériences, succès et échecs de Nutridev, il apparaît clairement qu'il est fondamental de mener toute action dans le domaine de l'alimentation infantile en alliant production et éventuellement vente d'aliments de complément à des activités d'éducation nutritionnelle des populations. Nutridev n'a pas su faire efficacement l'un sans l'autre: le développement d'une composante seule a mené le projet à l'échec.

Sensibiliser les personnes en charge d'enfants de moins de deux ans à l'importance d'une alimentation équilibrée sur la santé et la croissance de l'enfant est essentiel pour faire changer les habitudes alimentaires inappropriées. Mais sans mise à disposition immédiate des populations d'aliments accessibles à tous, cet effort d'éducation des populations reste vain. Les habitudes resteront les mêmes.

Accompagner l'élaboration de politiques de santé publique

Les savoir-faire acquis à l'occasion des activités menées dans divers contextes sur plusieurs continents, et dans le cadre de ce type de programme multi-acteurs, confèrent une capacité d'expertise permettant d'apporter son soutien à la définition et la mise en place de véritables politiques nationales de santé publique dans de nouveaux contextes d'intervention, et notamment en Afrique.

L'ambition de Nutridev est de contribuer à prouver l'efficacité de l'intégration d'activités favorisant l'accès pour tous à des aliments améliorés dans la politique de santé publique des Ministères de la Santé des pays d'intervention et de leur fournir des éléments utiles pour l'élaboration de leurs programmes nationaux de réduction de la malnutrition. Les approches proposées, validées à l'échelle pilote, doivent pouvoir être reproduites dans d'autres régions des pays.

A titre d'illustration, Fasevie aujourd'hui est un des axes de travail du Plan national d'action de fortification des aliments du Ministère vietnamien de la santé. Le gouvernement vietnamien négocie auprès de la Banque asiatique de développement

l'obtention d'un prêt pour étendre la stratégie à l'ensemble du territoire national, prévoyant, notamment, l'installation d'une unité de production de farine infantile par province.

Evaluer pour gagner en crédibilité

Parvenir à ce type de collaboration avec les autorités locales est synonyme de reconnaissance. Or cette reconnaissance ne peut se mettre en place sans crédibilité. Pour ce faire, il convient de réaliser les enquêtes d'évaluation qui permettront de prouver scientifiquement l'efficacité des méthodologies préconisées visant la réduction de la malnutrition infantile.

Evaluer est lourd, long, coûteux et doit être prévu dès le démarrage d'un projet. Mais c'est à ce prix que des programmes comme Nutridev pourront apporter une contribution solide au développement de méthodes efficaces de réduction de la malnutrition infantile dans les pays du Sud, et notamment en Afrique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dix années de partenariat entre acteurs de compétences complémentaires, du Nord et du Sud, ont permis de poser les bases d'une approche efficace de la malnutrition infantile par la mise en place de solutions alimentaires et d'éducation des populations. Bien du travail reste encore à faire pour consolider ces acquis et les rendre disponibles à des échelles significatives auprès des populations concernées. Cependant, il ressort de ce travail et des résultats qui en découlent une méthodologie générale pragmatique, qui permet d'appréhender les contextes des pays du Sud, aussi complexes soient-ils, et d'en dégager, en lien avec les acquis scientifiques et techniques déjà validés, des voies alimentaires adaptées à chacun des nouveaux contextes d'intervention. Entre les boites en plastique avec étiquette colorée des farines extrudées du Vietnam, et les petits sachets unitaires de farines à cuire de Madagascar, il ressort que chaque contexte a ses spécificités, mais qu'il existe pour chaque situation des solutions adaptées, et surtout appropriables par les populations et les acteurs locaux.

Au Burkina Faso, le projet Nutrifaso est en cours de démarrage. Il a également pour objectif de contribuer à la réduction de la malnutrition infantile dans un contexte où plus d'un enfant d'âge préscolaire sur trois est atteint de malnutrition chronique et où les aliments adaptés aux besoins de l'enfant et de la mère, lorsqu'ils sont disponibles, sont le plus souvent, soit trop coûteux, soit de qualité insuffisante. Par ailleurs, il est admis que cette malnutrition débute souvent *in utero*, notamment en raison d'un état nutritionnel déficient des mères. Le projet agira dans deux contextes différents: dans une zone rurale très défavorisée, la province de la Gnagna[14] et en milieu urbain, à Ouagadougou et à Bobo Diolasso. Comme les autres projets Nutridev, le projet Nutrifaso cherchera à obtenir des impacts directs par l'action sur le terrain à l'échelle pilote et des impacts indirects, grâce à la diffusion d'acquis méthodologiques.

En milieu rural, on cherchera à mettre au point et à évaluer une stratégie globale dont l'objectif général est l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants de 0 à 2 ans et de leurs mères par la promotion de solutions alimentaires adaptées, dans le cadre d'actions communautaires. La stratégie s'appuiera sur la sensibilisation des communautés à l'importance des besoins nutritionnels des femmes enceintes et allaitantes et des jeunes enfants, sur un renforcement des activités de suivi pré- et post-natal et sur l'amélioration des pratiques d'alimentation chez les sujets ciblés (notamment via des actions d'éducation nutritionnelle, une amélioration de la qualité

des aliments de complément au lait maternel pour les enfants et une supplémentation en micronutriments pour les mères).

En milieu urbain, le projet Nutrifaso s'attachera notamment à accompagner la mise en place d'unités de transformation agroalimentaire de farines infantiles et de compléments alimentaires pour les femmes enceintes et allaitantes. En parallèle, il sera mené dans plusieurs secteurs de Ouagadougou un travail de transfert et d'évaluation de l'impact sur le terrain des procédés améliorés, mis au point dans le cadre du projet Européen Cerefer[15], pour la production de bouillies de mil fermenté ayant toutes les caractéristiques nutritionnelles, sanitaires et organoleptiques souhaitables. Enfin, une démarche de normalisation s'attachera à mettre en place une démarche de qualité dans le secteur de l'alimentation infantile. Le projet Nutrifaso vise à rendre accessibles aux plus démunis des solutions alimentaires adaptées aux contextes rural et urbain, à promouvoir l'utilisation des solutions alimentaires produites localement, et à mettre à la disposition des organismes locaux un ensemble de savoir-faire et d'outils méthodologiques validés.

RÉFÉRENCES

1. WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: WHO / NUT / 98.1, 1998.
2. Dewey KG, Brown KH. Uptake of technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. Food Nutr Bull 2003;24:5-28.
3. WHO. Complementary feeding. Report of the global consultation (Geneva 10-13 December 2001) and summary of guiding principles for complementary feeding of the breastfed child. Geneva: WHO, 2002.
4. National Institute of Nutrition. General nutrition survey 2000. Hanoi: Medical Publishing House, 2003.
5. EDS. Enquête Démographique et de Santé. Madagascar: Institut National de la Statistique avec l'assistance technique de Macro International Inc, 1997.
6. Trèche S, Bruyeron O, Rakotonaivo HL, Monvois J. Etude prospective sur la nature et les modalités de production des rations de supplémentation alimentaire prévues dans le cadre du PCN (1998-2003). Rapport d'une consultation effectuée pour l'OMS, sur financement PNUD, dans le cadre du programme communautaire de nutrition mis en place par le PAM et la Banque Mondiale à Madagascar. Juillet 1998.
7. Moursi M, Pham Van Phu, Tran Thi Ngoc Ha, Salvignol B, Monvois C, Trèche S. Feeding practices and nutritional status of infants and young children in two provinces (Ha Tinh, Quang Nam) of Viet Nam. Rapport GRET/IRD, 2003.
8. Tran Thi Ngoc Ha. Children feeding practices and factors affecting nutritional status of children under 24 months in two districts of Ha Tinh Province (Viêt-nam*).* Mémoire de Master de Nutrition. Hanoi, Viêt-nam: Institut National de Nutrition, 1997.
9. Moursi M, Razafindrazaka VRL, Dos Santos P,et al. Pratiques alimentaires et état nutritionnel des enfants de moins de deux ans à Madagascar: quartiers d'Andohatapenaka et d'Ampefiloha-Ambodirano à Antananarivo; Villages d'Ampasimbe, Adovoranto et Saharmorona dans la sous-préfecture de Brickaville. Rapport GRET/IRD, 2003.

10. Moursi M, Trèche S. Constances et spécificités de certains déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire: analyse comparative d'enquêtes réalisées au Burkina Faso, Madagascar et Viêt-Nam. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:239-250.

11. Mouquet C, Salvignol B, Nguyen Van Hoan, Monvois J, Trèche S. Ability of a 'very low-cost extruder' to produce instant infant flours at small-scale level in Vietnam. Food Chem 2003;82:249-55.

12. Mouquet C, Salvignol B, Trèche S. La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso: intérêts et contraintes. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:623-632.

13. Ralison C, Ahimana C, Arnaud L, Trèche S. Amélioration de l'alimentation infantile en zone rurale: l'expérience du programme NUTRIMAD à Madagascar. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:503-516.

14. Sawadogo PS, Martin-Prével Y, Savy M, Kaméli Y, Traoré AS. Les pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso (Province de la Gnagna): description et conséquences nutritionnelles. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:317-328.

15. Mouquet C, Guyot JP, Trèche S. Attentes et préférences des consommateurs de bouillies de mil fermenté à Ouagadougou. Affiche présentée au 2ème Atelier International «Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes». Ouagadougou: Univ. Ouagadougou, Univ. Wageningen, IRD, FAO, 23-28 novembre 2003.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Thème 6:
Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux

Theme 6:
Future needs and implications for capacity building and training at different levels

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Information and communication technology: a tool for appropriate capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa

Agbor Egbe Tom

Institut de Recherches Médicales et d'Etudes des Plantes Médicinales (IMPM), P O Box 6163, Yaounde, Cameroon.

Corresponding author*: agboregbetom@hotmail.com*

- Abstract -

Land-base degradation and dramatic population growth are having negative effects on the health and the socio-economic environment in many sub-Saharan African countries. In order to ensure food security, economic growth and quality of life, food scientists and technologists have to tackle these challenges. To be able to provide sustainable solutions, universities must integrate into their curricula multidisciplinary strategies and action plans based on courses that blend indigenous knowledge and state-of-the-art technology; an alliance between the ''hoe'' and the computer. The poor and underdeveloped of tomorrow shall be those who fail to catch the scientific and technological revolution-train today. In view of the fact that human resources, infrastructures and funds for training are limited, information and communication technology (electronic mail, websites, discussion forum, distance or electronic learning, interactive teaching materials, telephones, faxes etc.) can partly offer a solution to capacity building and training at a reasonable price. This could be through the creation of a conceptual framework based on synergetic local or regional collaboration and linkages between specialised institutions and taking into account the peculiarities of the sub-region's food system; a framework conceived around the vision to enhance mechanisms for effective food science and technology information collection and dissemination. It should also recognise that closer collaboration between beneficiaries (food producers, processors and consumers) food scientists and technologists is essential for technology generation and transfer.

The approach outlined in this paper may seem utopian and prescriptive given the fact that appropriate capacity building and training is less difficult than sustaining it.

Key words: Internet – Regional collaboration – Capacity building and training.

- Résumé -

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication: un outil approprié pour le renforcement des capacités et la formation des spécialistes en sciences et technologies alimentaires en Afrique sub-saharienne

La dégradation des sols et la croissance dramatique de la population entraînent des effets néfastes sur la santé et l'environnement socio-économique dans plusieurs pays de l'Afrique sub-saharienne. Afin d'assurer la sécurité alimentaire, la croissance économique et une meilleure qualité de vie des populations, les spécialistes en sciences et technologies alimentaires doivent faire face à ces défis. Pour être en mesure d'y apporter des solutions durables, les universités doivent intégrer dans leurs programmes d'enseignements des stratégies multidisciplinaires et des plans d'action fondés sur des cours qui associent les connaissances endogènes et les technologies de pointe; une union entre la 'houe' et l'ordinateur. Car les pauvres et les sous-développés de demain seront ceux qui auront manqué de saisir les opportunités de la révolution scientifique et technique d'aujourd'hui. Compte tenu du fait que les ressources humaines, les infrastructures et les fonds pour la formation sont limités, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (courrier électronique, sites Web, enseignement à distance, forum de discussion, matériels didactiques interactifs, téléphone, fax, etc.) peuvent partiellement offrir une solution pour le renforcement des capacités et la formation à un coût raisonnable. Ceci pourrait se faire à travers la création d'un cadre conceptuel basé sur une collaboration synergique locale ou régionale et sur le partenariat entre les institutions spécialisées, en tenant compte des particularités du système alimentaire de la sous-région. Ce cadre devrait être conçu avec la vision d'accroître les mécanismes pour la collecte et la dissémination effective des informations sur les sciences et les technologies alimentaires. Elle devrait également reconnaître qu'une étroite collaboration entre les bénéficiaires (agriculteurs, producteurs et consommateurs) et les spécialistes en sciences et technologies alimentaires est essentielle pour l'épanouissement et le transfert des technologies.

Cependant, l'approche proposée dans cet article peut paraître utopique et normative compte tenu du fait que le renforcement approprié des capacités et des formations est moins difficile à réaliser qu'à maintenir.

Mots-clés: Internet – Collaboration régionale – Renforcement de capacités et formations.

INTRODUCTION

Though sub-Saharan Africa is rich in biodiversity, mineral resources and culture, especially indigenous technology associated with traditional knowledge, ironically, it is a sub-region suffering from poverty, starvation and malnutrition in a world of plenty. Traditional technologies cannot alone make it possible to go beyond the stage of a subsistence economy. Food, health and environmental problems faced by people in sub-Saharan Africa are peculiar and different from those met in developed countries. This situation demands that the sub-region develops strategies tailored to prevailing socio-economic circumstances and ecological differences[1]. In order to improve food systems, thus assuring food security and a better livelihood of the sub-Saharan Africa population, appropriate capacity building and training of food scientists and technologists should be fundamentally dependent on quality scientific and technological information collection and dissemination processes. Such an approach for regional collaboration is important in creating sensitivity to constraints in food production, storage and processing, and consumer acceptability[2].

This paper does not in any way pretend to be exhaustive but modestly formulates ideas to mobilise and harness information and communication technology (ICT) as a tool for capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa.

INFORMATION AND COMMUNICATION TOOLS

Internet access

There is an urgent need to promote electronic communication in universities and academic institutions through the mastery of the Internet network and other information and communication technologies (electronic mail, websites, discussion forum, distance or electronic learning, interactive teaching materials, telephones, faxes etc.). To put an end to the isolation of sub-Saharan African scientists, they must be permanently connected and be able to interact in the world reservoir of scientific knowledge. Free accessibility to the Internet will surely have a positive effect on the sub-region's population, in general and the appropriate capacity building and training of food scientists and technologists, in particular.

Electronic or distance learning

In view of fact that there exist few academic institutions with adequate and appropriate human resources, equipments and infrastructures for training and exchange programs in food science and technology, distance learning is an important ICT tool that could be used in strengthening the professional development of food scientists and technologists. In addition, taking into account the different curricula in food science and technology it is apparently necessary to make provision for 'granular courses'' that would be presented by experts and tailored to specific needs. The selected courses could be personalised programmes of studies that are current, relevant, not limited and adapted to the needs of the sub-region. Food scientists and technologists would be able to select courses from prescribed programs with approved chairs of excellence and efficiently use available infrastructure and expertise. Such a program, homed in a virtual institution, would revitalize research and university studies, and reinforce collaboration with the beneficiaries (food producers, processors, consumers).

Networks and Centres of Excellence

A crucial problem facing capacity building and training in sub-Saharan Africa is the lack of Networks and Centres of Excellence with an indispensable critical mass of expertise in food science and technology. Due to the fact that African countries are ''too small'' to set up and develop indispensable critical masses on their own, it is thus necessary to encourage and promote the setting up regional and sub-regional Networks and Centres of Excellence[3]. This would facilitate cooperation between similarly oriented institutions, the exchange and dissemination of scientific and technical information. Networking is a viable mechanism for scientific capacity building among scientists working in the same field, the food industry and actors in food-related sectors[4]. It also permits the efficient utilisation of scarce human resources and infrastructures and at the same time it also strengthens sub-regional unity and reduces the unnecessary competition for donor funds.

On-Line-Journals (Virtual journals)

Food science and technology publications are usually available through journals, libraries and documentation services. Research funds are obtained from either governments or international bodies culminating to scientific publications in expensive ink-to-paper journals which publishers ration and limit accessibility solely for their financial benefits[5]. On-line-journals also termed virtual journals are an alternative approach to scientific publishing with the potential to duly serve in teaching, improved access to cutting edge science and technology for appropriate capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa. This is a more equitable and effective means of communicating information without any restrictive institutional agreements, passwords and intellectual property rights[6]. A similar effort already exists in chemistry and biology (Public Library of Science; PLOS).

Sub-regional collaboration

Sub-regional collaboration initiatives can only become a reality and sustainable if there exists an effective information and communication technology networks and postal services so as to improve the utilisation of specialised infrastructures and expertise without huge investments[2,3,4]. North-South and South-South collaboration should be developed under a participatory technology transfer programme involving all the stakeholders and focused on sub-regional constraints, which explicitly identify the role of food science and technology as a means to improve food security. In order to facilitate these sub-regional links there is need to develop an inventory of infrastructures (laboratory and pilot plant types), research areas, existing curricula at the different institutions and human resources capacity both academic and technical which would be made electronically available on an appropriate web site. Informal and formal regional collaborative efforts will help to forge and strengthen the link between training, research and service delivery. Faced with diminishing resources and food insecurity that has escalated to crisis situation, sub-regional collaboration and integration offers opportunities for improvement and growth in many areas of socio-economic development. After all, the framework of the implementation of the Lagos Plan of Action for the Economic Development of Africa 1980-2000, laid down as a principle of government stipulates that the solution to all the major development problems of Africa is through a strategy of systematic regional and sub-regional cooperation[7].

Curricula harmonisation

Despite the necessity to have qualified human resources, appropriate infrastructures and updated equipments, there is a need for food scientists and technologists to

create a conceptual framework to develop a scientific culture and the popularisation of food and nutrition sciences so as to help in reinforcing the scientific and technical permeability of the sub-Saharan African societies thus reducing scientific illiteracy. This approach will permit the adoption of didactical and pedagogical materials, elaborate training strategies and improve access to information on the different food systems in sub-Saharan Africa. It is a challenge that merits reflection and which places the sub-region in front of the necessity to lead an important reform in its educational system based on the needs that span from adaptation, development of food science and technology with the association and improvement of traditional technologies[1,4]. Core curricula harmonization would make it possible to create a virtual university without walls to coordinate food science and technology activities, and increase it's' integration among all stakeholders[8].

CONCLUSION

Appropriate capacity building and training of sub-Saharan African food scientists and technologists should be fundamentally dependent on quality scientific and technological information that blends and associates indigenous knowledge and state-of-the-art technology; an alliance between the ''hoe'' and the computer. The poor and underdeveloped of tomorrow shall be those who fail to catch the scientific and technological revolution-train today. In order to meet the needs of the food industry, training should be built on a solid scientific base and develop critical capacity and creativity in product, process and management fields.

The major challenge lies in translating capacity building and training into products and services for the sub-Saharan African population. Clearly, there are opportunities to be overcome but it is not too late to work together to solve food and nutrition problems of sub-Saharan Africa.

REFERENCES

1. Akinyele IO. Food science and nutrition training, research and employment: challenges and opportunities in Africa. In: Ndossi GD, Ndunguru GI, Urio EM, Mlingi NV, Laswai HS, Kingamkono RR, eds. The Role of Food Science and Nutrition for Sustainable Livelihood of the People in Africa. Proceedings of the 1st Biennial Conference Food and Nutrition Network for Africa (FOSNNA). Dar es Salaam, Tanzania, 12-14 February 2002:47-55.
2. InterAcademy Council (IAC). Study on Science and Technology Strategies for Improving Agricultural Productivity and Food Security in Africa. InterAcademy Council, 2003.
3. Gaillard J, Hassan M, Waast R, Schaffer D. Africa. UNESCO Science Report. Paris: UNESCO, 2002:21.
4. Nyrida DB. Directions in developing food science and nutrition science programmes in Africa. In: Ndossi GD, Ndunguru GI, Urio EM, Mlingi NV, Laswai HS, Kingamkono RR, eds. The Role of Food Science and Nutrition for Sustainable Livelihood of the People in Africa. Proceedings of the 1st Biennial Conference Food and Nutrition Network for Africa (FOSNNA). Dar es Salaam, Tanzania, 12-14 February 2002:1-19.
5. Editorial: Scientific publishing tax-funded research should be available to those who paid for it. Las Vegas Review Journal, 2003.

6. Chicago Tribune. Web to link public to science journals: No-cost articles to be summarised in plain language, 2003:
7. Lagos Plan of Action for the Economic Development of Africa 1980-2000. Geneva: International Institute for Labour Studies, 1981.
8. Kinabo J, Giyose B. Harmonization of nutrition in East, Central and Southern Africa (ECSA). 1999.

Contribution d'une entreprise privée Ivoirienne (PKL) à la production d'aliments fortifiés destinés aux populations vulnérables

Konaté* Marie Diongoye, Auger Marie-Pierre

Entreprise Protein Kissèe-La (PKL), Z.I. de Vridi, Rue Sylvestre L14, 18 BP 2335, Abidjan 18, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: *pklsoja@globeaccess.net*

- Résumé -

La Sarl Protein Kissèe-La (PKL) a été créée en 1994 avec un double objectif: offrir à des prix abordables aux familles de Côte d'Ivoire et de la sous-région des produits à base de soja, de haute valeur nutritionnelle et de grande qualité hygiénique; apporter un débouché aux producteurs locaux de soja, de riz et de maïs.

L'entreprise est passée par différents stades de développement aux niveaux de la production et des compétences techniques (40 employés). Avec une capacité totale de production de 20 tonnes/jour, PKL commercialise en moyenne chaque mois 50 t de *Farinor*, une céréale infantile instantanée à base de céréales et de soja fortifiée en minéraux et vitamines, 10 t de *Nutrifort*, une farine composée enrichie pour adultes, 250 t de semoule de maïs et 30 t de farines de soja cru ou cuit. Son chiffre d'affaires à fin 2002 était de 1,1 milliard de FCFA.

PKL est aujourd'hui un acteur important des filières maïs et soja, un opérateur reconnu *(prix 2002 de la meilleure PME ivoirienne)*, capable d'innover *(Prix 2001 de l'Innovation pour Farinor)* et un fournisseur fiable *(Certification ISO 9002)*. Depuis 2000, PKL a transformé plus de 15.000 t de maïs et de soja produits en CI, contribuant ainsi à la survie économique de centaines de familles paysannes.

Les mises au point et sur le marché de Farinor furent longues et difficiles, mais ont constitué des phases absolument passionnantes de la vie de l'entreprise. Elles ont permis d'identifier les opportunités et les contraintes du marché ivoirien et des pays limitrophes, celles liées à la nature des produits concernés, en particulier pour les farines infantiles, ainsi que les forces et faiblesses d'une PME et ses besoins passés et à venir en termes d'innovation et de recherche. Quelques clefs ont permis de franchir des obstacles importants: la prise de conscience que la malnutrition est l'une des causes du sous-développement en Afrique; la culture de l'imagination, l'observation des us et coutumes, et de l'environnement; la recherche du savoir là où il se trouve et la nécessité de se former et de s'informer auprès de scientifiques et de technologues dans les structures de recherche.

Mots-clés: Entreprise – Aliments fortifiés – Innovation – Qualité – Produits locaux.

- Abstract -

Contribution of an Ivorian private enterprise (PKL) to the production of fortified foods for vulnerable populations

Sarl Protein Kissée has been set up in 1994 for 3 objectives: to offer soybeans products to the families of Côte d'Ivoire and the region, which have high nutritive value and hygienic quality conforming nutrition specialized organisations recommendations; to bring to the local producers of soybeans and maize an reliable outlet for trade; to offer an original and economic alternative to rice and other imported products.

The firm knew different stages of growth regarding production levels (production capacity from 240 to 20,000 kg/d) and the technical skills (putting on the market more and more sophisticated products: raw flour, cooked flour, composite flour, animal feeds made from by-products, infant flours). This development was accompanied by changes in production sites (1100m2 since 1997), in number of workers and in level of qualification of the manpower (presently 40 salaried workers) and by an important growth of the turnover (1.1 milliard FCFA at the end of year 2002).

Today, PKL is an important actor of maize and soybean channels, an award-winning operator (*prix 2002 de la meilleure PME de CI*), which is able to innovate (*Prix 2001 de l'Innovation pour Farinor*), a reliable furnisher (*ISO 9002 Certification*), with high potential human resources. Since 2000, PKL has processed about 15,000 tons of maize and soybeans produced in CI by farmers that have partnership agreements with PKL and so contribute to economic survival of hundred agricultural families, commercial intermediaries or other carriers. Today PKL commercialises each month about 50 tons of *Farinor* (the main product of PKL: a cereal-based instant infant flour with maize or rice and soybeans enriched with minerals and vitamins), 10 tons of flours for the preparation of enriched gruels for adults (*baga barika, Nutrifort*), 250 tons of maize semolina (*pkgritz*), 30 tons of raw (*sojac*) or cooked (*Bonsoja*) soybean flours and more than 30 tons of feed components for livestock.

The elaboration and putting on the market of Farinor were long and difficult, but were absolutely exciting and unforgettable stages of the firm life. They allowed to identify the opportunities and the constraints of Ivorian and neighbouring countries markets, those associated with the nature of the concerning products, in particular infantile flour, and the forces and the weaknesses of a firm like PKL and its past and future needs for innovation and research which will be developed during the talk. Some keys allowed to take up major challenges and to get over important obstacles:

- taking consciousness that malnutrition is one of the causes of underdevelopment of the African continent;
- having imagination, observation of uses and customs, taking into consideration its environment;
- research of knowledge where it is and the necessity to have training, to be informed and to communicate with the scientists in the research structures, international organisations and reading rooms.

Key words: Enterprise – Fortified foods – Innovation – Quality – Local products.

INTRODUCTION

Il y a exactement 10 ans, l'entreprise Protein Kissèe-La, ce qui signifie en langue Bambara la protéine issue de la graine, démarrait un projet de production d'aliments fortifiés destinés aux populations vulnérables et issus de la transformation de matières agricoles exclusivement locales. Le pari était audacieux, le développement de l'entreprise fut laborieux, mais au bout du compte, la céréale infantile FARINOR (leader des ventes en pharmacies en Côte d'ivoire) et neuf autres produits sont sur le marché ivoirien et bientôt dans toute l'Afrique de l'Ouest. Pari tenu donc !

Les mises au point de FARINOR, notre produit-phare, ont été longues et difficiles, mais ont constitué des phases passionnantes et inoubliables de la vie de l'entreprise. Nous tenterons ici de faire ressortir les facteurs de notre réussite, les désillusions et les difficultés qui ont émaillé notre parcours du combattant, ainsi que les attentes d'une entreprise comme la nôtre vis-à-vis des technologues alimentaires, des nutritionnistes et des chercheurs pour la poursuite de notre projet de participation à l'amélioration des situations alimentaires en Afrique de l'Ouest.

PKL, DE L'IDÉE À LA RÉALISATION, HISTOIRE ET ANALYSE DES FACTEURS DE RÉUSSITE

Les prémices: quels entrepreneurs pour quel projet?

Les entrepreneurs, entre idéalisme et naïveté

PKL a été fondée par trois associés, idéalistes, n'ayant absolument aucune compétence en matière de nutrition ou de technologie alimentaire, ni même en matière de gestion d'entreprise en général.
Pour l'ingénieur-architecte, ancienne responsable du Projet Soja du Gouvernement ivoirien, le connaisseur des produits du soja et la socio-économiste, c'est la culture du soja en Côte d'Ivoire qui a servi de déclencheur au montage d'un projet de création d'entreprise de production d'aliments très nutritifs destinés aux populations vulnérables, élaborés à base de soja.

Pour nous trois, l'idée étant excellente et noble, nos produits seraient aisément mis au point grâce à l'apport enthousiaste de spécialistes de l'agro-industrie et de la nutrition qui dans l'euphorie concevraient mille formules d'aliments. En plus, les consommateurs ivoiriens adopteraient facilement le soja, les banques et autres institutions financières soutiendraient sans faille le développement du projet, tandis que l'Etat, trop heureux d'une telle initiative privée, s'emploierait à protéger les intérêts du projet, à défaut de lui octroyer des faveurs.

Le projet, des convictions bien assises à défaut d'une étude de marché formelle

Dès le départ, PKL a imaginé son développement autour deux idées-forces:

- la conception d'aliments qui correspondent ou s'adaptent aisément aux habitudes alimentaires locales (élargies à toute l'Afrique de l'Ouest), afin d'en faciliter l'adoption et la consommation;
- la production et la commercialisation d'aliments sains, naturels, riches en protéines et en micronutriments essentiels, présentant des qualités nutritionnelles, hygiéniques et organoleptiques conformes aux normes exigées par les organismes spécialisés en nutrition.

Le premier aliment envisagé, et le plus fondamental, est une céréale infantile destinée à la période cruciale du développement du petit enfant qui correspond à la période d'alimentation complétée.

L'aventure a démarré, sans étude de marché formelle préalable, mais avec la conviction qu'il existe un marché considérable pour les céréales infantiles, tant du point de vue de la cible de consommateurs que de l'offre de produits similaires. Les consommateurs ciblés sont les familles ayant un mode de vie de plus en plus urbain, qui n'ont ni le temps ni les moyens d'offrir une alimentation adéquate à leurs jeunes enfants avec ce qui est disponible sur le marché. L'offre en effet est alors limitée à des farines traditionnelles de maïs, de riz ou de mil, de faible valeur nutritionnelle (manque de vitamines, de minéraux, et parfois de protéines), parfois même de faible qualité hygiénique, et demandant une préparation longue et coûteuse en cuisson, ou bien à des aliments importés, de qualité variable mais de prix toujours trop élevé.

Plusieurs choix stratégiques fondamentaux ont été faits dès le début, et qui se sont avérés finalement judicieux:

- le premier: ne pas perdre de temps et d'énergie à rechercher des financements pour démarrer le projet. Il fallait d'abord tester et valider l'idée avant de s'engager plus en avant surtout lorsqu'il s'agit de contracter des dettes;
- le deuxième: installer PKL à Abidjan, l'une des capitales les mieux dotées d'Afrique sub-saharienne (avec tout ce que cela signifie en termes d'infrastructures et de présence d'interlocuteurs potentiels, équipementiers, fournisseurs de pièces et matériaux, sous-traitants, et taille du marché), et qui plus est en plein marché populaire d'Adjamé, au beau milieu du public cible, afin d'observer au plus près les réactions du futur consommateur face au soja, et de recueillir ses besoins et attentes;
- le troisième: utiliser toutes les productions obtenues. Qu'il s'agisse du fruit d'expérimentations réussies ou ratées, de produits nobles, de co-produits ou d'issues de production, tout devait être placé, soit vendu, soit donné. Il ne fallait pas en effet se focaliser sur le seul débouché de la consommation humaine, mais plutôt expérimenter et multiplier autant que possible les diverses utilisations du soja ainsi que les équipements. Cette pratique a permis à PKL d'avoir une clientèle diversifiée, allant de l'éleveur de porc à l'industriel de la panification, ce qui contribua à sa survie durant près de 3 ans avant que ses premières farines composées enrichies ne soient mises sur le marché;
- le quatrième: choisir le maïs comme céréale à utiliser en complémentation avec le soja. En raison de sa disponibilité, de sa transformation relativement aisée et traditionnellement maîtrisée dans toute l'Afrique de l'Ouest, de la modicité de son prix de base comparé aux autres céréales, et de l'existence d'un vaste marché de commercialisation de farines diverses, cette céréale constituait un bon véhicule pour introduire le soja dans des recettes alimentaires traditionnelles.

Les étapes de la croissance

Du local de 50 m^2 à la crise

En juillet 1993, PKL démarre ses activités, de manière informelle et avec de modestes fonds personnels, précisément 3.600.000 FCFA (soit 18.000FF avant la dévaluation) qui ont servi principalement à l'achat (2.500 FF) d'un broyeur à soja prototype d'Alfa-Laval (qui a momentanément fait partie d'un projet de production de lait de soja au Burkina Faso), à l'acquisition du pas-de-porte d'un local de 50 m^2 au marché d'Adjamé, aux installations d'eau et d'électricité, et à divers petits travaux d'aménagement.

En 1994, pour des raisons de qualité de l'environnement (manque d'hygiène des alentours) et aussi par besoin de davantage d'espace, PKL déménage et en 1995, sa capacité de production en farine de soja crue passe de 240 kg à 5 T par jour grâce à la mise en place d'une véritable ligne de fabrication (sur financement Caisse Française de Développement) qui permet la production de la farine cuite de soja, faisant passer PKL du stade artisanal au stade semi-industriel.

En 1996, grâce à un financement extérieur, PKL procède à une augmentation de capital, se dote d'un nouveau procédé, la cuisson-extrusion, et emménage dans des locaux plus vastes. PKL est alors en mesure de produire une farine composée maïs/soja précuite et enrichie en vitamines, et remporte successivement plusieurs appels d'offre internationaux lancés par la Commission Européenne (alimentation des populations réfugiées de la sous-région). Le chiffre d'affaires généré, ainsi que l'affinement de la technique de production, permettent de finaliser la mise au point du projet initial de PKL, la production d'une céréale infantile. L'alimentation animale se développe conjointement.

En 1997, le fournisseur en maïs décortiqué et concassé s'étant montré défaillant d'une part, les volumes destinés à l'aide alimentaire augmentant d'autre part, une troisième ligne de production est ajoutée, une semoulerie, financée sur fonds propres.

Enfin, en 1998, la céréale infantile FARINOR est mise sur le marché et remporte aussitôt un vif succès auprès des consommateurs.

Cependant, l'absence de maîtrise des coûts de production, une mauvaise appréciation des marges et des charges et une politique de vente orientée davantage vers la conquête de marchés et la fidélisation du client plutôt que vers l'équilibre des comptes ont entraîné la petite entreprise vers un gouffre financier grandissant que la croissance du chiffre d'affaire n'a fait que masquer. À tel point qu'en 1999, PKL est virtuellement en faillite.

De la lutte pour la survie à la situation d'aujourd'hui

En 1999 et 2000, PKL lutte littéralement pour sa survie et connaît des changements importants: départ du principal associé initial (l'autre associée s'était retirée 18 mois après la naissance de PKL), arrivée d'une nouvelle associée participant à la direction, chargée de la restructuration de l'entreprise, de la mise en place d'un mode de gestion draconien, du lancement de l'assurance qualité avec l'AFAQ, de la recherche de subventions pour la réalisation d'études diverses telles que la maîtrise des coûts de production, l'audit des comptes, les marchés à l'export …

Aujourd'hui en 2003, PKL commercialise chaque mois environ 50 t de FARINOR (céréale infantile instantanée à base de maïs ou de riz et de soja enrichie en sels minéraux et en vitamines), 10 t de farines pour la préparation de bouillies enrichies pour adultes (*Baga Barika*, *Nutrifort* ou *Super Nutrifort*), 250 t de semoule de maïs (*Pkgritz*), 30 t de farines de soja crues (*Sojac*) ou cuites (*Bonsoja*) et plus de 30 t de composants d'aliments pour bétail.

PKL est dorénavant un acteur apprécié des filières maïs et soja, un opérateur reconnu (prix 2002 de la meilleure PME de Côte d'Ivoire), capable d'innover (Prix 2001 de l'Innovation pour FARINOR), un fournisseur fiable (Certification ISO 9002), doté de ressources humaines à fort potentiel. De 2000 à ce jour, PKL a transformé près de 20.000 t de maïs et de soja produits en Côte d'Ivoire par des paysans avec lesquels il existe des accords de partenariat, contribuant ainsi à la survie économique de centaines de petites familles paysannes, de travailleurs agricoles, d'intermédiaires commerciaux et autres transporteurs.

Depuis le déclenchement de la crise en Côte d'Ivoire en septembre 2002, PKL est partie prenante des programmes d'aide alimentaire et a livré au Programme Alimentaire Mondial et à Action Contre la Faim 1800 t de semoule de maïs et de C.S.B (*Corn Soya Blend*), d'autres commandes sont en cours. Cependant, il a fallu se battre farouchement pour faire comprendre que l'achat d'aliments produits localement plutôt qu'importés, contribuerait plus efficacement d'une part à la survie de l'économie rurale, et d'autre part à la sauvegarde des activités et de l'existence même des entreprises locales de transformation, et qu'en définitive cela réduirait les conséquences dramatiques de la crise.

Les facteurs-clef de succès

Rétrospectivement, plusieurs éléments peuvent être identifiés comme ayant joué un rôle clef dans le succès de PKL entre juillet 1993 et aujourd'hui:

La cohérence du projet

Celle-ci était relativement informelle au départ, mais déjà très forte. Cohérence entre les disponibilités agricoles locales et les produits fabriqués, entre les marchés existants et les produits proposés, entre les moyens disponibles et ceux mis en œuvre. Dès 1999, cette cohérence a été renforcée et matérialisée par un véritable projet d'entreprise sous forme de «business plan», introduisant toutes les dimensions sociétales et sociales.

La constance de la production

Dès le début a été recherchée une véritable régularité dans la production, par la standardisation du process de production et par une conscience très aiguë de ce que chaque produit devait être, et ce avant même que la démarche qualité ne le formalise.

La qualité intrinsèque des produits et la qualité du marketing

Dès 1997, une démarche de type HACCP, puis une démarche de qualité de type certification ISO 9002 ont été entreprises, alors même que les volumes et les marchés ne le réclamaient aucunement, et alors même que ni le niveau de technicité de l'entreprise, ni ses moyens financiers ne le permettaient vraiment. Cette recherche de qualité a touché tous les niveaux, puisque dès le départ, il n'était pas question que les emballages des produits ne reflètent pas la qualité des produits eux-mêmes. Ainsi le packaging de FARINOR a-t-il toujours surpris les acheteurs, y compris les plus exigeants d'entre eux, comme les pharmaciens, rapidement identifiés comme un vecteur de diffusion et de prescription essentiel sur le marché ivoirien.

La recherche-développement et l'innovation

Même si ces mots paraissent pompeux au regard des moyens réellement disponibles dans l'entreprise depuis sa création, et même encore aujourd'hui, il n'en reste pas moins que le souci de l'amélioration permanente, de l'introduction de nouvelles techniques de production et de nouvelles matières premières, de la commercialisation de nouveaux produits (environ un par an) pour répondre à l'attente des clients et souvent devancer leurs besoins, est constant à PKL depuis le début.

L'implication totale, la présence permanente des promoteurs

Ils se sont dédiés corps et âme à la réussite de leur projet, refusant toute délégation ou dilution de responsabilité. Parce que nous avions une vision particulière et précise de notre projet, nous ne nous en sommes jamais remis à l'avis de l'expert ou du spécialiste sans esprit critique. Ceci s'est particulièrement vérifié lorsqu'il nous a fallu

concevoir nous-mêmes le packaging de FARINOR parce que les agences de marketing, trop chères et si peu sensibles à nos idéaux, voulaient imposer une présentation peu originale, muette et sans cachet, de la boite de FARINOR.

L'envie d'être totalement indépendants

Elle était indispensable pour pouvoir développer sans contraintes et dans la durée nos idées ou nos utopies. Ce qui s'est traduit par un refus systématique (même aux pires moments) de tout apport financier impliquant une prise de participation dans le capital qui se serait doublée d'une prise de contrôle dans la direction.

L'appui sur des ressources humaines de premier plan

Dès que les dirigeants/actionnaires de PKL en ont eu les moyens, des compétences locales de premier plan ont été recrutées pour prendre part de manière active dans un premier temps à l'encadrement, et aujourd'hui à la direction. Ce point, qui pourrait sembler être une évidence, n'en est pas une: le choix aurait pu être fait d'augmenter les salaires des dirigeants en place (car on ne s'enrichit pas, du moins financièrement, en dirigeant une PME s'étant donné de tels objectifs), de rechercher des compétences étrangères, et en tout état de cause, trouver ces compétences et les convaincre de ne pas aller à la facilité des conditions confortables des multinationales de l'agroalimentaire n'est pas simple.

La gestion professionnelle des finances et de la production et le réinvestissement des bénéfices

Là encore, cela semble aller de soi pourtant, bien que totalement indispensables, ces aspects de la gestion d'entreprise ne sont pas si évidents à réaliser. L'expérience amère des premiers exercices nous a conduits à être intraitables sur les questions de gestion et à recruter des compétences. Enfin, la difficulté voire l'impossibilité de l'accès au crédit rend obligatoire le réinvestissement des bénéfices.

Le sens de l'éthique et le respect de valeurs

L'honnêteté, le travail et le refus absolu de toute forme de corruption et de tricherie, que ce soit vis-à-vis de l'Etat (comptabilité transparente, respect des règles), du client (produit sain et loyal), ou du personnel de l'entreprise dont la motivation constante est encouragée par un traitement équitable et juste (sécurité d'un contrat de travail, respect des droits sociaux, assurance maladie, salaires supérieurs à la moyenne…). Cette attitude de probité adoptée dès le départ a été propice à l'instauration d'un esprit de travail et d'équipe solide; elle va de paire, impérativement, avec la production d'aliments fortifiés de qualité et avec l'idéal de lutte contre le sous-développement.

FREINS ET OBSTACLES AU DÉVELOPPEMENT D'UNE PME AGROALIMENTAIRE ÉTABLIE EN AFRIQUE ET S'ÉTANT FIXÉE POUR OBJECTIFS DE CONTRIBUER À L'AMÉLIORATION DES SITUATIONS NUTRITIONNELLES DES CONSOMMATEURS ET DE VALORISER DES PRODUCTIONS AGRICOLES LOCALES

Conditions générales de création et de développement des entreprises

Existence juridique solide de l'entreprise

Indispensable si l'on veut être un interlocuteur à priori crédible, misant sur le long terme et s'inscrivant dans la légalité. Cependant, elle coûte très cher et constitue un véritable parcours de combattant propre à tuer dans l'œuf tout projet.

Accès au crédit

La situation de PKL est exemplaire à cet égard: ayant démarré sur fonds propres, puis remboursé totalement et par anticipation un prêt de la Caisse Française de Développement (cas suffisamment rare pour être souligné !), PKL n'a bénéficié d'aucun prêt institutionnel ou de banque commerciale avant l'année 2002; les facilités accordées, du type découvert bancaire, l'ayant été au coût d'environ 17% de taux d'intérêt. Les deux principaux arguments des banquiers étaient: "*projet risqué, une grande multinationale vous étouffera*" et "*le soja personne ne connaît*"!

Politique gouvernementale

PKL a bénéficié du statut d'entreprise prioritaire, statut qui permet d'être exonéré des droits d'entrée, des droits de douanes, de TVA durant deux ans après la phase d'installation du projet. Mais en terme de fiscalité, la PME en création est soumise au même régime que les sociétés internationales, tout autre type d'appui ayant été quasi inexistant, malgré les bonnes volontés individuelles de responsables des structures d'appui à la création d'entreprise. Fort heureusement, PKL a tout de même bénéficié, en 1999, du projet gouvernemental ASPI, chargé de sélectionner les entreprises méritantes et leur offrir le financement d'une démarche qualité pendant deux ans, démarche à l'issue de laquelle PKL a pu être certifiée ISO 9002 en juin 2002.

D'autres éléments, trop longs à développer, conditionnent plus ou moins fortement la création, le développement et la survie des PME en Côte d'Ivoire, en particulier la qualité de la main-d'œuvre, le contexte économique et socio-politique, le fonctionnement de la justice, l'accès aux terrains industriels, le coût des facteurs de production, et bien sûr les réseaux de distribution des produits, sans oublier les conséquences d'une image négative qu'ont souvent les consommateurs sur les produits de fabrication locale.

Production et techniques agroalimentaires

Les organismes de recherche

Ceux en activité en Côte d'Ivoire sont, bien normalement, peu orientés sur les techniques agroalimentaires à proprement parler. Ils ne sont donc absolument d'aucun recours pour de jeunes entrepreneurs ayant très peu de moyens, peu de connaissances et l'ambition de monter une industrie agroalimentaire. Il a fallu avoir recours au plus haut niveau des institutions, en France bien entendu, car il faut des budgets et des équipements pour travailler sur des sujets précis comme par exemple le comportement rhéologique de la bouillie.

L'intérêt des techniciens et industriels déjà en place

Le développement de PKL est dû en bonne partie aux amis techniciens de grandes industries comme les GMA (Grands Moulins d'Abidjan) ou les spécialistes de la transformation du riz ou du café. Ce sont donc non pas des structures mais des individus, expérimentés, connaissant les réalités de l'entreprise et les contraintes de l'industrie, qui ont largement contribué au choix des équipements et des chaînes de production et donc aux progrès successifs de PKL.

Le rôle crucial des fournisseurs

L'intérêt ou la sympathie de fabricants de matériel ou de vendeurs d'équipement d'occasion ont également été vitaux, car c'est auprès de ces techniciens, de ces «connaisseurs de matériel» que nous avons pu mettre en application nos idées et développer notre projet. Ces personnes, "ayant la main à la pâte" constituent la

source la plus fiable d'informations, comparée aux apports trop timides des "chercheurs" locaux, prisonniers de leur système ou de leurs programmes, de leur statut de fonctionnaire et de leurs budgets étriqués ou inexistants.

Accès à l'information et à la recherche en nutrition

L'absence totale des institutionnels locaux ou internationaux

C'est véritablement l'absence totale de réponse et de répondant de la part de la plupart des instituts de recherche ou de technologies alimentaires, des technologues et des nutritionnistes opérant en Côte d'Ivoire qui a constitué la première grande désillusion des promoteurs de PKL. Pourtant, la Côte d'Ivoire dispose probablement du plus grand nombre d'ingénieurs agroalimentaires et de technologues alimentaires en Afrique de l'Ouest. Ce pays a entièrement misé son développement économique sur l'agriculture, avec le café et le cacao comme cultures pérennes, le riz, le manioc et le maïs comme principales cultures vivrières. Toutes les activités agro-industrielles d'envergure, relativement récentes sont des structures privées (filiales de multinationales) qui se sont créées et organisées autour du traitement ou de la transformation primaire du café et du cacao. Parallèlement, les cultures vivrières n'ont que très peu suscité de vocation pour des projets de transformation et de diversification alimentaire, à part quelques superbes projets gouvernementaux vite détournés de leurs objectifs, pour finir enterrés… fatalement.
Ainsi, pendant les 4 premières années, aucune aide ou expertise de la part des instituts de recherche en nutrition ou de la part de spécialistes ou technologues alimentaires n'a été enregistrée, PKL n'intéressait ou ne convainquait personne. Ceux rencontrés concluaient assez vite que l'aventure de PKL était sans lendemain ou, avec condescendance, s'amusaient de voir des non-spécialistes s'immiscer dans des domaines auxquels ils n'entendaient rien ou presque… et puis d'ailleurs le soja n'a pas d'avenir en Côte d'Ivoire, ce n'est pas un produit traditionnel !!!
Face à un tel constat, les promoteurs de PKL ont rapidement compris qu'ils n'avaient que deux possibilités: abandonner leur projet par manque de connaissance, de compétence, de soutien technique et scientifique ou alors acquérir eux-mêmes les connaissances nécessaires à la réalisation de leurs ambitions. Sus aux librairies donc!

L'obstination et puis la chance pour pallier l'absence de lieux de rencontre chercheurs/entrepreneurs

Dès 1995, lors de ses recherches tous azimuts de clients susceptibles d'être intéressés par des aliments riches en protéines, l'équipe de PKL avait pris contact avec les organismes d'aide alimentaire en Côte d'Ivoire pour les informer du projet et recueillir leurs besoins. C'est l'ONG Action Contre la Faim qui s'était alors montrée la plus réceptive et la plus encourageante. C'est aussi cette ONG qui a énormément aidé PKL en lui fournissant les formules de farines composées et de biscuits enrichis, en la mettant en contact avec quelques nutritionnistes expérimentés, en lui communiquant de la documentation, des adresses de fabricants d'équipements ou de premix, des contacts d'autres ONG etc.

En bref, c'est grâce à ACF que PKL a pu mettre le pied à l'étrier et se lancer dans la fabrication d'aliments fortifiés.

Plus tard, en 1998, MSF (Médecins Sans Frontières France) ayant entendu parler de PKL, a voulu réaliser un audit de la société pour vérifier son potentiel. L'audit fut réalisé, mais aux conditions de PKL: Carole Lambert, une ancienne étudiante de l'Institut National Supérieur de Formation Agroalimentaire de Rennes et du DESS «Nutrition et alimentation dans les PED» de l'Université Montpellier II envoyée par

MSF, devait nous aider à faire un diagnostic détaillé du système de production, valider les procédés et élaborer des protocoles de contrôle qualité.

De tous les bénéfices que PKL tira de cet audit, c'est assurément la rencontre avec le Professeur Jean-François Grongnet de l'ENSA de Rennes, (à qui Carole avait parlé de PKL), qui a été la véritable grande chance de PKL. Par son intermédiaire, PKL a également découvert le Laboratoire de Nutrition du centre IRD de Montpellier, M. Serge Trèche et Mme Claire Mouquet.

Une petite anecdote illustre à elle seule l'extraordinaire impact que ces rencontres fort opportunes ont eu sur le développement de l'entreprise. Le jour où M. Grongnet visita PKL était celui où nous devions faire les derniers essais, avant lancement, de préparation et de cuisson de FARINOR. Opération importante car il s'agissait de décider si nous devions inscrire sur notre étui de céréale infantile, "400 grammes offrant X nombre de repas" (8 ou 12?). Nous avions en effet constaté que plus la bouillie restait au feu, plus elle gonflait, la quantité augmentant ! Quel produit génial ! M. Grongnet trouva cela si curieux qu'il proposa de préparer et de goûter la farine. Conclusion: l'amidon n'était pas gélatinisé et il suffisait de pousser un peu plus la température de cuisson - extrusion pour que FARINOR soit un produit instantané.

Nous étions donc très loin du compte en matière de connaissances aussi élémentaires que la densité énergétique ! Et pourtant PKL existait et produisait depuis 4 années.

Depuis, PKL a enregistré des progrès fulgurants en terme de technologie de production et de connaissances en matière de nutrition infantile, grâce à l'aide et aux échanges intenses et fructueux avec le Laboratoire de Nutrition de l'UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» du centre IRD de Montpellier et l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.

Disponibilité en ressources humaines adéquates

Les cadres de l'agroalimentaire en Côte d'Ivoire

Dans le contexte ivoirien de développement des cultures de rente, il n'est pas étonnant de constater qu'en définitive, la plupart des techniciens agroalimentaires de Côte d'Ivoire soient surtout des spécialistes du traitement du café, du cacao, ou du riz. D'autres, ingénieurs agroalimentaires, surtout les femmes, qui n'ont pas eu la chance de mettre en application leurs connaissances, se voient systématiquement confier un département de Contrôle Qualité ou une mission de démarche assurance-qualité, sans autre possibilité d'apporter davantage leur contribution à l'amélioration de la situation nutritionnelle de leur pays. Ces cadres finissent par perdre les acquis de leur formation par manque d'activités stimulantes et créatives.

Le décalage entre les besoins et l'offre en matière d'information nutritionnelle

Il semble en effet que les besoins d'une entreprise telle que PKL en informations nutritionnelles et techniques, sont d'un niveau plus élevé que celui qui correspond au niveau de formation des nutritionnistes et technologues alimentaires, tandis que les besoins non formulés qui existent du côté des ménages en matière d'information sont considérés par ces mêmes technologues comme relevant davantage d'activités de type conseils en économie sociale et familiale et insuffisamment intéressants pour qu'ils y consacrent leurs compétences.

DES PISTES POUR QUE LES TECHNOLOGUES ET NUTRITIONNISTES SOIENT PLUS UTILES AUX INITIATIVES PRIVÉES EN FAVEUR DE L'AMÉLIORATION DES SITUATIONS NUTRITIONNELLES

- renforcer leur action d'éducation auprès des ménages/consommateurs;
- aller au devant des entreprises et à leur écoute;
- développer un rôle de rapporteurs d'observations de terrain et de dénicheur de bonnes idées;
- assurer un rôle de contact et de relais avec les institutions et les organismes de recherche;
- créer des lieux de rencontres et d'échanges très ouverts entre les chercheurs, les nutritionnistes, les jeunes entrepreneurs, les producteurs et les consommateurs;
- moderniser les méthodes de communication et de diffusion des résultats des recherches auprès des entreprises publiques et privées;
- informer les autorités et les bailleurs de fonds afin qu'ils stimulent la création de PME agroalimentaires et soutiennent les initiatives privées;
- maîtriser la technologie de transformation des produits locaux, pour ne plus être cantonné à la seule transformation du maïs, du riz, du mil et du soja ou du niébé…

Enfin et pourquoi pas:

- être des créateurs d'entreprises, artisanales ou industrielles, pour enfin en Afrique faciliter et accélérer la transformation de la recherche ou de l'information scientifique en innovation. Peut-être les nutritionnistes et technologues pourraient-ils être formés au montage de projet, à la création et à la gestion d'entreprise.

CONCLUSION

Aujourd'hui, 10 ans après ses premiers essais de broyage, la viabilité économique de l'entreprise PKL ne fait plus de doute, il subsiste néanmoins un certain nombre de risques quant à sa capacité de développement durable. Pour les limiter, l'entreprise doit vendre beaucoup plus, ce qui implique forcement d'être plus compétitif et de disposer d'importantes ressources financières (que les banques locales n'accordent pas) indispensables à la promotion et à la distribution des produits.

Nous devons continuer d'innover pour répondre aux attentes du consommateur et surtout pour réussir à baisser sensiblement nos coûts de production.

C'est à ces niveaux-là notamment que PKL a plus que jamais besoin d'un soutien technique et scientifique pour contenir les conséquences des points faibles de l'entreprise. Les chercheurs et les technologues alimentaires lui seraient d'un précieux apport pour:

- la réduction du coût de la recherche-développement de produits nouveaux, en suggérant de nouvelles matières agricoles, de nouvelles techniques de transformation, et de conservation; la formulation d'aliments à base de fruits et légumes, si faiblement consommés en Afrique;
- l'optimisation des procédés de production, l'amélioration et l'extension des capacités de production;
- des solutions alternatives économiques, permettant de remplacer les complexes vitaminés et autres intrants si chers à l'importation, et les types d'emballages et de conditionnement, (FARINOR est conditionné dans des sachets PET placés dans des étuis en carton);

- la mise au point d'équipements adaptés à la transformation industrielle de certaines céréales ou de légumineuses consommées traditionnellement, par exemple le fonio ou le niébé;
- le conseil et l'appui technique pour le contrôle qualité et la sécurité sanitaire des produits, l'installation d'un mini laboratoire d'analyses;
- l'accès continu à l'information, la possibilité d'établir de véritables partenariats en matière de formation, d'étude de produits et de projets à l'échelle de PKL.

Tant de questions et de doutes subsistent. Le rêve que PKL souhaite voir se réaliser est la création un jour en Côte d'Ivoire d'un centre de regroupement des connaissances et de recherche, une sorte de *Vitamin Valley* qui, à l'instar de la Silicon Valley, concentrerait toute la grande famille de l'agroalimentaire: chercheurs, nutritionnistes, ingénieurs, producteurs, dames de la restauration de rue…

Vitamin Valley serait financée par l'Etat, les entreprises privées, les fabricants d'emballages, les fournisseurs (locaux et étrangers) de matériel, d'équipements, de premix, les instituts de recherche internationaux, et les bailleurs de fonds. Est-ce si utopique?

Remerciements:
- *à tout le personnel de PKL, dont le dévouement et le courage sont fabuleux,*
- *à Feu le Président Félix Houphouet Boigny qui a su faire aimer son pays,*
- *à Jean-François Grongnet (ENSA de Rennes), Serge Trèche et Claire Mouquet-Rivier (IRD de Montpellier) pour leur science, leur générosité, leur aide si précieuse et efficace,*
- *à Action Contre la Faim pour la clairvoyance de ses volontaires,*
- *à nos investisseurs suisses, pour leur grande générosité*
- *à mes parents, à ma famille.*

Problématique, besoins et approche d'élaboration de programmes de formation des technologues alimentaires et des nutritionnistes: cas de la Faculté des Sciences et Techniques de Brazzaville

Massamba Joachim

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN*Congo*), Faculté des Sciences, Université Marien NGouabi, Brazzaville, BP 69, République du Congo.

Auteur correspondant: *jmassamba@hotmail.com*

- Résumé -

Il y a encore deux ans, la Faculté des Sciences de Brazzaville ne dispensait qu'un enseignement supérieur limité aux premier et second cycles et visant à former des cadres dans les disciplines fondamentales d'une faculté classique. La fonction publique, principale pourvoyeuse d'emplois ne recrutant plus, il fallait être de plus en plus compétitif pour trouver une place sur le marché du travail ou pour pouvoir s'installer à son propre compte.

C'est dans ce contexte qu'est née l'Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN), qui a créé une formation doctorale intitulée "Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)" avec trois options couvrant plusieurs disciplines des sciences des aliments. La formation vise à développer l'expertise et les compétences nécessaires aux cadres capables de contribuer à l'utilisation des aliments locaux en vue d'améliorer les situations alimentaires et nutritionnelles des populations.

Dans un environnement devenu incertain et perpétuellement changeant, la soutenance des premiers DEA et thèses de la formation doctorale T2A, en mars et avril 2003, a été le point de départ de la transformation de la Faculté des Sciences en Faculté des Sciences et Techniques. La transformation entend se poursuivre aux second et premier cycles. Le coût élevé d'une formation de 3ème cycle et la faiblesse d'offres d'emplois pour ses diplômés dans le cadre étroit d'un seul pays incitent à créer des formations professionnalisantes itinérantes en Afrique Centrale avec des partenariats extérieurs. Un appui financier a été accordé par l'AUF pour faire de la formation doctorale T2A un Centre d'Excellence sous-régional.

Mots-clés: Brazzaville – Formation académique – Faculté des Sciences – Transformation institutionnelle.

- Abstract -

Needs and approach for developing training schemes for food technologists and nutritionists: the case of the Science and Technology Faculty, Brazzaville

Two years ago Science Faculty at Brazzaville was still dispensing only high-level course to the first and second years for the training of executives in fundamental courses of a classic faculty. A comparison of the research program and the educational programs of the faculty allowed being aware of the gap between the two essential missions of the university, i.e. to train scientists executives and create knowledge able to contribute to the technological, economic and national socio-cultural development.

The analysis of the research themes of the faculty showed their links with the development whereas students with first or second cycle diplomas were powerless to fit into the work environment. As public service, the main supplier of jobs, does not recruit anymore, graduated students have to be more and more competitive in order to find a place in this environment or to create his own enterprise.

Facing this context, the team EPRAN*Congo* in the institutional scope of Science Faculty, among other missions to assure scientists and professionals training and to improve practices of those who are working in the scope of food and nutrition. Thus, the team has created a doctoral training named *"Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)"* with three options (Chemical development of agro-resources; Microbiological development of agro-resources; Nutrition and food quality) covering several fields of food sciences. The training aims at developing expertise and necessary skills of executives in order to make them able to contribute in using local foods to improve food and nutritional situations of the populations.

In an unsure and always changing environment, defences of the first DEA and PhD thesis of the T2A training at March and April 2003 the starting point of the transformation of the Science Faculty into a Science and Technique Faculty. It consists in adapting the faculty to the national context by reviewing and/or creating training programs preparing students for scientific and technological careers associated to the genuine needs of students and of the society. Change will be continued within the second cycle by putting in addition to the classic scientific channels, work-oriented channels to train students properly equipped facing work environment and the employment situation.

The high cost of a third cycle training and the unfavourable employment situation for these students in the narrow scope of an alone country encourage creating itinerant work-oriented trainings in central Africa with exterior partnership. A financial support has been granted by AUF to transform T2A doctoral training in a sub regional centre of excellence.

Key words: Brazzaville – Training – Science faculty – Institutional change.

INTRODUCTION

De façon traditionnelle, une Faculté des Sciences est conçue comme un établissement d'enseignement supérieur et de recherche dont le champ d'action, couvre les sciences exactes et naturelles ou selon une terminologie plus moderne, les sciences des structures et de la matière et les sciences de la vie et de la terre. Elle crée et transmet les connaissances fondamentales relatives au monde physique qui nous entoure. La Faculté des Sciences de l'Université Marien NGouabi s'est inscrite pendant longtemps dans cette logique de sorte que jusqu'en 1990, l'appui au développement n'y occupait qu'une place marginale[1].

Mais depuis cette période, le contexte a profondément changé dans le pays avec la tenue de la Conférence Nationale Souveraine qui a entraîné l'effondrement du régime monolithique, mis fin à l'allégeance marxiste et permis l'avènement d'une ère de transition démocratique et l'instauration du libéralisme économique.

Ce contexte était déjà par ailleurs marqué depuis une vingtaine d'années par l'incapacité croissante de la fonction publique, jadis principale pourvoyeuse d'emplois, d'absorber tous les diplômés sortant des établissements de formation. En outre, les étudiants de l'Université Marien Ngouabi, en général, et ceux de la Faculté des Sciences, en particulier, ont commencé à rencontrer d'importantes difficultés pour s'inscrire dans les universités du Nord et en France en particulier. Cela pose d'autant plus problème que la plupart des cursus de formation à l'Université Marien NGouabi en général et à la Faculté des Sciences en particulier, étaient conçus pour s'achever hors du territoire national[2]. La Faculté des Sciences a été progressivement interpellée par ce contexte. Elle s'est par conséquent orientée depuis 1995, avec l'aide de l'assistance technique canadienne vers une réévaluation de la mission de l'université en général et de la sienne en particulier en vue de renforcer ses capacités institutionnelles en se transformant en Faculté des Sciences et Techniques[3].

Cette transformation qui a véritablement été enclenchée l'année dernière avec l'implantation d'un 3ème cycle dans l'établissement, entend se poursuivre maintenant aux 1er et 2nd cycles de formation initiale, par la mise en place à côté des formations scientifiques classiques, des formations professionnalisantes visant à former des diplômés mieux outillés pour faire face au monde du travail et aux exigences du marché de l'emploi.

La Faculté des Sciences est largement concernée par la thématique de cette table ronde car elle s'engage pour cette année académique, dans le processus d'élaboration des programmes de formation de la Faculté des Sciences et Techniques. Au sein de cette nouvelle faculté, il est prévu entre autres, la création des filières de formation dans le domaine de l'alimentation et de la nutrition. Ce propos présente le contexte, la problématique et les orientations des nouveaux programmes de formation académique et enfin l'approche adoptée pour la détermination et l'intégration des capacités nécessaires aux technologues et aux scientifiques en général, et, aux technologues alimentaires et aux nutritionnistes en particulier, dans les programmes de formation de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Marien NGouabi à Brazzaville.

CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE ET POSITIONNEMENT DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

Contexte agro-alimentaire congolais et problématique des formations académiques souhaitables

Le contexte agroalimentaire congolais dans lequel la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Marien NGouabi entend inscrire la formation de ses diplômés, est une composante du contexte subsaharien qui a été largement caractérisé à ce séminaire[4]. C'est en rapport avec ce contexte agroalimentaire que doivent être formés les nutritionnistes, les spécialistes en sciences des aliments et les technologues alimentaires dans les universités en Afrique subsaharienne en général et au Congo en particulier. Ceux-ci sont appelés à travailler à l'issue de leur formation dans un secteur agroalimentaire qui n'est pas structuré, organisé et développé de la même manière que celui de l'Occident et qui n'a pas par conséquent les mêmes besoins de formation. Pour cette raison, les exigences de performances des diplômés à l'entrée du marché du travail ne peuvent certainement pas, être conçues et perçues de la même manière que celles de leurs homologues appelés à travailler en Occident ou en Afrique mais formés selon un moule adapté au modèle agroalimentaire occidental.

L'environnement scientifique des formations académiques liées à l'agroalimentaire au Congo

La transformation de la Faculté des Sciences se déroule dans un contexte de reconstruction et de réhabilitation d'un établissement qui a été détruit au cours de ces dix dernières années par des conflits civils à répétition qui ont traversé le pays. La relance de la recherche universitaire et de l'enseignement supérieur mise à l'ordre du jour par la tenue des prochains états généraux de l'éducation qui seront organisés à Brazzaville sous l'égide de l'UNESCO, augure par ailleurs d'un contexte académique favorable au développement de l'enseignement supérieur dans le pays. D'autre part, trois instituts de recherche-développement sont en voie de création respectivement dans les domaines de l'alimentation et de la nutrition, de l'agronomie, et, de la forêt. Ils devraient renforcer l'environnement scientifique et technique dans lequel les programmes de formation académique des cadres de l'agroalimentaire vont être élaborés puis implantés à la Faculté des Sciences et Techniques.

Le positionnement de la Faculté des Sciences et Techniques au sein de l'université congolaise

La formation des technologues alimentaires et des nutritionnistes à la Faculté des Sciences s'inscrit dans le cadre général de la nouvelle vision de cet établissement prenant en compte la nécessité de sa transformation institutionnelle en Faculté des Sciences et Techniques.

Les transformations académiques envisagées reposent sur les besoins jugés prioritaires par la société congolaise, l'expertise au sein de la Faculté et de son environnement académique et scientifique dans le pays. Au sein de l'Université Marien NGouabi, deux autres établissements ont aussi mandat de former des diplômés destinés au secteur agroalimentaire: l'Institut de Développement Rural (IDR) et l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) qui forment des ingénieurs. Pour éviter des redondances, des doubles emplois, la Faculté des Sciences et Techniques s'est définie des nouveaux créneaux de formation et s'est engagée à utiliser le personnel enseignant qualifié de ces deux établissements, à créer des passerelles entre ses filières et celles de ces établissements. La Faculté tient à garder

malgré tout, sa spécificité en restant un établissement positionné dans le domaine des sciences de structures et de la matière et des sciences de la vie et de la terre.

Le positionnement de la Faculté des Sciences et Techniques dans le contexte agroalimentaire national s'oriente dans le sens de créer des liens avec le monde socioprofessionnel afin que la technologie puisse sortir des laboratoires et qu'elle soit mise entre les mains de l'industrie, des petites et moyennes entreprises agroalimentaires.

Elle peut être ainsi utilisée pour créer des nouveaux produits et de nouveaux procédés, pour générer de nouvelles entreprises créant ainsi de nouvelles opportunités et des possibilités d'emplois pour les populations.

De ce point de vue, la Faculté des Sciences et Techniques s'est engagée pour contribuer en partenariat avec l'Institut Supérieur de Gestion (ISG) à la création d'un Centre d'Incubation et de Promotion des Entreprises (CIPE) en vue d'aider les étudiants à la fin de leurs études à élaborer un avant-projet de création d'entreprise[5].

ORIENTATIONS DES NOUVEAUX PROGRAMMES ET PROFILS DES DIPLÔMÉS À FORMER

Orientations générales des programmes de formation à la Faculté des Sciences et Techniques

Conformément à son énoncé de mission et à sa nouvelle vision, la Faculté des Sciences et Techniques entend désormais former deux types de diplômés:
- ceux relevant des carrières scientifiques;
- ceux relevant des carrières technologiques, professionnalisantes.

La formation des nutritionnistes et des technologues alimentaires à la Faculté des sciences et techniques relève de ce cadre général, ils sont définis pour les premiers comme des professionnels des carrières scientifiques et pour les seconds comme des professionnels des carrières technologiques, professionnalisantes. Ces deux types de diplômés seront issus respectivement du second cycle de formation initiale qui regroupe désormais les 2 diplômes actuels de maîtrise et de DEA en un seul diplôme appelé mastère le tout étalé sur deux ans, et, du 3ème cycle de formation avancée qui ne délivrera désormais que le seul diplôme de doctorat préparé en trois ans.

Orientations des programmes de formation à divers niveaux des cycles de formation

Orientations des programmes de formation au 1er cycle de la formation initiale

La Faculté des Sciences et Techniques se propose au 1er cycle de formation initiale, de former en trois ans des licenciés ès sciences dans les divers secteurs (branches) des sciences de base (Biologie, Chimie, Géologie, Mathématiques, Physique), donc des généralistes et non des spécialistes des disciplines scientifiques que renferment ces secteurs disciplinaires[5]. Sur la base des objectifs généraux assignés à l'ensemble de la formation initiale à la faculté des sciences et techniques, le 1er cycle aura pour vocation de former des diplômés ayant une solide base de culture scientifique et technologique. A ce niveau, l'apprentissage des techniques au cours de l'enseignement expérimental doit constituer le socle, l'assise, le fondement aussi bien pour les futurs technologues que pour les futurs scientifiques à l'apprentissage des métiers respectifs qu'ils pourront exercer plus tard. Une initiation concomitante à la culture scientifique et à la culture technologique est la principale caractéristique de ce nouveau premier cycle de formation initiale.

Parallèlement, tout en gardant la primauté des disciplines scientifiques sur les disciplines technologiques de base, une ouverture au monde du travail et à l'environnement international sera prise en compte dans la formation avec l'introduction dans celle-ci à la connaissance de la vie de l'entreprise, aux nouvelles technologies de la communication et de l'information, aux techniques d'expression et à la maîtrise des langues utilisées couramment dans le monde.

De cette manière, les titulaires de la licence ès sciences d'un secteur disciplinaire considéré auront le choix de poursuivre leurs études supérieures dans une filière de formation scientifique ou dans celle de formation professionnalisante, technologique à la Faculté ou dans d'autres établissements supérieurs de l'Université Marien NGouabi par un jeu de passerelles soigneusement établies entre ces établissements (instituts ou écoles d'ingénieurs). Ces derniers pourront aussi tenter leur insertion dans le monde du travail s'ils le désirent.

Orientations des programmes de formation au 2nd cycle de la formation initiale

Le second cycle délivrera deux types de diplômes: un mastère en sciences pour la formation des scientifiques et un mastère en sciences et techniques pour la formation des technologues dans la filière professionnalisante. Les premiers, les scientifiques sont des diplômés initiés dans une discipline scientifique. Ils pourront à l'issue de leur formation intégrer le monde du travail en cette qualité. Ils pourront aussi, s'ils le désirent, choisir de poursuivre leur formation universitaire au 3ème cycle. C'est dans cette catégorie que la Faculté entend former tous les spécialistes en sciences des aliments et professionnels des carrières scientifiques: biochimie alimentaire, chimie alimentaire, microbiologie alimentaire, nutrition.

Dans la seconde catégorie, sont formés les diplômés des mastères en sciences et techniques c'est-à-dire des technologues parmi lesquels, les technologues alimentaires. Ces diplômés devraient être des généralistes dans le domaine de la technologie agroalimentaire, polyvalents, capables de poser des diagnostics et des maîtres d'œuvre dans la rémédiation. Le spécialiste issu des écoles professionnelles, techniques, serait quant à lui plus outillé à régler les détails techniques[3]. Les technologues alimentaires sont destinés à intégrer le monde du travail, le monde de la production dans le secteur agroalimentaire à l'issue de leur formation. Ils évolueront comme professionnels des carrières technologiques, des métiers de l'alimentation aussi bien dans le secteur formel qu'informel, dans l'artisanat aussi bien que dans l'industrie alimentaire.

Orientations des programmes de formation au 3ème cycle de la formation avancée

Au niveau du 3ème cycle de formation avancée, deux types de diplômes sont envisagés: un diplôme de doctorat en sciences et un diplôme de spécialité en sciences et technologie. Le doctorat est délivré dans les spécialités des disciplines scientifiques relevant des domaines couverts par les sciences des aliments (biochimie alimentaire, chimie alimentaire, microbiologie alimentaire, nutrition) dont la formation doctorale "Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)"[6] a déjà été implantée. Le diplôme de spécialité concernera les disciplines technologiques impliquées dans les sciences des aliments. Il s'agira d'une formation avancée destinée aux titulaires d'un diplôme d'ingénieur, de technologue et qui devraient à l'issue d'une formation d'une année renforcer la formation technologique reçue au 2nd cycle et se spécialiser à la recherche technologique. Quelles que soient leurs orientations, les diplômés de ce niveau intègrent le monde du travail comme chercheurs, enseignants-chercheurs, spécialistes des disciplines scientifiques et/ou technologiques de très haut niveau, comme experts en sciences des aliments. Ils

doivent jouer un rôle de conseil et de consultant auprès des décideurs aussi bien dans le secteur public que privé, informel ou formel.

Profil des diplômés en agroalimentaire à divers niveaux des cycles de formation

Profil des spécialistes des sciences des aliments au 2nd cycle de la formation initiale

A la Faculté des Sciences et Techniques, les professionnels des carrières scientifiques seront formés dans une optique multidisciplinaire tout en s'initiant à une spécialisation dans une discipline scientifique particulière relevant d'un domaine lié au développement. Leur formation mettra principalement l'accent sur l'acquisition des habiletés de la sphère cognitive par l'apprentissage des concepts et des notions de base leur permettant de maîtriser leur discipline. Elle mettra aussi l'accent sur les habiletés psychomotrices nécessaires à l'apprentissage de l'expérimentation scientifique, de la méthode scientifique indispensable à la construction et à la production des connaissances dans les milieux de la recherche. Elle n'oubliera pas les habiletés de type affectif permettant aux apprenants de s'intégrer harmonieusement dans une équipe de travail dans le domaine de la recherche et/ou de la production. Dans le domaine des sciences des aliments, les scientifiques, diplômés du niveau du second cycle sont initiés à l'une des disciplines de ce champ à savoir: biochimie alimentaire, chimie alimentaire, microbiologie alimentaire, nutrition, etc. Dans ce cadre, les objectifs globaux de formation en mastère des sciences correspondent à ceux de l'actuel DEA de la formation doctorale "Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)"[6]:

- mettre à niveau sur le plan théorique des étudiants conformément à l'option choisie;
- restructurer l'ensemble des connaissances acquises antérieurement;
- initier à la recherche aussi bien sur le plan théorique que pratique (concepts, méthodes, rédaction...).

Les étudiants ont par ailleurs une ouverture sur les autres disciplines du même champ. En tant que scientifiques initiés à une spécialisation dans le domaine de l'alimentation et/ou de la nutrition, ils reçoivent une formation devant leur permettre de travailler en équipe avec des technologues alimentaires, des médecins et des scientifiques de très haut niveau pour permettre à la recherche d'atteindre les résultats attendus dans ce domaine dans des délais raisonnables. Ils ont aussi une ouverture sur le monde du travail, une assez bonne connaissance de la vie de l'entreprise agroalimentaire.

Ils doivent être capables de participer à l'appui scientifique des projets de développement liés aux secteurs économiques et/ou sociaux, à transformer la réalité sociale et/ou économique dans ces domaines.

Profil des technologues alimentaires au 2nd cycle de la formation initiale

Les professionnels des carrières technologiques relevant du domaine de l'alimentation seront formés quant à eux à la Faculté des Sciences et Techniques dans une optique polyvalente centrée sur les capacités à transformer les aliments et à contribuer à la rémédiation des situations alimentaires et nutritionnelles. Leur formation sera donc beaucoup plus axée sur l'apprentissage des techniques c'est-à-dire des habiletés relevant de la sphère psychomotrice permettant de s'insérer et d'évoluer dans le monde socioprofessionnel, dans le monde du travail et à exercer convenablement les métiers du domaine de l'industrie et de l'artisanat alimentaires. Les cadres technologiques doivent être des professionnels des métiers de l'alimentation et/ou de la nutrition capables de contribuer à la production des résultats sur le terrain (ateliers,

services de santé, planification alimentaire ou nutritionnelle, intervention alimentaire ou nutritionnelle…).

Toutefois, d'autres établissements forment déjà des cadres analogues (ingénieurs de travaux, ingénieurs agronomes, ingénieurs de développement rural, ingénieurs alimentaires). Ces derniers sont beaucoup plus pointus et sont destinés à occuper des fonctions pour des professions bien configurées. Il est donc nécessaire d'éviter les redondances, des doubles emplois. C'est pourquoi la Faculté des Sciences a opté pour la formation de ses diplômés selon un modèle permettant d'accéder à des emplois non configurés dans ce sous-secteur, par une flexibilité des programmes permettant aux diplômés de s'adapter au marché de l'emploi selon les opportunités qui se présentent sur le terrain. Ils suivent une formation dite professionnalisante. Ainsi, une dose de concepts et de notions de base dans les différentes sciences des aliments et des autres disciplines permettant d'évoluer convenablement dans le monde du travail est un gage de cette adaptabilité en sus des disciplines technologiques incontournables qui constituent la base de la formation. Les diplômés doivent avoir une solide connaissance de la vie de l'entreprise agroalimentaire et des problèmes technologiques auxquels ces dernières sont confrontées. Le cas échéant, ils doivent être capables, de s'installer à leur propre compte en créant eux-mêmes leurs propres entreprises agroalimentaires.

Profil des diplômés en agroalimentaire au 3ème cycle de la formation avancée

Le 3ème cycle de la formation avancée est destiné à développer chez les diplômés issus du second cycle, l'expertise dans l'une des disciplines des sciences des aliments pour laquelle ils ont été initiés au second cycle à savoir: biochimie alimentaire, chimie alimentaire, microbiologie alimentaire, nutrition ou technologie alimentaire. La formation doctorale intitulée "Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)", ouverte en mars 2001 et dont les premiers doctorats et DEA ont été soutenus en mars et avril 2003 à la Faculté des Sciences à Brazzaville, a inauguré ce type de formation qui subira une transformation avec l'implantation des programmes de la Faculté des Sciences et Techniques. La formation doctorale T2A comporte actuellement trois options: valorisation chimique des agroressources, valorisation microbiologique des agroressources, et, nutrition et qualité des aliments. Ces options couvrent plusieurs disciplines des sciences des aliments. La formation vise à développer l'expertise et les compétences nécessaires de cadres capables de contribuer à l'utilisation des aliments locaux en vue d'améliorer les situations alimentaires et nutritionnelles des populations. Les documents officiels adoptés par le conseil technique de l'Université Marien NGouabi stipulent que la formation doctorale T2A se fonde autour de trois idées majeures:

- contribuer à la formation initiale des scientifiques et des professionnels du secteur de la transformation alimentaire;
- assurer la formation à l'expertise scientifique et technique par l'exercice de manière permanente de la recherche de haut niveau;
- contribuer à l'enrichissement des compétences des professionnels en exercice par une activité bien ciblée de formation continue;
- en termes d'objectifs généraux, les finalités du programme de formation doctorale donnent les buts suivants au niveau de l'encadrement de la thèse de doctorat[6];
- développer les capacités du candidat dans la conduite d'un travail scientifique de haut niveau (publication dans des revues scientifiques à comité de lecture) et pendant une longue durée (3 ans);
- accompagner le candidat dans la formulation et la vérification d'une hypothèse de travail scientifique correctement identifiée;

- former le candidat à l'utilisation rigoureuse de la méthode scientifique, au traitement et à l'exploitation des données et à la publication des résultats (mémoires, articles);
- développer, en fin de compte, l'autonomie et la confiance en soi du candidat dans l'exécution d'un travail scientifique.

Tout en poursuivant leurs travaux de thèse au laboratoire dans l'une des disciplines des sciences des aliments, les doctorants continuent à suivre une formation théorique par le biais de conférences et de séminaires de très haut niveau et ce, toujours dans une optique pluridisciplinaire afin d'aborder les problèmes alimentaires et nutritionnels dans une vision globale. La formation doctorale T2A comporte encore pour l'heure le diplôme de DEA. Il se transformera à la Faculté des Sciences et Techniques par l'absorption du DEA dans le diplôme de mastère en sciences. Plus tard, sera ouvert un diplôme de formation avancée permettant aux technologues, aux ingénieurs de se spécialiser dans leurs domaines. Ces derniers seront aussi outillés pour s'investir dans la recherche technologique à l'issue d'une formation moins longue que celle des chercheurs relevant des disciplines scientifiques. A ce niveau, le technologue recevra une formation lui permettant d'apprendre la méthodologie de la recherche technologique.

L'APPROCHE PAR COMPÉTENCES ET LA FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Les raisons du choix de l'approche par compétences à la Faculté des Sciences et Techniques

La Faculté a donc choisi de former désormais à côté des cadres scientifiques, des cadres techniques plus précisément des professionnels des métiers de l'alimentation et/ou de la nutrition. La Faculté a choisi l'approche par compétences encore appelée abusivement enseignement par objectifs pour définir les capacités (habiletés, compétences, connaissances) nécessaires à ces deux types de diplômés et les conférer à ses programmes de formation. L'approche de l'élaboration des programmes de formation par compétences s'inscrit dans le cadre conceptuel plus général de l'approche-programme et de la définition des besoins de formation, qu'elle précise davantage sur le plan méthodologique. En principe, ce choix ne devrait pas poser de problèmes particuliers pour l'élaboration des programmes de formation à mettre en œuvre dans la nouvelle Faculté des Sciences et Techniques concernant la formation technologique, professionnalisante. Cette approche conçue à l'origine pour la formation technique peut s'adapter moyennant quelques ajustements, à la formation technologique, professionnalisante.

La Faculté des Sciences a ainsi résolu d'abandonner l'approche par disciplines au profit de l'approche par compétences pour permettre aux diplômés à l'issue de leur formation d'être mieux liés à la société, de mieux s'impliquer aux problèmes du développement de la nation. Le cadre général de l'élaboration des programmes de formation à la Faculté des Sciences et Techniques a été ainsi unifié tout en incorporant les aspects spécifiques inévitables relatifs à chaque catégorie de diplômés.

L'approche par compétences: de la formation technique à la formation professionnalisante

L'approche par compétences consiste essentiellement à définir les compétences inhérentes à l'exercice d'une profession et à les formuler, dans le programme de

formation en objectifs et en standards découlant de l'analyse de la situation de travail dans le domaine pour lequel est conçu le programme de formation[7,8]. Une compétence se définit comme la capacité d'exercer convenablement un rôle, une fonction ou une activité. De ce point de vue une compétence comprend un ensemble d'habiletés du domaine cognitif, socio-affectif et psychomoteur: des savoirs, des savoir-être relationnels et des savoir-faire[9,10,8,11]. Autrement dit, une compétence comprend un ensemble de connaissances, d'attitudes et d'habiletés professionnelles qui donnent des capacités à un diplômé pour exercer convenablement un métier, une profession.

En formation technique, le terme convenablement signifie avec le niveau de performance correspondant aux exigences de l'exercice de la compétence au seuil du marché du travail. Dans le cadre de l'élaboration d'un programme de formation technique, les compétences sont structurées selon deux axes[3]: celui correspondant aux compétences particulières liées à la maîtrise d'une fonction technique, et celui relatives aux compétences générales, associées à l'assurance de développement d'une polyvalence de l'individu.

L'axe de la maîtrise d'une fonction technique dans un programme de formation technique vise le développement des compétences directement liées à l'exercice des tâches, à la réalisation des activités et à une évolution adéquate dans le cadre du travail. Il se reporte à des dimensions concrètes, pratiques, circonscrites et directement utiles à l'exercice d'une profession. L'axe de l'assurance d'une polyvalence de l'individu dans un programme de formation technique, vise le développement des compétences pertinentes à la situation de vie professionnelle mais pouvant déborder le cadre immédiat de l'exercice de la profession.

La polyvalence se reporte à des dimensions relativement générales et transférables à d'autres tâches, à d'autres activités ou à des situations de vie professionnelle autres que celles recherchées directement par le programme de formation. Par exemple la polyvalence peut être assurée par la capacité d'utiliser les principes sous-jacents à la technologie. Les dimensions de cet axe peuvent être parfois transférables à d'autres situations de vie personnelle ou sociale, comme c'est le cas pour l'habileté à résoudre les problèmes. C'est selon ces deux axes que s'élabore et se structure le programme de formation technique et qu'on peut situer chacune des compétences au moment de l'analyse des déterminants de ce programme.

Les objectifs et les standards

Les objectifs

L'objectif est une compétence, une habileté ou une connaissance à acquérir ou à maîtriser. L'objectif, tout comme le standard, est pour l'étudiant, la cible obligatoire de la formation. Chaque objectif vise l'atteinte d'une compétence en particulier. L'objectif présente une formulation univoque et rend observable la compétence. L'objectif ne présente pas les activités d'apprentissage ou d'enseignement nécessaires à l'acquisition ou à la maîtrise d'une compétence. L'objectif comprend un énoncé de la compétence à acquérir ou à maîtriser et les éléments de cette compétence. L'énoncé des compétences résulte de l'analyse de la situation de travail et des buts généraux de la formation technique. Il se compose d'un verbe d'action et d'un complément. L'énoncé de compétences doit être précis et univoque. Les éléments de la compétence se limitent aux précisions nécessaires pour la compréhension de l'objectif. Ils précisent les grandes étapes de réalisation ou les principales composantes de la compétence.

Les standards

Le standard est le niveau de performance considéré comme le seuil à partir duquel on reconnaît qu'un objectif est atteint. Tout comme l'objectif, le standard est pour l'étudiant la cible obligatoire de sa formation. Le standard est défini de manière à permettre l'atteinte de l'objectif. Le standard permet de juger de la performance de l'étudiant dans un contexte précis et à partir des critères univoques et observables. Le standard comprend le contexte de réalisation de la compétence et un ensemble des conditions dans lesquelles sera placé l'étudiant au moment de démontrer l'acquisition ou la maîtrise de la compétence. Le contexte de réalisation correspond à la situation d'exercice de la compétence, au seuil de l'entrée sur le marché du travail. Le contexte de réalisation se limite à ce qui est absolument nécessaire pour la démonstration de la compétence, sans se référer à l'environnement de nature pédagogique dans lequel sera placé l'étudiant. Les critères de performance définissent les exigences qui permettent de juger de l'atteinte de chacun des éléments de la compétence elle-même. Les critères sont fondés sur les exigences au seuil d'entrée sur le marché du travail. Chaque élément de la compétence appelle au moins un critère de performance.

L'analyse de la situation de travail

L'analyse de la situation de travail dans le domaine pour lequel l'on veut élaborer ou réviser un programme de formation a pour but de fournir les données les plus pertinentes et les plus exhaustives possibles au sujet de la profession et des qualités nécessaires aux personnes qui l'exercent[12]. Pour conduire les activités relatives à l'analyse de la situation de travail, il faut commencer par constituer, selon des critères bien précis, un groupe d'une dizaine de techniciens (professionnels) exerçant la profession considérée. Il faut ensuite recueillir de l'information sur les limites du champ d'activités analysé, sur les tâches et les opérations liées à la profession, sur les catégories de produits/résultats, les habiletés, les habitudes et les attitudes requises, sur les conditions de travail et les responsabilités, sur les exigences particulières d'entrée sur le marché de travail et les exigences d'exercice de la profession ainsi que sur des suggestions relatives à la formation.

Le résultat des activités entreprises par le groupe de travail devra se traduire par un rapport sur l'analyse de la situation de travail qui présente de façon ordonnée, l'ensemble des éléments d'information recueillis. Pour l'élaboration des programmes de la formation professionnalisante des technologues, c'est au niveau des résultats de l'analyse de la situation de travail que se situera la différence entre l'ingénieur et le technologue, entre le généraliste et le spécialiste, entre le polyvalent et celui qui a une formation pointue. La situation de travail du technologue devrait être plus riche et variée, pour permettre à celui-ci de s'adapter au contexte agroalimentaire subsaharien dans lequel coexiste le formel et l'informel, l'artisanat et l'industrie alimentaires, et où dominent encore des métiers non encore formalisés. C'est cela qui va déterminer la souplesse et la flexibilité des programmes de formation.

L'intégration des compétences dans le cadre général de l'élaboration des programmes

Dans l'approche intégrée pour l'élaboration des programmes adoptée par la Faculté des Sciences, un programme de formation à la Faculté des Sciences et Techniques comprend:

- une composante de formation générale commune à tous les programmes, destinée à la fois aux scientifiques et aux technologues du même niveau;
- une composante de formation générale propre au programme considéré, destinée à une seule catégorie de diplômés, scientifiques ou technologues;

- enfin, une composante de formation spécifique au programme, destinée à un type particulier de technologue ou de scientifique, exemple technologue alimentaire ou nutritionniste.

Les deux premières composantes du programme sont liées à l'axe de l'assurance d'une polyvalence de l'individu dans un programme de formation technique. La dernière composante du programme est quant à elle associée à l'axe de la maîtrise d'une fonction technique dans un programme de formation technique. Enfin de compte c'est l'approche-programme qui est l'assise importante de l'élaboration des programmes. Elle détermine un ensemble unifié, intégré et cohérent d'objectifs de formation et de standards et elle se place ainsi en opposition à une série de cours sans relations les uns avec les autres.

Le respect de l'approche-programme est assuré par une méthode rigoureuse de dérivation des objectifs et standards ainsi que la production d'un tableau de correspondance de type matriciel qui fait état des liens fonctionnels entre les compétences visées par les objectifs et les standards[7,8]. Le processus d'élaboration d'un programme par compétences comprend donc les étapes suivantes:

- l'analyse de la situation de travail;
- la définition des buts du programme et des compétences à développer,
- la validation du projet de formation;
- la définition des objectifs et des standards;
- la mise en forme du programme.

Les deux premières étapes mènent à la conception du programme comme nous l'avons vu plus haut tandis que la quatrième et la dernière permettent de produire le programme.

L'approche par compétences et la formation des scientifiques ou des chercheurs

Problématique de la formation du scientifique ou du chercheur

Jusqu'ici, la Faculté des Sciences ne formait que des scientifiques. Cette formation est généralement axée sur la discipline à enseigner, c'est ce qui est souvent dit. Cependant ce qui n'est pas assez souvent dit, sinon de manière implicite, c'est que les étudiants se choisissent au contact de leur(s) formateur(s) un modèle selon lequel ils vont se construire, se façonner comme scientifiques tout comme l'apprenti maçon se forge auprès de son patron, du maître maçon. Cela est plus évident lorsque la formation requiert un encadrement personnalisé de niveau élevé dans le cadre de la préparation d'un mémoire de fin d'études du second cycle, d'un DEA ou d'une thèse de doctorat.

Au fond, puisqu'on peut parler aujourd'hui du métier de chercheur de la même manière que l'on parle des autres métiers ou professions du monde socioprofessionnel (ingénieurs, enseignants, médecins, avocats…) pourquoi ne pas envisager la problématique du transfert des compétences, des capacités, des habiletés à conférer aux scientifiques ou aux chercheurs de la même manière que celle adoptée pour les technologues, pour les techniciens? Il restera bien sûr à tenir compte des spécificités du métier du scientifique, du chercheur par rapport aux autres métiers ou professions, technologiques par exemple!

Essai de réflexion sur la spécificité du métier de scientifique ou de chercheur

Finalement, comparé à son homologue technologue, un scientifique est aussi un professionnel, mais un professionnel de type particulier. Il ne fabrique pas des objets

matériels même s'il peut y contribuer largement. Il ne travaille pas dans un atelier de production de biens matériels, dans une entreprise économique avec une logique de rentabilité bien définie. Il ne travaille pas dans une usine avec des machines, des outils, des ouvriers qui obéissent à une logique implacable.

Il fabrique plutôt des connaissances, il produit des idées permettant de comprendre le monde qui nous entoure, il travaille à la formulation d'hypothèses, invente des expériences et élabore des théories scientifiques. La productivité du scientifique ne porte pas sur un objet matériel mais plutôt sur un objet immatériel, intellectuel.

Il en ressort que les performances que l'on est en droit d'attendre du scientifique devraient correspondre aux exigences de la compétence au seuil du marché du travail qui pourrait être représenté par les milieux de la recherche qu'elle soit publique ou privée mais qui en réalité est représentée par la communauté scientifique qui juge par les pairs la qualité de ses travaux. Par conséquent, apprendre la science ne suffit pas pour faire d'un étudiant un scientifique, il en faut plus, il faut apprendre la science en même temps que le métier du chercheur pour devenir un scientifique et à un niveau plus élevé, un chercheur. Il faut apprendre à faire de la recherche à un niveau d'exigence de qualité plus élevé que celui du commun des mortels qui lui aussi est souvent amené à se poser des questions sur le pourquoi, le comment des phénomènes qui l'entourent, de tenter de les comprendre et de les expliquer. C'est au niveau de l'exigence de qualité, de la rigueur de la méthode que se situe la différence entre le scientifique, le chercheur, et le commun des mortels. C'est donc le fait d'ériger la recherche en une spécialité, une profession, qui distingue le scientifique, le chercheur des autres professionnels. Mais l'apprentissage du métier de chercheur est un processus très long, réparti sur plusieurs niveaux d'études et sur plusieurs années. Il faut au moins 8 ans après le baccalauréat, dans le nouveau cursus universitaire pour fabriquer un chercheur, plus qu'il n'en faut pour former un médecin.

A la Faculté des Sciences et Techniques, les diplômés commencent véritablement à être considérés comme des scientifiques avec le début de leur initiation à une spécialisation vers la fin du second cycle de 2 ans après la licence donc après 5 années d'études supérieures, après un cursus aussi long que celui de leurs homologues ingénieurs, technologues. A ce niveau, ils commencent véritablement l'apprentissage des ficelles des métiers de la recherche avec la conception et la mise en oeuvre des protocoles de recherche, l'apprentissage de l'élaboration des problématiques, l'apprentissage de l'art de se documenter dans le domaine de recherche de leur choix. Ils commencent véritablement à apprendre à se poser des véritables questions de recherche etc... Ils amorcent donc l'apprentissage du métier de chercheur mais ils ne sont pas encore des chercheurs. Toutefois, ils ont une base suffisante, pour pouvoir poursuivre leur formation à la recherche sous l'encadrement d'un chercheur senior, et devenir ainsi au 3ème cycle eux-mêmes des chercheurs, s'ils le désirent.

L'analyse de la situation de travail dans les milieux scientifiques ou de la recherche

Enfin de compte c'est l'analyse de la situation de travail dans les milieux scientifiques, dans les milieux de la recherche qui doit fonder la spécificité du programme de formation des scientifiques puis finalement celui des chercheurs. Les milieux de la recherche, les milieux scientifiques ne fonctionnent pas de la même manière que les milieux socioprofessionnels. Qu'est-ce qui caractérise aujourd'hui la situation de travail du nutritionniste, quel rôle joue-t-il réellement dans la société? Il constate les pratiques alimentaires, il ne les crée pas, il s'attache à corriger les excès, les carences dans ces pratiques et notamment celles liées à l'alimentation ou aux aliments, celles liées aux changements de modes de vie, au système de production alimentaire, au

système de soins de santé, à l'environnement…La panoplie est grande, elle ne peut être balayée dans le cadre de ce propos et est largement analysée à ce séminaire.

La spécificité des scientifiques, des chercheurs, réside en ce que dans leurs milieux de travail, les habiletés de la sphère cognitive liées à la maîtrise des concepts et des notions relatives à des disciplines scientifiques occupent une part prépondérante parmi les autres habiletés mises en œuvre. Mais pour autant, les habiletés de la sphère psychomotrice ne peuvent pas être négligées pour apprendre à imaginer des hypothèses scientifiques fructueuses, à mettre au point des expériences originales pour les valider, en bref pour savoir utiliser pleinement la méthode scientifique. Finalement ce sont les exigences de l'exercice du métier de chercheur dans les milieux de la recherche, dans les milieux scientifiques qui déterminent les éléments de compétence qui doivent figurer dans la composante de formation spécifique au programme de formation des scientifiques et à un niveau plus élevé, des chercheurs qui devront travailler dans le secteur agroalimentaire au Congo. Mais la recherche elle-même ne fait que médiatiser les besoins réels des populations en matière de sciences et technologie dans ce domaine. Les besoins de formation doivent donc découler de l'analyse du secteur agroalimentaire dans ses détails.

CONCLUSION

Il ressort de notre propos que la recherche a encore fort à faire pour décrire et caractériser davantage le secteur agroalimentaire subsaharien afin de mieux cerner son fonctionnement et ses logiques internes de production et sa demande en matière de science et de technologie. Cela devrait permettre de mieux conduire l'analyse des situations de travail des métiers qui s'y mettent progressivement en place et d'aider à les formaliser dans des sociétés en pleine mutation.

Les instruments d'analyse de ce domaine se mettent encore progressivement en place. Aussi l'approche d'élaboration des programmes de formation par compétences qui se base sur l'analyse rigoureuse de la situation de travail pour des métiers bien configurés devrait s'appuyer sur des outils conceptuels et méthodologiques qui ont déjà fait leur preuve. Ceux-ci devraient permettre d'évoluer dans un contexte incertain, changeant, en pleine mutation, de progresser malgré tout dans ce domaine au fur et à mesure de la maîtrise des besoins de formation.

C'est pourquoi pour concevoir et initier sa réforme, la Faculté des Sciences s'est appuyée sur trois outils conceptuels et méthodologiques à savoir: l'évaluation[13,14], la planification stratégique et la transformation dans les univeristés[15]. La transformation de la Faculté des Sciences devrait donc être planifiée stratégiquement au cours d'un processus pendant lequel l'évaluation devrait permettre de mesurer l'état d'avancement du projet à chaque stade et de lui apporter les inévitables réajustements nécessaires.

La planification stratégique a permis de lancer le projet sans avoir besoin d'attendre de tout avoir sous la main, mais plutôt de le commencer par le bout qui posait le moins de problèmes du point de vue de la faisabilité et qui était susceptible d'avoir des effets d'entraînement sur le reste du projet. Le questionnement de l'université évoqué dans la problématique de ce propos est tellement radical et d'une telle complexité que l'on ne peut entrevoir de réponse adéquate que dans le cadre d'une transformation plutôt que dans celui d'une simple réorganisation des processus et d'une restructuration parallèle[16]. Une opération de transformation doit modifier la situation antérieure en transformant les processus, les comportements et la culture institutionnelle en faisant appel à des outils diagnostics bien connus.

RÉFÉRENCES

1. Silou Th, Batchi M, Bouka-Biona C, Ouamba JM. La situation de la recherche à la Faculté des Sciences, à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique et à l'Institut Supérieur de Gestion. In: Lessard C, Moali J, Plourde M, eds. Les missions de l'université et la planification stratégique: le cas de la Faculté des Sciences, de l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique et de l'Institut Supérieur de Gestion de l'Université Marien NGouabi, Brazzaville, Congo. Séminaire méthodologique à l'Université Marien NGouabi, Brazzaville, Congo, mai 1996. Projet PRIMTAF *congo.* Montréal: Faculté des Sciences de l'Education, 1999.
2. Goma-Maniongui J, Dzoumba J, Ntsila A. L'état de l'enseignement à la faculté des sciences. In: Lessard C, Moali J, Plourde M, eds. Les missions de l'université et la planification stratégique. Montréal: Publications de la Faculté des Sciences de l'Education, 1999.
3. Faculté des Sciences. Projet de plan d'action stratégique de la transformation de la Faculté des Sciences en Faculté des Sciences et Techniques, 2001-2006. Document de présentation de la direction de l'établissement. Brazzaville, 2001b.
4. Silou Th. Besoins et offre de technologie post-récolte dans l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne: Rôle des technologues dans le développement de la petite entreprise. In : Brouwer ID, Traoré AS, Trèche S, eds. Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa: the role of food technologists and nutritionists. Ouagadougou: UO/WU/IRD/FAO, 2004:33-48.
5. Moali J. Notes relatives à la mission d'appui scientifique et technique de Gilles Aubin à la Faculté des Sciences de l'Université Marien Ngouabi. Séminaire-atelier sur l'élaboration des programmes de la Faculté des sciences et techniques, 26 juin au 7 juillet 1998. Brazzaville: PRIMTAF *congo,* 1998.
6. Faculté des Sciences. Formation doctorale "Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)". Organisation académique et programme des enseignements de DEA. Brochure de présentation. Brazzaville, 2 001a.
7. Lemieux JP, Mercure G, Paquette M. Elaboration des programmes d'études techniques. Cadre technique, Direction des programmes. Montréal, 1994.
8. Mager RF. Comment définir les objectifs pédagogiques? Paris: Dunod, 1994.
9. Bloom BS. Taxonomie des objectifs pédagogiques. Montréal: Education nouvelle, 1969.
10. de Landshere G, de Landshere V. Définir les objectifs de l'éducation. Paris : Presses Universitaire de France, 1990.
11. Ntsila A, Mandavo J, Loumouamou A. Les objectifs d'apprentissage. Définition et formulation. Brazaville: INRAP, 2002.
12. Ministère de l'Education du Québec. Guide d'animation d'un atelier d'analyse d'une situation de travail. Québec, 1993.
13. Nadeau MA. L'évaluation de programme. Théorie et pratique. Québec: Les presses de l'université de Laval, 1988.
14. Plourde M. Formation à une méthodologie d'évaluation et d'élaboration de programme de formation. Montréal: Faculté des Sciences de l'Education, Université de Montréal, 1983.

15. Proulx R. La mission de l'université et la planification stratégique: un cadre conceptuel et méthodologique. In: Lessard C, Moali J, Plourde M, eds. Les missions de l'université et la planification stratégique. Montréal: Faculté des Sciences de l'Education, 1999.

16. Proulx R. Problématique et rôle de la mission de l'université et planification stratégique. Leçon inaugurale. Séminaire de formation des cadres administratifs de l'université Marien NGouabi à la méthodologie de la planification stratégique et de la transformation dans les universités, 15-23 juin 1998. Brazzaville: projet PRIMTAF *congo*, 1998.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Recommandations de l'atelier

Recommendations of the Workshop

RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER
RECOMMENDATIONS OF THE WORKSHOP

The conclusions and recommendations result from the discussions ensuing from the plenary lectures and round tables. They can be categorized as follows:

General recommendations:

1. To develop approaches improving dietary diversification that are appropriate for agro-ecological zones and seasonal variations.

2. To continue the fight against the consequences of inadequate consumption of bioavailable micronutrients.

3. To develop concerted programs of advocacy.

4. To favour research in food processing and technology that is relevant to the small-scale agro-food enterprises (including the informal sector).

Recommendations towards interventions and communication:

1. Systematically stimulate the interdisciplinary approach of interventions aimed at improving the nutritional situation, at all stages from conception to their execution.

2. A participatory approach is important in view of the analysis of local situations, needs expressed by the population, and the valorisation of traditional know-how.

Les conclusions et les recommandations ont été dégagées des discussions qui ont suivi les exposés en plénières et les tables rondes. Elles peuvent être regroupées de la manière suivante :

Recommandations générales:

1. Développer des approches dans le domaine de la diversification alimentaire par zone agro-écologique et pour les différentes saisons de l'année.

2. Continuer à lutter contre les conséquences d'apports insuffisants en micronutriments biodisponibles.

3. Développer des programmes concertés de plaidoyer.

4. Définir et prendre les dispositions de façon à ce que la recherche en technologie alimentaire soit au service de la transformation agroalimentaire à petite échelle (y compris le secteur informel).

Recommandations en faveur des interventions et de la communication :

1. Promouvoir systématiquement l'interdisciplinarité au niveau des interventions visant à mettre en œuvre des voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles depuis leur élaboration jusqu'à leur mise en œuvre.

2. Souligner l'importance de l'approche participative pour le diagnostic des situations locales, l'analyse des besoins des populations et la valorisation des savoir-faire traditionnels.

3. To develop a structural interface between researchers and the actors in the agro-food sector to facilitate exchanges of needs and solutions.
4. To encourage researchers to make their expertise available for consultation, in addition to their regular tasks in research and teaching.
5. To facilitate the flow of information resulting from research and intervention activities, by management of data.

Recommendations concerning training of nutritionists and food scientists and technologists:

1. Training programmes should be more multidisciplinary, taking into account the differences and overlaps between e.g. food science and nutrition.

2. There is a continued need for support of training in the region; this should not be exclusively on a North-South axis, but should have a regional aspect (South-South) in order to support regional collaboration.

3. More attention should be paid to fine-tuning of the number of graduates in nutrition and food technology and the job opportunities.

3. Développer et structurer l'interface entre les chercheurs et les acteurs dans le secteur agroalimentaire pour faciliter les échanges des besoins et des solutions.
4. Encourager les chercheurs à utiliser leur capacité d'expertise pour réaliser des consultations, en plus de leurs fonctions habituelles de recherche et d'enseignement.
5. Faciliter la circulation de l'information issue de la recherche et de la mise en œuvre d'interventions par une meilleure gestion des données existantes.

Recommandations concernant la formation des nutritionnistes, des spécialistes en sciences des aliments et des technologues :

1. Les programmes de formation doivent être davantage pluridisciplinaires et prendre en compte les différences et les liens entre les sciences des aliments et la nutrition.

2. L'appui qu'il est nécessaire d'apporter à la formation en Afrique de l'Ouest ne doit pas être uniquement réalisé selon un axe Nord-Sud, mais doit également avoir un caractère régional dans le but de favoriser les collaborations Sud-Sud.

3. Davantage d'attention doit être apportée à l'adéquation entre le nombre de diplômés formés dans le domaine de la nutrition et des sciences des aliments et les possibilités de trouver du travail.

Recommendations concerning the needs and priorities for research in Nutrition and Food Science and Technology:

1. Continue on-going research in the following areas :
   - the development and validation of methods for the measurement and monitoring of nutritional vulnerability and dietary diversity;
   - the characterization of traditional food processing methods and the measurement and understanding of their impact on food quality and nutrient availability, while avoiding unnecessary duplications of the past work
   - the improvement of nutritional value, hygiene and overall quality of foods produced at small industrial scale as well as in the informal sector.

2. Develop research relevant to the agro-food sector, aimed at improving the livelihood of vulnerable groups.

3. Research should not remain confined to themes presently recognized as priority by funding agencies, but should have an open and pro-active approach to problems underlying malnutrition, such as for example the issue of the adequacy of the supply of essential fatty acids.

Recommandations concernant les besoins et les priorités de recherche dans le domaine de la nutrition, des sciences des aliments et de la technologie:

1. Poursuivre les recherches en cours dans les domaines suivants:
   - la mise au point et la validation des indicateurs de diagnostic et de suivi aux niveaux de la vulnérabilité alimentaire et de la diversification des régimes alimentaires ;
   - La caractérisation des techniques traditionnelles de transformation des aliments et l'étude de leurs effets sur les qualités des aliments et la biodisponibilité des nutriments, en veillant toutefois à ne pas refaire ce qui a déjà été fait;
   - l'amélioration de la qualité nutritionnelle, hygiénique, et organoleptique des aliments produits tant aux niveaux des petites industries agro-alimentaires qu'à celui de l'artisanat alimentaire informel.

2. Développer des recherches dans le domaine de l'agroalimentaire visant à améliorer les moyens d'existence des groupes vulnérables.

3. Ne pas se limiter à travailler sur les thèmes actuellement reconnus comme prioritaires par les bailleurs de fond mais avoir une approche plus prospective des causes sous jacentes de la malnutrition, comme par exemple la couverture inadéquate des besoins en acides gras essentiels.

2ème Atelier international / *2nd International Workshop*
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles
Food-based approaches for a healthy nutrition
Ouagadougou, 23-28 / 11 / 2003

Index des Participants

Participants Index

INDEX DES PARTICIPANTS / *PARTICIPANT INDEX*

ABITOR Komi. CIDR-Togo - BP 12 - Notsé, **Togo** (pfesopt@yahoo.fr).

ACHINEWHU Simeon. Rivers State University of Science & Technology - PMB 5080 - Port Harcourt, **Nigeria** (achinewhu@yahoo.com).

ADAM Rabi. Ministry of Food and Agriculture - PO Box 36 - Savelugu, **Ghana** (deek2000gh@yahoo.com).

ADDA Cyrille. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) - 08 BP 0932 Tri postal - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (c.adda@cgiar.org).

AG BENDECH Mohamed. Helen Keller International Burkina Faso - 04 BP 8150 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (mab@hki.bf).

AGBLE Rosanna. Ghana Health Service - PO Box M78 - Accra, **Ghana** (nutrition@ighmail.com).

AGBOR EGBE Tom. Institut de recherches Médicales et d'études des Plantes Médicinales - BP 6163 - Yaoundé, **Cameroun** / ***Cameroon*** (agboregbetom@hotmail.com).

AHIMANA Cyridion. UNICEF - PO Box 732 - Antananarivo, **Madagascar** (cahimana@unicef.org).

AMANI N'guessan Georges. Université d'Abobo-Adjamé - 02 BP 801 - Abidjan, **Côte d'Ivoire / *Ivory Coast*** (amanigeorges@yahoo.fr).

ANNOR George Amponsah. University of Ghana / Dept of Nutrition and Food Science - PO Box AN LG 134 - Legon - Accra, **Ghana** (georgeannor@yahoo.com).

ARIMOND Mary. International Food Policy Research Institute (IFPRI) - 20006-1002 - Washington, DC, **USA** (m.arimond@cgiar.org).

AVALLONE Sylvie. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / ENSIA SIARC - BP 64501 - F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (avallone@siarc.cnearc.fr).

AYASSOU Kossiwavi. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (aya_ssou@yahoo.com).

BADOLO Jacqueline. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (kayala20032001@yahoo.fr).

BAH Mamadou Kabirou. Dnrst / MESRS - BP 561 - Conakry, **Guinée** / ***Guinea*** (mkaribou/2universoiteconakry.ac.gn).

BARO Mohamed. Association Nutrition et Développement - BP 3651 - Nouakchott, **Mauritanie** / ***Mauritania*** (mdbaro@yahoo.fr).

BARRO Nicolas. Université de Ouagadougou/CRSBAN - 03 BP 7131 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (nicolas_barro@univ-ouaga.bf).

BAYANE Yaya. Université de Ouagadougou/CRSBAN - 09 BP 22 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (yaya_bayane@univ-ouaga.bf).

BECQUEY Elodie. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ebecquey@hotmail.com).

BEN OMAR Nabil. Universidad de Jaén / Departamento de Ciencias de la Salud / Area de Microbiologia - 23071 - Jaén, **Espagne / *Spain*** (nben@ujaen.es).

BENGALY Marcel Daba. Université de Ouagadougou/CRSBAN - 03 BP 7131 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (marcel.bengaly@univ-ouaga.bf).

BERE Augustin. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (bere@univ-ouaga.bf).

BERGER Jacques. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – c/o Service culturel - Ambassade de France - 57 Tran Hung Dao - Hanoi, **Vietnam** (j.berger@fpt.vn).

BIEGO Samssonna. C.TRA.PA - 06 BP 10100 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (biegosamson@liptinfor.bf).

BROUWER Inge D. Wageningen University / Division of Human Nutrition - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas** / ***The Netherlands*** (inge.brouwer@wur.nl).

CAMARA Fatoumata. Université d'Abobo-Adjamé - 01 BP 1303 - Abidjan, **Côte d'Ivoire / *Ivory Coast*** (fatoumata.camara@csrs.ci).

CHEVALIER Phillipe. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – BP 64501 - F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (chevalph@mpl.ird.fr).

CODJIA Georges. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) - PO Box 3730 - Harare, **Zimbabwe** (georges.codjia@fao.org).

COMPAORE Raketa W. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 30 70 64).

COULIBALY Salimata. Institut d'Economie Rurale (IER) - BP 262 - Bamako, **Mali** (salimata.sidibe@ier.ml).

COZIJNSEN Jan. Wageningen University/Laboratory of Food Chemistry - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas** / ***The Netherlands*** (jan.cozijnsen@wur.nl).

CRUZ Jean-François. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) - F 34398 -Montpellier cedex 5, **France** (jean-francois.cruz@cirad.fr).

DABIRÉ Dowrot Bertine. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dowrot@yahoo.fr).

DABONE Charles. Laboratoire National de Santé Publique (LNSP) - 09 BP 24 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (charles.dabone@univ-ouaga.bf).

DATSOMO Koko Abotsi. Fondation des Droits de l'Enfant (FDE) - BP 07 – AgouGare, **Togo** (fddefr2000@yahoo.fr).

DE MEESTER Sigrid. APEFE/CNRST - BP 6625 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (demeester.s@apefe.bf).

DELISLE Hélène. Université de Montréal / Dép. Nutrition / Fac Médecine - CP 6128 – succ Centre-ville - Montréal, **Canada** (helene.delisle@umontreal.ca).

DELPEUCH Francis. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (delpeuch@mpl.ird.fr).

DEMBÉLÉ Ramatou. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dembeler@yahoo.fr).

DEN HARTOG Adel P. Langhoven 28 - 6721 CK - Bennekom, **Pays-Bas** / ***The Netherlands*** (apdenhartog@planet.nl).

DENIS-VANLERBERGHE France. Université de Bordeaux II -135 rue Berruer - 33000 - Bordeaux, **France** (france.vanlerberghe@wanadoo.fr).

DIALLO Ahmadou Sadio. Université de Conakry - BP 1147 - Conakry, **Guinée** / ***Guinea*** (dasgobicko@yahoo.fr).

DIARRA Mohamed. Institut d'Economie Rurale (IER) - BP 262 - Bamako, **Mali** (mohamed.diarra@ier.ml).

DIAWARA Bréhima. CNRST / IRSAT / DTA - 03 BP 7047 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dta@fasonet.bf).

DICKO Mamoudou Hama. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (mdicko@univ-ouaga.bf).

DITTOH Saa. University for Development Studies - PO Box TL 1882 - Tamale, **Ghana** (saaditt@africaonline.com.gh).

DOH Ananivi. Université de Lomé - 228 BP 1515 - Lomé, **Togo** (anivi.doh@tg.refer.org).

DONNEN Philippe. Université Libre de Bruxelles – 808 route de Lennik - 1070 Bruxelles, **Belgique** / ***Belgium*** (pdonnen@ulb.ac.be).

DOSSA Romain A M. DNSA / FSA/ UAC - 01 BP 526 - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (ansromarc@yahoo.fr).

DOUAMBA Jean W. Parfait. Ministère de la Santé / Direction nationale de la Nutrition - 01 BP 6780 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (Tél. +226 32 45 53).

DUCASSE Denise. 12 rue de Sete - F 33800 Bordeaux, **France** (ducassed@hotmail.com).

EGAL Florence. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) - Viale delle Terme di Caracalla - 00100 - Rome, **Italie** / ***Italy*** (florence.egal@fao.org).

EJOH Richard. National Advance School of Agro Industrial Sciences - BP 455 - Ngaoundere, **Cameroun / *Cameroon*** (ejohrab@yahoo.com).

FLEURY TÉCHOUEYRES Rosemary. Association YOUZONDO – 79 rue Wustenberg - F 33000 Bordeaux, **France** (fleury.techoueyres@libertysurf.fr).

FLIEDEL Geneviève. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD-CA) - 34398 - Montpellier cedex 5, **France** (genevieve.fliedel@cirad.fr)

GÁLVEZ Antonio. University of Jaén - 23071 - Jaén, **Espagne / *Spain*** (agalvez@ujaen.es).

GAMOR Gladys. University for Development Studies - PO Box 1350 - Tamale, **Ghana** (gladgamor@yahoo.com).

GANOU Léguet. DTA/IRSAT/CNRST - BP 7047 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (ganouleguet@yahoo.fr).

GOUADO Inocent. Université de Douala / Faculté des Sciences - BP 24157 - Douala, **Cameroun / *Cameroon*** (gouadoi@yahoo.fr).

GRONGNET Jean Francois. Agrocampus Rennes / Laboratoire SPA – 65 rue de St Brieuc – CS 84215 - 35042- Rennes cedex, **France** (grongnet@roazhon.inra.fr).

GUYOT Jean-Pierre. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (jpguyot@mpl.ird.fr).

HAMA Fatoumata. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (hamatou2002@yahoo.fr).

HART Alexandra. Rivers State University of Science & Technology - PMB 5080 - Port Harcourt, **Nigeria** (dradhartust@yahoo.co.uk).

HELL Kerstin. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) - 08 BP 0932 Tri postal - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (k.hell@cgair.org).

HERVÉ Séverine. C.TRA.PA - 06 BP 10100 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (sevherve@hotmail.com).

HOUNHOUIGAN Joseph D. Université d'Abomey-Calavi / Faculté des Sciences Agronomiques - 01 BP 526 - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (hounjos@intnet.bj).

IDZINGA Jill. Wageningen University / Division of Human Nutrition - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas / *The Netherlands*** (jill.idzinga@wur.nl).

ILBOUDO André Jules. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (andre_ilboudo@univ-ouaga.bf).

ILBOUDO Jean Baptiste. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 26 79 03).

ILBOUDO Stanislas. AGROCONSULT - 01 BP 6286 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (agroconsult@fanonet.fr).

JANIN Pierre. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Pierre.Janin@ird.fr).

KABORÉ Dieudonné. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dieudonne_kabo@univ-ouaga.bf).

KABORÉ Donatien. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (donatien.kabore@univ-ouaga.bf).

KABORÉ Fatoumata. Université de Ouagadougou - 01 BP 1740 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (kaborefatouma@yahoo.fr).

KABORÉ Sophie. CIDR / ESOP - 09 BP 360 - Ouagadougou 09, **Burkina Faso** (cidresop@liptinfor.bf).

KAKA Saley. Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) - BP 429 - Niamey, **Niger** (inran@intnet.ne).

KAMBOU Denise. PROCELOS/CILSS - 01 BP 7021 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (procelos@maiol.com).

KAMBOU Sandra Komiénan. Université de Ouagadougou / CRSBAN / UFR-SVT - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (sakamb@yahoo.fr)

KAMELI Yves. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (kameli@mpl.ird.fr).

KAROU Damintoti. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (simplicekarou@hotmail.com).

KAYODE Polycarpe. Université d'Abomey-Calavi/Faculté des Sciences Agronomiques - 01 BP 526 - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (polykap@yahoo.fr).

KÉLÉKÉ Simon. EPRAN - BP 1286 – Pointe Noire, **Congo** (kelekesimon@yahoo.fr).

KILUNGU Onesmus. Kenyatta University - PO Box 43844 - Nairobi, **Kenya** (onesmusmuinde@yahoo.com).

KINANE Modeste L. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) - 01 BP 381 - Bobo-Dioulasso, **Burkina Faso** (mkinane@caramail.com).

KINDA Abass. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 82 40 87).

KINDA Justin. Association Burkinabé des Unités MISOLA - 03 BP 7178 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (kinda_t_justin@hotmail.com).

KINDA Patrice. Université de Ouagadougou / CRSBAN - BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (kinda_pat@hotmail.com).

KINGAMKONO Rose Rita. Tanzania Commission for Science and Technology - PO Box 4302 - Dar Es Salaam, **Tanzanie / *Tanzania*** (rkingamkono@costech.or.tz).

KOLSTEREN Patrick. Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold (IMT) – Nationalestraat 155 – B2000 - Anvers, **Belgique / *Belgium*** (pkolsteren@itg.be).

KONATÉ Marie Diongoye. Protein Kissee-LA (PKL) - 18 BP 2335 - Abidjan, **Côte d'Ivoire / *Ivory Coast*** (pklsoja@globeaccess.net).

KONKOBO N. François. E-TA-BF - BP 1038 - Bobo-Dioulasso, **Burkina Faso** (etabf@hotmail.com).

KOUBOGBO Becuise. Université de Ouagadougou - 06 BP 9073 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 24 86 47).

KOUÉBOU Christian P. Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) - BP 415 - Garoua, **Cameroun / *Cameroon*** (kchristiant@yahoo.fr).

LARDINOIS Mathias. Institut de Technologie Alimentaire de Dakar / Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger - BP 2765 - Dakar, **Sénégal / *Senegal*** (mathias.lardinois@apefe.sn).

LAURENT François. Association MISOLA - F 76490 - Caudebec en Caux, **France** (misola-f.laurent@wanadoo.fr).

LESTIENNE Isabelle. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (lestienn@mpl.ird.fr).

LOMPO Léontine. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (lompoleontine@yahoo.fr).

LOUIS Cyrille. Le Figaro - 37 Rue de Louvre - F 75002 Paris, **France** (clouis@lefigaro.fr).

MAALOUF Ziad. Radio France Internationale (RFI) – 116 Avenue du Président Kennedy – BP 9516 – F 75762 Paris cedex, **France** (Tél : 33 1 56 40 12 12).

MANDJEKA Jean-Christian Amédée. LABIOCA - 09 BP 545 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (amedee_mandjeka@univ-ouaga.bf).

MARTIN-PRÉVEL Yves. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (yves.martin-prevel@ird.bf).

MASSAMBA Joachim. Faculté des sciences de l'Université Marien NGouabi - BP 69 - Brazzaville, **Congo** (jmassamba@hotmail.com).

MBOFUNG Carl. ENSAI / Université de Ngaoundéré - BP 686 - Ngaoundéré, **Cameroun / *Cameroon*** (cmbofung@yahoo.com).

MIGNOT Agnès. Association française de transfert de technologie en agriculture et agro-alimentaire (AFTT) – Agrocampus Rennes / Laboratoire SPA – 65 rue de St Brieuc – CS 84215 - 35042- Rennes cedex, **France** (Agnes.Mignot@agrorennes.educagri.fr).

MITCHIKPE Comlan Evariste Simon. Université d'Abomey-Calavi / Faculté des Sciences Agronomiques - 01 BP 526 - Cotonou, **Bénin / *Benin*** (evamitchs@yahoo.fr).

MONVOIS Chantal. Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques (GRET) -211 rue Lafayette - F 75010 Paris, **France** (chmonvois@gret.org).

MOUQUET-RIVIER Claire. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (claire.mouquet@ird.bf)

MOURSI Mourad. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (mmoursi@yahoo.fr).

MUTARE Sofu. Ghana Health Service - PO Box 8 - Yendi, **Ghana** (Tél. +233 71 44 22 105).

NACRO Souleymane. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) - 01 BP 2540 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (snacro@hotmail.com).

NANA Constance P. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (constance.nana@univ-ouaga.bf).

NANEMA Ambroise. Africare - BP 05 - Gourcy, **Burkina Faso** (ambnanema@hotmail.com).

NANEMA Siméon. Cornell University - 120 Savage Hall - Ithaca, NY 14853, **USA** (sn92@cornell.edu).

NDJOUENKEU Robert. ENSAI / Université de Ngaoundéré - BP 455 - Ngaoundéré, **Cameroun / *Cameroon*** (rndjouenkeu@yahoo.fr).

NIKIÈMA Philippe Augustin. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (pninima@univ-ouaga.bf).

NJONGMETA Nenge Lynda Azefor. Université de Ngaoundéré / ENSAI-IUT - BP 455 - Ngaoundéré, **Cameroun / *Cameroon*** (lanjongmeta@yahoo.fr).

NOUT Rob. Wageningen University / Laboratory of Food Microbiology - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas / *The Netherlands*** (rob.nout@wur.nl).

NTEMA K. Prosper. Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger / Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (APEFE/CNRST) - BP 6625 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (ntema.p@apefe.bf).

OGUNTOYINBO Folarin Anthony. University of Lagos / Department of Botany and Microbiology / Faculty of Science - Akoka, Lagos, **Nigeria** (foguntoyinbo@yahoo.com).

OKUNLOLA Olaniyi James. Federal University of Technology - PMB 704 - Akure, **Nigeria** (niyiyela@yahoo.com).

ONNY John O. Federal Institute of Industrial Research (FIIRO) - P.M.B. 21023 - Ikeja, Lagos, **Nigeria** (ojonnyl12@yahoo.com).

OSSEYI Germain Elolo. Université de Lomé /ESTBA-UL - BP 8481 - Lomé, **Togo** (elosseyi@yahoo.com).

OUATTARA Awa. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 43 90 50).

OUATTARA Laurencia Toulsoumdé. CNRST / IRSAT / DTA - 03 BP 7047 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dta@fasonet.bf).

OUATTARA Aboubakar S. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ouattabs@univ-ouaga.bf).

OUATTARA Cheik. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (cheik.ouatarra@univ-ouaga.bf).

OUAUDO Issaka. Ecole Nationale de Santé Publique – BP 7002 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (Tél. +226 85 03 65).

OUEDRAOGO Hermann Zosé. Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS / CNRST) - 03 BP 7192 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ouedher@hotmail.com).

OUEDRAOGO Moussa Alexandre. Laboratoire National de Santé Publique (LNSP) - 09 BP 24 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (moussalex@yahoo.com).

OUEDRAOGO Tebkièta Marcelline. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - 01 BP 186 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (marceline@ird.bf).

OUEDRAOGO Virginie. Project HPR - 06 BP 9967 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (hpr@cenatin.bf).

OUOBA Labia Irène Ivette. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et technologies / Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (IRSAT / CNRST) - 05 BP 6202 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ouobairene@hotmail.com).

OYEWOLE Olusola. University of Agriculture - PMB 2240 -110001 - Abeokuta, **Nigeria** (solaoyew@hotmail.com).

PARE Djibril. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (paredjibril@yahoo.fr).

RALISON Charlotte. Laboratoire de Biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et de la Nutrition / Université d'Antananarivo - BP 8441 - 101 Antananarivo, **Madagascar** (rahari@refer.mg).

RGUIBI Mohamed. FR Sciences de l'alimentation / Faculté des sciences / Université Chopuaib Doukkali - 24000 El Jadida, **Maroc / *Morocco*** (rbelahsen@yahoo.com).

ROCQUELIN Gérard. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (gerard.rocquelin@mpl.ird.fr).

SABA Adama. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (asaba@univ-ouaga.bf).

SANA Abdoul Karim. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (cogesib@yahoo.fr).

SANNI Lateef. University of Agriculture - PMB 2240 - 110001 - Abeokuta, **Nigeria** (lateef_2@yahoo.com).

SANOGO Moussa. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ms.sanogo2003@yahoo.fr).

SANOU Ibrahim. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ibrahim.sanou@univ-ouaga.bf).

SANOU Dia. Laboratoire National de Santé Publique (LNSP) - 09 BP 24 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (dia.sanou@univ-ouaga.bf).

SAVADOGO Aly. Université de Ouagadougou / CRSBAN - 03 BP 7131 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (aly.savadogo@univ-ouaga.bf).

SAVADOGO Boubacar. Centre national de la Recherche Scientifique et Technologique /Institut de Recherche en Sciences de la Santé (CNRST/IRSS) - 03 BP 7047 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (sbouba7@yahoo.fr).

SAVADOGO Boukary. DEPSA - BP 7010 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (agristat@fasonet.bf).

SAVADOGO Paul W. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (paul.savadogo@univ-ouaga.bf).

SAVY Mathilde. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (mathilde.savy@ird.bf).

SAWADOGO Prosper S. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (prosper.sawadogo@ird.bf).

SIDIKOU Djernakoye Seyni DS Ramatou. Université de Niamey - BP 12022 - Niamey, **Niger** (sidikouramatou@hotmail.com).

SILOU Thomas. Université de Brazzaville (UMNG) - BP 389 - Brazzaville, **Congo** (eprancongo@yahoo.fr).

SOKONA Khanata. ENDA-GRAF - BP 13069 - Grand Yoff - Dakar, **Sénégal / *Senegal*** (ppcl@enda.sn).

SOMDA Azara. Université de Ouagadougou - 01 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (adiacongo@yahoo.fr).

SOMDA Jean-Celestin. Ministère de la Santé / Direction nationale de la Nutrition - 06 BP 9430 - Ouagadougou 06, **Burkina Faso** (Tél. +226 32 45 53).

SOMÉ Issa T. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (tsome@univ-ouaga.bf).

SORTO Mahamat. Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) - BP 5400 - N'djamena, **Tchad / *Chad*** (itrad@intnet.td).

SOYIRI Ireneous N. Food Research Institute - 233 - Accra, **Ghana** (soyiriin@hotmail.com).

TALL François. Université de Ouagadougou - 09 BP 1165 - Ouagadougou 09, **Burkina Faso** (tfrancois@univ-ouaga.bf).

TAPSOBA Sylvestre R. Ministère de la Santé / Direction nationale de la Nutrition - 01 BP 7068 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (cnnbf@fasonet.bf)

TENIOLA Olakunle. Federal Institute of Industrial Research Oshodi - PMB 21023 – Ikeja - Lagos, **Nigeria** (olakunleteniola@yahoo.com).

THIOMBIANO-Coulibaly Nana. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (nutriage@ird.bf).

TIENDREBEOGO François. Ministère de l'Agriculture - 01 BP 1764 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (francoistiendre@yahoo.fr).

TINE Emmanuel. Ecole Supérieure Polytechnique (UCAD) - BP 6279 - Dakar Etoile, **Sénégal / *Senegal*** (magi@ucad.sn).

TOÉ Ella Inocent. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (moniertoe@yahoo.fr).

TOLA Atinmo. Dept of Human Nutrition / College of Medicine / University of Ibadan, Ibadan, **Nigeria** (atinmo@ibidan.skannet.com).

TOTTÉ Anne. Ecole Supérieure Polytechnique (UCAD) - BP 6279 - Dakar Etoile, **Sénégal / *Senegal*** (magi@ucad.sn).

TOU El Hassane KP. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (elassane@ird.bf).

TOUAORO Zaoro. Helen Keller International - 6050 - Conakry, **Guinée / *Guinea*** (touaoro@yahoo.france).

TOURÉ Aïssatou. Helen Keller International - 6050 - Conakry, **Guinée / *Guinea*** (aistoure@yahoo.france).

TRAORE Abdoulaye. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ablo@univ-ouaga.bf).

TRAORE Alfred S. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (astraore@univ-ouaga.bf).

TRAORÉ Aziz. Université de Ouagadougou / CRSBAN- 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (traore_azt@hotmail.com).

TRAORE Daouda. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (+226 30 70 64).

TRAORE Félicité. CECI - 09 BP 841 - Ouagadougou 09, **Burkina Faso** (felitra@yahoo.fr).

TRAORE Tahirou. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - 01 BP 182 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (ttahirou@ird.bf).

TRÈCHE Serge. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (treche@mpl.ird.fr).

VAN BOEKEL Tiny. Wageningen University / Product Design and Quality Management - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas / *The Netherlands*** (tiny.vanboekel@wur.nl).

VAN RAAIJ Joop. Wageningen University / Division of Human Nutrition - 6700 EV - Wageningen, **Pays-Bas / *The Netherlands*** (joop.vanraaij@wur.nl).

VERNIERE Christèle. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) / UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» - BP 64501 – F 34394 Montpellier cedex 5, **France** (christele.verniere@mpl.ird.fr).

WACHER Carmen. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) / Facultad de Química - 04510 - México DF, **Mexique / *Mexico*** (wacher@servidor.unam.mx).

WALI Markina. APDC - BP 2320 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (papri@fasonet.fr).

YERBANGA Serge. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (yrserge@yahoo.fr).

ZAFISAMBO Ruphin Aurélie. Consultante indépendante - PO Box 23072 - Dar Es Salaam, **Tanzanie / *Tanzania*** (aruphin@yahoo.com).

ZAGRÉ Noël Marie. Helen Keller International - BP 11 728 - Niamey, **Niger** (nzagre@hki.ne).

ZERBO Edouard. Terre des hommes Burkina - BP 2212 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (tdhprosminut@fasonet.bf).

ZIDA Kadiétou. DTA / IRSAT / CNRST - BP 7047 - Ouagadougou 01, **Burkina Faso** (dta@fasonet.bf).

ZOUZOUHO Obou Christian. Université de Ouagadougou - 03 BP 7021 - Ouagadougou, **Burkina Faso** (obou_zouzouho@univ-ouaga.bf).

TABLE DES MATIÈRES / *TABLE OF CONTENTS*

Page

Préface / *Foreword* **1**

Note des éditeurs / *Note from the editors* **5**

Conférences introductives / *Key-notes* **19**

1. Towards an integrated programme for improving nutrition – The role of food based approaches. *21*
Vers un programme intégré permettant d'améliorer les situations nutritionnelles: la place des voies alimentaires.
Agble R.

2. Besoins et offre de technologie post-récolte dans l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne: Rôle des technologues dans le développement de la petite entreprise. *33*
Needs and offer of post harvest food technology in sub-Saharan Africa: the role of technologists for the development of the small-scale food industry.
Silou Th.

Partie 1 / *Part 1* **49**

Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible

Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels

1.1. Improving availability of nutritionally adequate and affordable food supplies at community levels in West Africa. *51*
Amélioration de la disponibilité de vivres nutritionnellement adaptés et économiquement accessibles au niveau des communautés en Afrique de l'Ouest.
Dittoh S.

1.2. Food security and nutrition trends in West Africa - Challenges and the way forward. *63*
Tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest: Défis et voies à suivre.
Lopriore C, Muehlhoff E.

1.3. Potentiel nutritionnel de deux tubercules (*Coleus rotundifolius* et *Solenostemon* sp.) consommés au Cameroun. *85*
Nutritional potential of two tuber crops (Coleus rotundifolius and Solenostemon sp.) *consumed in Cameroon.*
Gouado I, Fotso M, Djampou EJ.

1.4. Consumers' quality perception of farmers' varieties of sorghum and derived foods in Benin. *91*
Perception par les consommateurs de la qualité des variétés de sorgho paysannes et de leurs produits dérivés au Bénin.
Kayode PAP, Adegbidi A, Linnermann AR, Nout RMJ, Hounhouigan JD.

1.5. Understanding and measuring household food security in northern Burkina Faso**.** *107*
Compréhension et mesure de la sécurité alimentaire au niveau des ménages dans le Nord du Burkina Faso.
Nanama S, Frongillo EA

1.6. Current trends in the utilization of root and tubers for sustainable development. *123*
Tendances actuelles de l'utilisation des racines et des tubercules en vue d'un développement durable.
Sanni LO, Oyewole OB, Adebowale AA, Adebayo K.

1.7. Amélioration de la nutrition et lutte contre la pauvreté: le rôle de la technologie alimentaire. *139*
Improving nutrition and alleviating poverty: the role of food technology.
Zafisambo AR, Egal F.

Partie 2 / *Part 2* **149**

Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation

Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society

2.1. Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: why is it so and what can be done? *151*
La diversification alimentaire, stratégie potentiellement efficace mais encore négligée: pourquoi?
Delisle H.

2.2. Dietary diversity and growth: an analysis of recent demographic and health surveys. *167*
L'importance d'un régime alimentaire varié pour la croissance des enfants: résultats d'une analyse de onze enquêtes démographiques et de santé récentes.
Ruel MT, Arimond M.

2.3. Identification des principaux aliments sources de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 ans dans l'aire sanitaire de Ouarégou *(Burkina Faso).* *183*
Identification of the main food sources of iron, zinc and vitamin A in food consumption of the 1-to-5-year-old children of Ouarégou sanitary area (Burkina Faso).
Avallone S, Brault S, Mouquet C, Trèche S.

2.4. Amélioration de l'alimentation burkinabè avec des aliments riches en caroténoïdes. *195*
Improvement of Burkinabe diet with carotenoid-rich foods.
Ayassou K, Ouedraogo M, Mathieu-Daudé C, Bambara A, Chevalier P.

2.5. Weaning practices in rural and urban Côte d'Ivoire and its implication for iron bioavailability. *203*
Les pratiques de sevrage en zones rurale et urbaine de Côte d'Ivoire et leurs implications sur la biodisponibilité du fer dans les aliments.
Camara F, Staubli F, Gnakri D, Hurrell R.

2.6. Contribution a l'étude de la valeur nutritive des repas de rue dans la ville de Conakry. *219*
Contribution to the study of the nutritive value of street foods in Conakry.
Diallo AS, Bah MK, Baldé S, Bah O, Keita MK, Barry AA.

2.7. Are street foods safe? A critical analysis of hygienic and sanitary practices of street food vendors in Nairobi. *229*
Les aliments de rue sont-ils salubres? Analyse critique des pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi.
Kilungu OM.

2.8. Constances et spécificités de déterminants de l'alimentation complémentaire au Burkina Faso, à Madagascar et au Viêt-Nam. *239*
Constancy and specificity of selected determinants of complementary feeding practices in Burkina Faso, Madagascar and Vietnam.
Moursi M, Trèche S.

2.9. Consommation alimentaire des enfants de 6 à 36 mois en milieu rural en fonction de la disponibilité des aliments riches en vitamine A. *251*
Food consumption of 6-35-month-old children in rural areas according to vitamin A rich food availability.
Nana CP, Brouwer ID, Traoré AS.

2.10. Weaning practices in the Adamawa province of Cameroon. *261*
Les pratiques de sevrage dans la province de l'Adamawa au Cameroun.
Njongmeta LNA, Ejoh RA, Mbofung CM, Verhoef H, Nout RMJR.

2.11. Determinants of soyabean utilization and consumption patterns among rural dwellers in South Western Nigeria. *269*
Déterminants des modes d'utilisation et de consommation du soja par la population rurale du Sud-Ouest du Nigeria.
Okunlola OJ.

2.12. État nutritionnel des femmes Sahraouies du sud du Maroc. *277*
Nutritional status of Saharan women in south Morocco.
Rguibi M, Belahsen R.

2.13. Acides gras essentiels et développement de l'enfant. *289*
Essential fatty acids and infant's development.
Rocquelin G, Thiombiano-Coulibaly N, Tapsoba S, Traoré AS.

2.14. Mesure de la qualité du régime alimentaire à l'aide de scores de variété/diversité: relation avec l'état nutritionnel des mères en milieu rural Burkinabè. *303*
Use of variety/diversity scores for diet quality measurement: relationships with nutritional status of mothers in a rural area in Burkina Faso.
Savy M, Sawadogo P, Kameli Y, Martin-Prével Y.

2.15. Pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso *(Province de la Gnagna)*: description et conséquences nutritionnelles. *317*
Infant feeding practices in a rural area in Burkina Faso (Gnagna Province): description and nutritional consequences.
Sawadogo PS, Martin-Prével Y, Savy M, Kameli Y, Traoré AS.

2.16. Utilisation et consommation de la spiruline au Tchad. *329*
Use and consumption of Spirulina in Chad.
Sorto M.

2.17. L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. *337*
Red palm oil in Burkina: a step for the food diversification in the national strategy for the vitamin A deficiency control.
Zagré NM, Delisle H, Delpeuch F.

2.18. L'approche communautaire comme stratégie de base pour l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants de 0 à 3 ans: l'expérience de la Fondation «Terre des hommes» dans un district sanitaire au Burkina Faso. *349*
A community approach for improving nutritional status of under-three children: the experience of the "Terre des hommes" foundation in a sanitary district of Burkina Faso.
Zerbo E, Sanogo I.

Partie 3 / *Part 3* **357**

Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments

Food processing at household and community levels towards increased (micro)nutrient (bio)availability

3.1. La valorisation des céréales locales pour les marchés urbains en Afrique de l'Ouest: atouts, contraintes et perspectives. *359*
Valorisation of local cereals for urban markets in West-Africa: potentials, constraints and future prospects.
Hounhouigan JD.

3.2. Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement. *369*
Amélioration de la transformation traditionnelle du manioc pour améliorer les situations nutritionnelles.
Oyewole OB, Asagbra Y.

3.3. Potentialités nutritionnelles et technologie traditionnelle de transformation des denrées amylacées en Côte d'Ivoire. *383*
Nutritional potentialities and traditional processing of starchy crops in the Côte d'Ivoire.
Amani GN, Kamenan A.

3.4. Influence of cowpea addition and dehydration technique and storage time on the nutritive value and rheological properties of maize-based traditional foods. *393*
Influence de l'ajout de niébé, de la technique de séchage et de la durée de conservation sur la valeur nutritionnelle et les propriétés rhéologiques des aliments traditionnels à base de maïs.
Annor GA, Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S, Sakyi-Dawson E.

3.5. Enterococcal bacteriocins from food sources. *403*
Les bactériocines produites par les entérocoques d´origine alimentaire.
Castro A, Ben Omar N, Abriouel H, Lucas R, Martínez-Cañamero M, Pérez-Pulido R, Grande MJ, Gálvez A.

3.6. Amylolytic lactic acid bacteria from *pozol*: a natural potential to produce complementary foods? *411*
Les bactéries lactiques amylolytiques du pozo *ont-elles un potentiel naturel pour produire des aliments de complément ?*
Díaz-Ruíz G, Guyot JP, Ruíz-Terán F, Morlon-Guyot J, Wacher C.

3.7. Effect of processing and preservation on the iron and vitamin A levels of some species of *Vernonia.* *419*
Effet de la transformation et de la conservation sur les teneurs en fer et en vitamine A de certaines espèces de Vernonia*.*
Ejoh RA, Tanya AN, Djuikwo VN, Mbofung CM.

3.8. Influence du trempage, de la germination, de la fermentation et de l'ajout de phytases sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les farines de mil. *427*
Influence of soaking, germination, fermentation and phytase addition on iron and zinc bioavailability in millet flours.
Icard-Vernière C, Greffeuille V, Caporiccio B, Trèche S, Besançon P.

3.9. Study of the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into *ben-saalga*, a fermented gruel from Burkina Faso. *437*
*Etude de la transformation du mil (*Pennisetum glaucum*) en* ben-saalga*, une bouillie fermentée traditionnelle du Burkina Faso.*
Guyot JP, Mouquet C, Tou EH, Counil E, Traore AS, Trèche S.

3.10. *Pozol*, a popular Mexican traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough. *445*
Le pozol*: une boisson fermentée traditionnelle mexicaine réalisée à partir d'une pâte de maïs cuit à la chaux.*
Guyot JP, Trèche S, Rio D, Espinosa J, Centurión D, Wacher C.

3.11. Survival of enteropathogenic bacteria in lactic-acid fermentation of cereal gruels. *453*
Survie des bactéries entéropathogènes au cours de la fermentation lactique des bouillies de céréales.
Kingamkono RR.

3.12. Influence of regular consumption of lactic acid fermented cereal gruel on enteropathogenic faecal bacteria and intestinal function in young children. *465*
Influence d'une consommation régulière de bouillies de céréales fermentées sur les bactéries fécales entéropathogènes et la fonction intestinale chez les jeunes enfants.
Kingamkono RR.

3.13. Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn. *479*
Effects of soaking of cereal and legume seeds and flours on phytate content and Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios.
Lestienne I, Icard-Vernière C, Picq C, Trèche S.

3.14. Improving the digestibility and availability of nutrients from sorghum flour though improved malting techniques. *489*
Amélioration de la digestibilité et de la disponibilité des nutriments de la farine de sorgho à l'aide de techniques améliorées de maltage.
Mbofung CMF, Fombang EN.

3.15. Amélioration de l'alimentation infantile en zones rurales: l'expérience du programme Nutrimad à Madagascar. *503*
Improvement of infant feeding in rural areas: the experience of the Nutrimad program in Madagascar.
Ralison C, Ahimana C, Arnaud L,Trèche S.

3.16. Essai de modification du procédé traditionnel de fabrication des bouillies de mil fermenté *ben-saalga* en vue d'augmenter leur densité énergétique. *517*
Attempt of modification of traditional processing of pearl millet into fermented gruel ben-saalga*, to improve its energy density.*
Tou EH, Mouquet C, Guyot JP,Traoré AS, Trèche S.

3.17. Variation de l'activité α-amylasique et des teneurs en certains nutriments et facteurs anti-nutritionnels au cours de la préparation de farines de céréales germées par les dolotières de Ouagadougou. *525*
Changes in α-amylase activity and some nutrient and anti-nutrient contents during cereal malting in small production units in Ouagadougou.
Traoré T, Icard-Vernière C, Mouquet C, Picq C, Traoré AS, Trèche S

3.18. Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et les statuts en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes. *539*
Effect of the consumption of high-energy density fortified gruels on intakes, growth and iron and vitamin A status of infants between 6 and 10 months in rural Sahelian zones.
Traoré T, Zagré NM, Traoré AS, Trèche S.

3.19. Validation de deux techniques de mesure des quantités d'huile de cuisine et de sucre incorporées lors de la préparation d'aliments consommés au Burkina Faso. *553*
Validation trial of two techniques for estimating the quantities of cooking-oil and sugar incorporated during the preparation of foods consumed in Burkina Faso.
Zagré NM, Kambou S, Ouédraogo H, Madoul A.

Partie 4 / *Part 4* **561**

Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments

Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio)availability

4.1. Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments, en particulier en fer, dans les pays en développement. *563*
Fortification of foods with micronutrients: a component of an integrated strategy to control micronutrient deficiencies, especially iron deficiency, in developing countries.
Berger J.

4.2. Prévention de l'anémie dans les zones rurales au Bénin: aspects technologiques de la fortification en fer de la farine fermentée de maïs. *577*
Prevention of anaemia in rural area in Benin: technological aspects of the fortification of fermented maize meal with iron.
Bassa S, Michodjèhoun-Mestres L, Anihouvi V, Hounhouigan J.

4.3. Enrichissement protéique de l'*attiéké* (semoule à base de manioc): comparaison de deux sources protéiques, *Saccharomyces cerevisiae* et *Voandzeia subterranea* (pois de terre). *589*
Protein enrichment of attiéké *(cassava-based semolina): comparison of two protein sources,* Saccharomyces cerevisiae *and* Voandzeia subterranea *(bambara groundnut).*
Essia NJJ, Kouebou CP, Djoulde DR.

4.4. Effet du blanchiment mécanique sur la qualité technologique, culinaire et nutritionnelle du fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest. *599*
Effect of mechanical milling on the technological properties, cooking quality and nutritional value of fonio, a West African cereal.
Fliedel G, Ouattara M, Grabulos J, Dramé D, Cruz JF.

4.5. Conservation de produits locaux à travers un transfert de technologie de séchage: cas de l'atomisation au Sénégal. *615*
Conservation of local products by mean of transfer of a drying technology: example of atomization in Senegal.
Lardinois M, Totté A, Tounkara L, Mbaye CT, Beye C, Thonart Ph, Ngom EHA, Guiro AT.

4.6. La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso: intérêts et contraintes. *623*
Extrusion cooking at very low cost for the production of infant flours in Burkina Faso: interests and constraints.
Mouquet C, Salvignol B, Trèche S.

4.7. Impact de l'innovation technologique sur l'amélioration des systèmes alimentaires du Nord Cameroun. *633*
Effect of the technological innovation on improvement of the North Cameroon agro-food systems.
Ndjouenkeu R, Cerdan C.

4.8. Genomic characterization and functional properties of *Bacillus* species isolated from *okpehe*, a traditional fermented condiment. *647*
Caractérisation génomique et propriétés fonctionnelles d'espèces de Bacillus *isolées de l'*okpehe*, un condiment fermenté traditionnel.*
Oguntoyinbo FA, Sanni AI, Holzapfel WH, Franz CMAP.

4.9. Conception de chips riches en protéines à base de céréales et de légumineuses. *663*
Development of chips rich in protein from cereals and legumes.
Osseyi ESG, Lamboni C, Lawson L.

4.10. Challenges facing the food industries in Nigeria: the role of food technologists. *671*
Défis et opportunités des industries agroalimentaires au Nigeria: le rôle des technologues alimentaires.
Sanni LO.

4.11. Physico-chemical and quality characteristics of fish sauce produced from tuna processing wastes. *683*
Caractéristiques physico-chimiques et qualité de la sauce de poisson produite à partir des déchets de transformation du thon.
Soyiri IN, Tano-Debrah K, Amoa-Awuah WA.

4.12. Selection, use and the influence of starter cultures in the nutrition and processing improvement of *ogi.* *697*
*Sélection, utilisation et effets de cultures starters pour l'amélioration de la transformation et de la valeur nutritionnelle de l'*ogi*.*
Teniola OD, Odunfa SA, Holzapfel WH.

4.13. Innovation et transfert de technologie: cas du contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique. *709*
Innovation and technology transfer: the millet fermentation control case by use of a lactic acid starter.
Totté A, Tine E, Seye N, Mathiam JM, Roblain D, Thonart P.

4.14. Effets du mûrissement, du séchage et de la conservation après séchage sur la teneur en caroténoïdes des mangues. *725*
Effects of ripening, drying and storage after drying on the carotenoid content of mangoes.
Zagré NM, Somé IT, Ouédraogo H, Sawadogo B, Ouattara A.

4.15. Nixtamalization, a Mesoamerican technology to process maize at small-scale with great potential for improving the nutritional quality of maize based foods. *735*
La nixtamalisation: un procédé mésoaméricain de transformation du maïs à petite échelle présentant un grand potentiel pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle d'aliments à base de maïs.
Wacher C.

Partie 5 / *Part 5* **745**

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest : Quelles sont les stratégies qui marchent (et celles qui ne marchent pas) ?

Food-based strategies in West Africa: What does work (and what doesn't)?

5.1. Stratégies alimentaires d'amélioration de la situation nutritionnelle en Afrique de l'Ouest. *747*
Food strategies for improving the nutritional situation in West Africa.
Ag Bendech M.

5.2. Importance du choix des régimes alimentaires pour la récupération nutritionnelle hospitalière et post hospitalière dans les régions à forte prévalence de malnutrition sévère. *755*
Importance of the choice of the diet for hospital and post hospital nutritional recovery in regions with a high prevalence of severe malnutrition.
Donnen POT.

5.3. Quel agroalimentaire, demain, en Afrique de l'Ouest? Un point de vue. *765*
What food sector for tomorrow in West Africa? A point of view.
Grongnet JF, Mignot A.

5.4. Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam. *773*
Strategies to improve feeding of young children in Africa: lessons learnt from projects implemented in Madagascar and Vietnam.
Monvois C, Trèche S.

Partie 6 / *Part 6* **787**

Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux

Future needs and implications for capacity building and training at different levels.

6.1. Information and communication technology: A tool for appropriate capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa. *789*

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication: Un outil approprié pour le renforcement des capacités et la formation des spécialistes en sciences et technologies alimentaires en Afrique sub-saharienne.
Agbor Egbe T.

6.2. Contribution d'une entreprise privée Ivoirienne (PKL) à la production d'aliments fortifiés destinés aux populations vulnérables. *795*
Contribution of an Ivorian private enterprise (PKL) to the production of fortified foods for vulnerable populations.
Konaté MD, Auger MP.

6.3. Problématique, besoins et approche d'élaboration de programmes de formation des technologues alimentaires et des nutritionnistes: cas de la Faculté des Sciences et Techniques de Brazzaville. *807*
Needs and approach for developing training schemes for food technologists and nutritionists: the case of the Science and Technology faculty, Brazzaville
Massamba J.

Recommandations / *Recommendations* **823**

Index des participants / *Participants Index* **829**

Table des matières / *Table of contents* **841**

PRESSES UNIVERSITAIRE DE OUAGADOUGOU

ISBN 2 - 915071-06-3

2e Atelier International

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest :
Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes

2nd International Workshop

Food-based approaches for a healthy nutrition in West Africa : the role of food technologists and nutritionists

23 - 28 Novembre 2003
Ouagadougou Burkina Faso

Programme et résumés
Program and abstracts

POPULI SAPIENTIA POPULO

IRD
Institut de recherche pour le développement

WAGENINGEN UNIVERSITY
AGROTECHNOLOGY AND FOOD SCIENCES

FAO
FIAT PANIS

2e Atelier International

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest:
Le rôle des technologues alimentaires et des nutritionnistes

2nd International Workshop

Food-based approaches for a healthy nutrition in West Africa: the role of food technologists and nutritionists

23 - 28 Novembre 2003
Ouagadougou, Burkina Faso

Comité scientifique / Scientific committee

Prof. Alfred Traoré, Université de Ouagadougou (UO), Burkina Faso (Président)
Dr. Rob Nout, Wageningen University (WU), Pays-Bas/*The Netherlands* (Co-président)
Dr. Kraisid Tontisirin, Food and Agriculture Organization (FAO), Italie/*Italy* (Co-président)
Dr. Serge Trèche, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France (Co-président)
Dr. Tom Agbor Egbe, Institut de recherches Médicales et d'études des Plantes Médicinales, Cameroun/*Cameroon*
Dr. Eric A. Ategbo, Université Nationale du Bénin, Bénin
Prof. Tiny van Boekel, WU, Pays-Bas/*The Netherlands*
Prof. Hélène Delisle, Université de Montréal, Canada
Prof. Saa Dittoh, University for Development Studies, Ghana
Prof. Ananivih Doh, Université du Bénin, Togo
Dr. Jean-Pierre Guyot, IRD, France
Prof. Frans Kok, WU, Pays-Bas/*The Netherlands*
Dr. Yves Martin-Prével, IRD, Burkina Faso
Prof. Anke Niehof, WU, Pays-Bas/*The Netherlands*
Prof. Olusola Oyewole, University of Agriculture of Abeokuta, Nigeria
Dr. Gérard Rocquelin, IRD, France
Prof. Thomas Silou, Université Marien Ngouabi, Congo

Comité d'organisation / Organizing committee

Prof. Alfred Traoré (UO, Burkina Faso)
Dr. Mamoudou Dicko (UO, Burkina Faso)
Prof. Dr. François Tall (UO, Burkina Faso)
Dr. Nicolas Baro (UO, Burkina Faso)
Mr. Aziz Traoré (UO, Burkina Faso)
Dr. Inge D. Brouwer (WU, Pays-Bas/*The Netherlands)*
Dr. Adel den Hartog (WU, Pays-Bas/*The Netherlands)*
Dr. Rob Nout (WU, Pays-Bas/*The Netherlands)*
Dr. Jean-Pierre Guyot (IRD, France)
Dr. Claire Mouquet-Rivier (IRD, Burkina Faso)
Dr. Serge Trèche (IRD, France)
Dr. Georges Codjia (FAO/SAFR, Zimbabwe)
Ms. Ellen Müehlhoff (FAO, Italy)

Secrétariat de l'atelier / Workshop secretariat
Dr. Inge D. Brouwer
Division of Human Nutrition
Wageningen University
P.O. Box 8129
6700 EV Wageningen
Pays-Bas, The Netherlands
Tel. +31 317 485920
Fax.+31 317 483342
E-mail: **fn2ouaga2003@yahoo.co.uk**

Information locale, visa et accueil / local information, visa
Dr. Mamoudou H. DICKO
Université de Ouagadougou
Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR-SVT), Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles (CRSBAN)
Laboratoire de Biochimie
03 BP. 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso
Tel. +226 337373
Mobile: +226 272643
Fax: +226 337373
Email: **fn2ouaga2003@univ-ouaga.bf**

Programme de l'Atelier

Workshop Programme

Programme de l'atelier / *Workshop programme*

Vendredi, Samedi, Dimanche Inscription / *Registration*
Friday, Saturday, Sunday ***21,22,23 Nov 2003***

Dimanche / *Sunday* Pot de l'amitié / *Welcome drink* ***23 Nov 2003***

Lundi / Monday ***24 Nov 2003***

09:00 - 10:30 Cérémonie d'ouverture / *Opening Ceremony*
10:30 - 11:00 Pause café / *Coffee break*
11:00 - 12:00 Conférences d'ouverture / *Keynote addresses*
- **Ms. Rosanna Agble, Ghana**
- **Prof. Thomas Silou, Congo**

12:00 - 14:00 Déjeuner / *Lunch*

14:00 - 14:30 **Introduction du thème 1 / *Introduction to Theme 1 :***
Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible
Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels
- **Prof. Saa Dittoh, Ghana**
- **Ms. Ellen Muehlhoff, FAO, Rome**

14:30 - 15:30 Présentations du thème 1 (première partie) / *Theme 1 Session 1 presentations*
15:30 - 16:00 Pause café / *Coffee break*
16:00 - 17:00 Présentations du thème 1 (seconde partie) / *Theme 1 Session 2 presentations*
17:00 - 18:00 Présentations d'affiches / *Poster presentations*

Mardi / *Tuesday* ***25 Nov 2003***

09:00 - 9:30 **Introduction du thème 2 / *Introduction to Theme 2* :**
Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation
Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society
- **Prof. Hélene Delisle, Canada**
- **Dr. Mary Arimond, USA**

09 :30 - 10:30 Présentations du thème 2 (première partie) / *Theme 2 Session 1 presentations*
10:30 - 11:00 Pause café / *Coffee break*
11:00 - 12:00 Présentations du thème 2 (sconde partie) / *Theme 2 Session 2 presentations*

12:00 - 14:00 Déjeuner / *Lunch*

14:00 - 14:30 **Introduction du thème 3 / *Introduction to Theme 3 :***
Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments
Food processing at household and community level towards increased (micro)nutrient (bio)availability
- **Prof. Olusola Oyewole, Nigeria**
- **Dr. Joseph Hounhouigan, Bénin**

14:30 - 15:30 Présentations du thème 3 (première partie) : *Theme 3 Session 1 presentations*
15:30 - 16:00 Pause café / *Coffee break*
16:00 - 17:00 Présentations du thème 3 (seconde partie) / *Theme 3Session 2 presentations*
17:00 - 18:00 Présentations d'affiches / *Poster presentations*

20:00 - 21:30 Buffet

Mercredi / *Wednesday* ***26 Nov 2003***

09:00 - 09:30 **Introduction du thème 4 / *Introduction to Theme 4* :**
Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la biodisponibilité des (micro)nutriments
Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio)availability
- **Dr. Jacques Berger, France**
- **Dr. John Onny, Nigeria**

09:30 - 10:30 Présentations du thème 4 (première partie) / *Theme 4 Session 1 presentations*
10:30 - 11:00 Coffee break / *Pause café*
11:00 - 12:00 Présentations d'affiches / *Poster presentations*

12:00 - 14:00 Déjeuner / *Lunch*

14:00 - 15:00 Présentations du thème 4 (seconde partie) / *Theme 4 Session 2 presentations*
15:00 - 15:30 Pause café / *Coffee break*

15:30 - 17.30 **Thème 5: Première Table ronde / *Theme 5 : First Round table* :**
Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Quelles sont les stratégies qui marchent ? (et celles qui ne marchent pas)?
Food-based strategies in West Africa: what does work (and what doesn't)?
- **Dr. Philippe Donnen, Belgique**
- **Mrs Chantal Monvois, France**
- **Dr. Mohamed Ag Bendech, Burkina Faso**
- **Prof. Jean-François Grongnet, France**

Jeudi / *Thursday* ***27 Nov 2003***

09:00 - 10:30 **Thème 6: Seconde Table ronde / *Theme 6: Second Round table* :**
Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux
Future needs and implications for capacity building and training at different levels
- **Dr. Joachim Massamba, Congo**
- **Dr. Tom Agbor-Egbe, Cameroon**
- **Dr. Philippe Nikiema, Burkina Faso**
- **Dr. Joop van Raaij, The Netherlands**
- **Mme Marie Konaté, Ivory Coast**

10:30 - 11:00 Pause café / *Coffee break*
11:00 - 12:00 Concours d'affiches des jeunes scientifiques / *Young scientist poster presentation competition*

12:00 - 14:00 Déjeuner / *Lunch*

14:00 - 15:30 **Session spéciale FAO / *Special FAO session***
Les approches fondées sur l'alimentation: de la recherche à l'action - le rôle des gouvernements et de leurs partenaires pour le Développement
Food-based approaches: From research to practical action, the role of governments and their development partners
15:30 - 17:00 **Cérémonie de clôture / *Closing ceremony***

Vendredi / Friday ***28 Nov 2003***

09:00 - 12:00 **Visites optionnelles / *Optional visits***

09:00 - 18:00 **Réunion satellite Cerefer / *Cerefer Satellite meeting***

Programme de la Session Spéciale de la FAO (27/11 de 14H00 à 15H30)

Programme of the Special FAO session *(27/11 From 14H00 to 15H30)*

Les approches fondées sur l'alimentation: de la recherche à l'action – le rôle des gouvernements et de leurs partenaires pour le Développement

Food-based approaches: From research to practical action – the role of national governments and their development *partners*

Présidence / *Chairperson* : Georges Codjia, (FAO SAFR, Harare, Bureau Sous-régional) (*FAO SAFR, Harare, Sub regional office*)

Co-présidence / *Co-chairperson*: Ellen Muehlhoff (FAO Rome, siège / *FAO Roma, headquarter*)

Objectifs / Objectives:

Identifier les problèmes actuels ou potentiels, les challenges et les besoins des approches fondées sur l'alimentation : ▪ Présenter une synthèse des principaux résultats et conclusions identifiés au cours de l'atelier ▪ Récapituler les nombreux bénéfices des approches fondées sur l'alimentation, signaler les succès les plus marquants ainsi que les principales contraintes et les moyens nécessaires ▪ Identifier les besoins actuels et futurs ainsi que les défis pour les gouvernements et leurs partenaires pour le développement.	To identify current and future issues, challenges and needs of food-based approaches: ▪ To present a synthesis of the main issues identified during the Workshops ▪ To provide a summary of the multiple benefits of food-based approaches, indicate key successes as well as the main constraints and the necessary resources ▪ To identify current and future needs, as well as the challenges for national governments and their development partners.
Identifier les approches prometteuses, les contraintes et opportunités pour traduire les résultats de la recherche en actions concrètes et durables.	To identify the promising approaches, the constraints and opportunities for translating research into practical and sustainable actions.
Revoir les rôles des gouvernements et de leurs partenaires pour le développement dans la mise en œuvre d'actions fondées sur l'alimentation et leur passage à des échelles plus grandes d'intervention.	Review the roles of governments and their development partners in implementing and upscaling successful food-based actions

Membres pressentis du Panel / *Proposed panel menbers*

- Secrétaire Général du Ministère de l'Agriculture, Burkina Faso
- François Tiendrébeógo, Ministère de l'Agriculture, Burkina Faso
- Sylvestre Tapsoba, Direction de la Nutrition, Ministère de la Santé, Burkina Faso
- Pr. Hélène Delisle, Département de Nutrition - Université de Montréal
- Félicité Traoré, CECI Burkina Faso
- Denise Kambou, PROCELOS
- Pr. Hounhouigan, Faculté des Sciences Agronomiques, Bénin
- Dr. Noël Zagré, Hellen Keller International, Niger
- Ellen Muehlhoff, FAO Rome

Liste des contributions

List of contributions

Conférences introductives / *Key notes*

Vers un programme intégré permettant d'améliorer les situations nutritionnelles: la place des voies alimentaires.
Towards an integrated programme for improving nutrition: The role of food based approaches.
Agble R.

Besoins et offre de technologie post-récolte dans l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne: Rôle des technologues dans le développement de la petite industrie.
Needs and offer of post harvest food technology in sub-Saharan Africa: the role of technologists for the development of the small-scale food industry.
Silou T.

Thème 1 / *Theme 1*

Exposés introductifs / *Introductory papers*

Tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest: Défis et voies à suivre.
Food security and nutrition trends in West Africa - Challenges and the way forward.
Muehlhoff E.

Amélioration de la disponibilité de vivres adaptés au plan nutritionnel et économiquement accessibles aux niveaux des communautés en Afrique de l'Ouest.
Improving availability of nutritionally adequate and affordable food supplies at the community level in West Africa.
Dittoh S.

Communications orales / *Presentations*

Perception par les consommateurs de la qualité des variétés de sorgho paysannes en usage au Bénin et de leur produits dérivés.
Consumers' quality perception of farmers' varieties of sorghum and derived foods in Benin.
Kayode PPA, Adegbidi A, Linnemann AR, Nout RMJ, Hounhouigan JD.

Disponibilités alimentaires, niveaux de risque apparent et état nutritionnel en milieu rural sahélien Burkinabè.
Food availability, apparent food insecurity risk and nutritional status in a sahelian rural setting in Burkina Faso.
Janin P, Martin-Prével Y.

Propriétés physico-chimiques des concentrés de protéines de certaines espèces de poissons sous-exploitées en Tanzanie.
Physico-chemical properties of fish protein concentrates of some under-utilised fish species in Tanzania
Kinabo JL, Mugula JK, Flower P.

Compréhension et mesure la sécurité alimentaire au niveau des ménages dans le nord du Burkina Faso.
Understanding and measuring household food security in northern Burkina Faso.
Nanama S, Frongillo EA.

Tendances actuelles de l'utilisation des racines et des tubercules en vue d'un développement durable.
Current trends in the utilization of roots and tubers for sustainable development.
Sanni LO, Oyewole OB, Adebowale AA, Adebayo K.

Diversification alimentaire: place de la formation et contribution des technologues.
Food diversification: training place and technologists contribution.
Zafisambo AR.

Affiches / Posters

Evaluation de la qualité nutritionnelle de quelques variétés de mils pénicillaires (*Pennisetum glaucum* (L.) Br.) rencontrées au Burkina Faso.
Nutritional evaluation of some pearl millet genotypes (Pennisetum glaucum (L.) R. Br) grown in Burkina Faso.
Bayane Y, Ouattara CAT, Barro N, Ouattara AS, Traoré AS.

Potentialités nutritionnelles de deux tubercules (*Coleus rotundifolius et Solenostemon* sp.) consommés au Cameroun.
Nutritional potentialities of two tuber crops (Coleus rotundifolius and Solenostemon sp.) consumed in Cameroon.
Gouado I, Fotso M, Djampou EJ.

La contamination du maïs par les aflatoxines et les fumonisines au Bénin: stratégies de lutte.
Aflatoxin and fumonisin contamination of maize in Benin and strategies for their control.
***Hell* K, Egal S, Fandohan P.**

Valorisation commerciale du sorgho: Etude de marché des produits à base des grains de l'hybride de sorgho NAD1 (couscous) à Niamey.
Commercial valorisation of sorghum: market research of basic products of hybrid sorghum NAD1 seeds (couscous) at Niamey.
***Kaka* S, Moussa M, Ramatou S, Hammaker B, Aboubacar A, Kapran I, Mousa B, Germaine I.**

Le contrôle alimentaire: un outil fondamental pour l'amélioration des situations alimentaire et nutritionnelle.
Food Quality Control: a fundamental tool for healthy nutrition.
***Sanou* D, Daboné C, Ouédraogo MA, Traoré AS.**

Thème 2 / *Theme 2*

Exposés introductifs / *Introductory papers*

La diversification alimentaire, stratégie potentiellement efficace mais encore négligée: pourquoi ?
Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: why is it so ?
***Delisle* H.**

Diversification alimentaire, couverture des besoins nutritionnels et croissance des enfants: connaissances actuelles et recherches nécessaires.
Dietary diversity, nutrient adequacy and children's growth: current knowledge and research gaps.
***Ruel MT, Arimond* M.**

Communications orales / *Presentations*

Contribution à l'étude de la valeur nutritive des repas de rue dans la ville de Conakry.
Contribution to the study of the nutritive value of street-foods in Conakry.
***Diallo* AS, Bah MK, Baldé S, Bah O, Keïta MK, Barry AA.**

Consommation alimentaire et statut en fer et en zinc des enfants d'âge scolaire du Nord Bénin.
Food consumption and iron and zinc status of schoolchildren in North Benin.
***Mitchikpe** CES, Ategbo EAD, Van Raaij JMA, Kok FJ.*

Consommation alimentaire des enfants de 6 à 36 mois en milieu rural, en fonction de la disponibilité des aliments riches en micronutriments.
Food consumption of children 6 to 36 months old in rural area in relation to micronutrients rich food availability.
***Nana** CP, Brouwer I, Traoré AS.*

Acides gras essentiels et développement de l'enfant.
Essential fatty acids and infant's development.
***Rocquelin** G, Thiombiano-Coulibaly N, Tapsoba S, Traoré AS.*

Fortes teneurs en acides gras saturés (C6:0-C14:0) et déséquilibre en acides gras essentiels dans le lait maternel au Burkina Faso : conséquences potentielles sur le développement des enfants.
High proportions of C6:0-C14:0 saturated fatty acids and unbalanced n-6/n-3 EFA ratios in breast milk in Burkina Faso : what potential impact on infant's later development ?
***Thiombiano-Coulibaly** N, Rocquelin G, Eymard-Duvernay S, Kiffer-Nunes J, Tapsoba S, Traoré AS.*

L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A.
Red palm oil in Burkina: a step for the food diversification in the national strategy for the vitamin A deficiency control.
***Zagré** NM, Delisle H, Delpeuch F.*

Affiches / Posters

Identification des principaux aliments sources de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 ans dans l'aire sanitaire de Ouaregou *(Burkina Faso).*
Identification of the main food sources of iron, zinc and vitamin A for the 1-to-5-year-old children of Ouaregou sanitary district (Burkina Faso).
***Avallone** S, Brault S, Mouquet C, Trèche S.*

Amélioration de l'alimentation burkinabè avec des aliments riches en caroténoïdes.
Improvement of Burkinabe diet with carotenoid-rich foods.
***Ayassou** K, Ouédraogo-Kangambega M, Mathieu-Daudé C, Bambara A, Chevalier P.*

Le statut en iode et les habitudes alimentaires chez les enfants et les femmes au Maroc.
Iodine status and food habits in school children and women in Morocco.
Bahbouhi I, Belahsen R.

Amélioration du traitement nutritionnel d'enfants sévèrement malnutris à l'hôpital pédiatrique de Lwiro en RDC: rôle des nutritionnistes.
Improvement of the nutritional treatment of severely malnourished children at the paediatrics hospital of Lwiro in Democratic Republic of Congo: role of nutritionists.
Bahwere JLP, Wakilongo W, Fazili SJ, Dramaix M, Hennart P, Donnen POT.

Quelques stratégies d'amélioration des conditions d'hygiène dans le secteur de l'alimentation de rue.
Some strategies for the improvement of hygienic conditions in the street food sector.
Barro N, Itsiembou Y, Bello AR, Ilboudo AJ, Traoré AS.

Ingéré alimentaire et prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer (17-40 ans) au centre du Burkina.
Dietary intake and anaemia prevalence in women of childbearing age (17-40 year) in central Burkina.
Bengaly MD, Van Raaij JM, Traore AS, Kok F.

Les pratiques de sevrage en zones rurale et urbaine de Côte d'Ivoire et leurs implications sur la biodisponibilité du fer dans les aliments.
Weaning practices in rural and urban Côte d'Ivoire and its implication for iron bioavailability.
Camara F, Staubli F, Gnakri D, Hurrell R.

L'utilisation des graines de *Mangifera indica* pour l'extraction du beurre.
The use of Mangifera indica seeds for butter extraction.
Coulibaly M, Siguipily A.

Etude préliminaire de la disponibilité et de la consommation de lait de petits Ruminants dans la commune rurale de Cinzana (Région de Ségou).
Prospective study of small ruminants milk availability and consumption in Cinzana township (Segou area).
Diarra M, Waelti P, Koné I, Sidibé S, Sanogo O, Sidibé MC, Coulibaly D.

Effet de la supplémentation en huile de palme sur les sujets déficients en vitamine A & E.
Effect of palm oil supplementation on vitamins A & E deficient subjects.
Gouado I, Mbiapo FT.

Les aliments de rue sont-ils salubres ? Une analyse critique des pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi.
Are street foods safe? A critical analysis of hygienic and sanitary practices of street food vendors in Nairobi.
***Kilungu* OM.**

Les attentes des consommateurs de *chikwangue* à Brazzaville.
The demands of chikwangue consumers in Brazzaville.
***Massamba* J, Adoua-Oyila GM, Trèche S.**

Attentes et préférences des consommateurs de bouillies de mil fermenté à Ouagadougou.
Demand and preferences of consumers of fermented millet gruels in Ouagadougou.
***Mouquet* C, Guyot JP, Trèche S.**

Comment optimiser l'acceptabilité des aliments de complément, facteur déterminant des ingérés des jeunes enfants ?
How to optimise complementary food acceptability, a determining factor of young child intakes ?
***Mouquet* C, Trèche S.**

Constances et spécificités de certains déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire : analyse comparative d'enquêtes réalisées au Burkina Faso, Madagascar et Viêt-Nam.
Constancy and specificity of selected determinants of complementary feeding practices: a comparative analysis of surveys conducted in Burkina Faso, Madagascar and Vietnam.
***Moursi* M, Trèche S.**

Les pratiques d'alimentation complémentaire dans la province de l'Adamawa au Cameroun.
Weaning food practices in the Adamawa province of Cameroon.
***Njongmeta* LNA, Ejoh RA, Mbofung CM, Verhoef H, Nout RMJ.**

Les déterminants des modes d'utilisation et de consommation du soja par la population rurale au Sud-Ouest du Nigeria.
Determinants of soybean utilization and consumption patterns among rural dwellers in southwestern Nigeria.
***Okunlola* OJ.**

La farine de niébé à usages multiples pour l'amélioration de la nutrition humaine.
Multipurpose cowpea flour for human nutrition improvement.
***Ramatou* S, Oumarou M, Kaka S, Hammaker B, N'gnakri D.**

Etat nutritionnel des femmes Sahraoui du Sud du Maroc.
Nutritional status of Saharan women in south Morocco.
Rguibi M, Belahsen R.

Mesure de la qualité du régime alimentaire à l'aide de scores de variété/diversité: relations avec l'état nutritionnel des mères en milieu rural Burkinabè.
Use of variety/diversity scores for diet quality measurement : relationships with nutritional status of mothers in a rural area in Burkina Faso.
Savy M, Sawadogo SP, Kameli Y, Martin-Prével Y.

Les pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso (Province de la Gnagna) : description et conséquences nutritionnelles.
Infant feeding practices in a rural area in Burkina Faso (Gnagna Province) - Description and nutritional consequences.
Sawadogo SP, Martin-Prével Y, Savy M, Kaméli Y, Traoré AS.

Consommation des produits alimentaires: le cas du *sankhal* (semoule de mil) produit par les petites entreprises de transformation de céréales locales au Sénégal.
Foodstuff consumption: the case of sankhal (millet semolina) produced by small scale factories of local cereal processing in Senegal.
Sokona K, Tandia A, Broutin C, François M, Diop F.

Utilisation et consommation de la spiruline au Tchad.
Use and consumption of Spirulina in Chad
Sorto M.

Effets des pratiques alimentaires sur la consommation du lait maternel et l'état nutritionnel des enfants de 5 mois dans une zone rurale et une zone urbaine au Burkina Faso.
Effects of feeding practices on breast milk consumption and infant nutritional status at 5 months of age in an urban and a rural area in Burkina Faso.
Thiombiano-Coulibaly N, Rocquelin G, Eymard-Duvernay S, Zougmoré ON, Traoré AS.

Quelle approche communautaire pour un changement des habitudes alimentaires et une amélioration de l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans ?
Which community approach for changing food habits and improving nutritional status of underfive children ?
Zerbo E, Sanogo I, Hien M.

Thème 3 / *Theme 3*

Exposés introductifs / *Introductory papers*

La valorisation des céréales locales pour les marchés urbains en Afrique de l'Ouest: atouts, contraintes et perspectives.
Valorization of local cereals for urban markets in West-Africa : potentials, constraints and future prospects.
Hounhouigan JD.

Amélioration de la transformation traditionnelle du manioc pour améliorer les situations nutritionnelles
Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement.
Oyewole OB.

Communications orales / *Presentations*

Potentialités nutritionnelles et technologie traditionnelle de transformation des denrées amylacées en Côte d'Ivoire.
Nutritional potentialities and traditional process of starchy crops in the Côte d'Ivoire.
Amani GN, Kamenan A.

Effet de la germination sur les teneurs en enzymes oxydantes, amylases, amidon et composés phénoliques des grains de cinquante variétés de sorgho du Burkina Faso: intérêt pour des applications alimentaires.
Effect of germination on the content in oxidative enzymes, amylases, starch and phenolic compounds in grains of fifty sorghum varieties from Burkina Faso: relevance in food applications.
Dicko MH, Gruppen H, Zouaouho OC, van Berkel WJH, Voragen AGJ, Traoré AS.

Influence de la fermentation lactique des bouillies de céréales sur le développement des bactéries entéropathogènes et dans les intestins humains.
Influence of lactic-acid fermentation of cereal gruels on enteropathogenic bacteria growth and in human intestines.
Kingamkono RR.

Amélioration de la digestibilité et de la disponibilité des nutriments de la farine de sorgho à l'aide de techniques améliorées de maltage.
Improving the digestibility and availability of nutrients from sorghum flour through improved malting techniques.
Mbofung CMF, Fombang EN.

Amélioration de l'alimentation infantile en zone rurale: l'expérience du programme Nutrimad à Madagascar.
Improvement of infant feeding in rural area: the experience of the Nutrimad program in Madagascar.
Ralison C, Ahimana C, Arnaud L, Trèche S.

Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et le statut en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes.
Effect of the consumption of fortified gruels of high-energy density on intakes, growth and iron and vitamin A status of infants between 6 and 10 months in rural sahelian zones.
Traoré T, Zagré N, Traoré AS, Trèche S.

Affiches / Posters

Effet de la nixtamalisation sur les propriétés chimiques et fonctionnelles du maïs.
Effect of nixtamalization on the chemical and functional properties of maize.
Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S, Cornelius B, Sakyi-Dawson E.

Influence de l'ajout de niébé et de la technique de séchage sur la valeur nutritionnelle et les propriétés rhéologiques des aliments traditionnels à base de maïs.
Influence of cowpea addition and dehydration technique on the nutritive value and rheological properties of maize-based traditional foods.
Annor GA, Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S, Sakyi-Dawson E.

Etude de la composition du *Bi-Kalga:* un condiment traditionnel riche en protéines, obtenu par fermentation des graines d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa L.).*
Study of Bi-Kalga composition: a traditional condiment rich in protein obtained by fermentation of sorrel seeds.
Bengaly MD, Bere AB, Traore AS.

Les Bactériocines produites par les entérocoques d'origine alimentaire.
Enterococcal bacteriocins from food sources.
Castro A, Ben ON, Abriouel H, Lucas R, Martínez-Cañamero M, Pérez-Pulido R, Grande MJ, Gálvez A.

Évolution de la qualité d'une huile de palme rouge de production artisanale dans des conditions de stockage et de vente au détail au Burkina Faso.
Changes in the quality of a hand processed red palm oil in storage and retail conditions in Burkina Faso.
Codjia P, Zagré NM, Somé IT, Sawadogo B.

Les bactéries lactiques amylolytiques du *pozol*: ont-elles un potentiel naturel pour produire des aliments de complément ?
Amylolytic lactic acid bacteria from pozol: a natural potential to produce complementary foods ?
Díaz-Ruíz G, Guyot JP, Ruíz-Terán F, Morlon-Guyot J, Wacher C.

Effet de la transformation et de la conservation sur les teneurs en fer et vitamine A de certaines espèces de Vernonia.
Effect of processing and preservation on the iron and vitamin A levels of some species of Vernonia.
Ejoh RA, Tanya AN, Djuikwo VN, Mbofung CM.

Etude de la transformation du mil (*Pennisetum glaucum*) en *ben-saalga*, une bouillie fermentée traditionnelle du Burkina Faso.
Study of the processing of pearl millet (Pennisetum glaucum) into ben-saalga, a fermented gruel from Burkina Faso.
Guyot JP, Mouquet C, Tou EH, Counil E, Traore AS, Trèche S.

Le *pozol* : une boisson fermentée traditionnelle mexicaine réalisée à partir d'une pâte de maïs cuit à la chaux.
Pozol, a popular Mexican traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough.
Guyot JP, Trèche S, Rio D, Espinosa J, Centurión D, Wacher C.

Influence du trempage, de la germination, de la fermentation et de l'ajout de phytases sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les farines de mil.
Influence of soaking, germination, fermentation and phytase on iron and zinc bioavailability in millet flours.
Icard-Vernière C, Greffeuille V, Caporiccio B, Trèche S, Besançon P.

Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn.
Effects of soaking of cereal and legume seeds and flours on phytate content and Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios.
Lestienne I, Icard-Vernière C, Picq C, Trèche S.

Importance, intérêt et principales caractéristiques des ateliers de fabrication de *chikwangue* à Brazzaville.
Importance, interest and main characteristics of chikwangue production units in Brazzaville.
Massamba J, Ikama R, Trèche S.

Dégradation de polysaccharides et d'oligosaccharides indigestes par *Bacillus subtilis* et *Bacillus pumilus* isolées du Soumbala, un condiment à base de graines *Parkia biglobosa.*
Degradation of polysaccharides and indigestible oligosaccharides by Bacillus subtilis and Bacillus pumilus isolated from Soumbala, a Parkia biglobosa based food condiment.
Ouoba ILI, Christensen T, Diawara B, Mikkelsen JD, Traoré AS, Jakobsen M.

Diversité moléculaire et propriétés fonctionnelles des souches d'entérocoques isolées des câpres fermentés.
Molecular diversity and functional properties of enterococcal strains isolated from fermented capers.
Pérez R, Abriouel H, Ben ON, Lucas R, Martínez-Cañamero M, Castro A, Grande MJ, Gálvez A.

Etude de la fermentation de différents sucres par deux souches de bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides isolées à partir d'échantillons de lait du Burkina Faso.
Fermentation study of different carbohydrates by exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria from milk samples of Burkina Faso.
Savadogo A, Ouattara Cheik AT, Savadogo PW, Barro N, Ouattara AS, Traoré AS.

Rôle de la farine Misola dans la prévention de la malnutrition et la récupération nutritionnelle des enfants.
The role played by Misola flour in the prevention of child malnutrition and nutritional recovery.
Sawadogo JM, Kinda J.

Caractérisation préliminaire de la microflore lactique des pâtes fermentées de mil servant à la préparation du «*ben-saalga*», une bouillie traditionnelle burkinabè.
Preliminary characterization of lactic microflora from fermented paste of pearl millet used for the preparation of ben-saalga, a traditional burkinabè gruel.
Tou EH, Keleke S, Mouquet C, Traoré AS, Guyot JP.

Essai de modification des procédés traditionnels de fabrication des bouillies de mil fermenté «*ben-saalga*» en vue d'augmenter leur densité énergétique.
Attempt of modification of traditional processing of pearl millet into fermented gruel ben-saalga, to improve its energy density.
Tou EH, Mouquet C, Guyot JP, Traoré AS, Trèche S.

Variation de l'activité alpha-amylasique et des teneurs en certains nutriments et facteurs anti-nutritionnels au cours de la préparation de farines de céréales germées par les dolotières de Ouagadougou.
Changes in alpha-amylase activity and some nutrient and anti-nutrient contents during cereal malting in small production units in Ouagadougou.
Traoré T, Icard-Vernière C, Mouquet C, Picq C, Traoré AS, Trèche S.

Essai de validation de deux techniques de mesure de la proportion de sucre et d'huile de cuisine dans les aliments consommés au Burkina Faso.
Validation trial of two techniques for estimating the proportion of sugar and cooking-oil in cooked food consumed in Burkina Faso.
Zagré NM, Kambou S, Ouédraogo H, Madoul A.

Thème 4 / *Theme 4*

Exposés introductifs / *Introductory papers*

Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments dans les pays en développement.
Fortification of foods with micronutrients: a component of an integrated strategy to control micronutrient deficiencies in developing countries.
Berger J.

La production des petites industries agroalimentaires: une voie pour le changement des habitudes alimentaires et l'amélioration des situations nutritionnelles au niveau des communautés.
Small scale industrial food production: a way forward to changing food habit and enhancing nutritional status in local communities.
Onny JO, Olapade AA, Olatunji O.

Communications orales / *Presentations*

Effet du blanchiment mécanique et de la cuisson sur la qualité technologique, culinaire et nutritionnelle du fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest.
Effect of mechanical milling and cooking on the technological properties, cooking quality and nutritional value of fonio, a West Africa cereal.
Fliedel G, Ouattara M, Bazat G, Grabulos J.

La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso : intérêts et contraintes.
Extrusion cooking at very low cost for the production of infant flours in Burkina Faso: interests and constraints.
Mouquet C, Salvignol B, Trèche S.

Impact de l'innovation technologique sur l'amélioration des systèmes alimentaires du Nord Cameroun.
The technological innovation effect on improvement of the North Cameroon foods systems.
Ndjouenkeu R, Cerdan C.

Conception et fabrication de chips à base de farines de céréales et de légumineuses.
Development and production of chips from cereal and legume flours.
Osseyi ESG, Lamboni C, Lawson L.

Innovation et transfert de technologie: cas du contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique.
Innovation and technology transfer: the millet fermentation control case by use of a lactic acid starter.
Totté A, Tine E, Seye N, Mathiam JM, Thonart P.

La nixtamalisation : un procédé mésoaméricain de transformation du maïs à petite échelle présentant un grand potentiel pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle d'aliments à base de maïs.
Nixtamalization, a mesoamerican technology to process maize at small-scale with great potential for improving the nutritional quality of maize based foods.
Wacher C.

Affiches / *Posters*

Influence de la fermentation et de l'incorporation de niébé sur les caractéristiques des aliments de complément à base de maïs.
The influence of fermentation and cowpea fortification on the quality characteristics of maize-based complementary foods.
Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S, Kluvitse Y, Sakyi-Dawson E.

Difficultés rencontrées lors de la création d'une unité de production de farines infantiles en Mauritanie.
Difficulties met when setting up a production unit of infant flours in Mauritania.
Baro M, Diagana Y.

Prévention de l'anémie dans les zones rurales au Bénin: aspects technologiques de la fortification en fer de la farine fermentée de maïs.
Prevention of anaemia in rural area in Benin: Technological aspects of the fortification of fermented maize meal with iron.
Bassa S, Michodjèhoun-Mestres L, Hounhouigan DJ.

Amélioration de la qualité nutritionnelle et évaluation sensorielle des vermicelles de blé/niébé et mil/niébé.
Improvement of the nutritional quality and sensory evaluation of wheat/cowpea and millet/cowpea vermicelli.
Coulibaly SS, Dramé D, Traoré S, Diarra M, Boré FG.

Amélioration de la qualité du fonio commercialisé - mécanisation de la transformation.
Improving commercial fonio quality – mechanization of processing.
Cruz JF, Dramé D , Kouyaté S, Marouzé C, Sakho S, Son G.

Enrichissement protéique de l'attiéké (semoule à base de manioc) : comparaison de deux sources protéiques, *Saccharomyces cerevisiae* et *Voandzeia subterranea* (pois de terre).
Protein enrichment of attiéké (cassava-based semolina): comparison of two protein sources, Saccharomyces cerevisiae and Voandzeia subterranea (Bambara groundnuts).
Essia Ngang JJ, Djoulde Darman R, Kouebou CP.

Conservation de produits locaux à travers un transfert de technologie de séchage : cas de l'atomisation au Sénégal.
Conservation of local products by mean of transfer of a drying technology: example of atomisation in Senegal.
Lardinois M, Totté A, Tounkara L, Mbaye CT, Beye C, Thonart P, Ngom EHA, Guiro AT.

Caractérisation génomique et propriétés fonctionnelles d'espèces de *Bacillus* isolées de l'*okpehe*, un condiment traditionnel fermenté.
Genomic characterisation and functional properties of Bacillus species isolated from okpehe, a traditional fermented condiment.
Oguntoyinbo FA, Sanni AI, Holzapfel WH, Franz CMAP.

Défis et opportunités face aux pratiques de transformation alimentaire au Nigeria: le rôle des technologues alimentaires.
Challenges and opportunities facing food processing practices in Nigeria : the role of food technologists.
Sanni LO.

Caractéristiques physico-chimiques et qualité de la sauce de poissons produite à partir des déchets de la transformation du thon.
Physico-chemical and quality characteristics of fish sauce produced from tuna processing wastes.
***Soyiri** IN, Tano-Debrah K, Amoa-Awuah WA.*

Sélection, utilisation et effets de cultures starter pour l'amélioration de la transformation et de la valeur nutritionnelle de l'*ogi.*
Selection, use and the impact of starter culture in ogi nutritional and processing improvement.
***Teniola** OD, Dike EN, Olatunji OO, Odunfa SA.*

Effets du séchage et de la conservation des mangues sur leur teneur en beta-carotène.
Effects of drying and storage on beta-caroten content of mangoes.
***Zagré** NM, Somé IT, Ouédraogo H, Sawadogo B, Ouattara A.*

Première Table ronde / *First round Table*

Stratégies alimentaires d'amélioration de la situation nutritionnelle en Afrique de l'Ouest.
Food strategies for improving the nutritional situation in West Africa.
***Ag Bendech** M.*

Des produits fabriqués au village et vendus dans les hypermarchés, grâce aux procédures "Assurance Qualité" et à un emballage très soigné.
Products manufactured at the village level and sold in hypermarkets thanks to quality assurance procedures and very tidy packaging.
***Grongnet** JF, Mignot A.*

Importance du choix des régimes alimentaires pour la récupération nutritionnelle hospitalière et post-hospitalière dans les régions à forte prévalence de malnutrition sévère.
Importance of the choice of the diet for hospital and post hospital nutritional recovery in regions with a high prevalence of severe malnutrition.
***Donnen** POT.*

Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique ? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam.
Strategies to improve feeding of young children in Africa: lessons learnt from projects implemented in Madagascar and Vietnam.
***Monvois** C, Trèche S.*

Seconde Table ronde / *Second round Table*

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication: Un outil approprié pour le renforcement des capacités et la formation des spécialistes en sciences et technologies alimentaires en Afrique sub-saharienne.
Information and communication technology: A tool for appropriate capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa.
Agbor Egbe T.

Contribution d'une entreprise privée ivoirienne (PKL) à la production d'aliments fortifiés destinés aux populations vulnérables.
Contribution of Ivorian private firm (PKL) to the production of fortified foods for vulnerable populations.
Konaté MD.

Problématique, besoins et approche d'une formation visant à améliorer les situations alimentaire et nutritionnelle: cas de la Faculté des sciences, Brazzaville.
Issue, needs and approach to a training in order to improve food and nutritional situations: the case of science faculty, Brazzaville.
Massamba J.

Besoins en formation et formation des formateurs dans les domaines de la nutrition et des sciences alimentaires: Exemple du programme MHO/UO/LUW.
Needs for training and training of trainers in the nutrition and food fields: Example of the MHO/UO/LUW programme.
Nikièma PA, Traoré AS.

Comment les technologues et les nutritionnistes peuvent-ils obtenir de meilleurs résultats en utilisant des voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest ?
How food technologists and nutritionists in West-Africa may become more successful in the implementation of food-based strategies ?
Van Raaij JMA.

Résumés

Abstracts

Conférences introductives

Key notes

Towards an integrated programme for improving nutrition – The role of food based approaches

Agble Rosanna
Chief Nutrition Officer, Ghana Health Service
Corresponding author: *ragble@hotmail.com or nutrition@ighmail.com*

Recent estimates from FAO indicate that out of 840 million people who do not receive enough energy from their diets to meet their needs, 799 million live in developing countries. Throughout the developing world, poor people subsist on diets consisting of staple foods such as starchy roots or tubers and little else. The lack of diversity in the foods they eat often leads to nutritional deficiencies particularly micronutrient deficiencies. Several attempts have been made to address the causes of nutritional deficiencies but most of these have been undertaken in vertical programmes by the lead sectors. Strategies to address nutritional disorders particularly micronutrients include supplementation, fortification and dietary diversification. Of these, food based approaches are considered as sustainable means of meeting the nutritional needs of population groups.

Food based approaches that can be used to address micronutrient deficiencies are:

- Increasing the production and availability of foods high in these nutrients
- Making vitamin A and iron more easily absorbed by the body
- Breeding new varieties of plants that contain larger amounts and more bioavailable micronutrients
- Fortification of locally consumed foods with micronutrients
- Nutrition education programmes to change eating behaviour aimed at increasing consumption of these foods.

Food based programmes that have been implemented in various countries using opportunities available in existing programmes such as integrating home gardening and community based growth promotion activities in South Africa, incorporating nutrition into farmer field schools in Indonesia, improving bioavailability of iron in Indian diets through food based approaches as well as integrating nutrition and behaviour change activities into agriculture extension programmes, will be used as examples.

Collaboration with other sectors including education, research, sanitation, water supply and housing, together with favourable policy climate at all levels and improvement of public/private sector partnership are also important in ensuring successful implementation of food based approaches to improve nutrition.

Key words : Integrated programmes – Food-based approaches – Nutrients

Vers un programme intégré permettant d'améliorer les situations nutritionnelles: la place des voies alimentaires

Agble Rosanna
Chief Nutrition Officer, Ghana Health Service
Auteur correspondant: ragble@hotmail.com ou nutrition@ighmail.com

Les dernières estimations de la FAO indiquent que sur 840 millions de personnes qui ne reçoivent pas suffisamment d'énergie dans leurs régimes alimentaires, 799 millions vivent dans les pays en développement. Partout dans le monde en développement, des pauvres vivent de denrées de base telles que des racines et tubercules riches en amidon et de peu d'autres choses. Le manque de diversité des aliments qu'ils consomment mène souvent à des carences nutritionnelles, en particulier en micronutriments. Beaucoup de tentatives ont été faites pour s'attaquer aux causes des carences nutritionnelles, mais la plupart ont été entreprises dans des programmes verticaux des principaux secteurs. Les stratégies pour s'attaquer aux problèmes nutritionnels, en particulier les déficits en micronutriments, consistent en la supplémentation, la fortification et la diversification alimentaire. Parmi celles-ci, les approches fondées sur l'alimentation sont considérées comme des moyens durables de satisfaire les besoins nutritionnels des groupes de population.

Les voies alimentaires qui peuvent être utilisées pour traiter les carences en micronutriments sont:

- l'augmentation de la production et de la disponibilité d'aliments riches en ces nutriments ;
- le fait de rendre la vitamine A et le fer facilement absorbables par l'organisme ;
- la culture de nouvelles variétés de plantes qui contiennent de grandes quantités de micronutriments davantage biodisponibles ;
- La fortification des aliments localement consommés par des micronutriments ;
- des programmes d'éducation nutritionnelle pour changer le comportement alimentaire en vue d'augmenter la consommation de ces aliments.

Les voies alimentaires qui ont été mises en oeuvre dans différents pays à l'occasion de programmes utilisant des opportunités locales seront utilisées comme exemples. Il s'agit de l'intégration des potagers et des activités communautaires de promotion de la croissance en Afrique du Sud, de l'introduction de la nutrition dans les écoles rurales en Indonésie, de l'amélioration de la biodisponibilité du fer dans les régimes indiens à travers des approches fondées sur l'alimentation et de l'intégration de la nutrition et d'activités visant à des changements de comportement dans des programmes de vulgarisation agricole.

La collaboration avec d'autres secteurs incluant l'éducation, la recherche, l'hygiène publique, la fourniture en eau et en logement, un climat politique favorable à tous les niveaux et l'amélioration du partenariat entre les secteurs public et privé sont également importants pour assurer le succès de la mise en oeuvre de voies alimentaires pour améliorer les situations nutritionnelles.

Mots-clés : Programmes intégrés – Voies alimentaires – Nutriments

Needs and offer of post harvest food technology in sub-Saharan Africa : the role of technologists for the development of the small-scale food industry

Silou Thomas

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN), Equipe mixte DGRST- UNMG, Centre IRD, BP 1286, Pointe Noire, Congo.

Corresponding author: *eprancongo@yahoo.fr*

The weakness of agricultural production and the high level of post harvest losses can explain the food shortage in sub-Saharan Africa. If the production increase is an extremely complex problem because of the multitude of the parameters to consider (access to the ground, labor productivity, farming techniques etc.), reduction of post-harvest losses has fewer constraints, especially if one considers domestic or small-scale technological levels. But this problem should have to be placed comparing the context and the major objectives.

In sub-Saharan Africa, the non-formal sector represents the main part of post harvest activities, particularly in food processing. And so, the main part of jobs in the food processing field are not formalized, and they are acquired by a non conventional technical training. Vis-à-vis this request, official education system proposes high-level manpower and Engineers training profiled on the modern food large-scale industry. It follows a gap between supply and demand.

The African technologist faces many questions, as well on education as that on research and innovation to satisfy the specific needs of informal sector and small enterprises and industries (PME – PMI) in sub-Saharan Africa: Which technologist to train ? And on which trades ?

It would be preferable, to avoid very specialized training of engineers in very high level schools, and focus training on basic technology with a great scientific flexibility in a world in perpetual change. For these new jobs, research activities are fundamental, for their delimitation and formalization. To be relevant, this research must exclude imitation, plagiarism, beaten paths; it must be really innovating in concepts and methods and at last must be inventor basing on which has been in existence and accompanying technology evolution throughout endogenous innovations.

In conclusion, the technologist must be well up on society expectations and take note of their needs; he will translate them in his structures, programs and working uses in technical words for a new foundation of national scientific and technologic systems, which are the major supports of socio-economic development.

Key words : Food - Post harvest technology - Training - Research -Small scale industry

Besoins et offre de technologie post-récolte dans l'agroalimentaire en Afrique subsaharienne: Rôle des technologues dans le développement de la petite industrie

Silou Thomas

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN), Equipe mixte DGRST- UNMG, Centre IRD, BP 1286, Pointe Noire, Congo.

Auteur correspondant : *eprancongo@yahoo.fr*

La pénurie des aliments en Afrique subsaharienne vient à la fois de la faiblesse de la production agricole et du niveau élevé des pertes post-récolte. Si l'augmentation de la production est un problème extrêmement complexe à cause de la multitude des paramètres à considérer (accès à la terre, productivité du travail, techniques culturales etc..), la réduction des pertes post-récolte présente moins de contraintes, surtout si on se limite à des technologies à l'échelle domestique ou de la petite entreprise. Encore faudrait-il bien positionner le problème par rapport au contexte et aux objectifs majeurs poursuivis.

En Afrique subsaharienne, le secteur informel représente l'essentiel des activités post-récoltes et ceci est encore plus vrai dans le secteur de l'alimentation. Il s'ensuit que l'essentiel des métiers dans l'alimentation sont des métiers non formalisés qui s'acquièrent, plutôt par une formation "professionnalisante" que professionnelle classique. Face à ces besoins, nous avons une offre de technologie de type classique résultant d'une formation dans des écoles professionnelles bâties sur des modèles de développement industriel de type occidental. On se trouve donc devant une inadéquation entre l'offre et les besoins.

Le technologue africain doit faire face à une série d'interpellations, aussi bien au niveau de la formation que celui de la recherche et de l'innovation pour répondre aux besoins spécifiques du secteur «informel» et des PME et PMI en Afrique sub-saharienne: Quel technologue former ? Et sur quels métiers ?

Il serait souhaitable de préférer, à la formation très spécialisée des ingénieurs des grandes écoles, une formation polyvalente basée sur des principes solides en technologie et conférant une grande flexibilité scientifique au technologue pour son adaptation au milieu professionnel, dans un monde en perpétuel changement. Pour ces nouveaux métiers en gestation, la recherche est fondamentale en terme de définition, délimitation, et surtout formalisation. Cette recherche, pour être opérationnelle, doit exclure le mimétisme, le plagiat, les sentiers battus; elle doit être réellement novatrice dans les concepts et les méthodes et, en fin de compte, fondatrice, en s'appuyant sur l'existant et en accompagnant l'évolution technologique à travers les innovations endogènes.

En dernière analyse, le technologue doit être à l'écoute des attentes de la société pour identifier et prendre acte de ses besoins; il devra les traduire dans ses structures, programmes et modes de fonctionnement en termes techniques en vue d'une re-fondation des systèmes scientifiques et technologiques nationaux, supports essentiels du développement socio-économique.

Mots-clés : Alimentation - technologie post-récolte – formation – recherche - petite industrie

Thème 1 :

Amélioration de la disponibilité tout au long de l'année aux niveaux national et des communautés d'aliments de bonnes qualités nutritionnelle et sanitaire et de prix accessible.

Theme 1 :

Improving the year-round availability of nutritionally adequate, safe and affordable food supplies at national and community levels

Exposés introductifs

Introductory papers

Food Security and Nutrition Trends in West Africa - Challenges and the Way Forward

Muehlhoff Ellen
ESNP, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 0100 Roma, Italy
Corresponding author: *Ellen.Muehlhoff@fao.org*

With about one third of children under five stunted and underweight, and 5-15% children wasted, West Africa has experienced very little progress in reducing food insecurity and child malnutrition in the past 20 years.

Micronutrient deficiencies, particularly vitamin A, iron and iodine, affect mainly women and children and contribute to some of the highest rates of child mortality in the world. Overweight and obesity are emerging problems in some urban populations with implications for chronic non-communicable diseases.

The causes are complex and include the agro-ecological, socio-economic and demographic characteristics of the sub-region and the profound changes affecting them. Rising incomes, rapid population growth especially urban, desertification, external influences, such as trade liberalisation and structural adjustment, strongly influence the food system. Changes in diets and lifestyles especially in urban settings involve a shift from the consumption of traditional staples to imported cereals (wheat and rice). Although food availability has generally improved in the sub-region, the dietary energy and protein supplies are still below requirements and unstable, especially in Sahelian countries. The nutritional quality of local diets remains low for most people and access to adequate food is not always secured for the poor.

Besides the need to diversify and increase food production and productivity, the paper calls for increased support of promising strategies, such as appropriate food storage, processing, and preservation techniques at community and industrial level, and better distribution and marketing. Technologies, such as fortification, are increasingly relevant in a comprehensive food-based strategy together with advances made in biotechnology. Nutrition education is a complementary activity for ensuring the effectiveness of food-based approaches.

Based on a review of lessons learned from food-based interventions implemented by FAO and other development partners, this paper addresses some of the major issues, challenges and opportunities involved in fulfilling the pledge of Western African countries to meet the goal of halving malnutrition by 2015.

Key words : West Africa – Food security – Nutrition – Consumption – Food-based strategies

Tendances de la sécurité alimentaire et de la nutrition en Afrique de l'Ouest: Défis et voies à suivre

Muehlhoff Ellen
ESNP, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 0100 Rome, Italie
Auteur correspondant: *Ellen.Muehlhoff@fao.org*

Avec environ un tiers d'enfants de moins de 5 ans en retard de croissance ou en insuffisance pondérale et 5-15% d'enfants émaciés, l'Afrique de l'Ouest a connu très peu de progrès dans la réduction de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition de l'enfant au cours des 20 dernières années.

Les carences en micronutriments, particulièrement en vitamine A, fer et iode, affectent principalement les femmes et les enfants et contribuent à des taux importants à la mortalité infantile dans le monde. L'excès de poids et l'obésité ont fait apparaître des problèmes chez certaines populations urbaines avec des répercussions sur des maladies chroniques non transmissibles.

Les causes sont complexes et sont liées aux caractéristiques agro-écologiques, socio-économiques et démographiques de la sous-région et aux changements profonds qui les affectent. La hausse des revenus, la croissance rapide de la population surtout urbaine, la désertification, les influences externes tels que la libéralisation du commerce et l'ajustement structurel influencent fortement le système alimentaire. Les changements de régime alimentaires et de modes de vie surtout dans les zones urbaines se traduisent par un passage des denrées traditionnelles aux céréales importées (blé et riz). Bien que la disponibilité alimentaire ait généralement augmenté dans la sous-région, l'énergie alimentaire et les apports en protéines sont encore en dessous des besoins et instables, spécialement dans les pays sahéliens. La qualité nutritionnelle des aliments locaux reste faible pour la plupart des personnes et l'accès à une alimentation adéquate n'est toujours pas garanti pour les pauvres.

Outre à la diversification et à l'augmentation de la production alimentaire et des rendements, la communication présentée plaide pour un soutien accru aux stratégies prometteuses, tels que le stockage alimentaire approprié ainsi qu'aux techniques de transformation et de conservation au niveau des communautés et de l'industrie et pour une meilleure distribution et commercialisation. Les technologies, telle que la fortification, sont de plus en plus appropriées dans le cadre d'une stratégie globale qui inclut également la prise en compte des progrès faits dans le domaine des biotechnologies. L'éducation nutritionnelle est une activité complémentaire permettant d'assurer l'efficacité des approches alimentaires.

Basé sur une revue des leçons tirées des interventions mises en oeuvre par la FAO et d'autres partenaires pour le développement dans le domaine alimentaire, cette communication traite de certains des problèmes essentiels, des défis et des opportunités concernés pour atteindre l'objectif des pays de l'Afrique de l'Ouest de réduire de moitié la malnutrition d'ici 2015.

Mots-clés : Afrique de l'Ouest - Sécurité alimentaire - Nutrition - Consommation - Stratégies alimentaires

Improving availability of nutritionally adequate and affordable food supplies at the community level in West Africa

Saa Dittoh

Food and Nutrition Security Unit University for Development Studies, Tamale, GHANA

Corresponding author: *saaditt@africaonline.com.gh*

Food and nutrition insecurity, manifested in the form of protein energy malnutrition (PEM) and/or micronutrient malnutrition (MM) continues to be a very serious problem in West Africa. One may easily understand the problem in conflict areas but it is also quite severe in many non-conflict rural areas and urban slums of West Africa.

Ironically, most of the chronically food and nutritionally food insecure in West Africa are food crop producers and gatherers who form up to 90% of the rural population. The problem persists mainly because of poverty, environmental degradation and destruction, ineffective and unsustainable intervention strategies, globalisation (which forces farmers to produce for a "false" international market), and other factors. All these factors are very intricately interlinked in cyclical forms. There is need to break those cycles.

This paper discusses intervention ("bettering") strategies that have great potential of breaking the described cycles of continuous and indeed worsening food and nutrition insecurity in West Africa. The strategies, participatory technology development (PTD) and behaviour change communication (BCC), are basically participatory methodologies that have been used in northern Ghana, albeit at pilot levels, in the areas of food production, processing and consumption as well as natural resources management. The experience, which is being shared, is that both PEM and MM can be tackled if interventions can be made to constitute a production-processing (preservation)-marketing-consumption continuum in which continuous use is made of indigenous knowledge.

Key words : Participatory technology development – Behaviour change communication

Amélioration de la disponibilité de vivres adaptés au plan nutritionnel et économiquement accessibles au niveau des communautés en Afrique de l'Ouest

Saa Dittoh

Food and Nutrition Security Unit University for Development Studies Tamale, GHANA

Auteur correspondant : *saaditt@africaonline.com.gh*

L'insécurité alimentaire et nutritionnelle, qui se manifeste sous la forme de la malnutrition protéino-énergétique (MPE) et/ou de carences en micronutriments, continue d'être un problème très sérieux en Afrique de l'Ouest. On peut aisément comprendre le problème dans les zones de conflit, mais il est aussi assez sévère dans de nombreuses zones rurales paisibles et dans les bas quartiers des villes de l'Afrique de l'Ouest.

Paradoxalement, ceux qui connaissent le plus l'insécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique de l'Ouest sont les producteurs et collecteurs agricoles qui constituent 90% de la population rurale. Le problème persiste surtout à cause de la pauvreté, de la dégradation et de la destruction de l'environnement, des stratégies d'intervention inefficaces et non durables, de la globalisation (qui oblige les paysans à produire pour un pseudo marché international) ainsi que d'autres facteurs. Tous ces facteurs sont liés de façon complexe sous formes cycliques. Il est indispensable de briser ces cycles.

Cette communication examine les stratégies d'intervention ("d'amélioration") qui ont un grand potentiel pour briser les cycles d'insécurité alimentaire et nutritionnelle précédemment cités qui continuent de s'aggraver en Afrique de l'Ouest. Les stratégies, basées sur le développement de technologies participatives (DTP) et sur la communication en vue de changements de comportement (CCC), sont en général des méthodologies participatives qui ont été utilisées à l'échelle pilote au Nord du Ghana dans les zones de production, de transformation et de consommation alimentaires ainsi que de gestion des ressources naturelles. L'expérience, qui est partagée, est que la MPE et les carences en micronutriments peuvent être toutes les deux combattues si les interventions peuvent être mises en œuvre pour constituer un continuum production - transformation (conservation) – marketing – consommation dans lequel l'utilisation en continu prend en considération les connaissances locales.

Mots-clés : Développement de technologies participatives – Communication pour le changement de comportements

Communications orales

Presentations

Consumers' quality perception of farmers' varieties of sorghum and derived foods in Benin

Kayode[1]* Polycarpe PA, Adegbidi[1] Anselme, Linnemann[2] Anita R, Nout[2] Robert MJ, Hounhouigan[1] Joseph D

1 Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin
2 Dept of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, P.O Box 8129, 6700EV Wageningen, The Netherlands
*Corresponding author: *polykap@yahoo.fr*

Sorghum is an important food crop in sub-Saharan Africa and in other semi-arid regions of the world. During the past decades several breeding programmes have been conducted on food crops in Africa in view of improving their performance. The primary criteria applied in these programmes were mostly based on agronomic characteristics: high yield, and tolerance to drought or pests. As a result, most of the selected new cultivars were no longer adopted by the users (farmers, processors, consumers). An example is maize breeding programme in Benin where only 12% of the area cultivated in maize are devoted to new cultivars despite the favourable agronomic characters attached to them. A similar trend was reported in Malawi. The inability of the new cultivars to meet the consumers' quality expectance was identified as the major obstacle. The purpose of this paper is to describe the main quality criteria affecting choice and consumption of sorghum and sorghum-based foods. Information generated will be of great importance for processors and breeders.

A survey on desirable culinary and sensory characteristics of sorghum cultivars and derived foods was conducted in northern Benin in two stages: a rapid appraisal investigation of 30 households and a quantitative survey on a sample of 180 household sorghum consumers.

Three categories of sorghum-based foods where identified, i.e. pastes (*dibou, Sifanou, foura*), porridges (*koko, sorou, kamanguia*), and beverages (*tchoukoutou, chakpalo*). The analysis of their frequency of consumption shows that *dibou*, *koko*, *sorou* and *tchoukoutou* are the most frequently consumed. The form of sorghum consumption varied according to regions or ethnic. In Parakou, the main urban town of northern Benin, all dishes mentioned above were encountered, revealing a diversity of sorghum-based food in this area. In contrast, in the other areas sorghum is mostly consumed in the form of dibou and tchoukoutou (*Natitingou, Djougou*) or sorou (Banikoara). For each of these foods, the quality criteria determining the choice of sorghum cultivars are now well known. The major quality attributes of dibou are related to texture (elasticity and firmness), colour (brown), and taste (little bit sweet or no pronounced taste) while colour (brown or red) and taste (sweet or acidic) are the main qualities criteria of porridges, *tchoukoutou* and *tchakpalo*. In general, brown or red cultivars are used to prepare these food for a number of reasons among which are food habit, believe, and appearance.

A great diversity has been noted in sorghum cultivars. We distinguished more than 100 cultivars in the 4 communities investigated. Undoubtedly, the same cultivars may take different names according to locality. 58 cultivars have been collected and characterized in term of their physical properties (colour, size, friability) at laboratory-scale. These cultivars were classified according to their aptitude to prepare different sorghum based-foods.

Key words: Sorghum - Cultivars – Food – Consumption - Quality

Perception par les consommateurs de la qualité des variétés de sorgho paysannes en usage au Bénin et de leur produits dérivés

Kayode[1*] Polycarpe PA, Adegbidi[1] Anselme, Linnemann[2] Anita R, Nout[2] Robert MJ, Hounhouigan[1] Joseph D

1 Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin
2 Dept of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University., P.O Box 8129, 6700EV Wageningen, Pays-Bas
*Auteur correspondant : *polykap@yahoo.fr*

Le sorgho est une importante culture en Afrique au sud du Sahara et dans d'autres régions semi-arides du monde. Durant ces dernières décennies, des programmes de sélection variétale ont porté sur l'amélioration de plusieurs cultures vivrières en Afrique. Les critères de performance privilégiés dans la plupart de ces programmes sont basés sur les caractéristiques agronomiques: rendement élevé, résistance à la sécheresse et aux prédateurs. Cependant, beaucoup de variétés améliorées n'ont pas été adoptées par les utilisateurs. On connaît le cas du programme de sélection variétale du maïs au Bénin où seulement 12% des superficies emblavées en maïs sont consacrés aux variétés améliorées bien que ces variétés soient connues par les paysans. Une tendance similaire a été observée au Malawi. L'inaptitude des nouvelles variétés à satisfaire les préférences des consommateurs a été identifiée comme un obstacle majeur. L'objectif de cette communication est de décrire les principaux critères de qualité qui déterminent le choix et la consommation des variétés de sorgho et des aliments qui en dérivent. Les informations générées pourront servir de base pour l'optimisation des programmes de sélection variétale et de transformation du sorgho.

Une enquête a été conduite au Nord-Bénin sur les propriétés culinaires et sensorielles des variétés de sorgho et des aliments dérivés. L'enquête s'est déroulée en deux phases: une enquête d'investigation rapide de 30 ménages et une enquête quantitative ayant porté sur 180 ménages consommateurs de sorgho.

Trois catégories d'aliments à base de sorgho ont été identifiées: les pâtes (*dibou, sifanou, foura*), les bouillies (*koko, sorou, kamanguia*) et les boissons (*tchoukoutou, chakpalo*). Parmi ces aliments, *dibou*, *koko*, *sorou* et *tchoukoutou* sont les plus fréquemment consommés. La forme de consommation du sorgho varie selon les régions et les groupes ethniques. A Parakou, le principal centre urbain du nord-Bénin, on rencontre tous les plats mentionnés ci-dessus; ce qui revéla la diversité des pratiques culinaires dans cette ville. A l'opposé, dans les autres régions, le sorgho est essentiellement consommé sous forme de *dibou* et *tchoukoutou* (*natitingou, Djougou*) ou sorou (*Banikoara*). Pour chacun de ces aliments, les déterminants du choix variétal ont été identifiés. Les principaux critères de qualité du *dibou* sont liés à la texture (élasticité et fermeté), la couleur (marron) et le goût (légèrement sucré ou sans goût prononcé). Les critères de qualité des boissons sont la couleur (rose ou rouge) et le goût (sucré ou acide). En général, les variétés roses ou rouges sont préférées pour la préparation de ces aliments pour plusieurs raisons parmi lesquelles figurent les habitudes alimentaires, les croyances et l'apparence.

Une grande diversité variétale a été notée dans la zone d'investigation avec plus de 100 variétés de sorgho paysannes recensées. Il est probable que la même variété prend des noms différents selon la région ou l'ethnie. Les variétés les plus connues par les paysans ont été collectées et analysées au laboratoire pour leurs propriétés physiques (couleur et taille). Elles ont été catégorisées selon leur aptitude à la préparation des différents aliments.

Mots-clés: Sorgho – variété – aliment – consommation – qualité

Food availability, apparent food insecurity risk and nutritional status in a sahelian rural setting in Burkina Faso

Janin Pierre, Martin-Prével* Yves

UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», centre IRD de Ouagadougou, BP 182, Burkina Faso

*Corresponding author: *Yves.Martin-Prevel@ird.bf*

Background and objectives: Since the food crises of the 70's and 80's, sahelian countries have explored several strategies to deal with the food insecurity risk. However, the different approaches used often gave most importance to the apparent order of things but failed to take into account the complex causality of the food vulnerability and of its nutritional consequences.

Our research was undertaken in a province in the East Burkina Faso, to investigate similarities or disparities between food vulnerability as assessed on a territorial basis through apparent risk levels, food vulnerability as measured by in-depth information on its determinants, and the nutritional status of the inhabitants.

Methods: Indicators on climatic or geographical constraints and on environment management were gathered in each of the 280 villages of the province. They allowed us to define four areas according to the severity and repeatability of food risks.

Repeated cross-sectional surveys were carried out on a randomly selected sample of 180 "collective dwelling units" (CDUs or compounds) in 30 villages, including 600 households and 5600 people. The data collected encompassed social, demographical and economic characteristics, management of the last seasonal food shortage, assessment of cereal availabilities, and standardized anthropometric measures. The nutritional indices used were the body mass index (BMI) for adults, the age-adjusted BMI for adolescents (10-20 y), and the weight-for-age Z-score (WAZ) for 0-9 year old children.

Results:

- As compared to the other areas, the malnutrition rates were lower in the one where the apparent food risk was the highest: in this area, the mean WAZ was higher among 0-4 y as well as among 5-9 y children ($p=0.005$ and $p<0.0001$, respectively); the mean BMI was higher among 10-20 y boys ($p=0.012$) and girls ($p=0.0003$), and among adults, males ($p=0.01$) and female as well ($p<0.0001$).

- In the same area of highest apparent risk, the seasonal food shortage was earlier anticipated ($p=0.01$), before this season the mean household income was higher, and the final cereal availabilities were better ($p=0.03$).

- When adjusting on the above characteristics, the relationship between apparent risk areas and malnutrition rates is only slightly modified. But when adjusting also on social and demographical characteristics, this relationship remained significant only among 5-9 y children ($p=0.01$), 10-20 y girls ($p=0.03$) and female adults ($p=0.008$).

Conclusion: The results showed that apparent risk levels, as assessed through environmental constraints, and malnutrition rates are far to be superimposable. Our analysis suggested that households living where food production is regularly difficult have developed on the long run adapted strategies to reduce the consequences of seasonal hazards.

Key words : Food vulnerability - Seasonal food shortage - Energy deficiency - Burkina Faso

Disponibilités alimentaires, niveaux de risque apparent et état nutritionnel en milieu rural sahélien burkinabè

Janin Pierre, Martin-Prével* Yves
UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», centre IRD de Ouagadougou, BP 182, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *Yves.Martin-Prevel@ird.bf*

Contexte et objectifs: Depuis les crises alimentaires des années 70 et 80, les pays sahéliens ont exploré diverses stratégies pour gérer le risque d'insécurité alimentaire. Cependant, privilégiant souvent l'ordre apparent des choses, ces approches intègrent mal les déterminants complexes de la vulnérabilité alimentaire et de ses conséquences nutritionnelles.

La recherche que nous avons menée, dans une province de l'Est du Burkina Faso, avait pour objectif d'explorer les concordances ou disparités entre un diagnostic territorial de la vulnérabilité alimentaire, hiérarchisant des niveaux de risque apparent, une étude approfondie de ses déterminants et l'état nutritionnel des individus.

Méthodologie: Des indicateurs des contraintes climatiques, géographiques et de gestion du milieu, recueillis dans les 280 villages de la province, ont permis de hiérarchiser quatre zones selon l'intensité et la récurrence des risques alimentaires. Des enquêtes ont été menées dans un échantillon aléatoire de 180 cours collectives (pour 30 villages, 600 ménages et 5600 individus). Elles ont recueilli des informations socio-démographiques, économiques, sur la gestion de la soudure alimentaire (anticipation, durée, vente de bétail, aide), une estimation des disponibilités céréalières et des mesures anthropométriques des individus. Seuls les indices nutritionnels de déficit énergétique sont analysés ici: indice poids-taille (P-T) de 0 à 9 ans, indice de masse corporelle (IMC) chez les adultes et IMC-pour-âge de 10 à 20 ans.

Résultats:

- Un niveau de malnutrition plus faible est observé dans la zone de risque apparent maximal : meilleur indice P-T chez les moins de 5 ans ($p=0,005$) comme chez les 5-9 ans ($p<0,0001$), IMC plus élevé chez les adolescents garçons ($p=0,012$) et filles ($p=0,0003$), et chez les adultes hommes ($p=0,01$) comme femmes ($p<0,0001$). Les trois autres zones de risque se distinguent peu les unes des autres.

- La zone de risque maximal est celle où l'anticipation de la soudure alimentaire a été la plus précoce ($p=0,01$), où les disponibilités céréalières finales ont été les plus importantes ($p=0,03$) et où les ménages disposaient du plus de revenus avant soudure.

- Après ajustement sur ces caractéristiques, la relation initiale entre zone de risque et état nutritionnel ne se modifie que légèrement. En revanche, si l'on ajuste sur les caractéristiques socio-démographiques, elle s'estompe davantage : la zone de risque maximal reste globalement celle où l'état nutritionnel est meilleur, mais ceci n'est plus significatif que chez les enfants de 5-9 ans ($p=0,01$), les adolescentes filles ($p=0,03$) et les femmes ($p=0,008$).

Conclusion: Cette analyse montre que le niveau de risque alimentaire apparent, évalué d'après les contraintes environnementales, est loin de correspondre à la réalité de l'état nutritionnel des individus. L'analyse suggère que, confrontés à des conditions de production alimentaire difficiles de façon récurrente, les ménages ont développé des stratégies d'adaptation à relativement long terme, permettant de gommer partiellement les aléas saisonniers.

Mots-clés : Vulnérabilité alimentaire – Soudure – Déficit énergétique – Burkina Faso – Milieu rural

Physico-chemical properties of fish protein concentrates of some under-utilised fish species in Tanzania

Kinabo* Joyce L, Mugula JK, Flower P

Department of Food Science and Technology, Sokoine University of Agriculture, P.O Box 3006 Morogoro, Tanzania

*Corresponding author: *jkinabo@suanet.ac.tz*

Fish are among the cheapest sources of animal protein in Tanzania. However, bottlenecks in distribution system and processing methods result into higher prices, making them unaffordable to the poorest and most nutritionally stressed of the urban and rural communities. The nutrition situation may be improved by utilizing protein of some of the locally available under-exploited fish varieties to fortify staple diets.

In this study, fish protein concentrates (FPC) were produced from Elops machnata, *Stratelloids grautis, Charus charus, Lutjans fulous and Leignathus insidiator* by wet rendering, enzymatic and salt treatment. The sensory and keeping quality of the concentrates were also investigated.

The enzymatic treatment improved the physicochemical properties, i.e., dispersibility, water and oil absorption, particle size and bulk density of FPC much more than the salt treatment but lowered the protein content than the use of the latter technique. Gruel, bread and amaranths fortified with 5% FPC were more organoleptically acceptable than those fortified with 10% and 15% FPC.

The results indicated that enzyme and salt treatments of fish offer viable alternative techniques for processing and utilization of small bony fish species, which are difficult to process using traditional methods. It also creates a possibility for availability of a food fortifier, which may be used to improve weaning or supplementary foods and diets of people living in refugee camps and nutrition rehabilitation units. Efforts are under way to transfer this technology to rural areas where fish production is high.

Key words : Fish – Protein concentrate – Enzymes – Salting

Propriétés physico-chimiques des concentrés de protéines de certaines espèces de poissons sous-exploitées en Tanzanie

Kinabo* Joyce L, Mugula JK, Flower P

Department of Food Science and Technology, Sokoine University of Agriculture, P.O Box 3006 Morogoro, Tanzania

*Auteur correspondant : *jkinabo@suanet.ac.tz*

Les poissons sont les sources de protéines animales les moins chères en Tanzanie. Cependant, le goulot d'étranglement dans le système de distribution et les méthodes de transformation font que les prix sont très élevés, les rendant inabordables aux personnes les plus pauvres et les plus atteintes sur le plan nutritionnel des communautés urbaines et rurales. La situation nutritionnelle doit être améliorée en utilisant les protéines de certaines variétés de poissons sous-exploitées localement disponibles pour fortifier les aliments de base.

Dans cette étude, les concentrés de protéines de poissons (CPP) ont été produits à partir de *Elops machnata, Stratelloids grautis, Charus charus, Lutjans fulous* et *Leignathus insidiator* par «wet rendering», par traitement enzymatique et par traitement par le sel. Les qualités sensorielles et l'aptitude à la conservation des concentrés ont été également examinées.

Le traitement enzymatique a considérablement plus amélioré les propriétés physico-chimiques, notamment la dispersibilité, l'absorption d'eau et d'huile, la taille de la particule et la densité des CPP, mais a davantage diminué leur teneur en protéines que le traitement au sel. Les bouillies, le pain et l'amarante fortifiés avec 5% de CPP étaient plus acceptables organoleptiquement que ceux fortifiés avec 10% et 15% de CPP.

Les résultats montrent que les traitements enzymatiques et au sel du poisson sont des techniques utilisables pour la transformation et l'utilisation de petites espèces de poissons pleins d'arêtes, qui sont difficiles à transformer par les méthodes traditionnelles. Ils permettent de rendre disponible un produit permettant de fortifier les aliments, qui peut être utilisé à améliorer les aliments de complément et les rations des populations vivant dans les camps de réfugiés et dans les unités de réhabilitation nutritionnelle. Des efforts sont en cours pour transférer cette technologie aux zones rurales là où la production de poissons est élevée.

Mots-clés : poisson – concentrés de protéines – enzymes – salaison

Understanding and Measuring Household Food Security in Northern Burkina Faso

Nanama* Simeon, Frongillo Edward A
Division of Nutritional Sciences, Cornell University, USA
*Corresponding author : *sn92@cornell.edu*

Developmental organizations and humanitarian relief agencies need to measure household food insecurity for planning, targeting, monitoring, and evaluation. Wealth and anthropometry are often used to measure food insecurity. These measures are inadequate because they measure determinants or consequences of food insecurity.

Two studies were conducted to develop and validate an improved measure of food insecurity, including food availability and access, in northern Burkina Faso.

First, an in-depth qualitative study with 10 household heads and 26 women was conducted using interview guides. From the data analysis, we identified themes, classified households, created a table of food insecurity categories, identified questions to add or delete to the initial questionnaires, and developed and revised answer choices. A scoring method was then developed, which gives a score of 1 for affirmative answers and 0 otherwise.

Second, a prospective follow up of 126 households from 9 villages, including polygamous and monogamous households provided quantitative data on changes over time in agricultural production, wealth, socio-economic status, nutritional status and household food security. These data allowed examination of changes in food insecurity twice annually across the post harvest season (January) and the hungry season (July).

Validity of the food insecurity measurement tool was assessed by comparing the food insecurity score with wealth, dietary, and anthropometrics measures and with a definitive measure created by an observer, using bivariate correlation, linear regression, and multinomial and binary logistic regression.

The results indicate that at each wave, the food insecurity score was strongly and negatively associated as expected with household assets ($-0.224 < r > -0.425$), per capita income ($-0.192 < r > -0.271$), number of eating occasions ($-0.126 < r > -0.280$) and energy intake ($-0.185 < r > -0.049$). A multinomial logistic model run with asset alone as a predictor variable showed a significantly lower value of –2 Log likelihood compared to a model with both assets and food insecurity score ($p=0.003$). Changes in food insecurity score between waves were negatively associated with changes in total assets, per capita income, food share, energy intake, women's Mid Upper Arm Circumference (MUAC) and adult Body Mass Index (BMI.)

These results provide strong evidence that the experience-based questionnaire is a valid tool for assessing household food security at a given time, as well as changes in household food security over time in northern rural Burkina Faso. This tool is a simple one that could be used in the study setting by organizations to assess, evaluate, or monitor household food security. This research reaffirms the value of gaining in-depth understanding of household food insecurity, this approach (rather than translating questions from other sources) will likely lead to suitable experience-based measurement tools.

Key words : Household Food insecurity - Understanding - Measurement - Burkina Faso

***Acknowledgement** : This research was conducted as part of the Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA) Project in collaboration with Africare in Burkina Faso.*

Compréhension et mesure de la sécurité alimentaire au niveau des ménages dans le nord du Burkina Faso

Nanama* Simeon, Frongillo Edward A

Division of Nutritional Sciences, Cornell University, USA

*Auteur correspondant: *sn92@cornell.edu*

Les organisations de développement et les agences d'aide humanitaire ont besoin de mesurer l'insécurité alimentaire (IA) au niveau des ménages en vue de planifier, cibler, suivre et évaluer leurs actions. Le niveau de richesse et l'anthropométrie sont souvent utilisés pour mesurer l'IA. Ces mesures sont inadéquates parce qu'elles mesurent les déterminants ou les conséquences de l'IA. Deux études ont été menées pour développer et valider une mesure améliorée de l'IA, y compris la disponibilité et l'accès aux aliments, au Nord du Burkina.

Premièrement, une étude qualitative approfondie, par entretiens, a été menée avec 10 chefs de ménages et 26 femmes. L'analyse des données a permis d'identifier des thèmes, de classer les ménages, de créer un tableau des catégories d'IA, d'identifier des questions à ajouter à ou à supprimer du questionnaire initial et de développer et modifier les choix de réponses. Une construction de scores a ensuite été développée, attribuant un point pour les réponses affirmatives et 0 pour les autres.

Deuxièmement, un suivi prospectif de 126 ménages issus de 9 villages, incluant des ménages polygames et monogames, a fourni des données quantitatives sur les variations au cours du temps de la production agricole, de la richesse, de la situation socio-économique, de la situation nutritionnelle et de la sécurité alimentaire des ménages. Ces données ont permis d'analyser les variations au niveau de l'IA deux fois par an, pendant la saison post-récolte (janvier) et la saison de soudure (juillet), entre juillet 2001 et janvier 2003. La validité des outils de mesures de l'IA a été estimée en comparant le score d'IA avec les indicateurs de niveau de richesse, de régime alimentaire et anthropométriques, d'une part et, d'autre part, avec une mesure de référence de l'IA fournie par un observateur. Ces comparaisons ont été faites en utilisant la corrélation bivariée, la régression linéaire et la régression logistique, multinomiale ou binaire.

Les résultats montrent qu'à chaque passage le score d'IA était, comme attendu, fortement et négativement associé aux biens possédés par le ménage (r variant de -0,224 à -0,425 selon les passages), au revenu per capita (r entre -0,192 et -0,271), au nombre de prises alimentaires (r entre -0,126 et -0,280) et aux ingérés énergétiques (r entre -0,185 et -0,049). Dans un modèle logistique multinomial comprenant les biens du ménage comme seule variable prédictive, la valeur de la log-vraisemblance était significativement inférieure à celle obtenue dans un modèle comportant à la fois les biens possédés et le score d'IA (p=0,003). Les variations du score d'IA d'un passage à l'autre étaient liées négativement aux variations dans les biens possédés, des revenus per capita, dans le partage des aliments, des ingérés énergétiques, du périmètre brachial des femmes (MUAC) et de l'indice de masse corporelle des adultes (IMC).

Ces résultats mettent en évidence qu'un questionnaire basé sur le vécu est un outil valable pour évaluer la sécurité alimentaire au niveau du ménage à moment donné ainsi que ses variations au cours du temps dans une zone rurale du Nord du Burkina Faso. Cet outil est simple et pourrait être utilisé par des organisations dans le cadre d'études visant à apprécier, évaluer ou suivre la sécurité alimentaire au niveau des ménages. Cette recherche réaffirme l'intérêt d'approfondir la compréhension de l'IA au niveau des ménages. L'approche proposée, par rapport à celle consistant à traduire des questions émanant d'autres sources, a toutes les chances d'aboutir à des outils appropriés de mesure, basés sur le vécu.

Mots-clés : Insécurité alimentaire du ménage – Compréhension – Mesures – Burkina Faso

Remerciements : *Cette recherche a été menée dans le cadre du projet FANTA (Food and Nutrition Technical Assistance) en collaboration avec Africare au Burkina Faso*

Current trends in the utilization of roots and tubers for sustainable development

Sanni[1*] Lateef O, Oyewole[1] Olusola B, Adebowale[1] AbdurRazaq A, Adebayo K[2]

1 Department of Food science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

2 Department of Agricultural Extension and Rural Development, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria

*Corresponding author: *lateef_2@yahoo.com*

Tropical root and tuber crops such as cassava, yam, sweet potato and cocoyam are important staple foods throughout Africa. These crops will continue to play a significant role in developing-country food systems because they adapt to a wide range of uses, from food-security crops to cash crops; provide raw material for industrial uses; and yield processed end-products varying from fresh to value added. The works done so far on the utilization of roots and tubers for sustainable development are reviewed in this paper.

The works indicate that quite a large variety of processing techniques have been developed in different parts of the world resulting in a wide variety of products. These include; boiled cassava, pounded cassava, *fufu, gari, eba, attieke*, etc. Apart from the processing of cassava into foods, the crop can also be processed into chips for animal feed and into starch for many food and non-food uses. Yam is also processed into various forms such as boiled yam, pounded yam, mashed yam, fried yam, roasted yam, baked yam and fried yam balls, yam flour, yam flakes and yam chips. Utilization of roots and tubers in developing countries continued to expand and diversify during the last two decades. But both the growth in use and increase in the number and relative importance of particular end-use categories (food, feed, processed food products, industrial inputs) evolved in a highly uneven fashion across crops and geographic regions. The scope for improvement of roots and tubers were discussed. They include scale-up strategies for fermentation processes, adoption of appropriate machineries from other regions, development of appropriate starter cultures, fermenters, roasters, driers, millers and effective formulations of fortified products from root and tuber crops that are culturally acceptable to the people. Based on current research by the team in Nigeria, drying has been identified as a major vehicle for greater utilization of root and tuber crops. Drying is considered one of the most important preservation methods used in the food industry. It usually refers to the removal of relatively small amounts of water from solids or nearly solid materials in most cases at temperatures below boiling points. Generally drying of products from root and tuber crops is achievable by natural drying and artificial drying (solar drying, institutional dryer, investor dryer) and is presented in this paper. Various attempts at predicting storage stability of some products and cassava and yam were reported.

Finally, the general constraints to improvement of root and tuber crops were identified and areas for further studies such as low financial value, processing standardization and optimization, quality control systems and new value-added products were proposed.

Key words : trends – utilization - roots and tubers - sustainable development

Tendances actuelles de l'utilisation des racines et des tubercules en vue d'un développement durable

Sanni[1]* Lateef O, Oyewole[1] Olusola B, Adebowale[1] AbdurRazaq A, Adebayo K[2]

1 Department of Food science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

2 Department of Agricultural Extension and Rural Development, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria

*Auteur correspondant : *lateef_2@yahoo.com*

Les racines et tubercules tropicaux tels que le manioc, l'igname, la patate douce et le macabo sont d'importants aliments de base à travers l'Afrique. Ces cultures continueront de jouer un rôle important dans les systèmes alimentaires des pays en développement parce qu'elles s'adaptent à une large étendue d'utilisation (des cultures permettant d'assurer la sécurité alimentaire aux cultures commerciales), constituent les matières premières pour une utilisation industrielle et donnent des produits finis transformés. Les travaux réalisés jusqu'à maintenant sur l'utilisation des racines et tubercules en vue d'un développement durable sont examinés dans ce document.

Ces travaux indiquent qu'une grande variété des techniques de transformation a été développée dans différentes parties du monde débouchant sur une grande variété de produits, comme le manioc bouilli, le manioc pilé, le *fufu,* le *gari,* l'*eba*, l'*attiéké*, etc. Outre, ces exemples de transformation en aliments, le manioc peut aussi être transformé en chips pour l'alimentation animale et en amidon faisant l'objet de nombreuses utilisations alimentaires et non alimentaires. L'igname est aussi transformée sous plusieurs formes tels que l'igname bouillie, l'igname pilée, la purée d'igname, l'igname frite, l'igname grillée, l'igname au four, les boulettes d'igname frites, la farine d'igname, les flocons d'igname et les chips d'ignames. L'utilisation des racines et tubercules dans les pays en développement a continué à se développer et à se diversifier au cours des deux dernières décennies. Mais autant l'augmentation des quantités traitées que celle du nombre et de l'importance relative des différents types de produits finaux (aliments, aliments pour animaux, produits alimentaires transformés, intrants industriels) évoluent de façon très inégale selon le type de cultures et selon les régions géographiques. Les limites à l'amélioration des racines et des tubercules sont discutées. Elles concernent les stratégies pour les procédés de fermentation, le choix des équipements appropriés pour d'autres régions, le développement de cultures starter appropriées, de fermenteurs, de torréfacteurs, de séchoirs, de moulins ainsi que de formulations adaptées pour des produits fortifiés à partir des racines et des tubercules qui soient culturellement acceptables. A partir des recherches en cours de notre équipe au Nigeria, le séchage a été identifié comme le principal moyen de développer l'utilisation des plantes à racines et tubercules. Le séchage est considéré comme l'une des plus importantes méthodes de conservation utilisée dans l'industrie alimentaire. Il consiste généralement à retirer des relativement faibles quantités d'eau à des produits solides ou semi-solides à une température qui se situe le plus souvent en dessous du point d'ébullition. Le séchage des produits à base de racines et de tubercules est réalisé par séchage naturel ou par des procédés de séchage artificiel (séchage solaire, séchoir institutionnel, séchoir «investor») qui sont présentés dans ce document. De nombreux essais permettant la conservation de certains produits, en particulier le manioc et l'igname, sont décrits.

Enfin, les contraintes générales pour l'amélioration des racines et tubercules sont identifiées et des domaines d'études sont proposés tels que la standardisation, l'optimisation des transformations, les systèmes de contrôle de la qualité ou la production de nouveaux produits à forte valeur ajoutée.

Mots-clés : tendances – utilisation – racines et tubercules – développement viable

Food diversification: training place and technologists contribution

Zafisambo Aurélie R
PO Box 23072, Dar es Salaam, Tanzanie
Corresponding author: *aruphin@yahoo.com*

Today many initiatives are undertaken to improve the food variety and accessibility to the local products in the South countries. One of the FAO objectives is to give to each people safe and nutritive food. Among the approach strategies, training at the community level plays a fundamental role and demand various technical skills. The paper shows the food technologists contribution throughout two studies in which the author has contributed.

Conception of technical references on the production, the storage and the processing of the food products in Madagascar: the Seecaline (*Surveillance et Education des Ecoles et des Communautés en matière de Sécurité Alimentaire et Nutrition Elargie*) is a project financed by the World Bank which is focussed on the health and nutritional education in favour of schools, households and commnunities in Madagascar. This project has requested FAO support in order to integrate a part «agricultural production», through working out didactic materials for agents of popularisation.

The work bases on the horizontal collaboration of a multidisciplinary team included agronomists, nutritionists and food technologists. The processed material is as "referential guides" on crop diversification, improved storage and processing techniques, and nutrition education. They treat about the available local products with high nutritional value and exploitation difficulties.

The guides are available in many forms (posters, technical cards, multimedia, etc.) matched to different publics. The success of their implementation in the selected areas has brought to consider a generalization at national scale and to remake the experience in the Comores.

Training on the storage and the transformation of food products in Cambodge. The WIN project (*Women, Irrigation and Nutrition*) is a FAO project, aimed at reinforcing the beneficiaries' capacity, in particular women, as regard to water managing, nutrition and health. One of the specific aims of the project is the improvement of the production through intensification and diversification of the crops.

In Cambodia, the accent has been put to the improvement of storage conditions and the processing of agricultural food products, notably by trainings. A preliminary participative approach has bee adopted by the technologist to identify the gaps in the storage and commercialisation systems, which increase post-harvest losses. Various processing techniques have been proposed as the best alternative to preserve the unsold perishable products. It consists in founding a sustainable mechanism for continuing training, in accordance with producers' expectations, and creation/reinforcement of learning structures.

The experience learnt from these two studies puts in evidence the key role of the food technologist in the improvement of local product accessibility. The solutions are enough generic to be reproduced in other contexts, notably in West Africa.

Key words: Food diversification – Training –Technologists – WIN project - Seecaline

Diversification alimentaire : place de la formation et contribution des technologues

Zafisambo Aurélie R
PO Box 23072, Dar es Salaam, Tanzanie
Auteur correspondant: *aruphin@yahoo.com*

De nombreuses initiatives sont entreprises aujourd'hui visant à améliorer la variété de l'alimentation et l'accessibilité des produits locaux dans les pays du Sud. Un des objectifs de la FAO est d'assurer à chaque individu une alimentation saine et nutritive. Parmi les stratégies d'approche, la formation au niveau communautaire joue un rôle primordial et fait appel à divers types de compétences techniques. L'exposé illustre la contribution des technologues alimentaires à travers deux études de cas auxquelles l'auteur a contribué.

Conception de référentiels techniques sur la production, le stockage et la transformation des produits alimentaires à Madagascar: La Seecaline (*Surveillance et Education des Ecoles et des Communautés en matière de Sécurité Alimentaire et Nutrition Elargie*) est un projet financé par la Banque Mondiale, qui focalise ses activités sur la santé et l'éducation nutritionnelle au profit des écoles, des ménages et des communautés à Madagascar. Ce projet a sollicité l'appui de la FAO afin d'intégrer un volet «production agricole», à travers l'élaboration de matériels didactiques destinés aux agents vulgarisateurs.

Le travail repose sur la collaboration horizontale d'une équipe pluridisciplinaire composée d'agronomes, de nutritionnistes et de technologues alimentaires. Le matériel produit se présente sous la forme de «guides référentiels» sur la diversification des cultures, les techniques améliorées de stockage et de transformation et l'éducation nutritionnelle. Ils traitent de produits disponibles localement, à forte valeur nutritive, et présentant des difficultés d'exploitation.

Les guides sont disponibles sous plusieurs formats (posters, fiches techniques, multimedia, etc.) adaptés à différents publics. Le succès de leur application dans les zones cibles a conduit à envisager une généralisation à l'échelle nationale, et à répliquer l'expérience aux Comores.

Formations sur le stockage et la transformation des produits alimentaires au Cambodge. Le projet WIN (*Women, Irrigation and Nutrition*) est un projet de la FAO qui vise à renforcer la capacité des bénéficiaires, en particulier des femmes, en matière de gestion de l'eau, de nutrition et de santé. Un des objectifs spécifiques du projet est l'amélioration de la production à travers l'intensification et la diversification des cultures.

Au Cambodge, l'accent a été mis sur l'amélioration des conditions de stockage et la transformation des produits agroalimentaires, notamment par la mise en œuvre de formations. Une démarche participative préalable a été adoptée par le technologue pour identifier les lacunes des systèmes de stockage et de commercialisation, qui accentuent les pertes post-récolte. Diverses techniques de transformation ont été proposées comme alternative pour mieux conserver les produits périssables invendus. Cela s'est traduit par l'instauration d'un mécanisme de formation continue et durable, conforme aux attentes des producteurs, et la mise en place/renforcement des structures d'apprentissage.

L'expérience tirée de ces deux études permet de mettre en évidence le rôle clé du technologue agroalimentaire dans l'amélioration de l'accessibilité des produits locaux. Les solutions apportées sont assez génériques pour pouvoir être reproduites dans d'autres contextes, et notamment en Afrique de l'Ouest.

Mots clés : diversification alimentaire – formation – technologues – Projet WIN - Seecaline

Affiches

Posters

Nutritional evaluation of some pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) grown in Burkina Faso

Bayane* Yaya, Ouattara Cheik AT, Barro Nicolas, Ouattara Aboubakar S, Traoré Alfred S
CRSBAN/UFR-SVT Univ. Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
*Corresponding author: *yaya_bayane@univ-ouaga.bf*

In Burkina Faso, 90% of rural population and 50-65% of city dwellers consume pearl millet, locally known as "petit mil". Several cultivars of pearl millet local types and popular hybrids are grown in the country. But there is no published information on technological and nutritional qualities of these different varieties.

The aim of this paper was to evaluate the chemical and physical characteristics of some local type cultivars and popular hybrid cultivars of pearl millet and to select varieties that present the best nutritional profile. Pearl millet varieties concerning for this study was IKMV8201, IKMP1, IKMP2, IKMP3, IKMP5, SOSATC88, Zatib, L. Nahartenga for popular hybrid cultivars and B1, B2, SG, XX, KM, TK for local type cultivars.

Physical characteristics such as 1000 kernel weight, swelling capacities of grain and flour and water-soluble fraction of flour and biochemical characteristics such as dry matter, ash, crude fat, crude protein, carbohydrate, starch, food energy, phytic acid, phenolic compounds, pH and titratable acidity content in pearl millet were determined.

The data showed that varieties IKMP3, IKMP5, SOSATC88, IKMV8201 KM and Zatib presented better nutritional qualities with levels of protein, ash and food energy respectively superior to 11 %, 2.3% and 429 kcal/100g. The vulgarisation and incorporation of these genotypes in population diet would help to reduce energy-protein malnutrition. Investigation showed that IKMV8201, IKMP5 and B1 genotypes were best miller yield potential. Zatib, TK and B2 genotypes had good thickening and swelling characteristics suitable for gel-type foods preparation such as "tô" (thick porridge). IKMP5 and IKMV8201 genotypes had weak thickening and swelling characteristic and good nutritional profile are advantageous for its use as a basis for weaning food of high caloric density.

Key words : Pearl millet - *Pennisetum glaucum* - Nutritional quality - Burkina Faso

Evaluation de la qualité nutritionnelle de quelques variétés de mils penicillaires (*Pennisetum glaucum (L.)* Br.) rencontrées au Burkina Faso

Bayane* Yaya, Ouattara Cheik AT, Barro Nicolas, Ouattara Aboubakar S, Traoré Alfred S
CRSBAN/UFR-SVT Univ. Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
*Auteur correspondant: *yaya_bayane@univ-ouaga.bf*

Au Burkina Faso, le mil penicillaire connu sous le nom de «petit mil», est consommé par environ 90% de la population rurale et 50 à 65% des citadins. Plusieurs variétés de mils locales et sélectionnées sont cultivées à travers le pays. Toutefois, il n'existe pas de données suffisantes sur les caractéristiques nutritionnelles et technologiques des différentes variétés de mil disponibles.

Ce travail vise à déterminer les propriétés nutritionnelles et technologiques de 14 variétés de mil cultivées au Burkina Faso et à sélectionner les variétés présentant les profils les plus intéressants. Les variétés concernées par cette étude sont les variétés IKMV8201, IKMP1, IKMP2, IKMP3, IKMP5, SOSATC88, Zatib, L. Nahartenga pour les variétés sélectionnées et B1, B2, SG, XX, KM, TK pour les variétés locales.

Les caractéristiques physiques que sont la masse de mille grains, les capacités de gonflement des grains et des farines et la fraction soluble dans l'eau de la farine ainsi que les caractéristiques biochimiques comprenant les teneurs en matière sèche, minéraux, matières grasses, protéines totales, glucides totaux, amidon, phytates, polyphénols ainsi que la valeur calorique, le pH et l'acidité ont été déterminés dans les différents échantillons de mil.

Les résultats obtenus montrent que les variétés IKMP5, IKMP3, IKMV8201, SOSATC88, KM et Zatib présentent des profils nutritionnels assez intéressants de par leurs teneurs élevées en énergie (> 429kcal/100g), en protéines (> 11%) et en minéraux (>2,3%). Leur contribution dans le maintien de l'équilibre de la balance énergétique et dans la couverture des besoins protéiques et en minéraux pourrait être envisagée enfin réduire les différentes formes de malnutrition protéino-énergetique que connaissent nos populations. Les variétés IKMV8021, IKMP5 et B1 pourraient présenter de bons rendements meuniers. Les variétés Zatib, TK, et B2 ont montré de meilleures aptitudes à la gélification et à la formation de pâtes consistantes. Elles sont par conséquent plus adaptées à la préparation des pâtes de type gélifié comme le «tô». Les variétés IKMP5 et IKMV8201 ont présenté en plus de leur qualité nutritionnelle, de faibles capacités de gonflement et de prise en masse. Elles pourront ainsi être mieux adaptées à la préparation d'aliments de complément de haute densité énergétique.

Mots-clés : mil pénicillaire - *Pennisetum glaucum* - qualité nutritionnelle - Burkina Faso

Nutritional potentialities of two tuber crops (*Coleus rotundifolius and Solenostemon* sp.) consumed in Cameroon

Gouado[1]* Inocent, Fotso[2] Martin, Djampou[1] Erick J

1 Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Douala : BP 24157 Douala - Cameroun.
2 Centre de Recherche en Alimentation et Nutrition (CRAN), IMPM, P0 box 6163, Yaoundé, Cameroun
*Corresponding author: *gouadoi@yahoo.fr*

In most African countries, malnutrition is still a public health problem. But a lot of crops are not yet valorized, and are progressively forsaken in favour of western food. This is the case of *Coleus rotundifolius and Solenostemon* sp. locally called «Madack» and «Goué», respectively, in Nguiembo'n language. These two Lamiacea are currently grown and consumed as food in the West part of Cameroon. Agronomic, nutritional and pharmacological research on these tubers has not yet been carried out. To contribute in the fight against malnutrition, we are looking at the valorization of these two tubers through the study of their nutritional potentialities. In Cameroon, these tubers are generally consumed in different ways:

- As carrots, tubers harvested, washed, cleaned and consumed at raw state,

- Tubers, once washed, could be boiled or roasted in the fire, cleaned and then consumed with soup, beans or alone like sweet potato.

Tubers were collected in December 2001 in West Cameroon (Dschang) and harvested in the Campus of the faculty of Science of the University of Douala. In December 2002, samples were sent for identification at the Cameroon National Herbarium and were submitted to the determination of their nutritional inputs. These included evaluation of *(i)* water content by drying till constant weight, *(ii)* ashes by incineration at 550°C, *(iii)* mineral content (Ca, Cu, Fe, Mg, Zn) by atomic absorption spectrophotometry, *(iv)* total lipids by soxhlet method, *(v)* crude protein by Kjeldahl method, *(vi)* crude fibre by successive digestion of delipidated tubers using sulfuric acid and diluted potassium hydroxyde, *(vii)* carbohydrate by difference.

Water content ranged from 75.1 to 84.6 % crude matter (CM) respectively for *Coleus rotundifolius* (Cr) and Solenostemon sp. *(Ssp)*. Amount of carbohydrate varied between 73.2 (Ssp) to 83.5 (Cr) % dry matter (DM). These tubers present 7.8 (Cr) to 8.7 (Ssp) % DM of crude fibre. Cr is richer ($P<0.005$) in minerals (Ca: 181 mg/100g, Cu: 0.42 mg/100g, Fe: 1.60 mg/100g, Mg: 180 mg/100g, Zinc: 0.86 mg/100g) than Ssp (Ca: 64mg/100g, Cu: 0.32 mg/100g, Fe: 1.18 mg/100g, Mg: 151 mg/100g, Zinc: 1.03 mg/100g). This is inverse in the case of amount of lipid: 2.5 (Cr) and 6.8 (Ssp) % DM. Amount of crude protein is higher: 4.1 (Cr) to 7.1 (Ssp) % DM. At the nutritional level, there is an input which ranges from 0.95 to 0.98 g/100g FM of total proteins respectively for Cr and Ssp. They furnish 92.2 and 57.4 kcal/100g of FM respectively for Cr and Ssp.

Further research will lead to biological evaluation and quantification of carbohydrates, amino acids and amount of fibre in the two tubers.

Key words : *Coleus rotundifolius – Solenostemon sp* – Nutritional potentialities

Acknowledgement *: We thank Dr Priso Richard Jules and Achoundong for the identification of these tubers*

Potentialités nutritionnelles de deux tubercules (*Coleus rotundifolius et Solenostemon* sp.) consommés au Cameroun

Gouado[1]* Inocent, Fotso[2] Martin, Djampou[1] Erick J

1 Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Douala : BP 24157 Douala, Cameroun.
2 Centre de Recherche en Alimentation et Nutrition (CRAN), IMPM, BP 6163, Yaoundé, Cameroun
*Auteur correspondant : *gouadoi@yahoo.fr*

Aujourd'hui la malnutrition constitue un problème de santé publique dans la plupart des pays africains. Il existe pourtant de nombreux aliments encore non valorisés et qui sont progressivement abandonnés par les populations aux profits des aliments importés. C'est le cas de *Coleus rotundifolius* et de *Solenostemon* sp., appelés respectivement «Madack» et «Goué» en langue Nguiembo'n. Ces deux lamiacées sont couramment cultivées et consommées comme aliments dans l'ouest du Cameroun. Jusqu'à maintenant, elles n'ont pas encore fait l'objet de travaux de recherche sur le plan agronomique, nutritionnel, technologique ou pharmacologique. Pour contribuer à la lutte contre la malnutrition, nous nous sommes intéressés à la valorisation de ces deux tubercules à travers l'étude de leurs potentialités nutritionnelles. Au Cameroun, ces tubercules sont généralement consommés sous deux formes:

- Comme des carottes, les tubercules récoltés, lavés et épluchés se consomment crus.

- Les tubercules lavés peuvent également être bouillis ou rôtis au feu, épluchés et consommés accompagnés de sauces, de haricots ou simplement comme des patates douces.

Récoltés au mois de Décembre 2001 dans la région de l'Ouest Cameroun (Dschang), ces tubercules ont été cultivés au campus de la Faculté des Sciences de l'Université de Douala. Au mois de Décembre 2002, après identification à l'Herbier National du Cameroun (Utilisation des tubercules, fleurs et feuilles), les apports nutritionnels ont été évalués à travers le dosage de *(i)* l'eau par séchage jusqu'à poids constant, *(ii)* des cendres par incinération à 550°C, *(iii)* des minéraux (Ca, Cu, Fe, Mg, Zn) par spectrophotométrie d'absorption atomique, *(iv)* des lipides totaux par la méthode de Soxhlet, *(v)* des protides totaux par la méthode de Kjeldahl, *(vi)* des fibres brutes par digestion successive des tubercules délipidés par l'acide sulfurique et l'hydroxyde de potassium dilués et *(vii)* des glucides par la méthode de différence.

La teneur en eau varie de 75,1 à 84,6% de la matière fraîche (MF), respectivement pour *Coleus rotundifolius (Cr)* et *Solenostemon* sp. *(Ssp.)* alors que les teneurs en glucides vont de 73,2 (Ssp.) à 83,5 (Cr) % de matière sèche (MS). Ces tubercules présentent 7,8 (Cr) à 8,7 (Ssp.) % MS de fibres brutes. Cr est plus riche ($p<0,005$) en minéraux (Ca: 181 mg/100g, Cu: 0,42 mg/100g, Fe: 1,60 mg/100g, Mg: 180 mg/100g, Zinc: 0,86 mg/100g) que Ssp. (Ca: 64 mg/100g, Cu: 0,32 mg/100g, Fe: 1,18 mg/100g, Mg: 151 mg/100g, Zinc: 1,03 mg/100g). Au niveau de la teneur en lipides, c'est le phénomène inverse: 2,5 (Cr) et 6,8 (Ssp.) % MS. Les teneurs en protides sont considérables: 4,1 (Cr) à 7,1 (Ssp.) % MS. Sur le plan énergétique, elles fournissent 92,2 et 57,4 kcal/100g MF pour Cr et Ssp., respectivement. Du point de vue nutritionnel, on note un apport de 0,95 à 0,98 g/100g MF de protides totaux respectivement pour Cr et Ssp.

La suite des travaux centrés sur l'évaluation biologique et la caractérisation des différents sucres, acides aminés et fibres contenus dans ces deux tubercules devrait nous permettre d'envisager les études de biodisponibilité des différents nutriments.

Mots-clés : *Coleus rotundifolius - Solenostemon sp.* – Potentialités nutritionnelles

***Remerciements** : Nos sincères remerciements Aux Dr Priso Richard Jules et Achoundong pour l'identification de ces espèces.*

Aflatoxin and fumonisin contamination of maize in Benin and strategies for their control

Hell[1*] Kerstin, Egal[1] Sharif, Fandohan Pascal[2]

1 International Institute of Tropical Agriculture, 08 BP 0932, Tri postal, Cotonou, Benin.

2 Programme Technologies Agricole Alimentaire (PTAA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), PO Box: 128, Porto-Novo, Benin.

*Corresponding author: *K.Hell@acgiar.org*

According to the FAO, 25% of the world's food crops are affected by mycotoxins, which negatively impact human health, food trade, food availability and consumption. People are primarily exposed to aflatoxin through consumption of contaminated foods. Over several years maize samples have been analyzed with TLC- and Elisa-methods for aflatoxin and fumonisin contamination in Benin. Depending on ecozone and season, up to 57% of stored maize samples were contaminated with aflatoxins. Aflatoxin contamination in maize and other crops is a complex phenomenon influenced by the populations of toxin producing fungi that reside in the soil, cob feeding lepidopteran insects, invading weevils and other beetles; cultural management of the crop, environment and plant stress; and genotype. Aflatoxins are mutagenic, carcinogenic, teratogenic and acutely toxic to most animals and humans. It was shown that 99% of children monitored in Benin and Togo had high aflatoxin levels in the blood, with some of the highest AF-alb levels ever measured in children. The study showed a striking association between aflatoxin exposure and impaired growth.

In participatory trials in Benin and Togo, crop and store management options were developed to reduce mycotoxin contamination of maize and their economic viability was assessed. Drying and sorting of maize are techniques that can reduce aflatoxin contamination in maize. Similar technologies have been identified for fumonisin contamination in Benin. The study showed that *F. verticillioides* was the predominant *Fusarium* species found in all maize samples. *Fusarium* incidence was significantly higher when maize was stored on a cemented floor in a house (40.3 ± 17.4%) than in the other systems. The lowest *Fusarium* incidence was recorded when maize was stored in a bamboo granary (25.5 ± 13.5%) ($p = 0.04$). This suggests that storage systems used by farmers may affect *Fusarium* and *Aspergillus* infection on maize, if these systems create conditions favourable to fungal growth. Damage by lepidopterous pests was significantly and positively correlated with both *Fusarium* infection ($r = 0.802$; $p < 0.01$) and fumonisin contamination ($r = 0.852$; $p < 0.01$). Insect damage was positively correlated to aflatoxin content ($r=0.20$; $p < 0.01$).

The control of mycotoxigenic fungi with management practices easily accessible and affordable to farmers' will lower the risk that mycotoxins pose to human health and improve health and human well-being.

Key words : Aflatoxin – Fumonisin – Storage – Maize – Management

La contamination du maïs par les aflatoxines et les fumonisines au Bénin: stratégies de lutte

Hell[1*] Kerstin, Egal[1] Sharif, Fandohan Pascal[2]

1 International Institute of Tropical Agriculture, 08 BP 0932, Tri postal, Cotonou, Bénin.

2 Programme Technologies Agricole Alimentaire (PTAA), Institut National des Recherches Agricoles du Benin (INRAB), PO Box 128, Porto-Novo, Bénin.

*Auteur correspondant: *K.Hell@acgiar.org*

Selon la FAO, 25% des cultures vivrières, au plan mondial, sont atteintes par les mycotoxines qui nuisent à la santé humaine, au commerce des denrées alimentaires et constituent ainsi un frein à la disponibilité et à la consommation des produits vivriers. Les êtres humains sont principalement exposés aux aflatoxines par la contamination des produits alimentaires. Pendant plusieurs années, des échantillons de maïs ont été prélevés et analysés au Bénin avec les méthodes TLC et Elisa dans le but de détecter la contamination par les aflatoxines et les fumonisines. En fonction des zones écologiques et des saisons, on a noté qu'environ 57% des échantillons de maïs stockés sont contaminés par les aflatoxines. La contamination du maïs et des autres denrées par les aflatoxines est un phénomène assez complexe qui demeure influencé par une mosaïque d'autres champignons produisant des toxines qui se trouvent dans le sol, les lépidoptères qui se nourrissent du maïs, les charançons et autres coléoptères, la végétation, l'environnement et le génotype. Les aflatoxines sont mutagènes, carcinogènes, tératogènes et sévèrement toxiques pour la plupart des animaux et les êtres humains. Il a été démontré que 99% des enfants recensés et suivis au Bénin et au Togo avaient des taux élevés d'aflatoxine dans le sang. Ces taux atteignent des niveaux très élevés jusque-là jamais enregistrés chez les enfants.

Les essais participatifs réalisés au Bénin et au Togo ont permis de développer des options de gestion des cultures et de stockage en vue de réduire la contamination par les mycotoxines dans le maïs. La durabilité économique de ces options a été également évaluée. Au Bénin, des technologies similaires ont été identifiées pour la contamination par les fumonisines. L'étude a révélé que *F. verticillioides* était l'espèce prédominante retrouvée au niveau de tous les échantillons de maïs. L'incidence de *Fusarium* était significativement plus élevée dans le cas où le maïs était stocké sur un plancher cimenté de la maison (40,3±17,4%) que dans les autres systèmes de stockage. L'incidence la plus basse de *Fusarium* était enregistrée lorsque le maïs était entreposé dans un grenier en bambou (25,5±13,5%) ($p=0.04$). Il apparaît donc que les systèmes de stockage utilisés par les paysans pourraient influencer l'infection du maïs par *Fusarium* et *Aspergillus,* surtout si ces systèmes créent des conditions propices au développement du champignon. Les dégâts causés par les lépidoptères avaient une corrélation significative et positive aussi bien avec l'infection par *Fusarium* ($r=0,802$; $p<0,01$) que par la contamination par fumonisine ($r=0,852$; $p<0,01$). Les dégâts occasionnés par les insectes avaient une corrélation positive avec la teneur en aflatoxine ($r=0,20$; $p<0,01$).

La lutte contre les champignons mycotoxigènes à l'aide des pratiques de gestion faciles d'accès et à moindre coût pour le paysan contribueront à minimiser les dangers que constituent les mycotoxines pour la santé humaine et, partant, à améliorer la santé humaine et le bien-être en général.

Mots-clés : Aflatoxine – fumonisine – stockage – maïs - gestion

Commercial valorisation of sorghum: market research of basic products of hybrid sorghum NAD1 seeds (couscous) at Niamey

Kaka[1*] Saley, Moussa[1] Moustapha, Ramatou[1] Seydou, Hammaker[2] Bruce, Aboubacar[2] Adam, Kapran[3] Issoufou, Moussa[4] Bokar, Germaine[4] Ibro

1 Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA), Institut de la recherche agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger

2 Cereal laboratory quality, Purdue, Lafayette IN, USA

3 INRAN, BP 429, Niamey, Niger

4 DESR-TT/INRAN, BP 429, Niamey, Niger

*Corresponding author : *sormilni@intnet.ne* or *inran@intnet.net*

The sorghum is one of the main cereals consumed in Niger. It is used in different forms such as flour and couscous. Agricultural research made varieties of highly productive sorghum having a high potentiality for the manufacture of couscous and assimilated products such as sorghum hybrid NAD1 (4 to 6 tons/ha). In the frame of commercial valorisation of this experience, the laboratory of food technology (LTA) of INRAN did market study which principal aim was to value the commercial potentiality of the couscous made with sorghum hybrid NAD1.

The methodology used is based on a partnership with the local cereals manufacturers of Niamey during the manufacture and quality control and marketing tests of couscous NAD1.

The results of control analysis of hygienic quality of couscous and the flour showed a good control of good hygiene practice (GHP) and good manufacture practice (GMP) at the level of LTA pilot unity. The counts of mesophilus flora, faecal flora *(E. Coli)* and mould and yeast are below threshold values given by FAO/WHO.

About sensorial quality and commercial acceptability, the results indicate that the Niamey consumers consider that the couscous NAD1 quality is satisfactory concerning colour, granulation, texture, taste, flavour and swelling index.

Concerning commercial quality, 93.1% of investigated households think that couscous NAD1 can be sold on the market. Comparatively with imported couscous, the couscous NAD1 obtained an average score of 3.6 on a total of 5 points.

With regard to the packaging, the consumers think that the protective and informative functions of the packaging have to be improved. Information on the packaging is relatively satisfactory, nevertheless the buyers of couscous NAD1 suggest completing this by the nutritional value and the shelf life of the product.

Concerning the price of couscous NAD1, the consumers consider that the price of 500 FCFA by packet of 500 g is high and suggest, for the same packet, an average price of 347 FCFA.

The potential customers of couscous NAD1 would be found among the group of high income consumers, who can spend 350 FCFA for the 500g packet for several reasons: diabetic diet, patriotism, taste, etc...

From the results of this study, the price constitutes the main factor, which determines couscous NAD1 purchase, and the price of 500 CFA/packet seems too high.

Key words : Hybrid sorghum NAD1 - Couscous

Valorisation commerciale du sorgho : Etude de marché des produits à base des grains de l'hybride de sorgho NAD1 (couscous) à Niamey

Kaka[1*] Saley, Moussa[1] Moustapha, Ramatou[1] Seydou, Hammaker[2] Bruce, Aboubacar[2] Adam, Kapran[3] Issoufou, Moussa[4] Bokar, Germaine[4] Ibro

1 Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA), Institut de la recherche agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger
2 Cereal laboratory quality, Purdue, Lafayette IN, USA
3 INRAN, BP 429, Niamey, Niger
4 DESR-TT/INRAN, BP 429, Niamey, Niger
*Auteur correspondant : *sormilni@intnet.ne* ou *inran@intnet.net*

Le sorgho constitue l'une des principales céréales consommées au Niger. Il est utilisé sous diverses formes, parmi lesquelles la farine et le couscous. La recherche agricole a mis au point des variétés de sorgho hautement productives et disposant d'un potentiel élevé en fabrication de couscous et produits assimilés, tel que l'hybride de sorgho NAD1(4 à 6 tonnes/ha). Dans le cadre de la valorisation commerciale de ces acquis, le Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA) de l'INRAN a mené une étude de marché dont l'objectif principal était d'évaluer le potentiel commercial du couscous de l'hybride de sorgho NAD1.

La méthodologie utilisée est basée sur un partenariat avec les transformateurs des céréales locales de Niamey au cours de la fabrication et à l'occasion du contrôle de qualité et de tests de commercialisation du couscous NAD1.

Les résultats des analyses de contrôle de qualité hygiénique du couscous et de la farine ont démontré une bonne maîtrise des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et des Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) au niveau de l'unité pilote du LTA. Les dénombrements de flore mésophile totale, de flore fécale *(E. Coli)* et de moisissures/levures sont en dessous des valeurs limites données par FAO/OMS.

Du point de vue de la qualité sensorielle et de l'acceptabilité commerciale, les résultats indiquent que les consommateurs de Niamey estiment que la qualité du couscous NAD1 est satisfaisante du point de vue couleur, granulométrie, texture, goût, flaveur et indice de gonflement.

En ce qui concerne la qualité commerciale, 93,1% des ménages enquêtés pensent que le couscous NAD1 peut être mis en vente sur le marché. Comparé au couscous importé, le couscous NAD1 a obtenu un score moyen de 3,6 sur un total de 5 points.

Par rapport à l'emballage, les consommateurs pensent que les fonctions protectrice et informative de l'emballage doivent être améliorées. Les informations portées sur l'emballage sont relativement satisfaisantes, toutefois les acheteurs du couscous NAD1 suggèrent de les compléter par la valeur nutritive et la durée de vie du produit.

Concernant le prix du couscous NAD1, les consommateurs estiment que le prix de 500 Fcfa par sachet de 500g est élevé et suggèrent, pour ce même sachet, un prix moyen de 347 Fcfa. La clientèle potentielle du couscous NAD1 se recruterait parmi la catégorie des consommateurs à revenu élevé, susceptible d'acheter à 350 Fcfa le sachet de couscous de 500g pour plusieurs raisons : régime diabétique, patriotisme, goût, etc.

Des résultats de cette étude, il ressort que le prix constitue le principal facteur déterminant l'achat du couscous NAD1 et qu'un prix de 500 Fcfa/sachet de 500g semble trop élevé.

Mots-clés : Hybride sorgho NAD1 – Couscous

Food Quality Control: a fundamental tool for healthy nutrition

Sanou[1,2*] Dia, Daboné[1,2] Charles, Ouédraogo[1] Moussa A, Traoré[2] Alfred S

1 Laboratoire National de Santé Publique, Ministère de la Santé, 09 BP 24 Ouagadougou, Burkina Faso
2 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *dia.sanou@univ-ouaga.bf*

Healthy nutrition requires adequate diet which can give sufficient nutrients (macro and micro) and free for contamination. Food quality control assures for consumers guarantee for quality and safety of food.

This paper reports the role of quality control on the achievement of healthy nutrition basing on the case of salt for consumption within the framework of fighting Iodine Deficiency Disorders in Burkina Faso.

Study has been conducted by assessing the quality of salt along the distribution chain. Results show that in spite of the adoption of universal Salt Iodization programme, less than 35% of salt for human consumption were suitably iodized. Because of the instability of iodine and lack of quality control at each level of distribution chain, salt even iodized can arrived to consumer with insufficient quantity regarding the body needs. Our study indeed showed that nearly 50% of iodine is loss between importation and household in one month, under the influence of many factors.

This situation affects effectiveness of programme. In some provinces like Bam and Yatenga, total goitre rate (TGR) is stationary with TGR of 17.9% and 37.1% in 1999 vs 17.7% and 38,3% in 1992. In other areas like Oubritenga and Sanmatenga, estimated prevalence indicated an increase of TGR from 17.7% and 16.3% in 1992 to 33.6% and 37.1% in 1999 respectively for Oubritenga and Sanmatenga.

Regular and efficient quality control system can help to follow iodine status of salt and made adequate readjustment if necessary and then strengthen the programme effectiveness.

Key words : Food control – Quality – Nutrients – Iodized salt – Goitre

Le contrôle alimentaire: un outil fondamental pour l'amélioration des situations alimentaire et nutritionnelle

Sanou[1,2*] Dia, Daboné[1,2] Charles, Ouédraogo[1] Moussa A, Traoré[2] Alfred S

1 Laboratoire National de Santé Publique, Ministère de la Santé, 09 BP 24 Ouagadougou, Burkina Faso
2 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant: dia.sanou@univ-ouaga.bf

Il est essentiel, pour que les populations aient un état nutritionnel adéquat et qu'elles soient productives, qu'elles soient assurées de rations alimentaires leur apportant tous les macro- et micronutriments essentiels (vitamines et sels minéraux) en quantité suffisante et exemptes de contamination. Le contrôle alimentaire est l'un des outils qui assure au consommateur les garanties nécessaires sur la qualité et l'innocuité de son alimentation.

La présente communication établit le rôle que le contrôle qualité exerce sur l'amélioration de la situation nutritionnelle en se fondant sur l'exemple de sel de consommation au Burkina Faso dans le cadre de la lutte contre les troubles dus à une carence en iode.

L'étude a consisté à réaliser une enquête sur la qualité du sel à divers niveaux de la distribution au Burkina Faso. Les résultats ont montré que malgré l'adoption du programme d'iodation de sel comme stratégie de lutte contre les troubles de la carence en iode, moins de 35% du sel était convenablement iodé. Et même lorsqu'il était iodé, du fait de l'absence de contrôle qualité le long de la chaîne de distribution, le sel arrive au consommateur avec une faible teneur en iode, insuffisante pour couvrir les besoins de l'organisme. La comparaison de la teneur en iode du sel entre différents niveaux a révélé que, sous l'influence de facteurs divers, près de 50% de l'iode se perdaient entre l'importation et la consommation effective en moins d'un mois de conservation.

La conséquence est une réduction de l'efficacité du programme traduite par une quasi-constance de la prévalence du goitre dans certaines provinces comme le Bam et le Yatenga avec des taux de goitre total de 17,9% et 37,1% en 1999 contre 17,7% et 38,3% en 1992. Dans d'autres provinces, la tendance est même à la hausse notamment à l'Oubritenga et au Sanmatenga où les prévalences estimées sont passées respectivement de 17,7% et 16,3% en 1992 à 33,6% et 37,1% en 1999. La mise en place d'un système de contrôle régulier et efficace est nécessaire afin de suivre le profil iodé du sel et d'apporter les mesures correctives chaque fois que de besoin.

Mots-clés : Contrôle alimentaire – Qualité – Nutriments – Sel iodé – Goître

Thème 2 :

Promotion de régimes alimentaires nutritionnellement appropriés dans une société en mutation

Theme 2:

Promoting the consumption of nutritionally adequate diets in a changing society

Exposés introductifs

Introductory papers

Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: why is it so ?

Delisle Hélène

Dept. Nutrition, Fac. Medicine, Univ. Montréal, C.P. 6128, succ. Centre-ville, Montreal (Qc) Canada H3C 3J7
Corresponding author: *helene.delisle@umontreal.ca*

Background : Food-based strategies are recognized as essential for sustainable control of micronutrient deficiencies. "Food diversification" refers to all types of interventions aiming at improving supply, access, consumption, and bio-efficacy of micronutrient-rich foods. It is particularly relevant for the control of vitamin A deficiency, as well as for the reduction of iron deficiency. However, it is all too often neglected, while supplementation and to a certain extent food fortification thrive. Why is this so, and how can food diversification be better recognized ?

Objectives and methods: To identify important barriers to food diversification strategies, and to suggest means of promoting these strategies, at the light of a literature search and of research conducted by the author and her team in trials, pilot projects, and policy analysis, primarily in Burkina Faso, Niger and Chad.

Results: Low international funding level is responsible for, and is generated by, weak political will vis-à-vis food diversification schemes. The main players are not well aware of the potential and technical aspects of such strategies, and therefore, they are not inclined to devote time and efforts in interventions they are ill at ease with. Food diversification is based on intersectoral collaboration, which is difficult to achieve; furthermore, for this reason, it escapes from the control by the health sector. Finally, the need to show quick results works against food diversification, which is an endogenous and more sustainable approach, but which requires time to bring about the necessary changes in attitudes and practices as regards food production, distribution, and consumption.

Conclusion: Substantive efforts in training are warranted in order to strengthen the capacity of health, education and agriculture sectors to implement food diversification interventions. Additionally, program operators and researchers should collaborate in designing adequate and complete evaluation schemes, so that beyond impact on micronutrient status, other potential effects and benefits of food diversification strategies are assessed. Finally, a strong advocacy strategy at the international level is deemed critical to convince national and international decision makers to invest in food diversification. The approach is not necessarily easy, but it contributes in a sustainable manner to improved nutritional health, as well as to poverty reduction and to local agriculture.

Key words: Vitamin A - food diversification - micronutrient deficiencies - Africa

La diversification alimentaire, stratégie potentiellement efficace mais encore négligée: pourquoi?

Delisle Hélène

Département de Nutrition, Faculté de Médecine, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. Centre-ville, Montréal (Qc), Canada H3C 3J7

Auteur correspondant: *helene.delisle@umontreal.ca*

Contexte: Il est largement reconnu que pour un contrôle durable des carences en micronutriments, des approches alimentaires sont indispensables. La «diversification alimentaire», qui recouvre ces interventions variées tendant à augmenter la disponibilité, l'accessibilité, la consommation et la bio-efficacité des aliments sources de micronutriments, est une stratégie particulièrement appropriée pour contrôler l'avitaminose A, ainsi que pour faire reculer les carences en fer. Toutefois, c'est une approche encore trop souvent négligée au profit de la supplémentation et de l'enrichissement. Pourquoi ? Comment valoriser la diversification alimentaire ?

Objectifs et méthodes: L'auteur se base sur les essais contrôlés, projets pilotes, analyses des politiques et autres travaux de son équipe au Burkina Faso, au Niger et au Tchad, ainsi que sur sa recension des travaux sur les interventions de diversification alimentaire pour identifier les principaux obstacles au déploiement de ces approches et pour proposer quelques voies et moyens de les promouvoir.

Résultats: Le faible niveau de financement international à la fois trahit et engendre une volonté politique tiède à l'endroit de la diversification alimentaire; les acteurs sont peu informés des potentialités alimentaires et sont donc peu enclins à s'y investir; ce sont des approches qui échappent largement au contrôle de la santé, alors que la collaboration intersectorielle est difficile; l'évaluation des interventions de diversification alimentaire est malaisée et généralement incomplète, bien que leur efficacité et efficience soient de plus en plus probantes; enfin, l'obligation pour les décideurs de produire rapidement des résultats importants joue en défaveur d'approches alimentaires durables et endogènes, mais qui requièrent du temps pour les changements nécessaires dans les mentalités et les pratiques, qu'il s'agisse de production, de transformation ou de consommation des aliments.

Conclusion: Un important effort de formation des cadres techniques de la santé, de l'agriculture et de l'éducation est requis pour accroître le niveau de compétence technique en matière d'interventions de diversification alimentaire. En outre, les intervenants et chercheurs doivent collaborer pour une évaluation adéquate et complète des effets et bienfaits des approches de diversification alimentaire, y compris et débordant de l'impact sur le statut en micronutriments. Enfin, une stratégie étoffée de plaidoyer doit être mise en œuvre par la communauté scientifique internationale, afin d'inciter les décideurs nationaux et internationaux à s'engager dans cette voie difficile, certes, mais qui contribue de manière durable non seulement à la santé nutritionnelle, mais également à la lutte contre la pauvreté et à la valorisation des productions locales.

Mots-clés: vitamine A - diversification alimentaire - carences en micronutriments - Afrique

Dietary diversity, nutrient adequacy and children's growth: current knowledge and research gaps

Ruel* Marie T, Arimond Mary
International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
*Corresponding author: *m.ruel@cgiar.org*

Dietary diversity (DD) is universally recognized as a key component of healthy diets. There is still, however, a lack of consensus on what DD represents from a nutritional point of view, and how to measure it. This overview has 4 main objectives: 1) to review approaches used in developing countries to measure DD in infants and young children (i.e. to assess the quality of complementary foods); 2) to document global differences in DD between countries and sub-population groups; 3) to review evidence regarding the association between DD and nutrient adequacy; and 4) to review evidence of an association between DD and child growth.

DD is usually measured using a simple count of foods or food groups over a given reference period, but a number of different groupings, classification systems and reference periods have been used. This limits comparability between studies. Using the Demographic and Health Surveys from 10 countries and a standardized food-group DD indicator, we find that DD in complementary foods is consistently greater in urban compared to rural areas and among children of more educated mothers. The few studies that validated DD against nutrient adequacy show that higher DD is associated with greater intake of energy and of a number of nutrients, and in some cases with higher nutrient density of the diet. DD and child growth are also found to be associated in most studies that have looked at this association.

In conclusion, DD is clearly a promising measurement tool, but additional validation research is needed to harmonize measurement approaches and indicators, and to improve our understanding of the role of DD in improving nutrient adequacy and overall diet quality. Validations studies are also needed to test the usefulness of DD indicators for various purposes and in different contexts.

Key words : Dietary diversity – Measurement tool

Diversification alimentaire, couverture des besoins nutritionnels et croissance des enfants: connaissances actuelles et recherches nécessaires

Ruel* Marie T, Arimond Mary
International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
*Auteur correspondant: *m.ruel@cgiar.org*

La diversité alimentaire (DD) est universellement reconnue comme un élément clé des régimes favorisant une bonne santé. Cependant, il y a encore un manque de consensus sur ce que représente la DD au point de vue nutritionnel et sur la manière de la mesurer. Cette vue d'ensemble a 4 objectifs principaux: *(i)* faire la synthèse des approches utilisées dans les pays en développement pour mesurer la DD chez les nourrissons et les jeunes enfants (par exemple pour évaluer la qualité des aliments de complément); *(ii)* décrire les principales différences relevées au niveau de la DD entre pays et entre sous-groupes de population ; *(iii)* mettre en evidence la relation existant entre la DD et la couverture de besoins en nutriments; et *(iv)* mettre en evidence la relation existant entre la DD et la croissance de l'enfant.

La DD est généralement mesurée en utilisant un simple recensement des aliments ou groupes d'aliments sur période de référence donnée, mais différents regroupements des aliments, différents systèmes de classification et différentes périodes de référence ont été utilisés. Cela limite la comparabilité entre les études. En utilisant les enquêtes démographiques et de santé de 10 pays et un indicateur de groupe alimentaire DD standardisé, nous avons trouvé que la DD des aliments de complément est constamment plus élevée en en ville que dans les zones rurales et pour les enfants ayant des mères d'un niveau d'éducation plus élevé. Les quelques études qui ont cherché à valider la relation entre la DD et la couverture des besoins nutritionnels ont montré qu'une DD élevée est associée à des ingérés élevés en énergie et en plusieurs nutriments, et dans certains cas à des densités en nutriments plus élevées dans le régime. Dans la plupart des études ayant cherché à relier la DD et la croissance de l'enfant, des relations ont pu être mises en évidence.

En conclusion, la DD est à l'évidence un outil de mesure prometteur, mais des études de validation supplémentaires sont indispensables pour harmoniser les approches et les indicateurs de mesure, et pour mieux comprendre le rôle de la DD dans l'amélioration de la couverture des besoins nutritionnels et de la qualité des régimes en général. Les études de validation sont aussi indispensables pour tester l'utilité des indicateurs de DD pour atteindre des objectifs divers et dans des contextes différents.

Mots-clés: Diversité alimentaire – Outil de mesure

Communications orales

Presentations

Contribution to the study of the nutritive value of street-foods in Conakry

Diallo[1]* Amadou S, Bah[2] Mamadou K, Baldé[2] Saïdouba, Bah[1] Ousmane, Keïta[1] Mohamed K, Barry[1] Alpha A

1 Laboratoire de Biochimie, Fac Science, Université de Conakry, BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée
2 Laboratoire de Chimie Organique, Fac Sciences, Université de Conakry, BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée
*Corresponding author : *dasgobicko@yahoo.fr*

All the developing countries have policies for the food self-sufficiency of their population. With the development of the towns, street-food takes more and more importance in African capitals. One of the major problems is the nutritive quality and the sanitary risks of the meals consumed in the street.

This study has tried to establish the nutrient value of the foods sold in the town of Conakry from a survey among 300 manufacturers and 300 consumers. Data on nutritive values of the foods have been treated with Access and Excel 2000 from recipes, cooking technology and available food composition tables.

In total, 15 sorts of foods have been selected and about 93.1% were rice-based. The variety of foods has been associated with the kinds of sauce of which 8 have been identified.

There are 8 socio-professional categories among the consumers: pupils and students (32.7%), workers (30.3%), traders (21.7%), administration, health, security and teachers (10.3%), drivers (5.0%).

The order of preference given by the consumers is the following: rice leafy sauce > rice soup sauce > rice groundnut sauce > rice "*maganyi*" sauce > rice gombo sauce> to groundnut sauce > fatty rice > rice "*Marakhoulanyi*" sauce > fonio-based foods

At the nutritional level, energy value of different recipes varies from 300 to 400 kcal for 100g with a fairly high standard deviation in each sort of food. Concerning the portion served, it varies from 497 to 963 kcal with an average of 730 kcal. Rice, groundnut and leaves are the main sources of proteins. The portions served bring in average 17.2 g of proteins, 23.8 g of lipids, 56.9 mg of calcium, 4.3 mg of iron, 703mg of vitamin A and 1.3 g of fibres. There is a high variation in the nutrient contents between the recipes. Foods from plants are the main sources of street-food nutrients. Palm oil is present in 50 to 60% of foods and widely contributes, with groundnut, to the lipid content of meals. Sweetpotato and cassava leaves, and palm oil contribute notably to enrich street-foods in vitamin A and carotenoids.

The cover of nutritional requirements in regard to the consumption frequencies of various rice-based foods in the street (that vary from 1 to 3 times/d for all the socio-professional categories), is from 26 to 90% for proteins, 3 to 25% for calcium, 25 to 210% for iron and till 350% for vitamin A. Data don't take into account losses due to the treatments.

These results allowed to evaluate for the first time the nutritive potentialities of Guinean traditional foods. They show that street-foods are a cheap opportunity to improve the nutritional situation of urban dwellers. However, risks appear that must be faced by the technologists, the nutritionists and the authorities.

Key words : foods – Street – nutrients – Vitamin A

Contribution à l'étude de la valeur nutritive des repas de rue dans la ville de Conakry

Diallo[1*] Amadou S, Bah[2] Mamadou K, Baldé[2] Saïdouba, Bah[1] Ousmane, Keïta[1] Mohamed K, Barry[1] Alpha A

1 Laboratoire de Biochimie, Fac Science, Université de Conakry, BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée
2 Laboratoire de Chimie Organique, Fac Sciences, Université de Conakry, BP 1147 Conakry, Rép. de Guinée
*Auteur correspondant: *dasgobicko@yahoo.fr*

Tous les pays en développement se sont dotés de politique pour l'autosuffisance alimentaire des populations. Avec le développement des villes, l'alimentation de rue prend de l'importance dans les capitales africaines. Un des problèmes majeur est la qualité nutritionnelle et les risques sanitaires que posent les repas consommés dans la rue.

Le présent travail a essayé d'établir la valeur nutritive de repas vendus dans la ville de Conakry à partir d'une enquête auprès de 300 préparateurs et de 300 consommateurs. Les données sur les valeurs nutritives des repas ont été traitées sous Access et Excel 2000 à partir des recettes, des technologies de préparation et des tables de composition disponibles.

Au total 15 types de repas ont été recensés dont 93,1% sont à base de riz. La variété des repas n'est liée qu'aux types de sauce dont 8 ont été identifiés.

Parmi les consommateurs, on compte 8 catégories socioprofessionnelles : élèves et étudiants (32,7%), ouvriers (30,3%), commerçants (21,7%), administration, santé, sécurité et enseignants (10,3%), Chauffeurs(5,0%).

De l'avis des clients, les repas sont classés par ordre de préférence comme suit : riz sauce feuilles > riz sauce soupe > riz sauce arachide > riz sauce «*maganyi*»> riz sauce gombo > to sauce arachide > riz au gras > riz sauce «*marakhoulanyi*»> repas à base de fonio.

Sur le plan nutritionnel, la valeur énergétique des différentes recettes varie de 300 à 400 kcal pour 100g avec un écart type assez grand à l'intérieur de chaque type de repas. En ce qui concerne la portion servie, elle varie de 497 à 963 kcal avec une moyenne de 730 kcal. Le riz, l'arachide et les feuilles constituent les principales sources de protéines. Les portions servies apportent en moyenne 17,2g de protéines, 23,8g de lipides, 56,9mg de calcium, 4,3mg de fer, 703µg de vitamine A et 1,3g de fibres. On remarque une forte variation de la teneur en nutriments entre les recettes. Les aliments d'origine végétale constituent les principales sources de nutriments des repas de rue. L'huile de palme est présente dans 50 à 60% des repas et contribue largement, avec l'arachide, à la teneur en lipides des repas. Les feuilles de patate douce, de manioc et l'huile de palme contribuent de manière remarquable à l'enrichissement des repas de rue en vitamine A et caroténoïdes.

La couverture des besoins nutritionnels en fonction des fréquences de consommation des divers repas à base de riz dans la rue (qui varient de 1 à 3 fois/j pour toutes les catégories socioprofessionnelles), est de 26 à 90% pour les protéines, 3 à 25% pour le calcium, 25 à 210% pour le fer et jusqu'à 350% pour la vitamine A. Ces données ne tiennent pas compte des pertes dues aux traitements.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer pour la première fois les potentialités nutritionnelles des repas traditionnels Guinéens. Ils montrent que les repas de rue constituent une opportunité pour améliorer la situation nutritionnelle des populations urbaines à moindre coût. Cependant apparaissent des risques qui constituent un défi à relever par les technologues, les nutritionnistes et les décideurs.

Mots-clés: repas – rue – nutriments - vitamine A

Food consumption and iron and zinc status of schoolchildren in North Benin

Mitchikpe[1]* Comlan ES, Ategbo[1] Eric-Alain D, Van Raaij[2] Joop MA, Kok[2] Frans J

1 DNSA/FSA/UAC, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, République du Bénin

2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University, P.O. Box 8129, 6700 EV Wageningen, The Netherlands

*Corresponding author: *evamitchs@yahoo.fr*

Micronutrient deficiencies are major nutrition problems nowadays in developing countries. From a list of 302 children obtained during an anthropometry session and after a census in the local register of births, 143 schoolchildren aged 6 to 8 years were identified after verification of their date of birth. Eighty (80) schoolchildren, randomly selected from this second list, have participated in the first round of a longitudinal survey that has been carried out from November to December 2002 in Atacora department in the north western part of Benin. The objective of the study was to analyse the adequacy of the food intake of the schoolchildren in relation to their nutritional status during the post-harvest season.

During the survey, anthropometric data have been collected. Food products consumed by each child have been assessed using observed weighed record method for three consecutive days. Blood samples have been collected for determination of iron and zinc status.

The mean age of participants is 7.1±0.9 years. The prevalence of moderate chronic malnutrition (Z-Score height-for-age < -2) is 38% and that of anaemia is 35% (Hb<115 g/L). Apart from iron deficiency that contributes to malnutrition among the schoolchildren, infection is also present and affects about 89% of them (CRP>1 mg/dl). The mean serum zinc level is 24.0±5.7 µmol/L and zinc value less than 10.7 µmol/L is not found. However, it is early to conclude an absence of zinc deficiency condition. In fact due to difficulties in zinc measurements, it should be interpreted with caution, especially when it is a single measurement. Since the global study is a longitudinal design, multiple measurements will yield a better picture of the situation.

The food pattern of the schoolchildren is essentially dominated by products from plant origin. They contribute to more than 90% of the total energy, protein and minerals intakes such as iron and zinc. Cereals (maize, sorghum and millet) are the major sources of these minerals especially that of iron. This leads to the problem of bioavailability as it is demonstrated that foods from plant origin have high content of anti-nutritional factors such as phytates and polyphenols that inhibit minerals bioavailability like iron and zinc.

The nutritional situation of the schoolchildren reflects a long term inadequate dietary intake and a high prevalence of anaemia and infections. Strategies to improve this situation in the study area should include the reduction of infections and diet quality improvement that will increase iron and zinc bioavailability in order to reduce deficiencies in these micronutrients without changing the population's food habits. This is subject to a designed series of intervention studies that will follow.

Key words: Anaemia – malnutrition – infection - food pattern - iron and zinc bioavailability

Consommation alimentaire et statut en fer et en zinc des enfants d'âge scolaire du Nord Bénin

Mitchikpe[1*] Comlan ES, Ategbo[1] Eric-Alain D, Van Raaij[2] Joop MA, Kok[2] Frans J

1 DNSA/FSA/UAC, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, République du Bénin

2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University, P.O. Box 8129, 6700 EV Wageningen, The Netherlands

*Auteur correspondant : *evamitchs@yahoo.fr*

Les problèmes de carence en micronutriments constituent une préoccupation majeure de nos jours dans les pays en voie de développement. Sur une liste de 302 enfants obtenue lors de séances de mesures anthropométriques et à partir du registre des naissances, 143 enfants de 6 à 8 ans ont été identifiés après vérification de leur date de naissance. Quatre vingt (80) enfants, sélectionnés au hasard à partir de cette deuxième liste, ont participé à la première partie d'une étude longitudinale qui s'est déroulée de Novembre à Décembre 2002 dans le Département de l'Atacora, dans le Nord Ouest du Bénin. Elle avait pour objectif d'étudier l'adéquation de la consommation alimentaire des enfants d'âge scolaire avec leur état nutritionnel pendant la saison post-récolte.

Au cours de l'étude, des données anthropométriques ont été collectées pour apprécier l'état nutritionnel des enfants. Les aliments consommés par chacun d'eux ont été observés, enregistrés et pesés pendant trois jours consécutifs et des échantillons de sang ont été prélevés pour étudier leur statut en fer et en zinc.

Les enfants ayant participé à l'étude ont un âge moyen de 7,1±0,9 ans. Parmi ces enfants, 38% souffrent d'une malnutrition chronique modérée (Z-Score taille pour âge inférieur à –2) et 35% sont anémiés (Hb<115 g/L). En plus de la carence en fer qui contribue à la malnutrition au sein des enfants, la présence d'infection a été également observée chez environ 89% d'entre eux (ils ont un niveau de CRP > 1 mg/dl). Le niveau de zinc dans le sérum est en moyenne de 24,0±5,7 µmol/L pour l'ensemble des sujets et aucune valeur inférieure à 10,7 µmol/L n'a été observée. Toutefois, il est trop tôt pour conclure à une absence de carence en zinc dans ce contexte. En fait, compte tenu des difficultés de mesure du zinc, ce résultat doit être interprété avec précaution surtout quand la mesure n'est pas répétée. Mais comme il fait partie d'une étude longitudinale, des mesures complémentaires pourront permettre d'avoir une meilleure image de la situation.

La consommation alimentaire des enfants est essentiellement dominée par les produits d'origine végétale. Ces derniers contribuent à plus de 90% des apports totaux en énergie, protéines et minéraux dont le fer et le zinc. Les céréales (maïs, sorgho et mil) constituent la première source surtout en ce qui concerne les apports en fer. Ceci pose le problème de biodisponibilité sachant que les aliments d'origine végétale ont une teneur élevée en phytates et polyphénols, inhibiteurs de l'absorption des minéraux comme le fer et le zinc.

La situation nutritionnelle des enfants révèle un apport alimentaire inadéquat à long terme et une forte prévalence d'anémie et d'infection. Les stratégies pour améliorer cette situation doivent prendre en compte la réduction du taux d'infection et l'amélioration de la qualité de l'alimentation par l'augmentation de la biodisponibilité du fer et du zinc en vu de réduire les carences en ces micronutriments sans modifier les habitudes des populations. Ceci fait l'objet d'une série d'études d'intervention qui suivront.

Mots-clés: Anémie, malnutrition, infection, consommation alimentaire, biodisponibilité du

Food consumption of children 6 to 36 months old in rural area in relation to micronutrients rich food availability

Nana[1]* Constance P, Brouwer[2] Inge, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN/SVT, Ouagadougou University, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University, P.O. Box 8129 6700 EV Wageningen, The Netherlands

*Corresponding author: *constance.nana@univ-ouaga.bf*

Vitamin A deficiency is a public health problem in Burkina Faso affecting mainly the preschool children. Although the supplementation in vitamin A capsules is adopted as national strategy to alleviate this situation a sustainable approach such food based strategies need to be explored. The overall objective of the study is to provide baseline information for developing food based approaches. The specific objective is to identify (pro) vitamin A rich food and to investigate food intake of children in relation to the seasonal availability of these foods in rural area. This study is a Food Ethnography Study conducted during the wet season in Kokologho, a rural area of Burkina Faso. The research methods include Free listing interview, 24 hours recall, Food frequency questionnaire, market survey, semi-structured interview.

Twenty sources of carotenoids, three animal sources of vitamin A and two sources of oil were identified. The general picture of the food consumption patterns is a monotonous cereal-based diet. Tô, a cereal-based thick porridge is consumed at least twice a day with frequently okra sauce (nine times a week). The consumption of green leafy vegetables is quite low three times per week for sorrel, bean, baobab leaves to less than once a week for *Amaranthus* leaves, Kinebdo leaves (*Cleome gynandra*), Ben-oil-tree leaves (*Moringa oleofera*). The consumption of animal sources of vitamin A is rare, less than once a week for liver, fresh milk and egg. The low consumption of animal products is attributed to financial constraints, lack of knowledge and social practices. The main problem for some green leafy vegetables consumption is the lack of knowledge on its importance on the health issue and also because these vegetables are not a part of the local food habits; then they are grown for cash. However feasible intervention such increasing the availability of green leafy vegetables, their daily incorporation into child feeding practice and social campaign on the importance have been discussed and considered for implementation.

In conclusion, the study showed that the food pattern of children is monotonous and consists of Tô, a cereal-based diet with frequently dry okra sauce even during wet season when there is a wide variety of green leafy vegetables available. The consumption of animal products rich in vitamin A is very low. This baseline information showed that there is a relative under use of pro vitamin A rich food in the community despite their relative availability. This underutilization of pro vitamin A rich foods cannot be attributed only to the financial issue as usually thought but a combination of lack of knowledge, social and financial factors.

Key words : Food consumption – Pro vitamin A food availability

Consommation alimentaire des enfants de 6 à 36 mois en milieu rural en fonction de la disponibilité des aliments riches en micronutriments

Nana[1*] Constance P, Brouwer[2] Inge, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN/SVT, Univ. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso
2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University, P.O. Box 8129 6700 EV Wageningen, Pays Bas

*Auteur correspondant: *constance.nana@univ-ouaga.bf*

La déficience en vitamine A est un problème de santé publique au Burkina Faso. Bien que la stratégie nationale adoptée pour combattre cette déficience soit la distribution de comprimés de vitamine A, il est nécessaire d'explorer et de développer les voies alimentaires en complément de la supplémentation. L'objectif global de l'étude est de fournir des informations de base qui serviront au développement et à la mise en œuvre de stratégies en vue d'améliorer la situation en vitamine A. Les objectifs spécifiques sont, d'une part, d'identifier les aliments riches en (pro) vitamine A et, d'autre part, de décrire la consommation alimentaire des enfants en relation avec la disponibilité saisonnière de ces aliments en milieu rural. Cette étude conduite au Burkina Faso dans le département de Kokologho est une étude ethnographique alimentaire. Les méthodes utilisées comprennent la technique du «free listing», le rappel des 24 heures, la fréquence de consommation alimentaire, la visite des marchés et des groupes de discussion.

Vingt aliments sources de provitamine A, 3 aliments sources de vitamine A et 2 sources de matières grasses ont été identifiés. L'alimentation des enfants est du type monotone, avec un régime essentiellement à base de céréales. L'aliment de base est le tô, pâte préparée à partir du petit mil ou du sorgho et consommé au moins 2 fois/jour avec le plus souvent une sauce à base de gombo (9 fois/semaine). La consommation des feuilles vertes est assez faible, 3 fois/semaine pour les feuilles d'oseille, baobab, de haricot, à moins de 1 fois/semaine pour les feuilles *Amaranthus*, de Kinebdo (*Cleome gynandra*), de Ben ailé (*Moringa oleoferap*). La consommation des produits animaux source de vitamine A est très faible, moins de 1 fois/semaine pour le foie, le lait frais de vache et les œufs. Les raisons qui expliquent cette faible consommation sont les contraintes financières, le manque de connaissance sur l'importance de ces produits animaux pour la croissance, le développement et la santé de l'enfant et enfin les pratiques sociales. Le problème majeur de la non utilisation des feuilles *Amaranthus,* de Kinebdo, de Ben ailé est l'absence de connaissance sur leur importance dans l'alimentation de l'enfant mais également ces végétaux ne font pas partie intégrante des habitudes alimentaires locales, ils sont donc cultivés pour la vente. Des stratégies d'intervention telles que l'augmentation de la disponibilité des feuilles vertes et leur incorporation dans l'alimentation de l'enfant suivi de campagnes sociales sur leur importance ont été discutées et envisagées.

L'étude a montré que le modèle alimentaire des enfants est du type monotone, constitué essentiellement du tô, plat à base de céréales fréquemment consommé avec une sauce de gombo même en saison pluvieuse où il y a une variété de feuilles vertes. Il ressort de cette étude qu'il y a une sous utilisation des aliments riches en pro vitamine A malgré leur disponibilité relative. Cette sous utilisation des aliments riches en (pro) vitamine A dans la communauté est due à une conjugaison de facteurs tels que le manque de connaissance, les facteurs sociaux et financiers.

Mots-clés: Consommation alimentaire – Disponibilité aliment - (pro) vitamine A

Essential fatty acids and infant's development

Rocquelin[1*] Gérard, Thiombiano-Coulibaly[1,2] Nana, Tapsoba[3] Sylvestre, Traoré[2] Alfred S.
1 IRD, UR106 "Nutrition, Food, Societies", BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France
2 University of Ouagadougou, UFRSVT/CRSBAN, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
3 National Direction of Nutrition, Ministry of Health, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *gerard.rocquelin@mpl.ird.fr*

Linoleic (18:2 n-6) and a-linolenic (18:3 n-3) acids as well as their long-chain n-6, n-3 derivatives are essential fatty acids of paramount importance for fetal and postnatal development, particularly of central nervous system and visual acuity in infant. Whereas in fetus essential fatty acids are supplied by the mother via her placenta, in infant it is insured by breast milk, supposing mother having good nutritional status. Complementary foods can also be a valuable source of essential fatty acids if they are properly conceived.

So far in developing countries, few studies have been conducted to investigate the effects of dietary essential fatty acids on infant's development. First data obtained by scientists from IRD, Congolese DGRST, and University of Ouagadougou showed great disparities from one location to another. Thus in Burkina Faso, total fat content in breast milk is lower than that usually found in developed countries, but proportions of 18:2 n-6 were much higher than those encountered in most countries. In contrast, 18:3 n-3 content was low. As a result, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is unbalanced (~ 53/1), way above WHO recommended values. In Congo, proportions of 18:3 n-3 and long-chain n-3 derivatives in breast milk were elevated, much more than those found in numerous countries including Burkina Faso. Consequently, the 18:2 n-6/18:3 n-3 ratio is balanced (~ 12/1). Disparities between the 2 locations are due to differences in mothers' dietary habits. Under these conditions, it was shown a positive effect of a balanced 18:2n-6/18:3 n-3 ratio in breast milk on 5 months old infant growth.

The fact that this result was established for the first time during observational studies reinforces the argument already advanced by UNICEF that essential fatty acids as with other vital micronutrients can play a significant role in preventing infant growth failure in developing countries. It also confirms the need for improving mother's diet if it is low or unbalanced in essential fatty acids and/or long-chain derivatives so as to restore balanced n-6/n-3 PUFA ratios in breast milk. In the case of Burkina Faso, one public health measure would be to increase the maternal intake of local foods containing n-3 PUFA (e.g. fish and green leafy vegetables). This will necessitate local authorities to encourage increased production of vegetables and fish, alongside nutrition education strategies targeting mothers.

In addition, it is vital that EFA are recognized as micronutrients. This would help in better understanding the causes of malnutrition and identifying appropriate interventions in developing countries.

Key words : Essential Fatty Acids - Infant nutrition and development - maternal nutrition - developing countries.

Acides gras essentiels et développement de l'enfant

Rocquelin[1*] Gérard, Thiombiano-Coulibaly[1,2] Nana, Tapsoba[3] Sylvestre, Traoré[2] Alfred S.

1 UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France

2 Université de Ouagadougou, UFRSVT/CRSBAN, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

3 Direction Nationale de la Nutrition, Ministère de la Santé, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *gerard.rocquelin@mpl.ird.fr*

Les acides linoléique (18:2 n-6) et a-linolénique (18:3 n-3) ainsi que leurs dérivés métaboliques sont des acides gras essentiels, indispensables au développement fœtal et postnatal de l'enfant (croissance, système nerveux central, acuité visuelle, etc.). Chez le fœtus, ils sont apportés par la mère via le placenta. Chez l'enfant nourri au sein, c'est par le lait maternel, à condition toutefois que l'état nutritionnel de la mère soit satisfaisant, et par les aliments de complément, si ceux-ci sont correctement conçus.

Jusqu'alors, peu d'études se sont intéressées aux apports en acides gras essentiels dans l'alimentation des nourrissons des pays en développement et à leur impact sur le développement de l'enfant. Les premières recherches, menées au Congo et au Burkina Faso par des chercheurs de l'IRD, de la DGRST du Congo et de l'Université de Ouagadougou, ont montré que la situation est loin d'être homogène d'une région à une autre. Ainsi, au Burkina Faso, le taux de lipides dans le lait maternel est faible en regard des valeurs habituellement trouvées dans les pays développés, mais les teneurs en 18:2 n-6 y sont plus élevées que dans beaucoup d'autres pays. A l'inverse, les concentrations en 18:3 n-3 y sont faibles. Il en résulte un net déséquilibre du rapport 18:2 n-6/18:3 n-3 (~ 53/1), loin des valeurs recommandées par l'OMS. Au Congo, la proportion de 18:3 n-3 et de ses dérivés métaboliques dans le lait maternel est élevée, supérieure aux valeurs enregistrées dans de nombreux pays, y compris le Burkina Faso. Ce lait présente alors un rapport 18:2 n-6/18:3 n-3 équilibré (~ 12/1). Les disparités observées entre les deux régions reflètent des différences de régime alimentaire des mères. Dans ces conditions, il a été mis en évidence un effet bénéfique de l'équilibre 18 :2 n-6/18 :3 n-3 du lait maternel sur le gain de poids du nourrisson congolais entre 0 et 5 mois.

Le fait que ce résultat ait été acquis, pour la première fois, lors d'études d'observation conforte la déclaration de l'UNICEF selon laquelle les acides gras essentiels, comme d'autres nutriments vitaux, peuvent jouer un rôle important dans le développement de l'enfant vivant dans les pays en développement. Cela implique l'amélioration du régime de la mère afin de rétablir un bon équilibre dans le lait maternel. Pour le Burkina Faso, une mesure de santé publique serait d'augmenter la consommation d'aliments locaux apportant du 18:3 n-3 et/ou ses dérivés (ex: poissons, légumes feuilles). Cela suppose l'appui des autorités locales pour produire plus de poissons et légumes, mais aussi pour dispenser aux mères une éducation nutritionnelle adaptée.

Enfin, il serait important que les acides gras essentiels soient reconnus comme micro nutriments. Cela permettrait de mieux comprendre les causes de la malnutrition infantile et de mieux définir des interventions appropriées dans les pays en développement.

Mots-clés : Acides Gras Essentiels - nutrition et développement de l'enfant - nutrition de la mère – Pays en développement.

High proportions of C6:0-C14:0 saturated fatty acids and unbalanced n-6/n-3 EFA ratios in breast milk in Burkina Faso: what potential impact on infant's later development ?

Thiombiano-Coulibaly[1,2*] Nana, Rocquelin[2] Gérard, Eymard-Duvernay[2] Sabrina, Kiffer-Nunes[2] Julie, Tapsoba[3] Sylvestre, Traoré[1] Alfred S.

1 CRSBAN/UFR-SVT, University of Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3 National Direction of Nutrition, Ministry of Health, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *nutriage@ird.bf*

Objective: To determine the Burkinabè breast milk lipid content and fatty acid composition and to discuss its impact on infant's later development.

Materials and methods : 4 cross-sectional surveys in urban and rural Burkina Faso at 2 different times of the year: during a period of food shortage (lean season, i.e. April-May) and during a favourable food availability period (post-harvest season, i.e. January-February).

Apparently healthy mothers nursing 5-month-old infants were subjects. A total of 70 urban and 52 rural mothers and 100 urban and 98 rural mothers respectively, during the post-harvest season and the lean season, completed the surveys. They were performed by home visit. Families were informed of the studies' objectives and gave agreement. Breast milk samples (5-10 ml) were collected from each mother and analysed for lipid and fatty acid concentration.

Results and discussion : Noticeable breast milk characteristics were: low lipid content (30-35g/l), high C6:0-C14:0 saturated fatty acids (27-33% of total fatty acids), high linoleic acid (15-20% of total fatty acids), and unbalanced linoleic/α-linolenic acid (20:1 to 53:1) and long-chain n-6/long-chain n-3 (3.6:1 to 4.9:1) polyunsaturated fatty acid ratios. In all life conditions and food availability, linoleic acid exceeded, and α-linolenic was below recommended adequate intakes. Over 80% of breast milk samples had linoleic/α-linolenic acid and long-chain ω6/ω3 polyunsaturated ratios well above recommendations. Impact of such fatty acid composition on infant's later development is discussed.

Conclusion : Improvement in breast milk n-3 PUFA seems to be recommendable in Burkina Faso, where breastfeeding is the primary infant feeding practice. Moreover, studies regarding cardiovascular outcome in adolescence, related to high intake of saturated fatty acids provided by breast milk, seem necessary.

Key words : Breast milk - Infant nutrition - Essential fatty acids - Burkina Faso

Fortes teneurs en acides gras saturés (C6:0-C14:0) et déséquilibre en acides gras essentiels dans le lait maternel au Burkina Faso: conséquences potentielles sur le développement des enfants

Thiombiano-Coulibaly[1,2*] Nana, Rocquelin[2] Gérard, Eymard-Duvernay[2] Sabrina, Kiffer-Nunes[2] Julie, Tapsoba[3] Sylvestre, Traoré[1] Alfred S.

1 CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3 Direction Nationale de la Nutrition, Ministère de la Santé, BP 7068, Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *nutriage@ird.bf*

Objectif : Déterminer la teneur en lipides et la composition en acides gras du lait maternel au Burkina pour en évaluer l'impact sur le développement des enfants nourris au sein.

Matériels et méthodes: 4 études transversales dans une zone urbaine et une zone rurale au Burkina Faso, pendant deux périodes différentes de l'année: durant la période de faible disponibilité alimentaire (avril-mai) et durant la période de meilleure disponibilité (après les récoltes, janvier-février). Les objectifs et les conditions de l'étude ont été expliqués en langue nationale (moré) aux familles avec l'appui des agents de santé, des accoucheuses villageoises et du chef du village. Des échantillons de lait maternel (5 à 10 ml au total) ont été prélevés en 2 ou 3 fois au cours de 24 heures d'allaitement pour en déterminer la teneur en lipides et la composition en acides gras. Les mères des enfants ont été choisies de façon aléatoire selon les critères suivants: allaiter un enfant âgé de 5 mois ± 15 jours, être en bonne santé apparente au moment de l'étude, résider dans la zone d'étude depuis au moins une année et accepter les conditions de l'étude (notamment recevoir une enquêtrice à domicile pendant 24h).

Ainsi, 70 mères urbaines et 52 mères rurales, pendant la période de meilleure disponibilité alimentaire et 100 mères urbaines et 98 mères rurales, pendant la période de faible disponibilité alimentaire ont été incluses dans les études.

Résultats et discussion : Quels que soient le milieu de vie et la disponibilité alimentaire, les principales caractéristiques lipidiques des laits maternels au Burkina sont: faible teneur en lipides (30-35g/l), teneur importante en acides gras saturés de novo C6:0-C14:0 (27-33% des acides gras totaux), en 18:2 n-6 (15-20% des acides gras totaux), des rapports élevés en 18:2 n-6/18:3 n-3 (20:1 à 53:1) et en acides gras poly-insaturés (AGPI) à longue-chaîne n-6/AGPI à longue-chaîne n-3 (3,6:1 à 4,9:1). La teneur en 18:2 n-6 est excédentaire tandis que celle du 18:3 n-3 est insuffisante par rapport aux recommandations. En outre, plus de 80% des laits maternels ont un rapport 18:2 n-6/18:3 n-3 et AGPI longue-chaîne n-6/AGPI longue-chaîne n-3 au-dessus des recommandations. Les conséquences potentielles sur le développement de l'enfant d'une telle composition en acides gras sont discutées.

Conclusion : Améliorer la teneur en AGPI n-3 des laits maternels au Burkina Faso semble être recommandable, le lait maternel constituant plus de 80% de la ration alimentaire du nourrisson. Par ailleurs, le suivi de ces enfants pour évaluer l'incidence des risques de maladies cardio-vasculaires, à l'âge de l'adolescence, d'une consommation de lait maternel à haute teneur en acides gras saturés s'avère nécessaire.

Mots-clés : Acides gras essentiels - Lait maternel - Développement de l'enfant - Burkina Faso.

Red palm oil in Burkina : a step for the food diversification in the national strategy for the vitamin A deficiency control

Zagré[1]* Noël M, Delisle[2] Hélène, Delpeuch[3] Francis

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Département de Nutrition, Université de Montréal, C.P. 6128 succ.centre-ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3J7

3 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Corresponding author : *nzagre@hki.ne*

Context : The virtual objective of eliminating Vitamin A (VA) deficiency in the developing countries, launched during years 90, is not reached in spite of annual free supply of high-dosage supplements of VA to the small children, but these campaigns coupled with national campaigns of vaccination risk to know financing difficulties after poliomyelitis eradication, so the children will be deprived of the alone dose they had. Among the food diversification approaches, using red palm oil (RPO) presents important assets and should be integrated in the control strategy.

Efficiency of food diversification : RPO biological efficacy has been proved through controlled studies in different contexts. These studies have been carried out with children of various ages and with women, and have used RPO mix in various foods in South Africa and India. So, red palm oil effectiveness has been showed within the frame scope of projects and programs, notably enriching cassava flour in Tanzania. Generally, food diversification is efficient as proved by different projects in Kenya, Tanzania, South Africa and Thailand

RPO in Burkina Faso : RPO locally produced at South West has been introduced and sold in Kaya Area (Centre North). After two years promotion as supplementary food for women and children (1-5 years), RPO was consumed by 42.5% of children at least once a week, in average 10.8±1,1 g/d. After 24 months, the average intake of VA were from 164±30 to 514±144 µg EAR/d ($p<10–4$), the retinol concentration from 0.55±0.04 to 0.64±0.04 µmol/l ($p=0,012$) and the proportion of deficient children from 84.5% to 66.9% ($p=0.004$). This strategy was efficient but did not allow controlling the deficiency and could be reinforced using available schedule of VA sources in the region as well as their intake score in VA. This score includes the food level in VA or pro-vitamin A, the usual intake and carotene bio-efficiency. A schedule for the use of these resources, including eventually high-dosage supplements of VA capsules distribution and Public Health measures, has been proposed by the authors. For some specific groups, introducing RPO into foods used for nutritional recuperation and the school canteens is conceivable.

Conclusion : Food diversification role should be better recognized. RPO plays important role in this strategy, which requires implementation of a program including RPO promotion, alone or mixed, towards selected groups, and the reinforcement of the channels used for production and marketing.

Key words : Red palm oil - Burkina Faso – Strategy - Vitamin A

L'huile de palme rouge au Burkina : un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A

Zagré[1*] Noël M, Delisle[2] Hélène, Delpeuch[3] Francis

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Département de Nutrition, Université de Montréal, C.P. 6128 succ.centre-ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3J7

3 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant : *nzagre@hki.ne*

Contexte : L'objectif d'élimination virtuelle de la carence en Vitamine A (VA) dans les pays en développement, lancé depuis les années 90, n'a pas été atteint, malgré les distributions annuelles gratuites de capsules de VA aux enfants en bas âge. Pourtant, ces campagnes, jusque là jumelées aux campagnes nationales de vaccination, risquent de connaître des difficultés de financement après l'éradication de la poliomyélite, ce qui privera les enfants de la seule dose annuelle dont ils bénéficiaient. Parmi les approches de diversification alimentaire, l'utilisation de l'huile de palme rouge (HPR) présente des atouts importants et mériterait d'être intégrée dans la stratégie de lutte.

Efficacité de la diversification alimentaire : L'efficacité biologique de l'HPR a été démontrée à travers des essais contrôlés dans différents contextes. Ces essais ont été conduits chez des enfants de divers âges comme chez des femmes, et ont utilisé de l'HPR incorporée à divers aliments en Afrique du Sud et en Inde. De même, l'efficacité de l'huile de palme rouge a été montrée dans le cadre de projets ou de programmes, notamment par l'enrichissement de farine de manioc en Tanzanie. De façon plus générale, la diversification alimentaire s'est montrée efficace comme l'attestent différents projets au Kenya, en Tanzanie, en Afrique du Sud et en Thaïlande.

L'HPR au Burkina Faso : De l'HPR produite localement au sud ouest a été introduite et vendue dans la région de Kaya (centre nord). Après deux ans de promotion comme supplément alimentaire pour les femmes et les enfants (1-5 ans), l'HPR était consommée par 42,5% des enfants au moins une fois dans la semaine, en moyenne 10,8±1,1 g/j. En 24 mois, les apports moyens en VA étaient passés de 164±30 à 514±144 µg EAR/j ($p<10–4$) , la rétinolémie de 0,55±0,04 à 0,64±0,04 µmol/l ($p=0,012$) et la proportion des enfants déficients de 84,5% à 66,9% ($p=0,004$). Bien qu'efficace, cette stratégie n'a pas suffi à elle seule à contrôler la carence et pourrait être renforcée par l'utilisation du calendrier de disponibilité des sources de VA de la région ainsi que de leur côte d'apport en VA. Cette côte inclut la teneur de l'aliment en VA ou provitamine A, la portion habituellement consommée et la bio-efficacité des caroténes. Un calendrier d'utilisation de ces ressources, incluant éventuellement les capsules de VA et des mesures de santé publique, ont été proposés par les auteurs. Pour certains groupes spécifiques, l'introduction de l'HPR dans les aliments de récupération nutritionnelle et des cantines scolaires est envisageable.

Conclusion : La place de la diversification alimentaire devrait être mieux reconnue. Le rôle important que joue l'HPR dans cette stratégie requiert la mise en place d'un programme comportant une promotion soutenue de l'HPR, seule ou en mélange, auprès des groupes cibles, et le renforcement de la filière sur le plan de la production et la commercialisation.

Mots-clés : Huile de palme rouge - Burkina Faso – stratégie - vitamine A

Affiches

Posters

Identification of the main food sources of iron, zinc and vitamin A for the 1-to-5-year-old children of Ouaregou sanitary district (*Burkina Faso*)

Avallone[1,2*] Sylvie, Brault[2] Sophie, Mouquet[2] Claire, Trèche[2] Serge

1 ENSIA SIARC, 1101 Avenue Agropolis, CS 24501, 34093 Montpellier cedex 5, France

2 UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", Centre IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

*Corresponding author: *avallone@siarc.cnearc.fr*

In many developing countries, iron, zinc and vitamin A deficiencies constitute an important etiologic factor of the mortality and chronic malnutrition of young children. Micronutrient content of traditional foods as well as the effects of the processes used for their preparation on their bioavailability are not well known. These data are necessary to select, and eventually improve the nutritional quality of food. The purpose of the present study was to identify the foods corresponding to potential sources of iron, zinc and vitamin A for 1-to-5-year-old children and their recipes.

A census of the children of the Ouaregou sanitary area was realised and 200 children (100 in each class of age 12-23 and 24-59 months) were randomly selected. During the survey (April to June 2003), the mothers were submitted to a questionnaire and a 24h dietary recall to index the type of food and estimate the intakes of children the day before. The frequency of consumption of each dish observed during the survey was calculated as well as their average intakes by the children.

During the survey, the main dish components consumed at least once per day by the children of 12-23 and 24-59 months were, respectively, the millet based tô (76 and 98%), the dried okra sauce (70 and 88%), the gruels (50 and 32%), the white rice (48 and 34%), the groundnut sauce (47 and 34%), the sorrel sauce (14 and 28%) and mango (7 and 32%). Numerous children of both classes of age have consumed at least twice per day the millet based tô (27 and 70%) and the dried okra sauce (19 and 43%). Whatever their class of age, very few children have consumed animal products: smoked carp (1 and 2%); goat meat (1 and 1%); pork (2 and 1%) and beef (3 and 2%).

For the dish components most frequently consumed, ingested dry matter during a meal, for the children of 12-23 and 24-59 months was, respectively: 21.6 and 39.8 g for millet based tô; 6.0 and 11.1 g for dried okra sauce; 15.9 and 22.3 g for gruels; 25.4 and 50.5 g for white rice; 10.5 and 17.4 g for groundnut sauce; 8.4 et 14.7 g for sorrel sauce; 8.4 and 14.4 g for mango. Consumed quantities of starchy dish components were 2 or 3 folds higher than the quantities of sauces. However, the sauces and mangoes notably contributed to dry matter intakes, and, taking into account their high vitamin and mineral contents, constituted the most important sources of micronutrients.

In a parallel direction, precise observations of traditional recipes of dish components were realised. The analysis of the whole data should allow identifying the nutritional potentiality of each dish component and the unit operations of their processing where improvements could be brought.

Key words : 24h dietary recall - Traditional food – Child – Bioavailability - Micronutrients

Identification des principaux aliments sources de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 ans dans l'aire sanitaire de Ouaregou (*Burkina Faso*)

Avallone[1,2*] Sylvie, Brault[2] Sophie, Mouquet[2] Claire, Trèche[2] Serge

1 ENSIA SIARC, 1101 Avenue Agropolis, CS 24501, 34093 Montpellier cedex 5, France

2 UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", Centre IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

*Auteur correspondant: *avallone@siarc.cnearc.fr*

Dans la plupart des pays en développement, les carences en fer, zinc et vitamine A constituent un facteur étiologique important de la mortalité et de la malnutrition chronique chez le jeune enfant. Les teneurs en micronutriments des aliments traditionnels ainsi que l'effet des préparations sur leur biodisponibilité ne sont pas bien connus. Ces données sont nécessaires pour sélectionner et, éventuellement, améliorer la qualité nutritionnelle des aliments. L'objectif de cette étude était d'identifier les aliment sources potentielles de fer, zinc et vitamine A dans l'alimentation des enfants de 1 à 5 ans ainsi que leurs modes de préparation.

Un recensement des enfants de l'aire sanitaire de Ouaregou a été réalisé et 200 enfants (100 pour chacune des deux classes d'âge 12-23 et 24-59 mois) ont été tirés au sort. Lors de l'enquête (avril à juin 2003), les mères ont fait l'objet d'une enquête par questionnaire et d'un rappel de 24h visant à répertorier la nature des aliments consommés et estimer les quantités ingérées la veille par l'enfant. La fréquence de consommation des composants de plats rencontrés au cours de l'enquête a été calculée ainsi que leurs ingérés moyens par les enfants.

Au moment de l'enquête, les composants de plats qui étaient les plus fréquemment consommés au moins une fois dans la journée par les enfants de 12-23 et 24-59 mois étaient, respectivement, le tô de mil (76 et 98%), la sauce à base de gombo séché (70 et 88%), les bouillies (50 et 32%), le riz blanc (48 et 34%), la sauce arachide (47 et 34%), la sauce à base d'oseille (14 et 28%) et la mangue (7 et 32%). Un nombre important d'enfants des deux classes d'âge avait consommé au moins deux fois dans la journée le tô de mil (27 et 70%) et la sauce à base de gombo séché (19 et 43%). Quelle que soit leur classe d'âge, les enfants étaient très peu nombreux à consommer des produits animaux: carpe fumée (1 et 2%); viande de chèvre (1 et 1%) ; de porc (2 et 1%) et de bœuf (3 et 2%).

Pour les composants de plats les plus fréquemment consommés, les ingérés moyens en matière sèche par repas ont été, respectivement pour les 12-23 et 24-59 mois: 21,6 et 39,8 g pour le tô de mil; 6,0 et 11,1 g pour la sauce à base de gombo séché; 15,9 et 22,3 g pour les bouillies; 25,4 et 50,5 g pour le riz blanc; 10,5 et 17,4 g pour la sauce arachide; 8,4 et 14,7 g pour la sauce à base d'oseille; 8,4 et 14,4 g pour la mangue. Les quantités consommées de composants de plats riches en amidon sont 2 à 3 fois plus importantes que celles des sauces. Toutefois, les sauces et mangues constituent des apports en matière sèche non négligeables et, compte tenu de leur richesse en vitamines et minéraux, correspondent aux sources de micronutriments les plus importantes.

Parallèlement à cette enquête, des observations précises des préparations traditionnelles des composants de plat ont été réalisées. L'analyse de l'ensemble des données devrait permettre d'identifier les potentialités nutritionnelles de chaque composant de plats et les étapes unitaires de leur préparation auxquelles des améliorations pourraient être apportées.

Mots-clés: Rappel de 24h - Aliment traditionnel – Enfant – Biodisponibilité - Micronutriments

Improvement of Burkinabe diet with carotenoid-rich foods

Ayassou Kossiwavi, Ouédraogo-Kangambega Marcelline, Mathieu-Daudé Claire, Bambara Alain, Chevalier* Philippe

IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso,

*Corresponding author : *chevalph@mpl.ird.fr*

Introduction: In Burkina Faso (BF), the diet is based on a thick cereal porridge ("tô") with a sauce constituted of fresh or dried leaves and vegetables. The carotene content of this diet is very low, mainly during the dearth season. The aim of the study was to estimate the impact of a regular consumption of carotenoid-rich sauces to increase the carotene content of meals prepared in the households.

Methods: A food-based intervention has been conducted for a 2-month supplementation during the dearth season in a rural area of BF. Households were sampled among volunteers: 30 families received red palm oil (RPO) from Togo, 60 received locally-produced dark green leaves (DGL) (sorrel leaves: *Hibiscus Sabdariffa*) and 60 were controls (CTL). Before supplementation and during the last week of supplementation, all the meal-components were weighed and the carotene supplies calculated for all households. The retinol equivalent (RE) content of each sauce (µg RE /100g sauce) was computed.

During the 2-month period, the main sauces consumed by each family were listed and the frequency of consumption calculated. To estimate a behavioural change, one year after, at the same period, a new consumption frequency survey of the main sauces was conducted during 6 weeks among the families of the 3 groups.

Results: The sauce prepared with dry okra (*Abelmoschus esculentus*) was the most frequently consumed (45-55%) by all households, despite its very low retinol level (17 µg RE/100g). The retinol content of the sorrel sauce was 280 µg RE/100g and its frequency of consumption was 15% and 29%, respectively for controls and DGL groups ($p<0.05$). The retinol content of RPO supplemented sauces was 350 µg RE/100g. On the 2-month period, the average retinol content of sauces were 72, 110 and 253 µg RE/100 g respectively for controls, DGL and RPO groups. One year after, we observed a significant increase of the sorrel sauce consumption among the 3 groups, previously supplemented or not.

Conclusion: DGL and RPO groups consumed higher RE from sauces but only the RPO group met the basal requirements for children because of the low amounts of sauces consumed (children under-6-years-old consumed 30 to 50 g of sauce per meal, twice a day). The sauces with dried products such as okra must be systematically supplemented with RPO. The 1-year after survey proved that the consumption of DGL sauces must be easily increased to improve the carotene content of the diet.

Key words: Vitamin A – Carotene – Supplementation - Dietary survey

Amélioration de l'alimentation burkinabè avec des aliments riches en caroténoïdes

Ayassou Kossiwavi, Ouédraogo-Kangambega Marcelline, Mathieu-Daudé Claire, Bambara Alain, Chevalier* Philippe

IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso,

*Auteur correspondant: *chevalph@mpl.ird.fr*

Introduction: Au Burkina Faso (BF), l'alimentation est composée d'un plat à base de céréales, le tô, accompagné d'une sauce de légumes ou de feuilles fraîches ou sèches. Cette alimentation "tô + sauce" a une teneur très basse en carotènes, notamment pendant la saison sèche. L'objectif de cette étude était d'estimer l'effet d'une consommation régulière de sauces à base de produits riches en carotènes pour augmenter les apports en carotènes des repas préparés au sein du ménage.

Méthodologie: Une supplémentation a été réalisée au BF sur une période de 2 mois pendant la saison sèche. Parmi les ménages volontaires d'un village, 150 ménages ont été tirés au sort: 30 ménages ont reçu de l'huile de palme rouge (HPR) fabriquée au Togo, 60 ont reçu des feuilles vertes fraîches (FVF) d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*) produites dans le village et 60 autres ont servi de témoins (TEM). Avant le démarrage de la supplémentation et pendant la dernière semaine de supplémentation, tous les ingrédients composant les repas ont été pesés et les apports alimentaires en carotènes correspondant calculés pour tous les ménages. La teneur en Equivalent Rétinol (µg ER/100g sauce) a été calculée pour chacune des sauces.

Parallèlement, durant les 2 mois de supplémentation, un relevé régulier des principales sauces consommées par chaque ménage a permis de calculer leur fréquence de consommation. Afin d'estimer un changement à moyen terme des habitudes alimentaires, un an après la supplémentation et à la même période de l'année, une nouvelle enquête de fréquence de consommation des sauces a été menée durant 6 semaines sur l'ensemble des ménages des 3 groupes.

Résultats: Malgré sa faible teneur en rétinol (17 µg ER/100g), la sauce «gombo sec» (Abelmoschus esculentus) est la sauce la plus consommée par tous les groupes (45-55%). La teneur en rétinol de la sauce «oseille» est de 280 µg ER/100g. Sa fréquence de consommation est de 29% chez le groupe supplémenté FVF et de 15% chez les 2 groupes non supplémentés HPR et TEM ($p<0,05$). La teneur en rétinol des sauces supplémentées avec de l'huile de palme rouge est de 350 µg ER/100g. Sur une période de 2 mois, la densité moyenne en rétinol des sauces consommées est de 72, 110 et 253 µg ER/100g, respectivement pour les groupes TEM, FVF et HPR. L'enquête réalisée un an après a montré une augmentation significative de la consommation de feuilles vertes fraîches par l'ensemble des ménages, même chez ceux non-supplémentés l'année précédente.

Conclusion: Les groupes FVF et HPR consomment des sauces avec une forte teneur en rétinol, mais seul le groupe supplémenté en huile de palme rouge peut couvrir les besoins des enfants, compte tenu des faibles quantités de sauces consommées (les enfants de moins de 6 ans prennent deux repas par jour et consomment 30 à 50 g de sauce par repas). Les sauces à base de produits secs comme le gombo doivent être systématiquement supplémentées avec de l'huile de palme rouge. L'enquête effectuée un an après prouve que la consommation de feuilles vertes fraîches peut être facilement augmentée pour améliorer la teneur en carotène de l'alimentation.

Mots-clés: Vitamine A – Carotènes – Supplémentation – Enquête de consommation

Iodine status and food habits in school children and women in Morocco

Bahbouhi[1] Imane, Belahsen[2*] Rekia

1 Laboratory of Physiology Applied to Nutrition and Feeding, School of Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco

2 Training and Research Unit on Food Science, Laboratory of Physiology Applied to Nutrition and Feeding, School of Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco

*Corresponding author: *rbelahsen@yahoo.com*

Background: Micronutrient deficiencies remain a public health problem in the world especially in developing countries. Iodine status is determined by measuring iodine in urine and iodine intake

Aims: The goals here was to determine the effect of dietary intake, biochemical, anthropometric, and health factors on iodine status among children and their mothers from Doukkala region of Morocco

Methods: The survey was undertaken on women (n=223) 20 to 59 years old and children (n= 169) 6 to 14 years old selected from rural and urban area. The sample was examined for representing goiter or not. The status of iodine is determined by the evaluation of iodine intake using 24 hours dietary recall, food frequency and urinary iodine.

Results: The results showed that 4.3% of children and 5.6% of women have urinary iodine levels < 20 µg/l. The survey revealed a goiter prevalence of 8.0% among women, of which 6.7% was grade 1 (thyroid palpable or not visible) and 1.3% was grade 2 (visible thyroid). The means of BMI in women was 27.92±4.89 kg/m^2 and values of energy consumed was 1532±392 kcal/day. The results showed that 56% of women and 66% of children have hemoglobin < 12 mg/dl.

Conclusion: The results are discussed by the dietary intake, food habits, goiter prevalence and anthropometric factors

Key words: Children- Dietary intake – Iodine – Iron- Women

Le statut en iode et les habitudes alimentaires chez les enfants et les femmes au Maroc

Bahbouhi[1] Imane, Belahsen[2*] Rekia

1 Laboratoire de Physiologie Appliquée à La Nutrition et l'Alimentation, Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc

2 Unité de Formation et de Recherche sur l'alimentation, Laboratoire de Physiologie Appliquée à La Nutrition et l'Alimentation, Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc

*Auteur correspondant: *rbelahsen@yahoo.com*

Introduction: La carence en micro nutriments est un problème de santé publique dans le monde surtout dans les pays en voie de développement. Le statut en iode est déterminé en mesurant l'iode dans les urines et l'apport alimentaire en iode.

Objectif: L'objectif de cette enquête était de déterminer l'effet de l'apport alimentaire, des facteurs biochimiques, anthropométriques et de l'état de santé sur le statut en iode des enfants et des femmes provenant d'une région agricole du Maroc.

Méthodologie: L'enquête a été effectuée sur des femmes (n=223) âgées de 20 à 59 ans et des enfants (n=169) âgés de 6 à 14 ans sélectionnés des milieux rural et urbain. Le volume de la thyroïde a été déterminé par la méthode de palpation. Le statut en iode est déterminé par l'évaluation du taux d'iode urinaire et de l'apport alimentaire en iode par la méthode du rappel de 24 heures et la fréquence alimentaire.

Résultats: Les résultats ont montré que 5,6% des femmes et 4,3% des enfants ont un taux d'iode urinaire inférieur à 20µg/l. L'étude a aussi révélé une prévalence du goitre de 8,0% chez les femmes et que 6,7% d'entre elles étaient au stade 1 (thyroïde palpable mais non visible) et 1,3 % au stade 2 (thyroïde visible). La moyenne de l'IMC (indice de masse corporelle) était de 27,92±4,89 kg/m^2 et celle de l'apport alimentaire en énergie était de 1532±392 kcal/jour. Les résultats montrent également que 56% des femmes et 66% des enfants avaient un taux d'hémoglobine inférieur à 12 mg/dl.

Conclusion: Les résultats de cette étude sont discutés en fonction des habitudes alimentaires, de la prévalence du goitre et des facteurs anthropométriques.

Mots-clés: Enfants – Apport alimentaire – Iode – Fer – femmes

Improvement of the nutritional treatment of severely malnourished children at the Paediatrics hospital of Lwiro in Democratic Republic of Congo: role of nutritionists

Bahwere[1,2,4] Jean-Lambert P, Wakilongo[1] Wakenge, Fazili1,[4] Sekele [J], Dramaix[3,4] Michèle, Hennart[2,4] Philippe, Donnen[2,4*] Philippe OT

1 Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN), Democratic Republic of Congo
2 School of Public Health (Université Libre de Bruxelles), Department of Epidemiology and Preventive Medicine, 808 route de Lennik, 1070, Bruxelles,Belgium
3 School of Public Health (Université Libre de Bruxelles), Department of Statistic, Belgium
4 CEMUBAC (Centre d'Etudes Scientifiques et Médicales de l'Université Libre de Bruxelles pour ses Activités de Coopération), Belgium
*Corresponding author: *pdonnen@ulb.ac.be*

WHO recently recommended the integrated management of the ill child and pointed out the importance of the nutritional component of the treatment. The objective of this work was to evaluate the effect of change in nutritional management on mortality of 7545 malnourished and non-malnourished children, hospitalised in the Paediatric Hospital of Lwiro from January 1987 to December 1997.

The impact was measured by intrahospital mortality observed during 4 periods characterized by different nutritional treatments. Management of severely malnutrition during the first period (P1; 1987-1990) consisted in providing 7g/kg/day of protein and 200 Kcal/kg/day with locally available products. During the second period (P2; 1991-mid 1994), the protocol was the same but the quantities of lipids and of animal products were increased. From the third period (P3; mid 1994–mid 1996), nutritional rehabilitation followed the WHO recommendations. It was done in three phases: High Energy Milk (HEM; mixture of milk, oil and sugar prepared locally) with an energy density of 90 kcal/100 ml without vitamins and minerals fortification (Phase 1). During the phase 2 (nutrition rehabilitation) and the phase 3 (preparation to return home), children received 2 feeds of HEM per day, the rest of the nutritional needs being covered by meals comparable to those given during the second period. During the fourth period (mid 1996 to end 1997), HEM was replaced by F75 (phase 1) and F100 (phase 2), both fortified with vitamins and minerals. Children moderately malnourished and those in good nutritional status also received 2 milk meals per day in addition to the solid foods.

This work showed that improvement of nutritional management reduced mortality of severely malnourished children from 31.1% (P1) to 8.8% (P4). Mortality was significantly reduced when HEM was introduced (P3) and when F75 and F100 were used (P4). A significant decrease of the mortality of moderately malnourished children was observed during the third period and of children in good nutritional status during the fourth period. In children hospitalised for diarrhoea or bacteraemia, mortality decreased only for those severely malnourished.

This work showed the determinant role of diets elaborated by nutritionists in the lowering of hospital mortality in this rural hospital of central Africa.

Key words: Malnutrition - Nutritionist – Hospital – Democratic Republic of Congo.

Amélioration du traitement nutritionnel d'enfants sévèrement malnutris à l'hôpital pédiatrique de Lwiro en RDC: rôle des nutritionnistes

Bahwere[1,2,4] Jean-Lambert P, Wakilongo[1] Wakenge, Fazili1,[4] Sekele [J], Dramaix[3,4] Michèle, Hennart[2,4] Philippe, Donnen[2,4*] Philippe OT

1 Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN), République Démocratique du Congo
2 Ecole de Santé Publique (Université Libre de Bruxelles), Département d'Epidémiologie et de Médecine Préventive, 808 route de Lennik, 1070, Bruxelles, Belgique
3 Ecole de Santé Publique (Université Libre de Bruxelles), Département de Statistiques, Belgique
4 CEMUBAC (Centre d'Etudes Scientifiques et Médicales de l'Université Libre de Bruxelles pour ses Activités de Coopération), Belgique
*Auteur correspondant: *pdonnen@ulb.ac.be*

L'OMS a récemment recommandé une prise en charge intégrée des maladies de l'enfant en soulignant l'importance de la composante nutritionnelle. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact de l'évolution de la prise en charge nutritionnelle sur la survie de 7545 enfants hospitalisés à l'Hôpital Pédiatrique de Lwiro, de janvier 1987 à décembre 1997.

Cet impact a été mesuré sur base de la mortalité hospitalière observée au cours de 4 périodes correspondant à des stratégies de prise en charge nutritionnelles différentes. La prise en charge de la malnutrition sévère au cours de la première période (P1; 1987 à 1990) visait un apport en protéines de 7g/kg/j et en énergie de 200 kcal/kg/j sur la base des aliments disponibles localement. Pour la deuxième période (P2; 1991 à mi 1994), le protocole était le même mais les apports en lipides et produits d'origine animale ont été augmentés. A partir de la troisième période (P3; mi 1994 à mi 1996), la réhabilitation nutritionnelle suivait les nouvelles recommandations de l'OMS. Elle se faisait désormais en 3 phases: Lait-Haute-Energie (LHE; un mélange de lait, d'huile et de sucre préparé localement) d'une densité énergétique de 90 kcal/100 ml sans fortification en vitamines et minéraux (Phase 1). En phase 2 (phase de récupération nutritionnelle) et en phase 3 (préparation du retour à domicile), les enfants recevaient 2 repas de LHE, le reste des besoins étant couverts par des repas comparables à ceux proposés au cours de la deuxième période. Au cours de la quatrième période (mi 1996 à fin 1997), le LHE a été remplacé par les laits F75 (phase 1) et F100 (phase 2), fortifiés en vitamines et minéraux. Les enfants en malnutrition modérée ou en bon état nutritionnel recevaient également deux repas de lait par jour en plus d'aliments solides.

Ce travail a montré que l'amélioration successive de la prise en charge nutritionnelle a ramené la mortalité des enfants admis en état de malnutrition sévère de 31,1% (P1) à 8,8% (P4). La mortalité a significativement baissé à l'introduction du LHE (P3) et à l'introduction des laits F75 et F100 (P4). Une baisse significative de la mortalité est survenue à la troisième période pour les malnutris modérés et à la quatrième période pour les enfants admis en bon état nutritionnel. Pour les enfants admis avec gastro-entérite ou bactériémie, la mortalité n'a diminué de manière significative que chez ceux qui étaient en malnutrition sévère.

Ce travail a montré le rôle déterminant des régimes alimentaires élaborés par les nutritionnistes dans la baisse de la mortalité intra-hospitalière dans cet hôpital rural d'Afrique centrale.

Mots-clés: malnutrition – nutritionniste – hôpital - République Démocratique du Congo

Some strategies for the improvement of hygienic conditions in the street food sector

Barro* Nicolas, Itsiembou Yolande, Bello Abdoul Razak, Ilboudo André J, Traoré Alfred S
CRSBAN/UFR-SVT, Ouagadougou university, 03 BP 7021, Burkina Faso
*Corresponding author: *nicolas_barro@univ-ouaga.bf*

Street foods as defined by FAO in 1988 has been identified and classified in Burkina Faso. These foods have a very great importance in daily food of urban populations. Furthermore, the informal sector of food also resolves the crucial problem of unemployment and poverty in our towns. However, the street foods are often characterized by lack of hygiene in their preparation process.

The operations of preparation, sale and conditions of sale environment have been evaluated with 1000 vendors, on the base of survey and observations made with investigation and observation forms.

The results of these studies have shown that, from the raw material and during the preparation chain till the sale, they are exposed to the contaminations at two levels: the first concerns the inobservance of food hygiene rules by the cookers, the vendors and the consumers. The second level concerns all the inanimate or animate vectors, which remain in contact with the foods during their economic life. Among the most important vectors there are cooking utensils and the flies, which are reservoirs of both safe and potentially pathogenic organisms. Insalubrity of sale and consumption environments also results in contamination.

Microbiological analysis from PCA method realised on 24 different high consumption street foods which were collected from different vendors categories have shown the presence of abundant mesophile aerobia microflora, composed with different germs belonging to the genus *Staphylococcus, Escherichia, Salmonella, Shigella* et *Streptococcus*. This presence of germs makes dangerous some foods for consumption, which make necessary to improve the microbiological quality.

Finally, a survey using semi-closed questionnaire has been carried out among 1200 consumers from health offices and municipalities on the problems related to street foods. This survey has shown that 85.2% of consumers are aware of the sanitary consequences of street foods. Then, from 22.1% consumers, which go to the health offices in case of digestion troubles, 72.5% said that they were contaminated by food out of their home. At last, all the municipal authorities have wished to carry out a reorganization of food informal sector.

Facing these results of street food, we carried out reflection with West Africa researchers on working out based strategies for education, training, awareness, analyses and quality controls, and a municipal politic for food spaces development. Those will allow to prevent and to reduce the problems due to this kind of food that one cannot do without them.

Key words: Street foods – Hygiene – Vendors/Consumers – Troubles of digestion – Improvement strategies

Quelques stratégies d'amélioration des conditions d'hygiène dans le secteur de l'alimentation de rue

Barro* Nicolas, Itsiembou Yolande, Bello Abdoul Razak, Ilboudo André J, Traoré Alfred S
CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *nicolas_barro@univ-ouaga.bf*

Les aliments de rue tels que définis par la FAO en 1988, ont été identifiés et classés au Burkina Faso. Ces aliments ont une très grande importance dans l'alimentation quotidienne des populations citadines. En outre, le secteur informel de l'alimentation résout également le problème crucial de chômage et de pauvreté dans nos villes. Cependant, les aliments de rue se caractérisent le plus souvent par une absence d'hygiène dans leur processus de préparation.

Les opérations de préparation, de vente et l'état de l'environnement de vente ont été évalués auprès de 1 000 vendeurs, sur la base d'enquête et d'observations faites à partir de fiches d'enquêtes et d'observation.

Les résultats de ces études ont montré que, de la matière première et tout au long de la chaîne de préparation jusqu'à la vente, les aliments de rue sont exposés à des contaminations se situant à deux niveaux: Le premier niveau concerne la non-observation des règles élémentaires d'hygiène par les préparateurs des aliments, les vendeurs et les consommateurs. Le second niveau concerne tous les vecteurs inanimés et animés qui restent en contact avec les aliments durant leur vie économique. Parmi ces vecteurs, les plus importants sont les ustensiles de cuisine et les mouches, réservoirs de microorganismes tant banaux que potentiellement pathogènes. Les contaminations sont également dues à l'insalubrité de l'environnement de vente et de consommation.

Par ailleurs, les analyses microbiologiques réalisées selon la méthode PCA sur 24 différents aliments de rue de grande consommation, collectés auprès des différentes catégories de vendeurs, ont montré la présence d'une flore aérobie mésophile abondante, composée de différents germes appartenant aux genres *Staphylococcus, Escherichia, Salmonella, Shigella* et *Streptococcus*. La présence de ces germes rend certains aliments dangereux pour la consommation et rend nécessaire l'amélioration de leur qualité microbiologique.

Enfin, un sondage, par questionnaire semi-fermé a été effectué auprès de 1200 consommateurs, des services de santé et des municipalités sur les problèmes engendrés par l'alimentation de rue. Cette étude a montré que 85,2% des consommateurs n'ignorent pas ces conséquences sanitaires de l'alimentation de rue. De plus, parmi les 22,1% de consommateurs se présentant dans les services de santé avec des troubles digestifs, 72,5% ont affirmé avoir contracté le mal par l'alimentation hors domicile. Enfin toutes les autorités municipales ont souhaité mener une réorganisation du secteur informel de l'alimentation.

Face à ce bilan de l'alimentation de rue, nous avons mené des réflexions avec des chercheurs de l'Afrique de l'Ouest sur l'élaboration des stratégies basées sur l'éducation, la formation, la sensibilisation, les analyses et les contrôles de qualité, et une politique municipale d'aménagement d'espace alimentaire. Celles-ci permettront de prévenir et de réduire les problèmes engendrés par cette forme d'alimentation dont on ne peut pas se passer.

Mots-clés: Aliments de rue – Hygiène – Vendeurs/Consommateurs – Troubles digestifs – Stratégies d'amélioration

Dietary intake and anaemia prevalence in women of childbearing age (17-40 years) in central Burkina

Bengaly[1]* Marcel D, Van Raaij[2] Joop MA, Traore[1] Alfred S, Kok[2] Frans.

1 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouaga 03, Burkina Faso.

2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University, PO Box 8129 6700EV, Wageningen, The Netherlands.

*Corresponding author: *marcel.bengaly@univ-ouaga.bf*

In developing countries like Burkina Faso, diets are based on cereals and legumes, which are recognized to be poor source of bioavailable iron, because non-heme iron absorption is affected by inhibitors like phytates and polyphenols. Millet and sorghum being staple cereals in central Burkina, iron status may be compromised and anaemia prevalence high among groups at risk like women of fertile age. As baseline data for sound intervention, this study estimated the contribution of millet and sorghum to the daily dietary intake, the prevalence of anaemia and searched for an association between the dietary intake of iron and the iron status of rural women aged 17 to 40 years in central Burkina.

A cross-sectional study was performed between November 2001 and April 2002 in Kokologho (50 km from Ouagadougou). Based on a census of women aged 17 to 40 years, 69 subjects were selected and participated in the study (19 non-pregnant non-lactating, 25 lactating and 25 pregnant women). A rapid assessment survey was performed, from which a 24-hour recall questionnaire were built to estimate dietary intake. Nutritional status was estimated by anthropometry (weight, height and mid-upper arm circumference). Hemoglobin (Hb) concentration was measured in venous blood, and malaria infection established by parasitic count.

Dietary intake was mainly based on millet and sorghum, commonly used to prepare acid tô, which is served with vegetables sauces. Meat consumption was scarce. Millet and sorghum contributed for 34 - 59 % to the energy intake and 54 - 84% to the iron intake. Millet contribution to the dietary intake was higher than of sorghum's contribution. Statistically significant differences were observed between non-pregnant non-lactating and lactating women and between lactating and pregnant women for the average contribution of millet to the carbohydrate intake [$F = 30.3$, $P = 0.02$ and $F = 25.0$, $P = 0.05$, respectively].

Daily dietary intakes of energy, protein, fat, carbohydrates and iron as derived from the 24-hour recall were above or equal to the WHO recommended dietary allowances. None of the non-pregnant non-lactating and lactating women had severe malnutrition (BMI-class < 17.0 kg/m^2) and only 26.3 % of the non pregnant non lactating women and 8.0 % of the lactating women had mild malnutrition (BMI-class < 18.5 kg/m^2).

Anaemia prevalence (Hb < 110 g/L) was 5.3 %, 12.0 % and 48 % respectively among non pregnant non lactating, lactating and pregnant women. There was no association found between iron intake and Hb concentration, even when corrected for malaria parasite count and iron supplement use. No difference between anemic and non-anemic women in dietary intake was found.

Daily dietary intakes of women of childbearing age in Kokologho were adequate and malnutrition prevalence low at the post harvest period. Millet and sorghum provided were staple foods and anaemia was lower than expected. The addition of acidic extract in the main meal (tô) may contribute to enhance non-heme iron absorption.

Key words: Iron – Millet – Sorghum – Bioavailability – Women

Ingéré alimentaire et prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer (17-40 ans) au centre du Burkina

Bengaly[1*] Marcel D, Van Raaij[2] Joop MA, Traore[1] Alfred S, Kok[2] Frans.

1 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouaga 03, Burkina Faso.

2 Division of Human Nutrition and Epidemiology, Wageningen University PO Box 8129 6700EV Wageningen, Pays-Bas.

*Auteur correspondant: *marcel.bengaly@univ-ouaga.bf*

Dans les pays en développement comme le Burkina Faso, les régimes sont à base de céréales et de légumes, reconnus pour être pauvres en fer biodisponible, parce que l'absorption du fer non-héminique est réduite par des inhibiteurs comme les phytates et les polyphenols. Le mil et le sorgho étant les céréales de base au Centre du Burkina, le statut en fer peut être altéré et la prévalence de l'anémie élevée chez les groupes à risque comme les femmes en âge de procréer. En vue de fournir des données avant une intervention, cette étude a évalué la contribution du mil et du sorgho aux rations alimentaires quotidiennes et la prévalence de l'anémie et a recherché une relation entre les ingérés et le statut en fer chez des femmes âgées de 17 à 40 ans vivant en zones rurales au Centre du Burkina.

Une étude transversale a été effectuée entre novembre 2001 et avril 2002 à Kokologho (à 50 km de Ouagadougou). A partir d'un recensement des femmes âgées de 17 à 40 ans, 69 sujets ont été choisis et ont participé à l'étude (19 femmes non enceintes et non allaitantes (NENA); 25 allaitantes et 25 enceintes) Une enquête d'évaluation rapide a été effectuée, à partir de laquelle un questionnaire de rappel de 24 heures a été construit pour évaluer les ingérés. La situation nutritionnelle a été estimée par des mesures anthropométriques (poids, taille, périmètre brachial). La concentration en hémoglobine a été mesurée dans le sang veineux et le niveau d'infection par la malaria établi par dénombrement des parasites.

La ration alimentaire était principalement composée de mil et de sorgho, généralement utilisés pour préparer du tô acide qui est servi avec des sauces de légumes. La consommation de viande était rare. Le mil et le sorgho contribuaient pour 34-59% aux ingérés énergétiques et pour 54 – 84% aux ingérés en fer. La contribution du mil à la ration alimentaire était plus élevée que celle du sorgho. Des différences statistiquement significatives ont été observées entre les NENA et les femmes allaitantes et entre les femmes allaitantes et les femmes enceintes en ce qui concerne la contribution moyenne du mil aux ingérés glucidiques [respectivement, $F = 30,3$; $p = 0,02$ et $F = 25,0$; $p = 0,05$].

Les ingérés journaliers en énergie, protéines, lipides, glucides et fer, tels qu'ils ont été estimés par le rappel de 24-heures, étaient supérieurs ou égaux aux apports recommandés par l'OMS. Aucune des femmes NENA n'était atteinte de malnutrition sévère (IMC < 17,0 kg/m^2) et seulement 26,3% des femmes NENA et 8,0 % des femmes allaitantes étaient en état de malnutrition modérée (IMC < 18,5 kg/m^2).

La prévalence de l'anémie (Hb < 110 g/L) était, respectivement, de 5,3%, 12,0% et 48,0% parmi les femmes NENA, les femmes allaitantes et les femmes enceintes. Il n'a pas été trouvé de relation entre les ingérés en fer et la concentration en hémoglobine, même après ajustement sur le nombre de parasites dus à la malaria et sur la supplémentation en fer. On n'a pas trouvé de différence au niveau des ingérés en fer entre femmes anémiées et non anémiées.

Les ingérés alimentaires journaliers des femmes en âge de procréer à Kokologho se sont révélés suffisants et la prévalence de la malnutrition faible après la période de récolte. Bien que le mil et le sorgho aient été les aliments de base, l'anémie était plus basse que prévue. L'ajout d'extrait acide dans les plats principaux (tô) peut contribuer à améliorer l'absorption du fer non-héminique.

Mots-clés: Fer – Mil – Sorgho – Biodisponibilité – Femmes

Weaning practices in rural and urban Côte d'Ivoire and its implication for iron bioavailability

Camara[1,2] Fatoumata, Staubli[2,3] Franziska, Gnakri[1,2] Dago, Hurrell[2,3] Richard

1 UFR Sciences et Technologies des Aliments, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte-d'Ivoire

2 Centre Suisse de Recherches Scientifiques, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte-d'Ivoire

3 Laboratoire de Nutrition Humaine, Institut Fédéral de Technologie, PO Box 474, 8803 Rüschlikon, Suisse

*Corresponding author: *fatoumata.camara@csrs.ci*

Anaemia due to iron deficiency during infancy can cause irreversible damage to brain and body. The introduction of a varied diet during the first two years of life appears to play a central role in the iron supply. The present study aimed to describe weaning foods and quantify iron intake and dietary factors that modulate its absorption for weanlings in an anaemic population in a Sub-Saharan setting.

In this context, a food intake survey was made with infants (N=429) aged 4 to 24 months in socio-economically poor zones of Côte d'Ivoire, namely in two rural areas (Bouaké and Boundiali) and an urban area (Abidjan). All infants were breast-fed but received complementary foods at the time of the survey. A 3-days weighed record was done for 63 infants, and all consumed food items were analysed for iron, ascorbic acid, energy, polyphenol and phytic acid.

According to anthropometric indicators, malnutrition increased steadily with age, parallel with decreasing breast-milk intake. Weaning was achieved with the normal family meal.

The iron intake ranging from less than 1 mg/d to 5.3 mg/d and the energy intake of 400 to 800 kcal/day were well below WHO recommendations (7-10 mg/day and 682-1350 kcal/day respectively) for all age groups and areas. Ascorbic acid intake (8 – 23mg/d) was also below standards, and phytic acid intake (27-222mg/d) was particularly high in cereal based diets in the North. Polyphenol uptake (16-80mg/d) was considerable. Using established estimation algorithms for iron bioavailability, absorption should have been 6-7% in the studied infants. The cereal based diets provided more food and more iron than tuber crop based diets.

The nutritional deficiency of iron observed in the studied population is severe, owing partly to the fact that no special weaning food was prepared. It appears highly probable that anaemia is widespread already among the studied weanlings. Sensitization programs should be launched and simple, inexpensive weaning foods developed, which respects the particular necessities of infants.

Key words: Iron - Ascorbic acid – Energy - Phytic acid - Polyphenol

Les pratiques de sevrage en zones rurale et urbaine de Côte d'Ivoire et leurs implications sur la biodisponibilité du fer dans les aliments

Camara[1,2] Fatoumata, Staubli[2,3] Franziska, Gnakri[1,2] Dago, Hurrell[2,3] Richard

1 UFR Sciences et Technologies des Aliments, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte-d'Ivoire.

2 Centre Suisse de Recherches Scientifiques, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte-d'Ivoire.

3 Laboratoire de Nutrition Humaine, Institut Fédéral de Technologie, PO Box 474, 8803 Rüschlikon, Suisse.

*Auteur correspondant: *fatoumata.camara@csrs.ci*

L'anémie ferriprive durant la petite enfance peut provoquer des dégâts irréversibles au niveau du cerveau et de l'organisme. L'introduction d'aliment de complément durant les deux premières années semble jouer un rôle capital dans l'approvisionnement en fer. La présente étude a eu pour but de décrire les aliments de complément et de quantifier la consommation de fer et les concentrations des facteurs agissant sur son absorption en période de sevrage dans une zone Sub-saharienne anémique.

C'est dans ce contexte, qu'une enquête de consommation alimentaire a été réalisée chez les enfants (N=429) âgés de 4 à 24 mois parmi les populations socio-économiquement faibles de Côte d'Ivoire, notamment en zones rurales (Bouaké et Boundiali) et urbaine (Abidjan). Lors de l'enquête, tous les enfants tétaient et recevaient l'aliment de complément. Le lait et les aliments consommés par les enfants (N=63) pendant trois jours successifs ont été mesurés puis analysés pour connaître leurs contenus en fer, en vitamine C, en énergie, en polyphénols et en acide phytique.

Selon les mesures anthropométriques, la prévalence de la malnutrition augmentait avec l'âge (18-24 mois) et parallèlement la quantité de lait maternel consommée diminuait. Dans tous les cas, le sevrage se faisait avec le plat familial.

Les consommations de fer (1 à 5,3 mg/jour) et d'énergie (400 à 800 kcal/jour) étaient inférieures à celles recommandées respectivement (7-10 mg/jour) et (682-1350 kcal/jour) pour toutes les classes d'âges établies dans ces localités. La vitamine C (8 à 23 mg/jour) existait en petite quantité dans les aliments consommés par les enfants. Par contre la consommation de polyphénols (16-80 mg/jour) était considérable et l'acide phytique (27-222 mg/jour) était particulièrement élevé dans les aliments à base de céréale au Nord (Boundiali) par rapport au seuil (10 mg/repas/jour). En utilisant l'estimation logarithmique de la biodisponibilité du fer, l'absorption du fer contenue dans ces aliments était autour de 6-7% dans la population d'étude. Les aliments à base de céréale ont procuré aux enfants plus de fer que les aliments à base de tubercules.

La carence en fer observée dans la population d'étude est sévère et cela est dû en partie au fait qu'il n'existe pas d'aliment de sevrage type pour ces enfants, il est donc fortement probable que la population d'étude soit anémiée. Pour corriger cette anémie, une farine de complément à la portée de tous et respectant les besoins nutritionnels de ces enfants a été élaborée et pour une meilleure adoption, un programme de sensibilisation des mères est nécessaire.

Mots-clés: Fer - vitamine C – énergie - acide phytique - polyphénols

The use of *Mangifera indica* seeds for butter extraction

Coulibaly* Mouctar, Siguipily Ambadjo

Laboratory of Plant Biotechnology and In-vitro Culture, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Katibougou, Mali

*Corresponding author: *mocaly@caramail.com* or *mcouliba@tulane.edu*

In Mali, near forty thousand tons of mangoes are produced every year. Only ten percent of this production is used by the population. The rest is lost because of the perishability of the mangoes. The auxiliary and waste products of the mango are 60% of the total crude mass. These products, the skins and the seeds are usually degrading on processing sites and becoming potential sources of contamination. The lack of new adapted technologies for diversified mango processing remains the main constraint in the minimizing of such important economical losses and in the creation of new profitable sources for the development of mango network. This study has been carried out for the processing procedures to be established for further added values from mangoes and their waste in Malian rural areas.

Seeds of three varieties of mango have been collected for butter extraction: the first one, the "Amélie", has big fruit and small seed; the seconds, the Indian, "mangue verte" and "the Indo-Chinese", have relatively small fruits and big seeds. Two types of mango seeds samples have been used for butter extraction: the first one, from depulped ripened fruits and the second, collected in the plantations. The seeds were removed from mango, then dried, ground and weighed before butter extraction. Butter samples have been extracted from the powdered seed, using hexane extraction and "Rotavapor type Buchi" purification in laboratory conditions and drying, roasting, crushing, boiling and churning of almond paste in traditional local conditions. Each sample has been characterized according to the seed contain and butter yield, and the moisture content of the seed before extraction. A reference procedure has been developed to highlight the profitability of mango seed for producers.

The seed yield of "Indo-Chinese" and "Indian" varieties" are the highest, respectively 40 and 38% of the seed weight. The butter output of the "Indian" variety is relatively better, 9.2%, than the others, 4.6% for the "Indo-Chinese" and 3.02% for the "Amélie" varieties. The moisture content of the varieties before the extraction was respectively 0.31, 0.15 and 0.50% for the "Indian", the "Indo-Chinese" and the "Amélie" varieties. The butter yield in traditional extraction conditions is very low. The butter output in hexane extraction is higher than in the traditional local one. The yield of fat matter of Indian variety is higher than others. To improve this yield, seeds have to be efficiently dried and roasted before butter extraction. The food and economic values of samples have to be especially determined in relationship with fatty acid contents. Previously (Deddy, 1987), mango butter has been shown to have higher linoleic and linolenic acid rates than coco butter. Consequently, mango butter can be a good substitute for coco butter in chocolate. So, there is no doubt about the nutrient and economic values of mango butter. The extraction procedure of butter samples has to be improved for the benefit of producers since the obtaining of butter from mango seed is a potential way to convert this waste to value.

Key words: *Mangifera indica* – Seed – Butter – Extraction

L'utilisation des graines de *Mangifera indica* pour l'extraction du beurre

Coulibaly* Mouctar, Siguipily Ambadjo

Laboratoire de biotechnologie des plantes et de culture in vitro, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Katibougou, Mali.

*Auteur correspondant: *mocaly@caramail.com* ou *mcouliba@tulane.edu*

Au Mali, près de 40.000 tonnes de mangues sont produites chaque année. Seulement 10% de cette production est utilisée par la population. Le reste se perd en raison du caractère périssable des mangues. Les produits auxiliaires et les déchets des mangues représentent 60% du total de la masse brute. Ces produits, les peux et les graines, se dégradent généralement sur les sites de transformation et deviennent des sources potentielles de contamination. L'inexistence de technologie nouvelle adaptée pour la transformation diversifiée de la mangue reste la contrainte principale pour réduire de si importantes pertes économiques et créer de nouvelles ressources profitables au développement de la filière mangue. Cette étude a été menée pour élaborer des modes de transformation permettant d'apporter de la valeur ajoutée aux mangues et à leurs déchets dans les zones rurales maliennes.

Les graines de trois variétés de mangues ont été collectées pour l'extraction du beurre. La première, "Amélie", possède un gros fruit et une petite graine. Les autres, l'indienne, "mangue verte" et l'"indochinoise" ont, par comparaison, de petits fruits et de grosses graines. Deux types d'échantillons de graines de mangues ont été utilisés pour l'extraction du beurre : le premier a été obtenu de fruits mûrs après avoir retiré la chair, le second a été collecté dans les plantations. Les graines ont été séparées de la mangue, puis séchées, réduites en poudre et pesées avant l'extraction du beurre. Des échantillons de beurre ont été obtenus de la poudre de graine, d'une part, par l'extraction à l'hexane et passage dans un « Rotavapor » de type Buchi" dans les conditions de laboratoire et, d'autre part, par séchage, grillage, broyage, cuisson dans l'eau bouillante et barattage de la pâte dans les conditions traditionnelles locales. Chaque échantillon a été caractérisé au niveau du contenu de la graine, du rendement en beurre ainsi que du taux d'humidité de la graine avant l'extraction. Une procédure de référence a été développée pour souligner le caractère profitable de la graine de mangues pour les producteurs.

Les rendements en graine obtenus avec les variétés "indochinoise" et "indienne" se sont révélés les plus élevés (respectivement, 40 et 38%). Le rendement en beurre de la variété "Indienne" est relativement meilleure (9,2%) que ceux de l'"indochinoise" (4,6%) et de "Amélie" (3,0). Les taux d'humidité des variétés avant l'extraction étaient respectivement de 0,31, 0,15 et 0,50% pour les variétés "Indienne", "indochinoise" et "amélie". Les rendements en beurre dans les conditions traditionnelles d'extraction sont très faibles. Ceux obtenus par l'extraction à l'hexane sont supérieurs à ceux obtenus de manière traditionnelle. Le rendement en matières grasses à partir de la variété "Indienne" est supérieure à ceux obtenus à partir des deux autres variétés. Pour améliorer ce rendement, les graines doivent être séchées efficacement et grillées avant l'extraction du beurre. La valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des échantillons doivent être déterminés en tenant compte de leur composition en en acide gras. Des travaux antérieurs (Deddy, 1987) ont démontré que les teneurs en acides linoléique et linolénique du beurre de mangue sont supérieurs à celles du beurre de noix de coco. Par conséquent, le beurre de mangue peut être une bon substitut au beurre de noix de coco dans le chocolat. Ainsi, les valeurs nutritionnelle et économique du beurre de mangue ne font pas de doute. Le procédé d'extraction des échantillons de beurre doit être amélioré au bénéfice des producteurs dans la mesure où l'obtention de beurre à partir de la graine de mangue est une voie prometteuse pour valoriser ce déchet.

Mots-clés: *Mangifera indica* – Graine – Beurre – Extraction

Prospective study of small ruminants milk availability and consumption in Cinzana township (Segou area, Mali)

Diarra[1*] Mohamed, Waelti[2] Pascale, Koné[3] Issa, Sidibé[1] Salimata, Sanogo[4] Ousmane, Sidibé[5] Marie C, Coulibaly[6] Dounanké

1 IER/CRRA, Laboratoire de Technologie Alimentaire Sotuba, BP 262, Bamako, Mali
2 Haute Ecole Suisse d'Agronomie, Winterthurstrasse 402, CH- 8051 Zürich, Suisse
3 IER/CRRA, ESPGRN Cinzana, BP 23, Niono, Ségou, Mali
4 IER/ Direction Bamako, BP 258, Bamako, Mali
5 IER/CRRA, ESPGRN Sotuba, BP 262, Bamako, Mali
6 IER/CRRA, ESPGRN Niono, BP 21, Ségou, Mali
*Corresponding author: *diarra.mohamed@ier.ml*

Demographic and health surveys of Mali (1987 and 1996) show that infant malnutrition rate reaches 25.2%. Ségou area had a malnutrition rate of 27.4%, higher than the national average. To remedy infant malnutrition problems, the Food Technology Laboratory (FTL) of Sotuba developed a complementary flour that enables obtaining porridges with more than 70 kcal/ 100 ml. Although these results are satisfactory, the FTL looks at the enrichment of its current flour in energy and vitamin A by addition of small ruminant milk. The present prospective study has been initiated ahead of the improving research on the FTL flour. The general objective of the current study is to contribute to the improvement of infant nutrition in Mali, particularly in Cinzana town-ship. The specific objectives are *(i)* to evaluate management of goat and sheep herds, *(ii)* to evaluate small ruminant milk availability and *(iii)* to analyze food milk consumption habits of Cinzana population.

The current research investigated herds of she goats and ewes in 5 villages of Cinzana and utilized three types of questionnaires: questionnaire on herd management; questionnaire on milk availability; and questionnaire on milk consumption habits of the population. To confirm prospective results on the herd lactation performance, a lactation survey program has been set up and followed up for 6 months. The survey included 90 she-goats selected from 3 villages among the 5 investigated. The she-goats were treated against worms, vaccinated against pasteurellosis, pneumonia and nodular dermatitis. Results have shown that lactation performance of she-goat and ewes is low (less than 0.5 l/d/female). Goat milk is the most available and the most consumed by the population, particularly by children. Fermented milk is the most consumed type of milk as well as butter and ghee. Milk is consumed as a liquid in 50% of the households or mixed to foods such as porridges, couscous and dégué in 100% of the households.

Feeding and health of she-goats and ewes constitute the major constraints affecting seriously their lactation performance. To alleviate these constraints, information and a training of goat and sheep owners are necessary on good management practices of herd and available natural resources.

Key words: Small ruminants – Milk – Infants malnutrition

Etude exploratoire de la disponibilité et de la consommation de lait de petits ruminants dans la commune rurale de Cinzana (Région de Ségou, Mali)

Diarra[1*] Mohamed, Waelti[2] Pascale, Koné[3] Issa, Sidibé[1] Salimata, Sanogo[4] Ousmane, Sidibé[5] Marie C, Coulibaly[6] Dounanké

1 IER/CRRA, Laboratoire de Technologie Alimentaire Sotuba, BP 262, Bamako, Mali
2 Haute Ecole Suisse d'Agronomie, Winterthurstrasse 402, CH- 8051 Zürich, Suisse
3 IER/CRRA, ESPGRN Cinzana, BP 23, Niono, Ségou, Mali
4 IER/ Direction Bamako, BP 258, Bamako, Mali
5 IER/CRRA, ESPGRN Sotuba, BP 262, Bamako, Mali
6 IER/CRRA, ESPGRN Niono, BP 21, Ségou, Mali
*Auteur correspondant: diarra.mohamed@ier.ml

Les enquêtes démographiques et de santé du Mali (1987 et 1996) ont prouvé que le taux de malnutrition infantile atteint 25,2%. La région de Ségou présentait un taux de malnutrition de 27,4%, supérieure à la moyenne nationale. Pour remédier aux problèmes de malnutrition infantile, le Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA) de Sotuba a développé une farine de complément permettant d'obtenir des bouillies de densité énergétique ≥ 70 kcal /100 ml. Malgré ces résultats très satisfaisants, le LTA envisage l'enrichissement en énergie et vitamine A de sa farine avec le lait de petits ruminants. C'est en amont de cette recherche d'amélioration de la farine du LTA que la présente étude de prospection a été menée. L'objectif général de l'étude est de contribuer à l'amélioration de la nutrition des enfants au Mali et particulièrement dans la commune rurale de Cinzana. Les objectifs spécifiques sont, d'une part, l'évaluation de la gestion du troupeau et du disponible laitier et, d'autre part, d'analyser les habitudes alimentaires de consommation de lait par la population.

La présente recherche a inventorié les élevages caprins et ovins dans 5 villages de la commune de Cinzana et a utilisé trois types de questionnaire: *(i)* le questionnaire sur la gestion du troupeau; *(ii)* le questionnaire sur le disponible laitier et *(iii)* le questionnaire sur les habitudes de consommation de lait des populations. Pour confirmer les résultats de l'enquête exploratoire sur la performance laitière des chèvres, un contrôle laitier a été effectué pendant 6 mois sur 90 chèvres sélectionnées dans 3 des 5 villages de l'étude. Ces chèvres ont été déparasitées et vaccinées contre la pasteurellose, la péri pneumonie et la dermatose nodulaire.

L'analyse des résultats a révélé que la performance laitière des chèvres et brebis est faible (moins de 0,5 litres/jour/femelle). Le lait de chèvre est le lait le plus disponible et le plus consommé par la population, particulièrement par les enfants. Le lait caillé est le type de lait le plus consommé parmi le beurre et le ghee. Le lait est consommé seul dans 50% des ménages ou mélangé à des aliments comme les bouillies, le couscous et le dégué dans 100% des ménages.

L'alimentation et la santé des caprins et ovins constituent des contraintes majeures qui affectent sérieusement leurs performances laitières. Pour lever ces contraintes, une sensibilisation et une formation des éleveurs à la bonne gestion du troupeau et des ressources naturelles disponibles sont nécessaires.

Mots-clés: Petits ruminants – Lait – Malnutrition infantile

Effect of palm oil supplementation on vitamins A & E deficient subjects

Gouado[1*] Inocent, Mbiapo[2] Félicité T

1Department of Biochemistry, Faculty of Science, University of Douala, PO Box 24157 Douala, Cameroon.
2Department of Biochemistry, Faculty of Science, University of Dschang, PO Box 96 Dschang, Cameroon
*Corresponding author: *gouadoi@yahoo.fr*

Vitamin A deficiency is still a major health problem mostly affecting people in developing countries. It contributes to increased mortality and morbidity through current infection. In Cameroon, it is a public health problem, mostly in the northern part where palm oil, which is a principal source of provitamin A in the south of the country, is not consumed. To contribute in the fight against this plague, we carried out a supplementation of the diet with palm oil in Larao village of the North, where our previous studies revealed a prevalence of vitamin A deficiency of 33.3%.

We carried out this study on 33 volunteer subjects, 6 to 57 years old with a mean of 20.39 ± 2.57 years (17 males and 16 females) from 4 families in Larao village (North of Cameroon). Every family (8 subjects) received 5 liters of palm oil, for 15 days of consumption. The palm oil was the only new element in the diet of these subjects. This oil was used every day for the preparation of soup necessary for the consumption of cereals such as: maize, sorghum, and millet. The determination of vitamin A and E in serum was done before and after 15 days of diet supplementation with palm oil, using fluorometric method.

The results showed that with supplementation, there was significant decrease in the percentage of deficiency of these vitamins (serum vitamin A level lower than 20 µg%, serum vitamin E level lower than 500 µg%) among the subjects (from 96.9% to 69.7% and from 63.6 to 3.0%, respectively for vitamin A and E). Before the supplementation, the mean serum vitamin A level was 16.1±0.7 µg/100 ml (ranging from 12.4 to 37.3 µg/100 ml) and vitamin E, 501.7±14.2 µg/100 ml (ranging from 405.9 to 774.3 µg/100 ml). At the end of the supplementation period, we obtained the following values: mean serum vitamin A level 20.2± 1.0 µg/100 ml (ranging from 12.4 to 43.9 µg/100 ml) and vitamin E, 629.8±29.3 µg/100 ml (ranging from 477.3 to 1201.2 µg/100 ml).

This study revealed that palm oil, which is generally absent in the nutritional habit of this population, has contributed to increase vitamin A and E status. It was well accepted and appreciated. So it could help solving the problem of vitamin A deficiency in this area.

Key words: Deficiency – Vitamin A – Supplementation – Palm oil.

Effet de la supplémentation en huile de palme sur les sujets déficients en vitamine A & E

Gouado[1]* Inocent, Mbiapo[2] Félicité T

1 Département de Biochimie, Faculté de Sciences, Université de Douala. BP 24157 Douala, Cameroun
2 Département de Biochimie, Faculté de Sciences, Université de Dschang, BP 96 Dschang, Cameroun
*Auteur correspondant: *gouadoi@yahoo.fr*

La carence vitaminique A est un désordre nutritionnel qui affecte les individus surtout dans les pays en développement. Elle contribue à une augmentation de la mortalité et de la morbidité à travers l'exposition aux infections. Au Cameroun, elle constitue un problème de santé publique sur l'ensemble du territoire, mais ce phénomène est surtout sévère dans la partie nord, où l'huile de palme, qui dans le sud constitue l'une des principales sources de provitamine A, n'est pas consommée. Pour contribuer à la lutte contre cette carence vitaminique A, nous avons effectué un essai de supplémentation de l'alimentation en huile de palme dans le village de Larao où nos études antérieures ont décelé une carence vitaminique A à un taux de prévalence de 33,3%.

Ce travail a été effectué sur un échantillon de 33 sujets volontaires (17 hommes et 16 femmes) sains issus de quatre familles du village Larao. L'âge des sujets variait de 6 à 57 ans avec une moyenne de 20,4±2,6 ans. Chaque famille (8 sujets environ) a reçu cinq litres d'huile de palme pour quinze jour de consommation. Cette huile était le seul élément nouveau de la ration alimentaire de ces sujets. Elle était utilisée chaque jour pour la préparation des sauces nécessaires à la consommation des céréales (maïs, sorgho, millet). Les dosages sériques des vitamines A et E ont été effectués avant et après 15 jours de supplémentation de l'alimentation en huile de palme, après extraction à l'hexane par fluorimétrie.

Les résultats obtenus permettent de noter une baisse significative du taux de prévalence du déficit vitaminique A et E qui passe de 96,9 % à 69,7% (taux sérique de vitamine A inférieur à 20 µg/100 ml) et de 63,6 à 3,0% (taux sérique de vitamine E inférieur à 500 µg/100 ml) respectivement. Avant la supplémentation, les taux sériques de rétinol variaient de 12,4 à 37,3 µg/100 ml pour une moyenne de 16,1± 0,7µg/100 ml. A la fin de la supplémentation, ils passent de 12,7 à 43,9 µg/100 ml pour une moyenne de 20,2±1,0 µg/100 ml. Les taux sériques de vitamine E épousent la même évolution: une variation de 405,9 à 774,3 µg/100 ml et une moyenne de 501,7±14,2 µg/100 ml avant la supplémentation contre 477,3 à 1201,2 µg/100 ml et une moyenne de 629,8±29,3 µg/100 ml à la fin de la supplémentation.

Cette huile généralement absente des habitudes alimentaires de cette population a été bien acceptée et appréciée par ces dernières. Progressivement introduite dans leurs habitudes, elle permettra de résoudre le problème de carence vitaminique A.

Mots-clés: Carence – Vitamine A – Supplémentation – Huile de palme

Are street foods safe? A critical analysis of hygienic and sanitary practices of street food vendors in Nairobi

Kilungu Onesmus M

Department of Foods, Nutrition and Dietetics, Kenyatta University, P.O. BOX 43844, Nairobi, Kenya.

Corresponding author: *Onesmusmuinde@yahoo.com*

The street food industry has an important role in the cities and towns of many developing countries in meeting the food demands of the urban dwellers. It feeds millions of people daily with a wide variety of foods that are relatively cheap and easily accessible. This food industry has provided a source of employment to many urban dweller especially those without formal education particularly women. Street food sector symbolizes the street life in Africa and it operates in an unstable and precarious state because the sector lacks legal recognition. Their tremendous unlimited and unregulated growth has placed a severe strain on city resources, such as water and sewage systems. There have been noticeable increases of food vendors in Nairobi, who sell both raw and cooked food items. Street food items are sold on the roadsides, close proximity to sewers and garbage. There are not regulated, they operate haphazardly without any monitoring of what they prepare and how they do it. There have been cases of food poisoning in major towns in Kenya, which has been associated with the street food.

A study to determine hygienic and sanitary practices of vendors of street foods in Nairobi was carried out using a descriptive survey design. A sample size of 80 street food vendors selling commonly consumed foods (i.e.; *mutura*, roasted maize, chips, *mandazi*, fruit salads, *githeri*, fish and sausages) was selected. The sample represented 20% of street food vendors in two estates namely Kayole and Dandora, in Nairobi because there are approximately 400 street food vendors selling the above mentioned foods. Data was collected using in-depth interview schedules and observation checklists.

Information received from the study shows that vendors lacked training on food preparation. About 62% obtained food preparation skills through observation while 33% were taught by their parents. The preparation surfaces used for the preparation of raw foods were not washed regularly. Cooked foods were stored at ambient temperature in cupboards; plastic bowls and others were just left in the open uncovered. Vendors washed utensils using water in buckets. They were rinsed once and the rinse water was recycled before replacement. Eighty-five percent of the vendors had garbage and waste dirty beside the food stalls. Personal hygiene was not also observed because the vendors never covered their heads, handled money and food at the same time and they did not wear an overcoat/aprons and handled food with bare hand. Street food vendors were not aware of hygienic and sanitary practice. This study recommends the establishment of street food centers by the city council, the training of street food vendors on hygiene, sanitation and the establishment of code of practice for the street food industry and the empowerment of Public Health Officers. The study also established that most of the consumers were not knowledgeable on safe food, hence there is need for consumer education by Public Health Officers and Consumer Organizations.

Key words: Street foods - hygiene - sanitation

Les aliments de rue sont-ils salubres ? Une analyse critique des pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi

Kilungu Onesmus M

Department of Foods, Nutrition and Dietetics, Kenyatta University, P.O. BOX 43844, Nairobi, Kenya.

Auteur correspondant: *Onesmusmuinde@yahoo.com*

Les activités relatives à l'alimentation de rue jouent un rôle important dans les villes et provinces de nombreux pays en développement en répondant à la demande en aliments des citadins. Elle nourrit quotidiennement des millions de personnes avec une large variété d'aliments relativement bon marché et facilement accessibles. Cette activité agroalimentaire fournit du travail à de nombreux citadins, en particulier à ceux qui sont sans instruction et aux femmes. Le secteur de l'alimentation de rue symbolise la vie de la rue en Afrique, mais son existence est instable et précaire par manque de reconnaissance légale. Sa croissance sans aucune limite et non-réglementée occasionne une forte tension sur les ressources de la ville telles que l'eau et les systèmes d'égout. Le nombre des vendeurs d'aliments de rue, qui proposent à la fois des produits crus et cuisinés, s'est accru de façon notable à Nairobi. Les produits alimentaires sont vendus au bord des routes, à proximité des égouts et des ordures. Leur activité n'est réglementée et ils opèrent n'importe comment sans aucun contrôle de ce qu'ils préparent ni de comment ils le font. Il y a eu des cas d'empoisonnement alimentaire attribués à l'alimentation de rue dans les principales villes du Kenya.

Une étude, consistant en une enquête descriptive, a été menée pour déterminer les pratiques hygiéniques et sanitaires des vendeurs d'aliments de rue à Nairobi. Un échantillon de 80 vendeurs d'aliments de rue proposant des aliments couramment consommés (*mutura*, maïs grillé, chips, *mandazi*, salades de fruit, *githeri*, poisson et saucisses) a été choisi. L'échantillon représente 20% des vendeurs d'aliments de rue de deux quartiers de Nairobi nommés Kayole et Dandora dans la mesure où on y trouve environ 400 vendeurs commercialisant les aliments mentionnés ci-dessus. Les données ont été collectées à partir d'entretiens approfondis programmés et d'observations ciblées.

Il ressort de cette étude que les vendeurs manquent de formation sur la préparation des aliments. Environ 62% tirent leur savoir-faire pour la préparation d'aliments de l'observation tandis que 33% ont appris auprès de leurs parents. Les surfaces de travail utilisées pour la préparation des aliments crus ne sont pas lavées régulièrement. Les aliments cuits sont stockés à température ambiante dans des placards; les bols en plastique et autres récipients sont laissés à l'extérieur et non couverts. Les vendeurs lavent les ustensiles à l'eau dans des seaux. Ils sont rincés une seule fois et l'eau de rinçage est recyclée avant remplacement. 85% des vendeurs gardent des ordures et des déchets sales à côtés des stands de nourriture. L'hygiène personnelle n'est pas non plus observée car les vendeurs ne couvrent jamais leur tête, manipulent simultanément l'argent et la nourriture, ne portent pas de blouses/tabliers et prennent la nourriture à mains nues. Les vendeurs d'aliments de rue ne sont pas informés des pratiques hygiéniques et sanitaires. Cette étude recommande l'établissement de centres d'aliments de rue par le conseil municipal, la formation des vendeurs d'aliments de rue à l'hygiène et l'assainissement, l'établissement d'un code de bonnes pratiques pour les activités d'alimentation de rue et la responsabilisation des agents de santé publique. L'étude a également mis en évidence que la majorité des consommateurs ne sont pas bien informés sur la salubrité des aliments, ce qui témoigne de la nécessité, pour les agents de santé publique et les organisations de consommateurs, de les éduquer.

Mots-clés: aliments de rue – hygiène - assainissement

The demands of *chikwangue* consumers in Brazzaville

Massamba[1*] Joachim, Adoua-Oyila[1] Guy M, Trèche[2] Serge

1.Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Université Marien NGouabi, Faculté des Sciences BP 69, Brazzaville, Congo

2. UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34 394 Montpellier cedex 5, France

*Corresponding author: *jmassamba@hotmail.com*

Cassava is the staple food of Congolese populations and the *chikwangue,* dense paste with elastic texture packed before cooking in the leaves of spontaneous plants, is the by-product the most commonly consumed. The *chikwangue,* final product from the processing of retted roots of cassava by wet way, is the result of several, long and fastidious operations of fibre removing, kneading, pre-cooking, kneading, modelling, packaging and cooking. This study on the preferences and food behaviour of Brazzaville consumers has been undertaken in order to identify the characteristics of traditional *chikwangue* that it is advisable to confer to the products, when produced in improved processing units.

Two transversal surveys have been carried out, before and after the launch of a semi-industrially produced *chikwangue* by Agricongo, with questionnaires filled up at home on samples of 900 people representative of Brazzaville population. It was about people of both sexes more than 15 years old and 18 years old in 1990 and 1992, respectively. Only the common questions of the two questionnaires are taken into consideration.

The results allowed mainly establishing that:

- 54.0% and 53.6% of investigated people in 1990 and 1992, respectively, had consumed *chikwangue* the day before the survey and about 90% consumers could obtain *chikwangue* by buying lost often realized on the markets;

- according to the expressed preferences, the kinds of *chikwangue* the more consumed were the *ngudi-yaka* and the *moungouélé* from the North, that are produced in rural areas while the small-sized chikwangues produced in the urban producing units (*fabriqué, moungouélé* of Brazzaville) represented about 1/4 of the *chikwangues* consumed;

- the colour and the texture were the characteristics taken into more account when purchasing while the odour, the taste and the texture were the main points of appreciation during consumption ;

- about 1 out of 4 of Brazzaville inhabitants preferred the *chikwangue* to bread and about 1 out of 3 preferred *foufou* (paste of cassava flour) or another staple food.

Therefore, it appears clearly that at the moment of the surveys, the *chikwangue* was the most appreciated staple food by Brazzaville people, which by far preferred more rural *chikwangues* to those produced in the urban processing units of cassava roots. Confirming the importance given by the African consumers to the organoleptic qualities of their staple foods, the most important characteristics of *chikwangue* to be taken into account for setting up suited technological solutions in the improved processing units in Brazzaville are the colour, the texture, the odour and the taste of the product.

Key words: Consumer expectation – Brazzaville – *Chikwangue* – Food behaviour – Cassava

Les attentes des consommateurs de *chikwangue* à Brazzaville

Massamba[1*] Joachim, Adoua-Oyila[1] Guy M, Trèche[2] Serge

1. Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Université Marien NGouabi, Faculté des Sciences BP 69, Brazzaville, Congo

2.UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34 394 Montpellier cedex 5, France

*Auteur correspondant: *jmassamba@hotmail.com*

Le manioc est le principal aliment de base des populations congolaises et la *chikwangue,* pâte dense de texture élastique emballée avant cuisson dans des feuilles de plantes spontanées, en est le dérivé le plus couramment consommé. La *chikwangue*, produit final de la transformation des racines rouies de manioc par voie humide, est le résultat de nombreuses, longues et fastidieuses opérations de défibrage, pétrissage, précuisson, malaxage, modelage, emballages et cuissons. Cette étude sur les préférences et le comportement alimentaire des consommateurs brazzavillois de *chikwangue* a été entreprise afin d'identifier les caractéristiques des *chikwangues* traditionnelles qu'il convient de conférer aux produits à élaborer dans des ateliers améliorés.

Deux enquêtes de type transversal ont été réalisées, avant et après lancement d'une *chikwangue* produite de manière semi-industrielle par Agricongo, au moyen de questionnaires remplis au domicile des enquêtés, sur des échantillons de 900 personnes, représentatifs de la population brazzavilloise. Il s'est agi de personnes des 2 sexes âgées de plus de 15 ans en 1990 et de plus de 18 ans en 1992. Seules sont analysées ici les questions identiques dans les deux questionnaires.

Les résultats obtenus ont permis d'établir principalement que :

- respectivement 54,0% et 53,6% des personnes enquêtées en 1990 et 1992 avaient consommé de la *chikwangue* la veille de l'enquête et que près de 90% des consommateurs ne pouvaient se procurer de la *chikwangue* que par achat réalisé le plus souvent sur les marchés;

- conformément aux préférences exprimées, les types de *chikwangues* les plus consommés étaient le *ngudi-yaka* et le *moungouélé* du Nord produits en zones rurales tandis que les chikwangues produites dans les ateliers urbains (*fabriqué, moungouélé* de Brazzaville), de taille plus petite, ne représentaient qu'environ 1/4 des *chikwangues* consommées ;

- la couleur et la texture étaient les caractéristiques dont il était tenu le plus compte au moment de l'achat tandis que l'odeur, le goût et la texture étaient les principaux critères d'appréciation au moment de la consommation ;

- les brazzavillois n'étaient qu'environ 1 sur 4 à préférer le pain à la *chikwangue* et environ 1 sur 3 à lui préférer le *foufou* (pâte de farine de manioc) ou un autre aliment de base.

Il apparaît donc clairement qu'au moment des enquêtes, la chikwangue était l'aliment de base le plus apprécié des brazzavillois et que ceux-ci préféraient de loin les *chikwangues* d'origine rurale à celles produites par les ateliers urbains de transformation des racines de manioc. Confirmant l'importance apportée par les consommateurs africains aux qualités organoleptiques de leurs aliments de base, les caractéristiques des *chikwangues* qui se sont révélées les plus importantes à prendre en compte pour la mise au point de solutions technologiques appropriées dans des ateliers améliorés de Brazzaville sont la couleur, la texture, l'odeur et le goût du produit.

Mots-clés: Attentes – Brazzaville – *Chikwangue* – Comportement alimentaire – Manioc

Demand and preferences of consumers of fermented millet gruels in Ouagadougou

Mouquet[1]* Claire, Guyot[2] Jean-Pierre, Trèche[2] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 et CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
2 UR106, IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.
*Corresponding author: *claire.mouquet@ird.bf*

Ben-kida and *ben-saalga* are fermented millet gruels frequently consumed for breakfast in Burkina Faso. In the frame of the European project Cerefer whose objective is to improve hygienic and nutritional quality of fermented cereal-based gruels in Africa, surveys were conducted in Ouagadougou in 2002, in order to identify possible problems of quality of these gruels, and determine consumer's demand. Two surveys by questionnaire were carried out :

- one among 318 households selected at random in the town, 50% of whom were "consuming" (CH) (i.e. consumed fermented millet gruels during the month before the survey), and 50% "non-consuming" (NCH),

- and the other among 240 "individual buyers-consumers" (IBC) more than 14 years old, identified nearby sale points.

The results of the first survey showed that 66% of the households of Ouagadougou were consuming *ben-kida* or *ben-saalga* gruels.

As regards possible quality problems of these gruels, 44% of CH and 80% of IBC probably impressed by the presence of the producer declare themselves fully satisfied. Different defaults were cited by the others: a poor preparation (29% of CH and 27% of IBC) mainly due to inadequate cooking; a too strong acidity (28% of CH and 15% of IBC); a too thin consistency (11 and 27%); an old millet (7 and 6%); a bad odour of the gruel (6% of CH and IBC).

Among the 159 interviewed non-consuming households (NCH), 46% declare to badly know this type of gruel that is not part of their food habits. For the others, the first reason not to consume is that the gruel is not nutritious enough: according to 48% of them, "*it fills the stomach but it does not last a long time, and it does not die down hunger!*". Only 13% of NCH cited a problem of too high price.

More than 70% of interviewed CH, IBC and NCH made improvement proposals: among them, respectively 46, 49 and 39% would like that producers pay more attention to hygiene during preparation and on sale points, and 7 persons even mentioned the need to establish sanitary controls. 31, 34 and 45% of CH, IBC and NCH would like a more consistent or nutritious gruel, evenly enriched with vitamins. Many persons expressed also the wish that quantities of aromatic ingredients used for gruel production, such as ginger, mint, tamarind, are increased, in order to improve the taste of the gruels.

According to the results of these surveys, the most frequently cited defaults of quality of *ben-kida* and *ben-saalga* gruels are their non reliable hygienic quality and poor nutritional quality. Thus, researches for improvement of the quality of these gruels have to focus on these two points, but have to take also into account their organoleptic quality, which came in third place among the improvement wishes.

Key words: Fermented millet gruel - Burkina Faso - Consumer's preference.

***Acknowledgment**: this work was performed in the frame of the project Cerefer (www.mpl.ird.fr/cerefer/) funded by the European Commission, contract N° ICA4-CT-2002-10047.*

Attentes et préférences des consommateurs de bouillies de mil fermenté à Ouagadougou

Mouquet[1]* Claire, Guyot[2] Jean-Pierre, Trèche[2] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 et CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

2 UR106, IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.

*Auteur correspondant : *claire.mouquet@ird.bf*

Le *ben-kida* et le *ben-saalga* sont des bouillies de mil fermenté fréquemment consommées en tant que petit déjeuner au Burkina Faso. Dans le cadre du projet européen Cerefer visant à améliorer la qualité des bouillies de céréales fermentées en Afrique, des enquêtes ont été réalisées à Ouagadougou en 2002 afin d'identifier d'éventuels problèmes de qualité de ces bouillies et de déterminer les attentes des consommateurs. Deux enquêtes par questionnaire ont ainsi été réalisées :

- une auprès de 318 ménages sélectionnés aléatoirement, dont 50% de «consommateurs» (MC), i.e. ayant consommé les bouillies de mil fermenté au cours du mois précédant l'enquête, et 50% de «non-consommateurs» (MNC).

- une auprès de 240 individus acheteurs-consommateurs (IAC) de plus de 14 ans identifiés au niveau de 60 points de vente.

Selon les résultats de la première enquête, 66% des ménages de Ouagadougou sont consommateurs des bouillies de type *ben-kida* et *ben-saalga*.

Concernant d'éventuels problèmes de qualité des bouillies, 44% des MC et 80% des IAC probablement intimidés par la présence de la productrice, se déclarent toujours satisfaits. Différents défauts sont cités par les autres: une mauvaise préparation (29% des MC et 27% des IAC), souvent attribuée à un problème de cuisson ; une acidité trop forte (28% des MC et 15% des IAC) ; une consistance trop liquide (11 et 27%) ; un mil trop vieux (7 et 6%) ; ou une mauvaise odeur de la bouillie (6% des MC et IAC).

46% des 159 MNC interrogés déclarent mal connaître ce type de bouillie qui ne fait pas partie de leurs habitudes alimentaires. Pour les autres, la première raison de non-consommation est leur caractère peu nourrissant: selon 48% d'entre eux, «*elle ne tient pas au ventre et ne calme pas la faim*». Un problème de prix trop élevé n'est évoqué que dans 13% des cas.

Plus de 70% des MC, IAC et MNC interrogés ont formulé des propositions pour améliorer la qualité des bouillies fermentées: parmi eux, respectivement 46, 49 et 39% souhaiteraient que plus d'attention soit portée à l'hygiène durant la préparation et sur les points de vente, et 7 personnes ont même mentionné la nécessité de mettre en place des contrôles sanitaires.

31, 34 et 45% des MC, IAC et MNC souhaiteraient que la bouillie soit plus consistante, plus nutritive ou même enrichie avec des vitamines. Nombreux sont également ceux qui voudraient voir augmenter les quantités d'ingrédients d'aromatisation incorporés, parmi lesquels le gingembre, la menthe et le tamarin, en vue d'améliorer le goût des bouillies.

Les défauts de qualité des bouillies *ben-kida* et *ben-saalga* les plus fréquemment cités, notamment par les non-consommateurs, sont leurs qualités hygiéniques incertaines et leur pauvreté sur le plan nutritionnel. Les recherches en vue d'améliorer la qualité de ces bouillies devront donc se focaliser sur ces deux points tout en prenant également en compte leur qualité organoleptique qui vient en troisième position parmi les souhaits d'amélioration formulés.

Mots-clés: Bouillie de mil fermenté - Burkina Faso - Préférence des consommateurs

Remerciements *: cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

How to optimise complementary food acceptability, a determining factor of young child intakes ?

Mouquet[1]* Claire, Trèche[2] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 et CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
2 UR106, IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.
*Corresponding author: *claire.mouquet@ird.bf*

Several studies were carried out recently in Burkina Faso in order to measure, in young children, intakes from different types of gruels of low and high energy density (ED). In all cases, intakes per meal were lower than 10 g/kg of body weight (BW), that is to say, less than the third of the theoretical gastric capacity of young children, estimated to about 30 g/kg of BW. Therefore, there is cause to wonder about the nature of the main factors affecting these intakes, or "determining factors of appetite". One of the first hypotheses that can be put forward is that intakes should depend on complementary food acceptability, itself related to their organoleptic qualities.

Thus, studies based on sensory analysis were undertaken in Ouagadougou since 2001 with panels of mothers of 6-to-12-month-old children, in order to characterize the sensory perception of consistency and sweet taste of gruels prepared with roasted millet flour at low and high ED. Different types of test were used, depending on the objective. To evaluate the ability of parameters either physicochemical (apparent viscosity or Bostwick flow distance), or biochemical (sucrose incorporation rate) to traduce the sensory perception of consistency or sweet taste, or in view to determine the smallest perceptible differences for this two criteria, discrimination and descriptive tests such as triangle tests or tests of ranking according to a given criterion were performed. Preferences and minimum thresholds of acceptability were assessed by means of hedonic tests like ranking according to preference order and tests of monadic presentation during which each sample is presented individually to each panelist.

According to the results of these tests, the Bostwick flow distance is better correlated with the sensory perception of gruel consistency than the apparent viscosity. It was also pointed out that mothers have a marked preference for very fluid gruels corresponding to Bostwick flow distances at 40°C of, respectively, 110 and about 135 mm/30s for gruels of low and high ED. As regards sweet taste perception, it appeared to be closer related to the sucrose content when expressed on gruel basis, rather than on gruel dry matter. Optimal sucrose incorporation rate were determined for gruels of low and high ED (respectively 3.7 and 2.9 g /100 g of gruel, corresponding to 30 and 11 g /100 g of DM).

All the results of these studies would allow the establishment of recommendations to formulate complementary foods with a maximal acceptability by mothers and young children. Then, it would be interesting to determine intakes from the optimised gruels as well as to investigate the role of other factors susceptible to affect appetite, such as the daily frequency of food intakes or the diversity of foods presented during a meal.

Key words: Sensory analysis – Acceptability - Complementary food - Young child intake

Comment optimiser l'acceptabilité des aliments de complément, facteur déterminant des ingérés des jeunes enfants ?

Mouquet[1]* Claire, Trèche[2] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 et CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
2 UR106, IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.
*Auteur correspondant: *claire.mouquet@ird.bf*

Plusieurs études ont été réalisées récemment au Burkina Faso afin de mesurer chez de jeunes enfants, les ingérés à partir de différentes bouillies de faible et de haute densité énergétique (DE). Dans tous les cas, les ingérés par repas étaient inférieurs à 10 g/kg de poids corporel (PC), soit moins du tiers de la capacité gastrique théorique des enfants, estimée à environ 30 g/kg de PC. Il y a donc lieu de s'interroger sur la nature des principaux facteurs influant sur ces ingérés ou «déterminants de l'appétit». Une des premières hypothèses pouvant être formulées est que ces ingérés dépendent de l'acceptabilité des aliments de complément, elle-même liée à leurs qualités organoleptiques.

Dans ce sens, des études d'analyse sensorielle ont été entreprises depuis 2001 à Ouagadougou auprès de panels de mères d'enfants de 6 à 12 mois en vue de caractériser la perception sensorielle de la consistance et de la saveur sucrée de bouillies à base de mil de faible et haute DE. Selon l'objectif, différents types de tests ont été mis en œuvre. Afin d'évaluer la pertinence de différents paramètres pour traduire la perception de la consistance (viscosité apparente ou écoulement Bostwick) ou de la saveur sucrée (taux d'incorporation de sucre) et en vue de déterminer des seuils de perception de différence pour ces critères, des épreuves discriminatives et descriptives telles que des tests triangulaires ou des tests de classement selon un critère donné ont été réalisés. Les préférences et les seuils minimums d'acceptabilité ont été évalués à l'aide d'épreuves hédoniques telles que le classement par ordre de préférence et le test de présentation monadique consistant à présenter chaque échantillon individuellement à chaque panéliste.

Les résultats de ces tests ont montré que la distance d'écoulement Bostwick traduit mieux la perception sensorielle de la consistance que la viscosité apparente. Ils ont aussi mis en évidence la nette préférence des mères pour des bouillies très fluides correspondant à des écoulements Bostwick à 40°C de respectivement 110 et environ 135 mm/30 s pour des bouillies de faible et haute DE. Concernant la perception de la saveur sucrée, elle semble plus étroitement liée aux taux d'incorporation de sucre exprimés pour 100 g de bouillie plutôt que sur la base de la matière sèche. Les taux d'incorporation optimums de sucre pour des bouillies de faible et de haute DE sont respectivement de 3,7 et 2,9 g /100 g de bouillie, soit 30 et 11 g /100 g de MS.

L'ensemble des résultats de ces études devrait permettre d'établir des recommandations pour formuler des aliments de complément ayant une acceptabilité maximale par les mères et les jeunes enfants. Des travaux devront être ensuite entrepris pour déterminer les ingérés à partir de ces aliments optimisés, ainsi que pour étudier le rôle d'autres facteurs susceptibles d'influencer l'appétit tels que la fréquence journalière des prises alimentaires ou la diversité des aliments proposés au cours d'un même repas.

Mots-clés: Analyse sensorielle – Acceptabilité - Aliment de complément – Ingéré

Constancy and specificity of selected determinants of complementary feeding practices: a comparative analysis of surveys conducted in Burkina Faso, Madagascar and Vietnam

Moursi* Mourad, Trèche Serge

UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Corresponding author: *mmoursi@yahoo.fr*

Introduction: The availability of high sanitary and nutritional quality complementary foods is a necessary but insufficient condition to achieve successful complementary feeding. Improving feeding practices is an equally important necessity in order to guarantee that these foods are offered under optimal conditions.

This study aims at comparing selected determinants of complementary feeding practices in various settings in order to identify eventual universal and/or context-specific determinants and their implications.

Methodology: Three surveys investigating infant feeding practices conducted in 4 villages of Burkina Faso, 2 provinces of rural Vietnam and 2 boroughs of Antananarivo, the capital of Madagascar in 1997, 1998, and 1999 were used for this analysis. The respective sample sizes were 583, 800, and 817 infants <2 years of age. The 3 surveys shared similar protocols and questionnaires.

A feeding index (FI) was constructed for children aged more than 6 months using positive (+1 or +2) or negative (-2 to 0) scores attributed according to meal frequency, dietary diversity, and age at introduction of complementary foods. These feeding practices were judged as being positive or negative based on international recommendations and scientific literature. The compared univariate analysis was conducted only on factors common to the three surveys. Factors associated significantly to the FI were included in a multivariate regression model to estimate their effects while considering mediating and confounding factors.

Results: The results of multivariate analysis indicate that, in Vietnam, mother's current employment (p=0.01), her level of schooling (p=0.01), and household's wealth (p=0.004) are the only factors that remain significantly associated to the FI among various child, caregiver and household factors. In Burkina Faso, only household's wealth and number of preschool children remain significantly associated with the FI after multivariate analysis (p=0.047 for both). In Madagascar, household's wealth was the only factor identified as being strongly associated with the FI (p=0.004).

Conclusions: The effect of mother's current employment and the number of preschoolers at her charge could be explained by the time constraints imposed upon mothers that are more severe in rural (Burkina) and semi-rural (Vietnam) contexts compared to urban ones (Madagascar). Household's wealth was the only factor invariably associated to the FI in a statistically significant manner among selected factors common to all 3 surveys. A distinction should be made between household's wealth and household's income since there could be differences in the mechanisms by which they influence the choice of feeding practices. Further investigation is needed in order to understand the details of the influence of these factors on complementary feeding practices.

Key words: Complementary feeding – Practices – Determinants

Acknowledgements: *to the GRET and IRD for putting at our disposal the data collected within the Fasevie (Vietnam) and Nutrimad (Madagascar) programmes.*

Constances et spécificités de certains déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire: analyse comparative d'enquêtes réalisées au Burkina Faso, Madagascar et Viêt-Nam

Moursi* Mourad,Trèche Serge

UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

*Auteur correspondant : *mmoursi@yahoo.fr*

Introduction: La disponibilité d'aliments de complément de bonne qualité sanitaire et nutritionnelle est une condition nécessaire mais non suffisante pour une alimentation complémentaire réussie. Il est essentiel d'améliorer également les pratiques alimentaires afin que ces aliments soient offerts aux enfants dans des conditions optimales.

Cette étude se propose d'identifier et de comparer les déterminants des pratiques d'alimentation complémentaire dans des contextes contrastés afin de dégager d'éventuelles constances ou spécificités et leurs implications.

Méthodologie: Les données proviennent d'enquêtes similaires de diagnostic des pratiques alimentaires menées dans 4 villages du Burkina Faso, 2 provinces rurales du Vietnam et 2 quartiers d'Antananarivo, Madagascar, respectivement en 1997, 1998 et 1999. Les tailles d'échantillon respectives étaient de 583, 800 et 817 enfants <2 ans.

Un indice alimentaire (IA) a été construit à l'aide de scores positifs (+1 ou +2) ou négatifs (-2 à 0) attribués selon le nombre de repas reçus la veille, l'âge d'introduction des aliments de complément, et la diversité alimentaire des enfants âgés de plus de 6 mois. Les pratiques étaient jugées comme étant positives ou négatives selon les recommandations internationales et la littérature scientifique. Une analyse univariée comparée a été effectuée sur des facteurs communs aux trois enquêtes. Les déterminants associés aux IA ont été inclus dans un modèle de régression linéaire multivariée pour estimer leurs effets en tenant compte des facteurs médiateurs ou de confusion.

Résultats: Au Vietnam, après analyse multivariée, seuls l'activité professionnelle de la mère (p=0,01) et son niveau de scolarisation (p=0,01) ainsi que le niveau de richesse du ménage (p=0,004), parmi différents facteurs liés à l'enfant, à la mère et au ménage, demeurent associés à l'IA de manière significative. Au Burkina, le niveau de richesse du ménage et le nombre d'enfants <5 ans à la charge de la mère étaient les seuls facteurs associés à l'IA après analyse multivariée (p=0,047 pour les deux). A Madagascar, seul le niveau de richesse du ménage est fortement associé à l'IA (p=0,004).

Conclusions: L'effet de la profession de la mère et du nombre d'enfants <5ans à sa charge pourrait s'expliquer par les contraintes de temps imposées aux mères en milieu rural (Burkina) et semi-rural (Vietnam) qui sont plus rigoureuses qu'en milieu urbain (Madagascar). Le niveau de richesse des ménages est le seul facteur commun aux trois contextes demeurant associé de manière significative à l'IA parmi le jeu de facteurs disponibles communs aux trois enquêtes. Il ne faut pas cependant confondre niveau de richesse et revenus des ménages qui pourraient influencer les pratiques alimentaires selon des mécanismes différents. Des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre en détail le mécanisme d'influence de ces facteurs.

Mots-clés: Alimentation complémentaire –pratiques – déterminants

Remerciements: *au GRET et à l'IRD pour la mise à disposition des fichiers de données obtenus dans le cadre des programmes Fasevie (au Vietnam) et Nutrimad (à Madagascar)*

Weaning food practices in the Adamawa province of Cameroon

Njongmeta[1]* Lynda NA, Ejoh[1] Richard A, Mbofung[1] Carl M, Verhoef[2] Hans, Nout[2] Robert MJ

1 Dept. Food Science and Nutrition, ENSAI/IUT, University of Ngaoundere, Cameroon

2 Dept. Agro technology and Food Sciences Wageningen, University, The Netherlands

*Corresponding author: *lanjongmeta@yahoo.fr*

In Cameroon, a wide variety of foods are grown and used as complementary foods after processing into porridges using a single or a combination of techniques. As of now, information on prevailing preferences of major and minor ingredients as well as techniques commonly used is scarce. Meanwhile, current information indicates that almost one in every three children in the Adamawa province is malnourished. In the light of this situation, prevailing food habits and preferences need to be known so that culturally appropriate measures can be designed prior to evaluating the potential of food-processing interventions that could lead to the improvement of nutritional health of these children. Towards this objective, the present study was carried out to make an inventory of the socio-economic characteristics of mothers, their weaning practices, their choices of staples and ingredients as well as the processing techniques commonly used in the preparation of the foods.

Guided by information obtained from an open discussion with 15 mothers with children aged £ 5 years a questionnaire was developed and randomly administered to 510 mothers in eleven subdivisions of the Province.

Analysis of data show that 77% of mothers introduced complementary foods between the ages of 3 and 6 months. Maize, sorghum, millet and cassava flours were in common use with maize (70%) and millet (26%) being the most preferred. Preference for major ingredients is based on availability and cost. This could be justified by the fact that 76.1% of the population had a monthly income of £ 50.000 Frs. CFA; for the same reason, it was observed that 80.5% of mothers could not afford conventional weaning foods. However, 95.1% of the mothers were ready to accept technologically improved non-conventional weaning foods. 94.7 % of mothers either supplemented porridges or gave some form of fruits and vegetables; a practice that was found to be poorly carried out in most cases. Common ingredients used included groundnuts, soybeans, tamarind, fresh cow milk, sugar, lime and *Kanwa*. 73.7% of the porridge had a normal flowing consistency. Microbiological quality of the freshly prepared porridges was acceptable. Contamination was related to storage with total flora as high as 5.106/g, with *Coliforms, Staphylococcus aureus,* yeast and mould present in some samples.

Education of mothers in the formulation of good conventional and non-conventional complementary foods is deemed necessary for the improvement of child nutrition in this region.

Key words: Complementary foods – Weaning practices – Nutritional and microbiological quality

Les pratiques d'alimentation complémentaire dans la province de l'Adamawa au Cameroun

Njongmeta[1*] Lynda NA, Ejoh[1] Richard A, Mbofung[1] Carl M, Verhoef[2] Hans, Nout[2] Robert MJ

1 Département Sciences des aliments et Nutrition, ENSAI/IUT, Université de Ngaoundéré, Cameroun

2 Dept. Agro technology and Food Sciences Wageningen, University, Pays-Bas

*Auteur correspondant: *lanjongmeta@yahoo.fr*

Au Cameroun, une grande variété d'aliments est cultivée et utilisée comme aliments de complément après transformation en bouillies en utilisant une ou des techniques combinées. Actuellement, l'information sur les préférences pour les ingrédients principaux ou secondaires ainsi que sur les techniques communément utilisées est rare. Simultanément, il est reconnu que presque un enfant sur trois dans la province de l'Adamawa est mal nourri. Compte tenu de cette situation, les habitudes alimentaires et les préférences doivent être connues afin que des mesures appropriées sur le plan culturel puissent être prises avant d'évaluer le potentiel d'interventions au niveau de la transformation alimentaire à améliorer l'état nutritionnel de ces enfants. C'est avec cet objectif que la présente étude a été menée afin de faire un inventaire des caractéristiques socio-économiques des mères, de leurs pratiques de sevrage, de leurs choix d'aliments de base et d'ingrédients ainsi que des techniques de transformation généralement utilisées dans la préparation des aliments.

En utilisant l'information obtenue à partir d'une discussion ouverte avec 15 mères d'enfants de moins de 5 ans, un questionnaire a été développé et utilisé auprès d'un échantillon représentatif de 510 mères dans onze subdivisions de la province.

L'analyse des données montre que 77% des mères introduisent les aliments complémentaires dans la tranche d'âge de 3 à 6 mois. Les farines de maïs, sorgho, petit mil et manioc sont couramment utilisées, mais c'est le maïs (70%) et le petit mil (26%) qui sont préférés. La préférence pour les ingrédients principaux est influencée par la disponibilité et le coût ce qui peut se justifier par le fait que 76,1% de la population a un revenu mensuel inférieur à 50.000 FCFA. Cette même raison explique que 80,5% des mères ne peuvent pas accéder aux farines infantiles conventionnelles. Cependant, 95,1% des mères étaient prêtes à accepter des aliments de complément non conventionnels produits avec des procédés améliorés. Différents types de fruits et légumes sont donnés aux enfants par 94,7% des mères, soit par ajout dans les bouillies, soit directement, mais il a été constaté que cette pratique était mal réalisée dans la plupart des cas. Les ingrédients communs utilisés sont des arachides, du soja, du tamarin, du lait frais de vache, du sucre, de la chaux et du *Kanwa*. 73,7% des bouillies avait une consistance normalement fluide. La qualité microbiologique des bouillies juste après préparation était acceptable. La contamination était liée au stockage avec une flore totale atteignant 5.106/g, avec des *Coliformes, Staphylococcus aureus*, des levures et des moisissures présents dans certains échantillons.

L'éducation des mères à la formulation de bons aliments de complément, conventionnels ou non conventionnels, est jugée nécessaire pour l'amélioration de la nutrition de l'enfant dans cette région.

Mots-clés: Aliments complémentaires – Pratiques de sevrage – Qualité nutritionnelle et microbiologique

Determinants of soybean utilization and consumption patterns among rural dwellers in southwestern Nigeria

Okunlola Olaniyi J
Department of Agric Economics And Extension, Federal University of Technology, Akure, Nigeria
Corresponding author: *niyiyela@yahoo.com*

One of the greatest problems affecting millions of Nigerians is lack of adequate protein in-take in quality and quantity. Serious deficiency in the amount of protein in-take has hindered the people's health, mental capability and productivity, thus affecting the country's economic growth. However, a cheaper source of protein that could help in alleviating the problem of under nourishment and malnutrition among the people is the consumption of soybean.

Soybean has been described as a golden crop of the planet (Singh et al, 1982), "Miracle" bean (IITA, 1990) and "Cinderella" crop of the century (IART, 1991). The study therefore attempts to answer the question, what are the factors affecting the utilization and consumption pattern of soybean? The specific objectives include: to determine the effect of socio-economic characteristics of respondents, to ascertain the various form in which soybean are consumed, to examine the factors influencing soybean utilization among respondents, to identify constraints to soybean utilization among the respondents.

The study was carried out in Ondo and Ekiti States of south Western Nigeria. Two Local Government Areas (LGA) were purposively selected in each of the two states. Five villages were randomly selected from each LGA and through multi stage random sampling techniques 10 farmers were interviewed from each village, making a total sample size of 200 respondents. The data was collected through the use of pre-tested and validated structured question and focus group discussion. Both qualitative and quantitative method were used for analyses.

Results showed that Age (chi2=1.39) sex (chi2=1.2), Household size (chi2=0.80) has no significant effect on utilization of soybeans while there was a significant relation ($p<0.05$) with farm size (t-value=15.96), labour (t-value=13.30), farm credit (t-value=15.2) and farm input (t-value=14.50).

From the study, 40% of the respondents process and consume soybean directly as soymilk, soyogi (soy pap) and soycake. However 64% of the respondents stated that the "complex" processing technique is a constraint. This is because unlike the methods of processing legumes which they are used to, processing soybean involves soaking, parboiling (blanching), sundrying/heating/ roasting to eliminate or reduce antinutritional factors typified by typsin inhibitors, haemagglutins etc. present in the crop before it is finally processed into the form in which it is consumed. Eighteen percent also asserted that the taste and odour is a constraint to soybean consumption while 14% stated that the seeds are too costly, and 14% said that they are not aware of the various forms soybean could be processed into.

In order to improve soybean consumption, there should be massive dissemination of information on the crop to farmers while the consumers and farmers should be trained on effective method of processing the crop so that it can be easily incorporated in its various forms into Nigerian diets and be utilized as mixed feed ration for livestock. Input should also be provided to the farmers to enable them sell their products at a more competitive prices.

Key words: Soybean – Utilization – Consumption - Rural Dwellers

Les déterminants des modes d'utilisation et de consommation du soja par la population rurale au Sud Ouest du Nigeria

Okunlola Olaniyi J

Department of Agric Economics And Extension, Federal University of Technology, Akure, Nigeria

Auteur correspondant: *niyiyela@yahoo.com*

L'un des plus grands problèmes qui affecte des millions de Nigérians est le manque de protéines en qualité et en quantité. Une sérieux déficit en protéines a nuit à la santé de la population, à ses capacités intellectuelles et à sa productivité, affectant ainsi la croissance économique du pays. Cependant, il existe une source de protéines bon marchée pouvant aider à résoudre le problème de sous alimentation et de malnutrition de la population, c'est le soja.

Le soja a été décrit comme une culture «en or» de la planète (Singh et al, 1982), le haricot « miracle » (IITA, 1990) et la culture "Cendrillon" du siècle (IART, 1991). C'est pourquoi, l'étude tente de répondre à la question : quels sont les facteurs influençant l'utilisation et les modèles de consommation soja ? Les objectifs spécifiques étaient de déterminer l'effet des caratéristiques soci-économiques des personnes enquêtées, de vérifier la nature de leurs différentes formes de consommation du soja, d'analyser les facteurs influençant leur utilisation du soja et d'identifier leurs contraintes d'utilisation du soja.

L'étude a été menée dans les Etats du Sud Ouest du Nigéria, Ondo et Ekiti. Deux régions de Gouvernement local (RGL) ont été choisies de manière raisonnée dans chacun des deux Etats. Cinq villages ont été choisis au hasard dans chaque RGL et dix agriculteurs dans chaque village ont été choisis en utilisant une technique d'échantillonnage aléatoire à plusieurs niveaux de façon à obtenir une échantillon final de 200 personnes. Les données ont été recueillies en utilisant un questionnaire pré-testé et validé et des groupes de discussion dirigés. Des méthodes, qualitatives et quantitatives, ont été utilisées pour les analyses.

Les résultats ont montré que l'âge (Chi2=1,39) le sexe (Chi2 =1,2) la taille du ménage (chi2=0,80) n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation du soja qui, en revanche, est en relation statistiquement significative ($p<0,05$) avec la taille de l'exploitation (t=15,96), le travail (t=13,30), l'endettement de l'exploitation (t=15,2) et son niveau d'intrants (t=14,50).

Il ressort de l'étude, que 40 % des personnes enquêtées transforment et consomment directement le soja sous forme de lait de soja, de soyogi (bouillie de soja) et de gâteau au soja. Cependant, 64% des personnes enquêtées ont répondu que la complexité des procédés de transformation était une contrainte. La raison en est que, par rapport aux différentes méthodes de transformation des légumineuses auxquelles ils sont habitués, la transformation du soja nécessite un trempage, une précuisson (blanchiment), une séchage au soleil ou à la chaleur et un grillage pour éliminer ou réduire les facteurs anti-nutritionnels, tels que les facteurs anti-trypsiques ou les lectines, présents dans le produit avant qu'il ne soit définitivement préparé sous sa forme de consommation. 18% ont affirmé également que le goût et l'odeur sont une contrainte pour la consommation du soja tandis que 14% ont déclaré que les semences sont trop chères et que 14% ont dit qu'ils n'étaient pas informés des différentes formes sous lesquelles le soja pouvaient être transformé.

Afin d'améliorer la consommation du soja, il devrait y avoir une diffusion massive de l'information sur cette culture auprès des agriculteurs et une formation des agriculteurs et des consommateurs aux méthodes efficaces de transformation du produit afin qu'il puisse être aisément incorporé sous ses différentes formes dans les régimes des Nigérians et être introduit dans l'alimentation du bétail. Une aide devrait être également fournie aux agriculteurs pour leur permettre de vendre leurs produits à des prix plus compétitifs.

Mots-clés: Soja – Utilisation – Consommation – Ruraux

Multipurpose cowpea flour for human nutrition improvement

Ramatou[1*] Seydou, Oumarou[1] Moussa, Kaka[1] Saley, Hammaker[2] Bruce, N'gnakri[3] Dago

1 Laboratoire de technologie alimentaire, INRAN, BP 429, Niamey -Niger

2 Food laboratory, Purdue University, West Lafayette, USA

3 Laboratoire de nutrition, Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Corresponding author: *inran@intnet.ne, sormilni@intnet.ne, inran@un.org*

Cowpea is the third food crop after millet and sorghum and the first food legume in Niger. Owing to its nutritive value (potential source of protein, calcium, iron and some group B vitamins), cowpea should contribute to the balance of nigerois population food intake whose diet is mainly cereals-based (from 638 to 793 g/d/person according to the area). However, it only contributes slightly to the food balance because local consumption is estimated at 15% of the production, with a consumption level from 8 to 23g/d/prson.

Surveys have been carried out to identify the constraints associated with this low consumption as well as the ways cowpea is used. From these investigations, it results that most of the products are prepared from flour. Among the causes associated with the low consumption, there are between others, the flatulence factors that are responsible for digestive disorders.

Current consumption products have been collected and analysed to determine their levels in α-galactosides, the components responsible for this flatulence. It resulted that the procedures used to prepare these products only allow a decrease of no more than 30% of α-galactosides.

Trials of technology development allowing to reduce flatulence factors and anti-nutritional factors have been carried out. From these trials, it results that soaking cowpea for twelve hours in 0,25% of natron allows to obtain a flour with a good nutritive value. More than 70% of trypsic inhibitors and α-galactosides are reduced.

The flour has been tested to prepare puree, biscuits and cakes and for the formulation of complementary foods for young children. These tests have shown that it is possible to prepare this flour into a puree with an appropriate consistency in 10 minutes using a flour/water ratio of 1/6. This flour can also be incorporated at 33% in biscuits and cakes and at 30% in the formulation of complementary foods.

In view of these results, it seems interesting to consider a large-scale production of this flour, the use of which might be positive in the fight against malnutrition in Niger.

Key words: Flatulence - Trypsic inhibitors - α-galactosides - Cowpea flour

La farine de niébé à usages multiples pour l'amélioration de la nutrition humaine

Ramatou[1]* Seydou, Oumarou[1] Moussa, Kaka[1] Saley, Hammaker[2] Bruce, N'gnakri[3] Dago

1 Laboratoire de technologie alimentaire, INRAN, BP 429, Niamey -Niger

2 Food laboratory, Purdue University, West Lafayette, USA

3 Laboratoire de nutrition, Université Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: *inran@intnet.ne, sormilni@intnet.ne, inran@un.org*

Au Niger, le niébé est la troisième culture vivrière après le mil et le sorgho et la première légumineuse alimentaire. De par sa valeur nutritionnelle (source potentielle de protéines, de calcium, de fer et de quelques vitamines du groupe B), le niébé devrait contribuer à l'équilibre de la ration alimentaire de la population nigérienne dont le régime est essentiellement basé sur les céréales (638 à 793 g/j/rationnaire selon la zone). Cependant, force est de constater qu'il ne contribue que faiblement à l'équilibre alimentaire car la consommation locale n'est estimée qu'à 15% seulement de la production, avec un niveau de consommation de 8 à 23 g/j/rationnaire.

Des enquêtes ont été menées pour relever les contraintes liées à cette faible consommation ainsi que les formes d'utilisation du niébé. De ces investigations, il ressort que la plupart des produits sont confectionnés à partir de la farine. Parmi les causes liées à la faible consommation, il y a entre autres, les facteurs de flatulence responsables de troubles digestifs.

Des produits de consommation courante ont été collectés et analysés pour déterminer les teneurs en α-galactosides, composés responsables de ces flatulences. Ces analyses ont fait ressortir que les procédures utilisées pour la préparation de ces produits ne permettent qu'une réduction des α-galactosides ne dépassant pas 30%.

Des essais de développement de technologies permettant de réduire les facteurs de flatulence et les facteurs antinutritionnels ont été menés. De ces essais, il ressort que le trempage du niébé pendant douze heures dans 0,25% de natron, permet d'obtenir une farine de bonne valeur nutritive. Plus de 70% des inhibiteurs trypsiques et des α-galactosides sont réduits.

La farine a été testée pour préparer de la purée, des biscuits et des gâteaux et pour la formulation d'aliment de complément pour les jeunes enfants. Ces tests ont montré qu'il est possible d'utiliser cette farine pour préparer de la purée de bonne consistance avec un rapport farine/eau de 1/6 en 10 minutes. Cette farine peut être également incorporée à un taux de 33% dans la confection de biscuits et gâteaux et à un taux de 30% dans la formulation d'aliments de complément au lait maternel.

A la lumière de ces résultats, il paraît intéressant d'envisager une production à grande échelle de cette farine dont l'utilisation pourrait s'avérer positive dans la lutte contre la malnutrition au Niger.

Mots-clés: Flatulence – Inhibiteurs trypsiques – α-galactosides – Farine de niébé

Nutritional status of Saharan women in south Morocco

Rguibi Mohamed, Belahsen* Rekia

Training and Research Unit on Food Science, Laboratory of Physiology Applied to Nutrition and Feeding, School of Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco

*Corresponding Author: *rbelahsen@yahoo.com*

As in countries in nutrition transition, overweight and obesity are raising in Morocco especially in Saharan women where the prevalence seems to be higher compared to the other area.

Objective: The aim of this study was to highlight the nutritional status in a population of Saharan women and to assess the nutritional determinants of obesity, in the goal to suggest strategies to combat this problem.

Methods: 249 urban Saharan women, 15 to 70 years old, in Laayoune province participated in a survey conducted between October 2001 and April 2002. Body weight, height and circumferences of waist and hip were measured. At recruitment all subjects completed a questionnaire on diet and lifestyle. Intake estimates were based on 24-hour food recall interview.

Results: The results show that the overall prevalence of overweight and obesity was respectively 30% and 49%. It was already very high at younger age. Abdominal obesity (Waist circumference>88cm) also was very prevalent (76%) and increased with age. The population was also characterized by a high consumption of carbohydrates which represent 60% of the total energy intake. The intake of protein was 12% and that of lipids was 28%. These intakes varied with age. Glucose and fat intake increased with the increase of age whereas that of protein decreased.

The results showed also that BMI was correlated with the intakes of total energy, fat and carbohydrates. This result remained significant even after adjustment by age.

Conclusion: The results show a high prevalence of obesity, even in young adult women. The data suggest also a major role of dietary intake in obesity. Carbohydrates, particularly glucose, seem to be more involved in the development of this problem. The results suggest that the problem of overweight and obesity need immediate attention in terms of prevention and health education in the urban Saharan women. An adjustment of glucose and protein intake will be an urgent advice for this population.

Key words: Dietary intake – Obesity – Saharan – Women - Morocco

Etat nutritionnel des femmes Sahraoui du Sud du Maroc

Rguibi Mohamed, Belahsen* Rekia

Unité de Formation et de Recherche en Sciences de l'Alimentation, Laboratoire de Physiologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc

*Auteur correspondant: *rbelahsen@yahoo.com*

Au Maroc comme dans les pays en transition nutritionnelle, le surpoids et l'obésité sont en augmentation, plus particulièrement chez les femmes sahariennes au sud du Maroc où la prévalence de l'obésité apparaît plus élevée comparativement à d'autres régions du pays.

Objectif: L'objectif de cette enquête était d'étudier l'état nutritionnel d'une population de femmes sahariennes et d'évaluer les déterminants nutritionnels de l'obésité, dans le but de proposer une stratégie pour combattre ce problème.

Méthodologie: 249 femmes Sahariennes, âgées de 15 à 70 ans et issues du milieu urbain de la province de Laayoune au sud du Maroc, ont participé à une enquête réalisée entre Octobre 2001 et Avril 2002. Le poids corporel, la taille et le tour de taille et des hanches ont été mesurés. Au recrutement tous les sujets ont rempli un questionnaire sur l'apport alimentaire et le style de vie. L'apport alimentaire a été estimé par la méthode du rappel alimentaire de 24 heures.

Résultats: Les résultats de l'étude montrent que globalement la prévalence du surpoids et de l'obésité était évaluée à 30% et 49% respectivement. Cette prévalence était déjà très élevée chez les jeunes femmes. L'obésité abdominale (estimée par le tour de taille > 88cm) était aussi très prévalente chez cette population (76%) et elle augmentait avec l'âge. La population étudiée est aussi caractérisée par une consommation élevée de glucides qui représentaient 60% de l'apport total d'énergie. L'apport en protéines était de 12% et celui des lipides est évalué à 28%. Ces apports variaient avec l'age. L'apport alimentaire en glucose et en lipides augmentait alors que celui des protéines diminuait avec l'age.

L'analyse des données montre aussi une corrélation entre l'indice de masse corporelle et les apports en énergie totale, en lipides et en glucides. Ce résultat reste significatif après ajustement sur l'age.

Conclusion: Les résultats de cette enquête rapportent une prévalence élevée de l'obésité même chez les jeunes femmes. Ces données suggèrent que l'apport alimentaire joue un rôle majeur dans le problème de l'obésité. Les glucides alimentaires et en particulier le glucose semblent être impliqués dans le développement de ce problème. Ces résultats soulignent aussi le besoin d'une prise de conscience concernant le problème du surpoids et de l'obésité ainsi que le besoin d'une prévention par l'éducation en terme de santé chez ces femmes sahariennes en milieu urbain. Un ajustement des apports alimentaires en glucose et protéines serait à recommander pour cette population.

Mots-clés: Apport alimentaire – Obésité – Saharienne – Femmes - Maroc.

Use of variety/diversity scores for diet quality measurement: relationship with nutritional status of mothers in a rural area in Burkina Faso

Savy* Mathilde, Sawadogo Prosper, Kameli Yves, Martin-Prével Yves
UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *Mathilde.Savy@ird.bf*

Background and objectives: Meeting nutrient requirements is essential for health. Quantitative methods for food consumption measurement are time-consuming, expensive and difficult to carry out, especially in an African rural context. For a few years, several methods for assessing the quality of the diet have been proposed, as for example the use of food variety scores (FVS) or dietary diversity scores (DDS).

We used such a method in a poor rural area of the North-East Burkina Faso (Gnagna Province), among mothers of young children. The main objective was to study the relationship between diet quality, as assessed by FVS and DDS, and nutritional status, as represented by the body mass index (BMI) and the total body fat (TBF) percentage, derived from skinfolds' thickness.

Method: A cross-sectional survey was carried out in the Gnagna Province on a representative sample of 616 mothers, in January-March 2002.

Qualitative data on food consumption were collected through the 24-hour recall method. These data were used to generate a food variety score (FVS = count of food items consumed over 24 hours) and a dietary diversity score (DDS = count of food groups consumed over the same period). A threshold of at least 6 food groups consumed during the last 24 hours was chosen to distinguished "good" and "poor" diet quality.

Standardized techniques were used to measure weight, height, mid-upper arm circumference and 4 skinfolds' thickness (bicipital, tricipital, subscapular, suprailiac) of the mothers.

Data on health, demographic and socioeconomic characteristics were also collected.

Results: The mothers' diet has been characterized as poor and monotonous. Among a total of 58 identified food items, the mean FVS was 7.6 ± 2.7 (range 1-20); among 13 food groups represented, the mean DDS was 4.6 ± 1.5 (range 1-9).

These scores were not linked to marital status, spouse rank nor education level of the mother, but were strongly related to the socioeconomic level of the household: mean FVS=7.3 ± 2.5 in poor households and 7.9 ± 3.0 in rich households ($F = 6.3$; $p = 0.01$).

The nutritional status of mothers was clearly linked to the diet quality: mean BMI= 20.7 ± 2.0kg/m^2 and TBF= 20.6 ± 3.7 % when the diet is poor; BMI= 21.3 ± 2.0 and TBF=21.8 ± 4.0 when the diet is good (respectively, $F = 9.2$ and 9.3; $p = 0.003$ and 0.002). However, this link disappeared when the socioeconomic status was accounted for.

Conclusion: The method of diet quality measurement used in this study proved to be discriminating towards the nutritional status of mothers. Moreover, this result was obtained from a rather homogenous sample showing a very monotonous diet. However, the relationship between dietary scores, nutritional status and socioeconomic level still needs to be clarified.

Key words: Diet quality - Nutritional status - Socio-economic level - Mothers - Rural area

Mesure de la qualité du régime alimentaire à l'aide de scores de variété/diversité: relations avec l'état nutritionnel des mères en milieu rural Burkinabè

Savy* Mathilde, Sawadogo Prosper, Kameli Yves, Martin-Prével Yves
UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *Mathilde.Savy@ird.bf*

Contexte et objectifs: L'importance de la couverture des besoins en différents nutriments pour la santé des individus n'est plus à démontrer. Les méthodes quantitatives de mesure de la consommation alimentaire sont longues, coûteuses et difficiles à mettre en œuvre en milieu rural africain. Depuis quelques années, des méthodes d'évaluation qualitative de la consommation alimentaire ont donc été proposées, comme le calcul de scores de variété et de diversité alimentaires. Nous avons appliqué une méthode de ce type dans une province rurale défavorisée du Nord-Est du Burkina Faso, auprès de mères de jeunes enfants. L'objectif principal de nos travaux était d'étudier la relation entre la qualité du régime alimentaire, exprimée par des scores de diversité et de variété, et l'état nutritionnel, représenté par l'indice de masse corporelle (IMC) et le pourcentage de masse grasse (MG) estimée d'après les plis cutanés.

Méthodologie: Les données ont été recueillies de façon transversale auprès d'un échantillon représentatif de 616 mères. La consommation alimentaire a été recueillie par un rappel qualitatif de tous les aliments ingérés au cours des dernières 24 heures. Cette information nous a permis de générer un score de variété alimentaire (SVA, un compte des items alimentaires sur les 24 heures), et un score de diversité alimentaire (SDA, un compte des groupes alimentaires auxquels appartiennent les aliments ingérés). Parallèlement, le poids, la taille, le périmètre brachial et 4 plis cutanés ont été mesurés. Des informations sanitaires, démographiques et socio-économiques ont aussi été relevées.

Résultats: Le régime alimentaire est pauvre et monotone. Sur 58 items alimentaires consommés, les mères présentent un SVA moyen de 7,6±2,7 (min=1; max =20) et sur 13 groupes alimentaires représentés, le SDA moyen est de 4,6±1,5 (min=1; max= 9).

La qualité du régime ne varie pas selon la situation matrimoniale, le rang d'épouse, ou le niveau d'instruction, mais dépend fortement du niveau socio-économique du ménage (SVA=7,3±2,5 chez les plus pauvres et 7,9±3,0 chez les plus riches; F= 6,3; p=0,01).

En considérant un seuil minimal de 6 groupes pour qualifier le régime alimentaire d'acceptable, nous pouvons observer une relation nette entre la qualité du régime et l'état nutritionnel des mères (moyenne IMC=20,7±2,0 kg/m^2 et moyenne MG=20,6±3,7% lorsque le régime est de mauvaise qualité ; IMC = 21,3±2,0 et MG = 21,8±4,0 lorsque le régime est de bonne qualité; F respectifs =9,2 et 9,3; p=0,003 et 0,002).

Toutefois, cette relation disparaît lorsque l'on ajuste la comparaison sur le niveau socio-économique.

Conclusion: La méthode simple de mesure de la qualité du régime alimentaire employée ici s'est donc avérée discriminante vis-à-vis de l'état nutritionnel des mères de notre échantillon. Il est intéressant de noter que ce résultat a été acquis au sein d'un groupe au régime alimentaire très monotone et apparemment très homogène. Néanmoins, il reste à élucider la relation entre ces résultats et le niveau économique des ménages.

Mots-clés: Diversité alimentaire - Etat nutritionnel - Niveau socio-économique - Mères -

Infant feeding practices in a rural area in Burkina Faso (Gnagna Province) - Description and nutritional consequences

Sawadogo[1,2*] Prosper S, Martin-Prével[2] Yves, Savy[2] Mathilde, Kaméli[2] Yves, Traoré[1] Alfred S
1 UFR-SVT/CRSBAN, Université de Ouagadougou, 01 BP 7021, Burkina Faso
2 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», Centre IDR, Ouagadougou, 01 BP 182, Burkina Faso
*Corresponding author: *Prosper.Sawadogo@ird.bf*

Introduction: Exclusive breastfeeding in the first four-six months of life, then appropriate complementary feeding, are major factors of the nutritional status of young children. In 2002, a cross-sectional survey was carried out in the Gnagna Province, a rural area in the North-East Burkina Faso, to study the food and nutritional status of the population. One of the objectives of this study was to describe infants' breastfeeding and complementary feeding practices.

Methods: The survey was carried out on a representative sample of 933 randomly selected "Collective Dwelling Units" (CDUs, or compounds) in the Gnagna Province. The sample used in this paper included all the <36 months old infants surveyed in these CDUs (n=2860). Detailed qualitative data on current infants' feeding were collected through the 24-hour recall method. Data on past breastfeeding and complementary feeding practices were collected through a retrospective questionnaire. Standardized anthropometric measures were used to assess infants' nutritional status.

Results: As compared to the international recommendations on breastfeeding and complementary feeding, the results showed both favourable and unfavourable practices :

Favourable practices: All infants were breastfed, 92% of them being breastfed on request. The colostrum was given to most of the infants (77%). Bottles were exceptionally used (0.5%). The median duration of breastfeeding was 27.5 months.

Unfavourable practices: Only 20% of the newborns were breastfed immediately after birth. A too large number of the infants received pre-lacteal liquids (37%). Only 21% of the 0-3 month old infants were exclusively breastfed during the 24 hours before the survey. Only 38% of the 6-9 month old infants received complementary food. The median age at which a first complementary food was introduced, whatever the kind of food, was 8.8 months (respectively 11.3 and 13.6 months for porridges and family meals). Around 20% of the infants never received any porridge. Moreover, the porridges were of weak nutritional quality, 64% of them being only made up of one cereal with water.

When complementary foods were given, the daily consumption was at least 3 times per day for 49% of the 6-8 month old infants, for 57% of the 9-11 month old infants and for 68% of the 12-17 month old infants.

The prevalence of stunting, underweight and wasting was, respectively, 44%, 47% and 14%.

Conclusion: The late introduction of complementary foods and their weak nutritional quality seemed to affect infants' nutritional status. Our results also provide some useful information for intervention programs. However, the relationships between infants' feeding practices and their nutritional status need to be further investigated.

Key words: Infants – Breastfeeding – Complementary feeding – Burkina Faso

Les pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso (Province de la Gnagna): description et conséquences nutritionnelles

Sawadogo[1,2*] Prosper S, Martin-Prével[2] Yves, Savy[2] Mathilde, Kaméli[2] Yves, Traoré[1] Alfred S

1 UFR-SVT/CRSBAN, Université de Ouagadougou, 01 BP 7021, Burkina Faso

2 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», Centre IDR, Ouagadougou, 01 BP 182, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *Prosper.Sawadogo@ird.bf*

Introduction: Un allaitement maternel exclusif de la naissance à l'âge de 6 mois, puis l'accès à des aliments de complément appropriés, constituent des facteurs majeurs de l'état nutritionnel des nourrissons. En début 2002, une enquête transversale sur l'alimentation et l'état nutritionnel de la population a été réalisée dans la Gnagna (Nord-Est du Burkina). Chez les nourrissons, l'objectif était, entre autres, de décrire les pratiques d'allaitement et d'alimentation de complément.

Méthode: L'enquête a couvert 933 Unités Collectives d'Habitat (concessions) tirées au sort dans la province de la Gnagna. Notre échantillon est constitué de tous les enfants de moins de 36 mois (n=2860) vivant dans ces concessions et présents au jour de l'enquête. Des informations détaillées sur l'alimentation de la veille, sur l'allaitement et l'alimentation de complément de chaque enfant ont été recueillies par questionnaire rétrospectif et rappel des 24 heures. Les âges médians (valeur de l'âge qui divise l'échantillon en 2 parties d'effectif égal) ont été calculés par modélisation à partir des données de statut courant. L'état nutritionnel a été évalué par anthropométrie.

Résultats: Par comparaison avec les recommandations internationales en matière d'allaitement et d'alimentation de complément, les pratiques peuvent se répartir en 2 groupes.

Pratiques plutôt favorables : Tous les enfants sont allaités dès la naissance; 92% sont allaités à la demande. Le colostrum est le plus souvent donné (77%). Le biberon est exceptionnellement utilisé (0,5%). L'allaitement est suffisamment prolongé (médiane 27,5 mois).

Pratiques plutôt à risque: Seulement 20% des enfants sont mis au sein immédiatement après accouchement. Trop d'enfants (37%) reçoivent des liquides pré-lactéaux. Seulement 21% des enfants de [0-4[mois sont exclusivement allaités la veille de l'enquête. Seulement 38% des enfants de [6-10[mois reçoivent un aliment de complément. L'âge médian d'introduction d'un aliment de complément quel qu'il soit est de 8,8 mois (bouillie 11,3 mois ; plat familial 13,6 mois). Vingt pour cent des enfants ne reçoivent jamais de bouillie; en outre, les bouillies consommées sont de très faible qualité nutritionnelle (64% se composent uniquement d'une céréale et d'eau). Parmi les enfants qui prennent un aliment de complément, le nombre de prises alimentaires est au moins de 3/jour pour seulement 49% des enfants de 6-8 mois, 57% de ceux de 9-11 mois et 68% de ceux de 12–17 mois.

Enfin, les taux de malnutrition observés sont de 44% pour le retard de croissance, 47% pour l'insuffisance pondérale et 14% pour l'émaciation.

Conclusion: L'introduction tardive des aliments de complément et leur qualité insuffisante sont des facteurs qui pèsent sur l'état nutritionnel des enfants. Ces résultats constituent une base d'informations utiles pour des programmes d'intervention. Ils invitent à des recherches plus approfondies sur l'influence des diverses pratiques alimentaires des nourrissons sur leur état nutritionnel.

Mots-clés: Nourrisson – Allaitement - Alimentation de complément - Burkina Faso

Foodstuff consumption: the case of *sankhal* (millet semolina) produced by small-scale factories of local cereal processing in Senegal

Sokona[1]* Khanata, Tandia[2] Abdoulaye, Broutin[3] Cécile, François[3] Martine, Diop[4] Fatou

1 Enda-graf (Environnement, développement action - Groupes de recherche action et de Formation), BP 13 069, Grand Yoff, Dakar, Senegal

2 Enda-graf, BP 13 069 Grand Yoff, Dakar, Senegal

3 Gret, Senegal, BP 10 422, Dakar, Senegal

4 Institut Supérieur de gestion, Univ. Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Sénégal

*Corresponding author: *ppcl@enda.sne*

In Senegal, about thirty enterprises process and commercialise new dry cereal based products in small bags: precooked millet and maize couscous, sankhal, broken maize, infant flours. These products are innovative by their form or quality, their conditioning in printed small bags and their aptitude to be preserved and their ready-to-use characteristics. The «MPE-agroalimentaire» programme, whose results are presented here, had the objective to study the performances of «micro and small agro-food factories» in the connexion between agricultural production and the urban markets. The hypothesis is that the products of MPE (simple production process but slightly more modern) correspond to parts of urban markets that neither cottage factories (simple production process) nor industry (complex production process) can reach. Analysis of the consumption of the most current product, *sankhal,* allowed identifying the characteristics and the influence of attributes in the purchase decision.

From individual interviews, the criteria that consumers use to make difference between two products from the same family have been determined. To evaluate the influence of the different product criteria or attributes on the consumers' choice, the method of joint measurements has been used. It allows decomposing the consumer preferences for a product into preference score on retained attributes.

To have information on consumption of *sankhal,* a quantitative survey has been carried out on a sample of 500 households using *sankhal* well distributed in the districts of Dakar (urban area), Pikine (semi-urban area) and Reissue (semi-urban and rural area). The four main attributes retained are the price, the conditioning, the place of retail and the brand.

The results show that dry *sankhal* in small bags is appreciated by the consumers at first because it is hygienic (first reason of purchase for 25% of consumers, and second reason for 29% of consumers), economic (first reason for 24% and second reason for 24%), and finally, because it is available (first reason for 14% and second reason for 10%). On the contrary, the nourishing attributes, easy cooking, quick preparation, the taste and advertising are not important reasons of purchase for the consumers of cereals sold in bags.

The product availability in the shops is also an important factor in terms of purchase decision, associated to the price. The «ideal product» would have a price by packet 25 to 50 Fcfa lower than usual prices (200 to 225 Fcfa by bag).

As commercial strategy, the entrepreneurs have been proposed to get more into the commercial circuits in the popular districts.

Key words: Micro and small factories - Food processing industry - Consumption - *Sankhal*

Consommation des produits alimentaires: le cas du *sankhal* (semoule de mil) produit par les petites entreprises de transformation de céréales locales au Sénégal

Sokona[1*] Khanata, Tandia[2] Abdoulaye, Broutin[3] Cécile, François[3] Martine, Diop[4] Fatou

1 Enda-graf (Environnement, développement action- Groupes de recherche action et de Formation), BP 13 069, Grand Yoff, Dakar, Sénégal S

2 Enda-graf, BP 13 069 Grand Yoff, Dakar, Sénegal

3 Gret, Sénégal, BP 10 422, Dakar, Sénégal

4 Institut Supérieur de gestion, Univ. Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Sénégal

*Auteur correspondant: *ppcl@enda.sn*

Au Sénégal, une trentaine de petites entreprises transforment et commercialisent de nouveaux produits céréaliers secs en sachet: couscous de mil et de maïs précuit, sankhal, brisures de maïs, farines infantiles. Ces produits sont innovants par leur type ou qualité, leur conditionnement en sachets imprimés et leurs caractères conservables et prêts à l'emploi. Le programme «MPE-agroalimentaires», source des travaux présentés, avait pour objectif d'étudier les performances des «micro et petites entreprises agroalimentaires» dans la connexion entre la production agricole et les marchés urbains. L'hypothèse est que les produits des MPE (processus de production simple mais légèrement plus moderne) correspondent à des segments de marchés urbains que ni l'artisanat (processus de production simple) ni l'industrie (processus complexe de production) ne peuvent atteindre. L'analyse de la consommation du produit le plus courant, le sankhal, a permis d'identifier les caractéristiques et le poids des attributs dans la décision d'achat.

A partir d'entretiens individuels, les critères que les consommateurs utilisent pour différencier deux produits d'une même famille ont été déterminés. Pour évaluer l'influence des différents critères ou attributs du produit sur le choix des consommateurs, la méthode des mesures conjointes a été utilisée. Elle permet de décomposer les préférences des consommateurs pour un produit en scores de préférence vis-à-vis des attributs retenus.

Pour recueillir des informations sur la consommation du *sankhal,* une enquête quantitative a été réalisée sur un échantillon de 500 ménages utilisateurs de *sankhal* bien distribué dans les départements de Dakar (zone urbaine), de Pikine (zone périurbaine) et de Rufisque (zone péri urbaine et rurale). Les quatre attributs les plus importants retenus sont le prix, le conditionnement, le lieu de vente et la marque.

Les résultats montrent que le *sankhal* sec en sachet est apprécié des consommateurs d'abord parce qu'il est hygiénique (première raison d'achat pour 25% des consommateurs, et seconde raison pour 29%), économique (première raison pour 24% et seconde raison 24%), enfin parce qu'il est disponible (première raison pour 14% et seconde raison pour 10%). A l'inverse, les caractères nourrissants, facile à cuisiner, rapide à préparer, le goût et la publicité ne sont pas des raisons importantes d'achat pour les consommateurs de céréales en sachets.

La disponibilité du produit dans les boutiques est aussi un facteur important en termes de décision d'achat, associé aux prix. Le «produit idéal» aurait un prix inférieur de 25 à 50 fcfa par sachet aux prix pratiqués 200 à 225 cfa par sachet).

Comme stratégie commerciale il a été proposé aux entrepreneurs de pénétrer davantage les circuits commerciaux dans les quartiers populaires.

Mots-clés: Micro et petites entreprises - Agroalimentaire - Consommation - *Sankhal*

Use and consumption of Spirulina in Chad

Sorto Mahamat

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), BP 5400, N'djamena Tchad.

Corresponding author: *prasac.tchad@intnet.td* or *itrad@intnet.td*

The objective of this communication is to describe through results of two surveys the way the spirulina is harvested, dried and used by the people of Chad. 100 randomly selected households were investigated in Bol and Mao. They were asked on the method of harvesting and drying and consuming spirulina.

The results show that the spirulina is traditionally harvested and dried by kanembou women. They used recipients to harvest spirulina and the collected product dried on the surface of sand. This product is locally called *Dihé*. In these two localities, we found 4 types of sauces: sauce made of *Dihé* only, sauce of *Dihé* with common bean, sauce of *Dihé* with meat and sauce of *Dihé* with fish. The quantity of *Dihé* consumed is about 55 g for 4-5 persons. The frequency of the consumption is 1-2 times per day. All the kanembou people eat the *Dihé*. The "Boudouma" people do not eat, and the "Kouri" people eat it rarely, may be once in the month. The Kanembou people said that they feel well and strong when they eat the *Dihé* and they do not feel tired when doing some physical activities. In the market, 1 kg of *Dihé* costs in average 650 fcfa. It is also said that *Dihé* can treat ripples.

About the use of spirulina in N'djamena, 70 randomly selected families were asked on the use of spirulina. The results show that 50% of people investigated said that they know nothing about *Dihé* and only 1 out of 70 has tasted the product.

The *Dihé* is a product consumed since a long time by kanembou people. The protein content of the collected samples varied between 39 and 58 g/100g and their water content was about 10 g/100g. It is certain that this product can provide a large amount of protein to consumers. But we realized that up to day the Dihé is not well promoted and developed.

Key words: Spirulina – *Dihé* – Consumption - Chad

Utilisation et consommation de la spiruline au Tchad

Sorto Mahamat

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), BP 5400, N'djamena Tchad.

Auteur correspondant: *prasac.tchad@intnet.td* ou *itrad@intnet.td*

L'objectif de cette communication est d'estimer, à partir de résultats d'enquêtes, l'importance de la spiruline dans l'alimentation des populations du Tchad. Une première enquête menée dans 100 ménages pris au hasard à Bol et à Mao nous a permis de connaître les techniques traditionnelles de récolte et de séchage de la spiruline, ses modalités d'utilisation et l'aire de consommation de cet aliment. Une deuxième enquête menée à N'djamena a porté sur 70 foyers pris au hasard dans trois grands arrondissements de la capitale. Les familles ont été interrogées sur leurs habitudes alimentaires et notamment sur l'utilisation de *Dihé*.

Il ressort de ce travail que traditionnellement ce sont les femmes kanembous qui pratiquent la récolte et le séchage de la spiruline. Le produit séché dans les cuvettes de sable est appelé *Dihé*. En milieu kanembou, le *Dihé* est consommé une ou deux fois par jour. Quatre types de sauce au *Dihé* ont été répertoriés. Il s'agit de la sauce au *Dihé* seul, de la sauce au *Dihé* avec du haricot, de la sauce au *Dihé* avec du poisson séché et de la sauce au *Dihé* avec de la viande. Ces sauces accompagnent la «boule» tchadienne et les quantités de *Dihé* utilisées dans ces différentes sauces sont en moyenne de 55 g pour une famille de 4 à 5 personnes. Les enfants, les adultes, les vieillards kanembous consomment tous le *Dihé*. En revanche, les «Boudouma» ne consomment pas le *Dihé* et les «Kouri» n'en consomment que rarement, peut être 1 ou 2 fois par mois. De nombreux kanembous interrogés ont témoigné de la vigueur qu'ils sentent lorsqu'ils mangent la sauce au *Dihé*. Ils peuvent exercer des travaux pénibles que d'autres communautés évitent, comme marcher à longueur de journée avec des marchandises sur la tête et sur les épaules. Le *Dihé* est aussi utilisé pour lutter contre les rides. Au marché de Bol, 1 kg de *Dihé* coûte en moyenne 650 Fcfa.

Les enquêtes dans les ménages de N'djamena nous montrent que de nombreux N'djamenois ne consomment pas le *Dihé*. Sur 70 ménages enquêtés, seulement un préparait le *Dihé* et la moitié n'avait jamais entendu parler du *Dihé*.

Le *Dihé* utilisé sous forme de sauce est un produit depuis longtemps consommé par les kanembous. Avec une teneur en protéines variant entre 39 et 58 g/100g et une teneur en eau d'environ 10g/100g dans les échantillons que nous avons collectés, il est indéniable que ce produit apporte aux consommateurs un apport protéinique important. Mais jusqu'à maintenant, force est de constater que ce produit n'a pas encore connu de promotion et de valorisation importantes.

Mots-clés: Spiruline – *Dihé* – Consommation - Tchad

Effects of feeding practices on breast milk consumption and infant nutritional status at 5 months of age in an urban and a rural area in Burkina Faso

Thiombiano-Coulibaly[1,2*] Nana, Rocquelin[2] Gérard, Eymard-Duvernay[2] Sabrina, Zougmoré[3] Odile N, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN/UFR-SVT, University of Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3 UFR-SH, University of Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *nutriage@ird.bf*

Objective: To assess effects of early extra fluid and food intake on breast milk consumption and effects of food intake on 5-month-old infant nutritional status.

Materials and methods: Cross-sectional surveys in an urban and rural zone in Burkina Faso. Infants were selected by random choice. A total of 97 urban and 69 rural infants were recruited, but 67 and 51, respectively, completed the surveys. Infant selection criteria were: age (5 ± 0.5-month-old), thriving, breastfed, having Burkinabè parents in study area for a year, study conditions accepted by parents. Surveys were conducted respectively in January and February 2001 (urban), and 2002 (rural) during the cool season. They were performed by home visit. With the help of health workers and traditional midwives, families were informed of the studies' objectives and gave agreement. Food intakes were estimated by test weighing for breast milk and precise weighing technique for other foods. Socio-economic status of households, anthropometry of infants and mothers were also recorded.

Results and discussion: Daily breast milk intake did not differ from urban (776 ± 262 g) to rural area (835 ± 265 g). Porridge intake was, respectively, 128 ± 105 g and 96 ± 49 g. Median extra fluid intake was, respectively, 79 g and 122 g.

In both areas, porridge and fluid intake had no effect on breast milk consumption.

In urban area infant nutritional status at 5 months was better than at birth.

Conclusion: Breast milk intake and nutritional status of predominantly breastfed infants at 5 months of age, living in both urban and rural settings, was not affected by the consumption of extra fluid or food intake.

Key words: Feeding practices - Breast milk - Infant nutrition - Burkina Faso

Effets des pratiques alimentaires sur la consommation du lait maternel et l'état nutritionnel des enfants de 5 mois dans une zone rurale et une zone urbaine au Burkina Faso

Thiombiano-Coulibaly[1,2*] Nana, Rocquelin[2] Gérard, Eymard-Duvernay[2] Sabrina, Zougmoré[3] Odile N, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3 UFR-SH, Université de Ouagadougou, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *nutriage@ird.bf*

Objectif: Evaluer les effets des pratiques alimentaires du nourrisson de 5 mois sur sa consommation de lait maternel et son état nutritionnel.

Matériels et méthodes: Deux études transversales réalisées en janvier-février (période fraîche) dans une zone rurale et une zone urbaine au Burkina Faso selon un choix aléatoire des enfants.

97 enfants urbains et 69 ruraux ont été recrutés mais seulement 67 et 51 enfants ont pu être retenus. Les critères de sélection étaient: être âgé de 5 mois ± 15 jours le jour de l'enquête, avoir un état de santé compatible avec les conditions de l'étude, être allaité au sein uniquement, avoir des parents vivant dans la zone d'étude depuis au moins une année et acceptation par les mères des conditions de l'étude (recevoir une enquêtrice à domicile pendant 24h). Les données ont été recueillies à domicile. Les objectifs et les conditions de l'étude ont été communiquées en langue nationale (moré) aux familles avec l'appui des agents de santé, des accoucheuses villageoises et du chef du village. La consommation de lait maternel a été mesurée par la méthode de la pesée avant et après tétée et celle des liquides autres que le lait maternel et autres aliments (bouillies) par pesée avant et après consommation. Les données socio-économiques du ménage et l'anthropométrie de l'enfant et de la mère ont également été recueillies.

Résultats et discussion: la consommation quotidienne de lait maternel était de 776 ± 262 g en zone urbaine comparable à celle en zone rurale (835 ± 265 g). Celle de la bouillie était respectivement de 128 ± 105 g et 96 ± 49 g. La consommation médiane des boissons était respectivement de 79 g et 122 g. Dans les deux zones d'étude, la consommation de bouillies et de boissons a été sans effet sur celle du lait maternel. En outre, en zone urbaine où on a disposé des poids à la naissance, l'état nutritionnel des enfants à 5 mois était meilleur qu'à la naissance.

Conclusion: La consommation de lait maternel et l'état nutritionnel des enfants de 5 mois en allaitement maternel prédominant et vivant en milieu urbain ou rural au Burkina Faso ne sont pas affectés par l'introduction précoce de boissons (eau et/ou tisanes) et/ou d'aliments autres que le lait maternel (bouillies notamment).

Mots-clés: Pratiques alimentaires - Lait maternel - Nutrition infantile - Burkina Faso

Which community approach for changing food habits and improving nutritional status of underfive children ?

Zerbo[1] Edouard, Sanogo[2*] Ibrahim, Hien[3] Maurice

1 Terre des hommes, BP 155 Tougan, Burkina Faso
2 Terre des hommes, BP2212 Ouagadougou, Burkina Faso.
3 PRSS, Bobo Dioulasso, Burkina Faso
*Corresponding author: *ibrahim.sanogo@tdh.ch*

In Burkina Faso, about 29% of underfive children suffer from chronic malnutrition in which one third presents a severe form. The main causes are the bad food habits, the infant diseases and household food insecurity. The intervention of «Terre des Hommes» in Burkina, which has started during the year 1986 marked by a great famine, has been initiated in a framework of emergency, followed by an extension in answer to the needs in these areas. These actions have been redirected in 2000 to lead to a support project to the sanitary district, which comes within the perspective of improvement of nutritional and sanitary status of underfive children.

The aim of the project is that at the end of 2004, 80% of children from 0 to 3 years who live in the intervention areas of the project benefit from functional services of nutritional monitoring. Four main results are expected for attaining this aim, which principal strategies of implementation are :

- Communication for changing behaviour through approach by peers for the promotion of good food habits that are based on functional literacy and training to techniques for the prevention and consciousness-raising of association members and community leaders able to undertake actions for self promotion, with setting up of only the necessary minimum equipment.

- The planning, the financing, the implementation and the assessment of actions to fight against malnutrition by management committees of health centres and community-based associations, through resources integration, a continuous training, a regular supervision of agents and a coordination of activities implementation by the district executive team and the technical staff of "Terre des hommes".

From the results, a significant change of infantile consulting rate is noticed, from 18% on 2000 to 70 % on 2002 for Tougan sanitary district with effective participation of taught reading and writing women to prevention activities.

An assessment of strategic plan at half way on 2002 have underlined the increase of cover rates, improvement of the quality of the activities of nutritional recovery (prevention and slight cases at community level, ambulatory moderate cases at health centre level, severe cases at district hospital level) and the good frequenting of centres by the women.

In conclusion, the reorientation of the project actions through support to the sanitary district which is the most decentralized operational entity of the health system in Burkina Faso based on community participation allows to offer continuous, integrated and overall nutritional services adapted to the community needs. The carrying by other developing actors of the approach for reducing malnutrition problem developed by "Terre des homes" will allow obtaining a sustainable effect at the country scale.

Key words: Malnutrition – Children – Community – Mothers - Communication

Quelle approche communautaire pour un changement des habitudes alimentaires et une amélioration de l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans ?

Zerbo[1] Edouard, Sanogo[2*] Ibrahim, Hien[3] Maurice

1 Terre des hommes, BP 155 Tougan, Burkina Faso
2 Terre des hommes, BP2212 Ouagadougou, Burkina Faso.
3 PRSS, Bobo Dioulasso, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *ibrahim.sanogo@tdh.ch*

Au Burkina Faso, environ 29% des enfants de moins de 5 ans souffrent de sous nutrition chronique dont un tiers présente une forme sévère. Les principales causes sont les mauvaises habitudes alimentaires, les maladies infantiles et l'insécurité alimentaire des familles. L'intervention de Terre des hommes au Burkina, qui a débuté au cours de l'année 1986 marquée par une grande famine, a été initiée dans un cadre d'urgence, suivie d'une extension en réponse aux besoins dans ces zones. Ces actions ont été réorientées en 2000 pour aboutir à un projet d'appui au district sanitaire, qui s'inscrit dans la perspective de l'amélioration de la situation nutritionnelle et sanitaire des enfants de moins de 5 ans.

L'objectif de phase du projet, est qu'en fin 2004, 80% des enfants de 0 à 3 ans vivant dans les zones d'intervention du projet bénéficient des services fonctionnels de surveillance nutritionnelle. Quatre principaux résultats sont attendus pour l'atteinte de cet objectif dont les principales stratégies de mise en oeuvre sont :

- La communication pour le changement de comportement par le biais de l'approche par les pairs pour la promotion des bonnes habitudes alimentaires qui est basée sur l'alphabétisation fonctionnelle et la formation aux techniques de prévention et de sensibilisation des membres des associations et des leaders communautaires capables d'entreprendre des actions d'auto-promotion, avec la mise à disposition d'équipement minimum nécessaire.

- La planification, le financement, l'exécution et l'évaluation des actions de la lutte contre la malnutrition par les comités de gestion des centres de santé et les associations à base communautaire, à travers une intégration des ressources, une formation continue, une supervision régulière des agents et une coordination de l'exécution des activités par l'équipe cadre de district et le personnel technique de Terre des hommes.

Des résultats obtenus, on relève une évolution significative du taux de consultation infantile, qui est passé de 18% en 2000 à 70 % en 2002 pour le district sanitaire de Tougan avec une participation effective des mères alphabétisées aux activités de prévention.

Une évaluation à mi-parcours en 2002 du plan stratégique a mis en exergue la hausse des taux de couverture, l'amélioration de la qualité des activités de récupération nutritionnelle (prévention et cas légers au niveau communautaire; cas modérés en ambulatoire au niveau des centres de santé; cas sévères au niveau de l'hôpital de district) et la bonne fréquentation des centres par les femmes.

En conclusion, le recentrage des actions du projet à travers l'appui au district sanitaire qui est l'entité opérationnelle la plus décentralisée du système de santé au Burkina Faso basé sur la participation communautaire permet d'offrir des services nutritionnels continus, intégrés et globaux adaptés aux besoins des communautés. La reprise par d'autres acteurs de développement, de l'approche de réduction du problème de la malnutrition développée par Terre des hommes permettra d'avoir un impact durable à l'échelle du pays.

Mots-clés: Malnutrition – Enfants – Communauté – Mères - Communication

Thème 3 :

Transformation des aliments au niveau des ménages et des communautés en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments

Theme 3:

Food processing at household and community level for increased (micro)nutrient (bio)availability

Exposés introductifs

Introductory papers

Valorization of local cereals for urban markets in West Africa: potentials, constraints and future prospects

Hounhouigan Joseph D

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

Corresponding author: *hounjos@bj.refer.org*

Cereals are an important part of the diet in most West African countries. The major cereals consumed in this part of Africa are: maize, sorghum, millet, rice and wheat. Whereas the totality of the wheat is imported, rice, which is not produced sufficiently, is taking an important place, mostly in the diet of the urban population where imported rice is highly appreciated. Case studies achieved in some West African countries showed that the devaluation of Franc CFA in 1994 has resulted in a decrease of the global cereal consumption, a decrease of the wheat consumption, mostly within the high income population, a persistence of the rice consumption notably of imported rice, but in general, traditional cereals (maize, millet and sorghum) consumption has increased slightly in urban areas. Nevertheless, traditional local cereals have great potentials. Advantages should be taken from their high symbolic value and the extreme diversity of the traditional food forms, which still persist in rural areas, but are less known in urban areas. The promotion of their consumption requires some constraints to be overcome to improve the availability and physical and economical accessibility of more convenient derived products for urban area. This paper, based on the analysis of the existing documentation on the topic, focuses on the research actions to pursue or to conduct *(i)* for a better understanding of the traditional processing know-how, *(ii)* for solving the technological problems associated to the utilization of the traditional local cereals: choice of adapted varieties, designing, adaptation and building of appropriate equipments for sorting, dehulling, degerming, fermentation and drying, *(iii)* for the development of adapted technology and products, *(iv)* for the diversification of the cereal food forms. It focuses also on the development actions to undertake to promote viable small scale enterprises which can supply urban populations in West Africa with cheap local cereal products of good quality.

Key words: Valorisation – Maize – Sorghum – Millet – Rice - West Africa

La valorisation des céréales locales pour les marchés urbains en Afrique de l'Ouest: atouts, contraintes et perspectives

Hounhouigan Joseph D

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

Auteur correspondant: *hounjos@bj.refer.org*

Les céréales occupent une part importante dans la consommation alimentaire dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest. Les céréales les plus consommées dans cette partie de l'Afrique sont le maïs, le sorgho, le mil, le riz et le blé. Alors que la presque totalité du blé est importée, le riz, qui est encore insuffisamment produit, commence à prendre une place importante, surtout dans l'alimentation des populations urbaines où l'attrait pour le riz importé est important. Des études de cas réalisées dans certains pays de la sous-région montrent que la dévaluation du franc CFA, survenue en 1994, a entraîné une chute dans la consommation globale de céréales, une chute substantielle de la consommation du blé, surtout parmi les couches de population à haut revenu, une persistance de la consommation du riz au profit du riz importé, mais qu'en gros, les céréales traditionnelles locales (maïs, mil, sorgho) ont eu de faibles ou très modestes gains dans les régimes alimentaires urbains. Et pourtant, les céréales traditionnelles locales ne manquent pas d'atouts. Leur forte symbolique et l'extrême diversité des formes traditionnelles de consommation, encore persistante en milieu rural, mais peu connue en milieu urbain, restent à exploiter. La promotion de leur consommation nécessite que des contraintes soient levées pour améliorer la disponibilité et l'accessibilité physique et économique de produits dérivés, plus commodes d'emploi en milieu urbain. Cette communication, basée sur une exploitation de la documentation existante, met l'accent sur les actions de recherche à mener ou à poursuivre *(i)* pour une meilleure connaissance des savoir-faire traditionnels à exploiter, *(ii)* pour lever les contraintes d'ordre technologique à l'utilisation des céréales traditionnelles locales: choix variétal, conception ou adaptation et réalisation d'équipements appropriés de triage, de décorticage-dégermage, de fermentation et de séchage, *(iii)* pour promouvoir le développement de technologie et de produits adaptés, *(iv)* et pour diversifier les formes de consommation des céréales. Elle aborde également les actions de développement à entreprendre pour la promotion d'entreprises viables pouvant approvisionner les villes en Afrique de l'Ouest en produits à base de céréales locales, de bonne qualité et à des prix compétitifs.

Mots-clés: Valorisation – Maïs – Sorgho – Mil – Riz - Afrique de l'Ouest

Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement

Olusola Oyewole B
Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria 110001.
Corresponding author: *oyewoleb@skannet.com* or *solaoyew@hotmail.com*

African countries are not just facing the problems of food insecurity but that of nutritional insecurity. Nutritional insecurity in Africa manifests itself in the form of macronutrient and micronutrient deficiencies in the diets of the people. Attention is currently being focussed on the essential micronutrients because they play important roles in some metabolic processes and in foetal and child's mental developments. Deficiencies in some of these micronutrients had been identified as having widespread public health consequences. In this paper, micronutrients were defined as those vitamins and minerals needed in very small amounts that must be present in the diet to stimulate cellular growth and metabolism. Chronic micronutrient deficiencies in Africa were those associated with Vitamin A, Iron, Iodine, Zinc and Folic acid. The economic and social implications of these micronutrient deficiencies were highlighted. In Africa, anaemia due to iron and Vitamin A deficiencies is the underlying cause of 20% of maternal deaths. About 3% of babies born to iodine deficient mothers suffer from cretinism and severe mental and physical retardations. Projections had shown that in the next seven years, about 9 million children in Africa will suffer from varying degrees of mental impairment because their mothers were iodine deficient while pregnant. The possibility of solving the micronutrient deficiency problems through food based strategies was discussed. The need to employ a crop that is indigenous to the people for micronutrient intervention and enhancement was noted.

Cassava was recognized as a suitable candidate for micronutrient intervention in Africa. Cassava is not just a starchy root crop. While the cassava root is made up of about 80% starch, it also contains some quantities of mineral elements including calcium (50 mg/100 g); magnesium (64 mg/100g) and iron (12 mg/100g). The cassava leaves has been found to be rich in Vitamin A (11,775 microgram beta carotene equivalent per gram), protein (7%), iron (7.6 mg/g) and phosphorus 119 mg/g. This paper discusses traditional cassava processing in Africa and the wide range of food products which are got from this singular crop. The need to develop appropriate processing and diets from the micronutrient rich cassava leaves were discussed. The fortification of cassava root products with protein rich legumes and the use of vitamin and protein enriching microorganisms for the fermentation processes as a strategy of enhancing the nutritional quality of the products are presented in this paper.

Strategies for employing cassava as a vehicle for micronutrient intervention include the promotion of fermentation processes to improve bioavailability of micronutrients in cassava diet; micronutrient fortification of cassava products; the changing of dietary attitude that will allow consumption of cassava products with local fruits and other vegetables which are rich in micronutrients; the co-processing of cassava with some micronutrient-rich vegetables and the promotion of cassava leaves as an important micronutrient source.

Strategies for improving micronutrient status of the African people include research on indigenous nutritional knowledge; studies into the micronutrient status of lesser known African foods; micronutrient fortification, processing to improve bioavailability and awareness promotion on the economics of micronutrient deficiencies in the continent.

Key words: Cassava – Micronutrients – Traditional processing

Amélioration de la transformation traditionnelle du manioc pour améliorer les situations nutritionnelles

Olusola Oyewole B

Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria 110001.

Auteur correspondant: *oyewoleb@skannet.com* ou *solaoyew@hotmail.com*

Les pays africains ne font pas seulement face aux problèmes d'insécurité alimentaire mais aussi à ceux de l'insécurité nutritionnelle qui se manifeste sous la forme de carences en macro- et micronutriments. Actuellement, l'attention est portée sur les micronutriments essentiels car ils jouent des rôles importants dans certains processus métaboliques et dans le développement fœtal et mental de l'enfant. Les carences en certains micronutriments ont été identifiées comme ayant des conséquences importantes sur la santé publique. Dans cette contribution, les micronutriments sont définis comme des vitamines et des minéraux indispensables qui doivent être présents en très petites quantités dans l'alimentation pour stimuler la croissance cellulaire et le métabolisme. Les carences chroniques en micronutriments en Afrique sont celles relatives à la Vitamine A (VA), au fer, à l'iode, au Zinc et à l'acide folique. Les implications économiques et sociales de ces carences en micronutriments sont soulignées. En Afrique, l'anémie résultant de carences en fer et en VA est la cause sous-jacente de 20% de la mortalité maternelle. Environ 3% de bébés nés de mères déficientes en iode souffrent de crétinisme et de retards mentaux et physiques sévères. Des projections ont démontré que, dans les 7 prochaines années, environ 9 millions d'enfants en Afrique souffriront, à des degrés divers, de faiblesse intellectuelle parce que leurs mères étaient déficientes en iode pendant leur grossesse. La possibilité de résoudre les problèmes de carence en micronutriments à travers des stratégies reposant sur les aliments est discutée. Le besoin d'utiliser une culture indigène dans le cadre de programmes d'intervention et de promotion est souligné. Le manioc a été reconnu comme un candidat approprié pour des interventions relatives aux micronutriments en Afrique. Le manioc n'est pas seulement une racine riche en amidon (80% de la matière sèche), il contient aussi des éléments minéraux comme le calcium (50 mg/100g), le magnésium (64 mg/100g) et le fer (12 mg/100g). Il a été démontré que les feuilles de manioc sont riches en VA (11 775 mg d'équivalent β-carotène/g), en protéines (7 g/100g), en fer (7,6 mg/g) et en phosphore (119 mg/g). La contribution passe en revue les transformations traditionnelles du manioc en Afrique et la large gamme de produits alimentaires obtenus à partir de cette culture singulière. Le besoin de développer un mode de transformation et des plats appropriés à partir des feuilles de manioc est discuté. Comme exemple de stratégie permettant d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits, il est également question de la fortification des produits issus des racines de manioc par des légumes riches en protéines et par l'utilisation de microorganismes permettant de les enrichir en vitamines et en protéines au cours de procédés fermentaires. Les stratégies basées sur l'utilisation du manioc comme vecteur dans les interventions portant sur les micronutriments nécessitent la promotion de processus fermentaires pour améliorer la biodisponibilité des micronutriments, la fortification en micronutriments des produits dérivés du manioc; l'adoption d'habitudes alimentaires qui permettent la consommation du manioc avec des fruits et des légumes locaux; la co-transformation du manioc avec certains légumes et la promotion des feuilles de manioc. Les stratégies pour l'amélioration du statut en micronutriments en Afrique doivent prendre en compte des recherches sur la connaissance nutritionnelle indigène, des études de la teneur en micronutriments d'aliments africains peu connus, la fortification, les procédés de transformation pour améliorer la biodisponibilité et la prise de conscience des conséquences économiques des carences en micronutriments sur le continent.

Mots-clés: Manioc – Micronutriments – Transformation traditionnelle

Communications orales

Presentations

Nutritional potentialities and traditional process of starchy crops in the Côte d'Ivoire

Amani* Georges N, Kamenan Alphonse

Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies des Aliments (UFR / STA), Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

*Corresponding author: *amanigeorges@yahoo.fr*

In Africa, the shortage of reliable database on the population eating habits makes sometimes difficult the implementation of food safety policy. Thus, a study has been conducted on methods of traditional starch based meals preparation, Ivorians eating habits, nutritional levels of usually consumed crops (yams, cassava, plantain).

Therefore, an investigation on eating habits in the district of Abidjan was conducted with a sample of 300 people of both sexes aged from 15 to 60 years old. This inquiry has been completed by raw materials chemical analysis and by a study of different flour susceptibility to a-amylase.

With regard to the obtained answers, about 37 traditional starch based dishes have been listed (18, 12 and 7 meals respectively from cassava, plantain and yam). These meals can be divided according to 4 methods of preparation: fried, roasted, boiled and steamed. For breakfast Abidjan inhabitants prefer fermented cassava based couscous «*Attiéké*» and boiled yam or «*N'gbo*» (respectively 29.6% and 24.1%). For lunch are preferred, pounded plantain and pounded yam (respectively 44.2% and 21.1%). For snack ripened fried plantain or «*Alloco*» is preferred by 71.7% of questioned people while for dinner the population prefers stew type dish or « *Akpessi* » and pounded plantain.

The ripened plantain and the yam cultivar «*kponan*» (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) are the most requested, respectively by 47.3% and 33.8%, and are also the sweetest (respectively 20% and 7% of sucrose content). Yams contain a lot of crude proteins up to 10% on dry basis for the cultivar «*bètè-bètè*» (*Dioscorea alata*). Cassava and green plantain are the crops with the highest energy values (~ 394 calories/100g dry matter). The in vitro test of digestibility shows that boiled flours present higher susceptibility to enzymatic hydrolysis than the roasted ones. From all the methods of preparation, mash or «*Allouboué*» and stew or «*Apkessi*» seem to be those that keep the most of original nutrients.

The control of traditional technology, of eating habits and of nutritional potentialities of tropical crops is necessary to define a good nutritional policy and increase their value-add.

Key words: Starchy crops- chemical composition- eating habit- digestibility- Côte d'Ivoire

Potentialités nutritionnelles et technologie traditionnelle de transformation des denrées amylacées en Côte d'Ivoire

Amani* Georges N, Kamenan Alphonse

Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies des Aliments (UFR / STA), Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant : *amanigeorges@yahoo.fr*

En Afrique, l'insuffisance de base de données fiables sur les habitudes alimentaires de la population rend parfois difficile la mise en œuvre de politiques durables de sécurité alimentaire. Ainsi, une étude a été réalisée sur les différents modes de préparation des plats traditionnels à base de féculent, les habitudes alimentaires des Ivoiriens et les potentialités nutritionnelles des denrées couramment consommées (igname, manioc et banane plantain).

Pour ce faire, une enquête de consommation sous forme de questionnaires a été réalisée dans la ville d'Abidjan auprès d'un échantillonnage de 300 personnes des deux sexes âgés de 15 à 60 ans. Cette enquête a été complétée par des analyses chimiques des matières premières et par l'étude de la sensibilité des différentes farines obtenues à l'a-amylase.

Au regard des réponses obtenues, environ 37 plats traditionnels à base de féculent ont été répertoriés avec respectivement 18 mets à base de manioc, 12 à base de banane et 7 plats à base d'igname. Les mets peuvent être repartis selon quatre types de cuisson: la friture, la cuisson au four ou sur la braise, la cuisson à l'eau et la cuisson à la vapeur.

Au petit déjeuner, la population abidjanaise déclare préférer le couscous de manioc aigre «*Attiéké*» et la bouillie d'igname ou «*N'gbo*» (29,6% et 24,1%, respectivement). Au déjeuner, sont préférées les pâtes pilées de féculents «*Foutou*» (44,2% pour le foutou banane et 21,1% pour le foutou igname). Au goûter, la friture de banane mûre ou «*Alloco*» est préférée par 71,7% des personnes enquêtées alors qu'au dîner c'est le ragoût d'igname ou «Akpessi» et le foutou de banane qui ont la préférence de la population urbaine d'Abidjan.

Les aliments les plus demandés, qui sont la banane mûre (47,3%) et l'igname (33,8%) (principalement de la variété *Kponan* de l'espèce *Dioscorea cayenensis-rotundata*), sont aussi les plus sucrés (20% et 7% de sucre respectivement). Les ignames sont les plus riches en protéines brutes avec des teneurs pouvant aller jusqu'à 10% en base sèche chez la variété *bètè-bètè* (*Dioscorea alata*). Le manioc et la banane verte sont les féculents les plus énergétiques (~ 394 calories/100g de matière sèche). Le test de digestibilité *in vitro* montre que les tubercules cuits à l'eau sont plus sensibles à l'hydrolyse enzymatique que ceux qui sont cuits dans la braise ou au four. De toutes les techniques culinaires, la purée ou «*Allouboué*» et le ragoût ou «*Apkessi*» semblent être celles qui préservent le mieux l'essentiel des nutriments.

La bonne maîtrise de ces technologies traditionnelles, des préférences alimentaires et des potentialités nutritionnelles des denrées tropicales permettrait de définir une vraie politique de valorisation industrielle.

Mots-clés: Amylacés - Composition chimique - Habitude alimentaire – Digestibilité – Côte d'Ivoire.

Effect of germination on the content in oxidative enzymes, amylases, starch and phenolic compounds in grains of fifty sorghum varieties from Burkina Faso: relevance in food applications

Dicko[1,2,3*] Mamoudou H, Gruppen[2] Harry, Zouzouho[3] Obou C, Traoré[3] Alfred S, Van Berkel[1] Willem JH, Voragen[2] Alphons GJ

1 Laboratory of Biochemistry and 2Laboratory of Food Chemistry, Department of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, PO Box 8128, 6700 ET Wageningen, The Netherlands.
3 Lab. de Biochimie, CRSBAN, UFR-SVT, Un. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
*Corresponding author: *mdicko@univ-ouaga.bf*

Sorghum is the first staple food in Burkina-Faso. Information on (bio)chemical composition is required to judge sorghum cultivars for their suitability for processing to a specific food. phenolic compounds (PC) and their anabolic and catabolic related oxidative enzymes such as phenyl alanine ammonia lyase (PAL), peroxidase (POX), and polyphenol oxidase (PPO) play an important role in plant metabolism and derived food quality. In addition content in starch component (amylose and amylopectin) and starch splitting enzymes (α-amylase and ß-amylase) is of crucial importance in sorghum processing. The content in these biochemical parameters is known to affect quality characteristics such as appearance, flavour, bioavailability of nutrient, digestibility, health-promoting properties, and food processing. Biochemical screening of sorghum varieties before and after germination revealed difference in qualitative and quantitative contents in PC, PAL, POX, PPO, amylase, total starch, amylose and amylopectin. The average content before germination in total phenolics, proanthocyanidins (tannins), apigeninidin, luteolinidin, and flavan-4ol is 0.88% 0.24%, 0.03%, 0.02%, and 0,16%, respectively. After germination the content in these PC was either constant, decreasing or increasing according to varieties. The general trend of the ratio between content after versus before germination was 1.11, 1.26, 1.18, 1.24 and 0.68 fold in total phenolics, proanthocyanidins, apigeninidin, luteolinidin, and flavan-4ol, respectively. The highest amount of PC was found in varieties V6 (Cauga 22-20), V17 (Farkakofsi 781), V18 (Framida), V19 (G1636), V27 (IRAT 202) V30 (IRAT 9), V37 (Nafo-Natogué) and V50 (Zugilga). The antioxidant activities of sorghum PC were assessed by monitoring their capacity to scavenge a chemically generated free ABTS+ radical and also by their power to reduce Mo^{VI} to Mo^{V}, e.g. the phosphomolydenium assay. Antioxidant activities were expressed as Trolox (water soluble derivative of vitamin E) antioxidant equivalent (TAE) or vitamin C antioxidant equivalent (VCAE). Results showed a positive correlation between proanthocyanidin contents and antioxidant activities of sorghum varieties. Varieties displaying the highest antioxidant activities were V6 (77-95 TAE or 2-4 VCE), V10 (69-72 TAE or 3-5 VCAE), V17 (79-99 TAE or 4-5 VCAE), V18 (65-82 TAE or 1-3 VCAE), V19 (104-119 TAE or 2-3 VCAE), V30 (63-100 TAE or 2-3 VCAE), V37 (86-105 TAE or1-2 VCAE) and V50 (78-100 TAE or 2-4 VCAE). Total starch, amylose and amylopectin contents in sorghum varieties were ranging from 58-69%, 9-20%, 45-60%, respectively. Germination decreases the content of starch components, however total reducing sugars increased 2-4 fold after this process. The average α-amylase, ß-amylase, PAL, POX, monophenolase PPO, and diphenolase PPO specific activities in sorghum grain were ranging from 1-8U/mg, 2-14U/mg, 0-13mU/mg, 8-93U/mg, 0-1mU/mg, and 40-56mU/mg, respectively. In most of varieties, activities of ß-amylase and PPO were decreasing 1.3 fold and 1.8 fold, respectively after germination. However, germination increases activities of α-amylase, PAL, POX, by 1-24 fold, 1-10 fold, 1-10 fold, respectively. These results clearly show the effect of germination in food related enzymes. The malt of the variety (V28) displaying high α-amylase activity together with low oxidase activity and proanthocyanidin free, was shown to be useful for preparation of infant porridge. Indeed, its viscosity at 25% (w/v) in water is in an acceptable range of viscosity for infant consumption (1000-3000 mPa.s). Comparison of biochemical parameters and energetic values (estimated in term of content in lipids, carbohydrate and proteins) before and after germination may be useful as selection markers for breeding sorghum for specific applications.

Key words: Sorghum – Phenolic compounds – Proanthocyanidins – Tannins – amylase

Effet de la germination sur la composition en enzymes oxydantes, amylases, amidon et composés phénoliques dans les grains de cinquante variétés de sorghos du Burkina Faso : relevance en applications alimentaires

Dicko[1,2,3*] Mamoudou H, Gruppen[2] Harry, Zouzouho[3] Obou C, Traoré[3] Alfred S, Van Berkel[1] Willem JH, Voragen[2] Alphons GJ

1 Laboratory of Biochemistry and 2Laboratory of Food Chemistry, Department of Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen University, PO Box 8128, 6700 ET Wageningen, The Netherlands.
3 Lab. de Biochimie, CRSBAN, UFR-SVT, Un. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *mdicko@univ-ouaga.bf*

Le sorgho est le principal aliment de base au Burkina Faso. Connaître sa composition (bio)chimique est nécessaire pour sélectionner les variétés cultivées sur leur aptitude à subir une transformation particulière. Les composés phénoliques (CP) et les enzymes impliquées dans leur anabolisme et leur catabolisme telles que la phénylalanine ammonium lyase (PAL), peroxydase (POX), polyphénol oxydase (PPO) jouent un rôle important dans le métabolisme de la plante et la qualité des aliments dérivés. De plus, les teneurs en amidon et en enzymes qui le dégradent (α et ß-amylase) sont d'une importance capitale dans la transformation du sorgho. Les teneurs en ces paramètres biochimiques sont connues pour influer sur des caractéristiques qualitatives telles que l'apparence, la saveur, la biodisponibilité des nutriments, la digestibilité, la qualité nutritionnelle et la transformation alimentaire. Le screening biochimique des variétés de sorgho, avant et après germination, met en évidence des différences qualitative et quantitative au niveau des teneurs en CP, PAL, POX, PPO, amylase, amidon total, amylose et amylopectine. La teneur moyenne avant germination en phénols totaux, proanthocyanidines (tanins), apigénine, lutéolidine, et flavan-4ol est, respectivement, de 0,88% 0,24%, 0,03%, 0,02%, et 0,16%. Après germination, la teneur en ces PC reste constante, augmente ou diminue, selon les variétés. Les moyennes des rapports après/avant germination des teneurs en phénols totaux, proanthocyanidines, apigénine, lutéolidine et flavan-4ol sont, respectivement, de 1,11, 1,26, 1,18, 1,24 et 0,68. Les teneurs les plus élevées en phénol totaux ont été rencontrées dans les variétés V6 (Cauga 22-20), V17 (Farkakofsi 781), V18 (Framida), V19 (G1636), V27 (IRAT 202), V37 (Nafo-Natogué) et V50 (Zugilga). Les propriétés antioxydantes des PC du sorgho ont été déterminées par leur capacité à récupérer des radicaux d'ABTS_+ chimiquement générés et aussi par leur pouvoir réducteur du Mo^{VI} en Mo^{V} (test au phosphomolybdène). Les activités antioxydantes sont exprimées en équivalent antioxydant du Trolox (dérivé hydrosoluble de la vitamin E) (TAE) ou en équivalent antioxydant de la vitamine C (VCAE). Les activités antioxydantes des variétés du sorgho sont corrélées positivement avec leurs teneurs en proanthocyanidines. Les variétés possédant les activités antioxydantes les plus élevées sont V6 (77-95 TAE or 2-4 VCE), V10 (69-72 TAE ou 3-5 VCAE), V17 (79-99 TAE ou 4-5 VCAE), V18 (65-82 TAE ou 1-3 VCAE), V19 (104-119 TAE ou 2-3 VCAE), V30 (63-100 TAE ou 2-3 VCAE), V37 (86-105 TAE ou 1-2 VCAE) et V50 (78-100 TAE ou 2-4 VCAE). Les teneurs en amidon, amylose et amylopectine dans les variétés de sorgho sont, respectivement, de l'ordre de 58-69%, 9-20%, 45-60%. La germination diminue la teneur en amidon tandis qu'elle multiplie 2 à 4 fois les teneurs en sucres réducteurs totaux. Les activités spécifiques moyennes de l'α-amylase, ß-amylase, PAL, POX, monophenolase PPO, et diphenolase PPO dans les grains de sorgho varient, respectivement, de 1 à 8U/mg, 2 à 14U/mg, 0 à 13mU/mg, 8 à 93U/mg, 0 à 1mU/mg, et 40 à 56mU/mg. Pour la plupart des variétés, les activités ß-amylase et PPO sont divisées, respectivement, par 1,3 et 1,8 après germination. En revanche, la germination augmente les activités α-amylase, PAL, POX, respectivement de 1 à 24 fois, de 1 à 10 fois et de 1 à 10 fois. Ces résultats montrent clairement l'effet de la germination sur les enzymes d'intérêt alimentaire. Le malt de la variété V28, qui possède à la fois une activité α-amylasique élevée et une activité oxydase faible et qui est dépourvu de proanthocyanidines, s'est révélé être utilisable pour la préparation de bouillies infantiles. En effet, cette variété permet d'obtenir des bouillies avec des concentrations en farine de 25% (p/v) possédant des viscosités acceptables pour la consommation des enfants (1000-3000 mPa.s). La comparaison des paramètres biochimiques et des valeurs énergétiques (estimées à partir des teneurs en lipides, glucides et protéines) avant et après germination pourrait être utile pour la sélection de variétés de sorgho en vue d'applications particulières.

Mots-clés: Sorgho – Composés phénoliques –Proanthocyanidines – Tannins - Amylase

Influence of lactic-acid fermentation of cereal gruels on enteropathogenic bacteria growth and in human intestines

Kingamkono Rose R
Tanzania Commission for Science and Technology, P.O. Box 4302, Dar es Salaam, Tanzania
Corresponding author: *rkingamkono@costech.or.tz*

Togwa, a lactic-fermented cereal gruel, widely consumed in Tanzania as a soft drink and a complementary food for young children was evaluated for its potential to inhibit growth of common enteropathogenic bacteria and heat-labile (LT) enterotoxin production. Single strains of enteropathogenic bacteria were inoculated into the gruel at the beginning of the fermentation process initiated using three different starters namely: a starter culture (SC) prepared by inoculum recycling of a previous togwa batch; germinated sorghum flour (GSF) or a combination of SC and GSF. Number of viable cells (CFU/ML) for each enteropathogenic bacteria was then measured from samples collected at intervals during the fermentation process. The presence of LT enterotoxin was also determined from the samples using Chinese hamster ovary cell test.

In a community study, prevalence of enteropathogenic bacteria in rectal faecal swabs from healthy children was measured before, during and after consumption of togwa. Children consuming unfermented gruel were used as controls. At a pediatric ward, young children with diarrhoea were given *togwa* or unfermented cereal gruel. Recovery of intestinal mucosal damage was measured using the lactulose:mannitol (L/M ratio) permeability test. Age matched healthy children from a local maternal and child health clinic were used as controls.

Results showed that combining a daily recycled SC and GSF resulted in a faster decrease in pH and growth inhibition of enteropathogenic bacteria ($p<0.05$) than using either of the starters alone. The growth inhibition rate was correlated with pH development ($r=0.71$; $p<0.01$). Production of LT enterotoxin was inhibited in *togwa* but not in control gruels. Compared with baseline, the prevalence of pathogenic faecal bacteria was reduced during the study period in children consuming *togwa* ($p<0.001$). Children in the *togwa* group showed a faster drop in L/M ratio between admission day and day three compared with the other two study groups ($p<0.04$). The L/M ratio on day three was also lower ($p<0.01$) than in the other two groups.

In conclusion, togwa prepared using a combination of a daily-recycled SC with GSF results in accelerated increase in acidity, which is a key factor to the inhibitory effect to common enteropathogenic bacteria. This makes such *togwa* to have a potential in inhibiting the growth of common enteropathogenic bacteria and production of LT enterotoxins. A regular consumption of such *togwa* could protect young children from being exposed to potential diarrhoea causing bacteria or being colonized with them. The recovery of intestinal mucosa damaged during diarrhoea was faster in children consuming *togwa.*

Key words: fermented – porridge – inoculum - antimicrobial effect

Influence de la fermentation lactique des bouillies de céréales sur le développement des bactéries entéropathogènes et dans les intestins humains

Kingamkono Rose R

Tanzania Commission for Science and Technology, P.O. Box 4302, Dar es Salaam, Tanzania

Auteur correspondant: *rkingamkono@costech.or.tz*

Le *Togwa*, bouillie préparée à partir de céréales ayant subi une fermentation lactique, est largement consommé en Tanzanie comme boisson non alcoolisée et comme aliment de complément pour les jeunes enfants. Son aptitude à inhiber le développement des bactéries entéropathogènes les plus répandues ainsi que la production d'entérotoxines thermolabiles (LT) est évaluée. Des souches pures de bactéries entéropathogènes ont été inoculées dans la bouillie au début du processus de fermentation en utilisant 3 starters différents: une culture starter (CS) préparée en utilisant un inoculum provenant d'un précédent togwa, de la farine de sorgho germée (FSG) ou une combinaison de CS et FSG. Le nombre de cellules viables (CFU/ML) de chaque bactérie entéropathogènes est ensuite mesuré à partir d'échantillons collectés à différents moments au cours de la fermentation. La présence d'entérotoxines LT dans les échantillons a aussi été déterminée à l'aide d'un test utilisant des cellules ovariennes de hamster chinois.

Au cours d'une étude en milieu communautaire, la prévalence de bactéries entéropathogènes dans les prélèvements fécaux du rectum d'enfants sains a été mesurée avant, pendant et après la consommation de *togwa*. Des enfants consommant des bouillies non fermentées ont été utilisés comme témoins. Dans une unité hospitalière pédiatrique, on a donné aux enfants du togwa ou de la bouillie de céréales non fermentées et évalué la guérison de lésions de la muqueuse intestinale en utilisant le test de perméabilité au lactulose:mannitol (L/M ratio). Des enfants sains en provenance d'un centre local de santé maternelle et infantile ont été appariés aux précédents pour servir de contrôle.

Les résultats ont montré qu'en combinant une CS recyclée quotidiennement et de la FSG on obtenait une diminution plus rapide du PH et une inhibition plus forte des bactéries entéropathogènes ($p<0,05$) qu'en utilisant l'un ou l'autre des deux starters séparément. Le taux d'inhibition de la croissance était corrélé avec la diminution du pH ($r=0,71$; $p<0,01$). La production de l'entérotoxine LT a été inhibée dans le *togwa* mais pas dans la bouillie de contrôle. Comparée à celle dans le témoin de départ, la prévalence de bactéries fécales pathogènes a diminué pendant la période d'étude chez les enfants consommant le *togwa* ($p<0,001$). Les enfants du groupe *togwa* ont montré une diminution plus rapide du rapport L/M entre le jour d'admission et le 3e jour que les enfants des deux autres groupes de l'étude ($p<0,04$). Le rapport L/M au 3e jour était aussi plus bas ($p<0,01$) que dans les deux autres groupes.

En conclusion, le *togwa* préparé en utilisant une combinaison de SC recyclée quotidiennement et de la FSG se caractérise par une augmentation plus rapide de l'acidité qui est un facteur clé de l'effet inhibiteur sur les bactérie entéropathogènes ordinaires. Cela confère au *togwa* la possibilité d'inhiber le développement des bactéries entéropathogènes et la production d'entérotoxines LT. Une consommation régulière du *togwa* permet de protéger les jeunes enfants contre les diarrhées dues aux bactéries ou d'être colonisés par elles. La guérison de la muqueuse intestinale endommagée durant la diarrhée a été plus rapide chez les enfants ayant consommé du *togwa*.

Mots-clés: fermenté - bouillie – inoculum - effet antimicrobien

Improving the digestibility and availability of nutrients from sorghum flour through improved malting techniques

Mbofung* Carl MF, Fombang Edith N
Department of Food Science and Nutrition, ENSAI, University of Ngaoundere, Cameroon
*Corresponding author: *cmbofung@yahoo.com*

Although sorghum is a staple for millions in Africa and offers great potential for use in the formulation of complementary foods for infants, the optimum bioavailability of its nutrients is often curtailed by the presence of antinutritional factors (ANF). Germination has been reported to reduce the concentration of ANF in malted grains and to improve its nutritional quality. The degree to which germination influences these changes has been shown to vary with germination conditions and grain variety. The present study was carried out to determine the interactive effect of varying malting conditions (steeping time, steeping temperature and duration of germination) on the level of some nutrients and ANF (phytic acid, alpha amylase inhibitors, trypsin inhibitors and tannins) in sorghum grains. It was hoped that, in attaining this objective some information could be obtained that would contribute towards the definition of suitable malting conditions necessary to significantly reduce ANF concentrations and at the same time limit nutrient loss and improve digestibility and availability of nutrients.

Cleaned sorghum (Madjeri variety) samples obtained from IRAD – Cameroun was steeped in distilled water five times its weight for volume for 8, 12 & 16 hrs at 28, 30 & 35 °C respectively, and germinated for various periods of 0, 24, 48, & 72h at 30°C. The steep solutions were analysed for specific conductivity, leached sugars and proteins. Steeped grains, germinated grains and unsteeped controls were analysed for proteins, fat, ash and carbohydrates, water soluble sugars and proteins, phytates, alpha amylase inhibitors, tannins, trypsin, pepsin protein digestibility and malting loss.

The effect of germination on the different parameters measured was found to be significantly influenced by the duration of germination as well as steeping conditions. Thus when steeped for 16h at 28°C and germinated for 72hrs at 30°C. in vitro pepsin digestibility increased by 28%. When these conditions were maintained and only the steeping temperature modified to 30° or 35°C the relative in vitro digestibility increased by 42.6 and 33.5% respectively. Using second order polynomial response contour plot equations, steeping at between 30 and 33 °C for 10 to 16 hours and germinating for 72h at 30°C was estimated to be the optimal conditions for the production of sorghum malt of good nutritional quality and digestibility and with negligible levels of ANF.

Key words: Sorghum – Malting – Digestibility - Nutrient availability - Antinutritional factors

Amélioration de la digestibilité et de la disponibilité des nutriments de la farine de sorgho à l'aide de techniques améliorées de maltage

Mbofung* Carl MF, Fombang Edith N

Département Sciences des aliments et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun

*Auteur correspondant : *cmbofung@yahoo.com*

Bien que le sorgho soit un aliment de base pour des millions de personnes en Afrique et offre un grand potentiel d'utilisation pour l'élaboration des aliments de complément pour les nourrissons, la biodisponibilité optimale de ses nutriments est souvent réduite par la présence de facteurs anti-nutritionnels (FAN). La germination est connue pour réduire la concentration en FAN dans les grains maltés et améliorer leurs qualités nutritionnelles. Il a été démontré que le degré auquel la germination influence ces changements varie avec les conditions de germination et la variété du grain. La présente étude a été menée pour déterminer les effets et les interactions de différentes modalités de maltage (durée de trempage, température de trempage et durée de germination) sur les teneurs en certains nutriments et FAN (acide phytique, inhibiteurs d'alpha amylase, inhibiteurs de la trypsine et tanins) dans les grains de sorgho. On espèrait que l'atteinte de cet objectif permettra d'obtenir certaines informations susceptibles de contribuer à la définition de conditions de maltage adéquates indispensables pour réduire significativement les concentrations en FAN et en même temps limiter la perte de nutriments et améliorer la digestibilité et la disponibilité des nutriments.

Des échantillons de sorgho nettoyés (variété Madjeri) obtenus auprès de l'IRAD-Cameroun, ont été trempés dans des volumes d'eau distillée équivalents à 5 fois leur masse pendant 8, 12 et 16 heures à 28, 30 et 35°C, respectivement, et mis à germer pendant 0, 24, 48 et 72 heures à 30°C. Des mesures de conductivité spécifique et des déterminations de teneurs en sucres et en protéines dissoutes ont été réalisées dans les eaux de trempage. Les grains trempés, les grains germés et des contrôles correspondant à des grains non trempés ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en protéines, lipides, cendres, glucides, sucres et protéines solubles dans l'eau, phytates, inhibiteurs d'alpha amylase, ainsi que la digestibilité à la trypsine et à la pepsine de leurs protéines et les pertes au cours du maltage.

Les effets de la germination sur les différents paramètres mesurés se sont révélés significativement influencés par la durée de germination ainsi que par les conditions de trempage. Ainsi, la digestibilité *in vitro* par la pepsine est augmentée de 28% quand les grains sont trempés pendant 16h à 28°C et germé pendant 72 heures à 30°C. Lorsque ces conditions sont maintenues et que seule la température de trempage est modifiée pour atteindre 30°C ou 35°C, la digestibilité *in vitro* augmente, respectivement de 42,6 et 33,5%. En utilisant des équations polynomiales de second degré, on a pu estimer qu'un trempage entre 30 et 33°C pendant 10 à 16 heures et une durée de germination de 72h à 30°C correspondent aux conditions optimales pour la production de malt de sorgho ayant une bonne qualité nutritionnelle, une bonne digestibilité et de faibles teneurs en FAN.

Mots-clés: Sorgho – Maltage – Digestibilité – Disponibilité de la substance nutritive – facteurs anti-nutritionnels

Improvement of infant feeding in rural area: the experience of the Nutrimad program in Madagascar

Ralison[1*] Charlotte, Ahimana[2] Cyridion, Arnaud[3] Luc, Trèche[4] Serge

1 LABASAN, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Antananarivo, Madagascar
2 UNICEF, BP 732, Behoririka, 101 Antananarivo, Madagascar
3 GRET, BP 1563, 101 Antananarivo, Madagascar
4 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.
*Corresponding author: *rahari@refer.mg*

In the Madagascar rural areas, prevalences of wasting and stunting of children less than 3 years of age are, respectively 49.2 and 7.4%. Feeding practices are characterised by a too early introduction of complementary foods, which are inappropriate to the nutritional needs and characteristics of infant and young children.

In this context, the Nutrimad program, led jointly by the GRET, the IRD, the LABASAN and the UNICEF and financed by the French Committee for the UNICEF, added activities dedicated to the improvement of young child feeding to the activities developed within the program "*Nutrition à Assise Communautaire*" (NAC) implemented for several years by UNICEF and the Ministry of Health. This program is based on the involvement of previously trained village volunteers.

The specific Nutrimad activities consist on two components: on the one hand, the production of a composite flour (*Koba mazika*) edible as gruel and a food complement (FC) intended to be added to *vary sosoa* (soft rice crushed after cooking in an excess of water) and, on the other hand, a nutrition education campaign aimed at improving the schedule of food introduction and promoting the consumption, from the age of 6 months, of complementary foods prepared from the composite flour (gruel) or the FC.

The composite flour and the FC are manufactured in a small unit by the members of a local NGO (ASOS) in charge of the follow-up of the village volunteers. Besides the activities initially foreseen in the NAC program (*monthly weighting, involvement in vaccination campaigns, agricultural popularisation...*), village volunteers are in charge of the diffusion of nutrition education messages and the promotion/sale, in counterpart of a reasonable margin, of the composite flour and the FC.

The composite flour includes maize flour, rice flour, malted mungbean flour and a mineral and vitamin premix (CMV) in which the mothers add oil and eventually sugar during the gruel preparation. The mungbean flour constitutes a source of proteins, partially rid of its anti-nutritional factors by the effect of germination, and at the same time a source of α-amylases permitting to increase the energy density energy of the gruels. The FC is a blend of germinated mungbean flour and CMV that confers, after addition to *vary sosoa*, appropriate consistency, energy density and nutrient balance.

The Nutrimad strategy is implemented in 12 pilot sites of the Brickaville district. Its impact on the nutritional status of 6-to-18-month-old children is under assessment by comparison to 12 control sites. This impact will be compared to those of other African rural community strategies, notably in Burkina Faso.

Key words: Infant feeding - nutrition intervention – village volunteer - fortification - germination

Amélioration de l'alimentation infantile en zone rurale: l'expérience du programme Nutrimad à Madagascar

Ralison[1*] Charlotte, Ahimana[2] Cyridion, Arnaud[3] Luc, Trèche[4] Serge

1 LABASAN, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Antananarivo, Madagascar
2 UNICEF, BP 732, Behoririka, 101 Antananarivo, Madagascar
3 GRET, BP 1563, 101 Antananarivo, Madagascar
4 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.
*Auteur correspondant : *rahari@refer.mg*

En zones rurales à Madagascar, les prévalences de retard de taille et de maigreur chez les enfants < 3 ans sont, respectivement, de 49,2 et 7,4%. Les pratiques alimentaires se caractérisent par l'introduction souvent trop précoce d'aliments de complément au lait maternel et par leur inadaptation aux besoins et caractéristiques des jeunes enfants

Dans ce contexte, le programme Nutrimad, mené par le GRET, l'IRD, le LABASAN et l'UNICEF et financé par le Comité français pour l'UNICEF, a ajouté un volet consacré à l'amélioration de l'alimentation de jeune enfant aux activités développées dans le cadre d'un programme de «*Nutrition à Assise Communautaire*» (NAC) mis en place depuis plusieurs années par l'UNICEF et le Ministère de la Santé et qui s'appuie, au niveau de chaque village, sur des volontaires villageois préalablement formés.

Le volet d'activités Nutrimad comprend deux composantes: d'une part, la production d'une farine composée (*Koba mazika*) consommable sous forme de bouillies et d'un complément alimentaire (CA) destiné à être ajouté au *vary sosoa* (riz mou écrasé après cuisson dans un excès d'eau) et, d'autre part, de l'éducation nutritionnelle ciblée sur l'amélioration des calendriers d'introduction des aliments et sur la promotion de la consommation, à partir de l'âge de 6 mois, d'aliments de complément préparés à partir de la farine composée (bouillie) ou du CA.

La farine composée et le CA sont fabriqués au sein d'une petite unité par les animateurs d'une ONG locale (ASOS) en charge du suivi des volontaires villageois. Ces derniers assurent, outre les activités initialement prévues dans le programme NAC (*pesée mensuelle, participation aux campagnes de vaccinations, vulgarisation agricole...*), la diffusion de messages d'éducation nutritionnelle et la promotion/vente, en contrepartie d'une marge raisonnable, de la farine composée et du CA.

La farine, à laquelle les mères rajoutent de l'huile et, éventuellement, du sucre au moment de la préparation de la bouillie, est composée de farines de maïs, riz, ambérique germée et d'un complément minéral et vitaminique (CMV). La farine d'ambérique constitue à la fois une source de protéines, en partie débarrassée de ses facteurs antinutritionnels par l'effet de la germination, et une source d'α-amylases permettant d'augmenter la densité énergétique des bouillies. Le CA est un mélange de farine d'ambérique germée et de CMV qui confère au *vary sosoa*, après ajout, une consistance, une densité énergétique et un équilibre en nutriments appropriés.

La stratégie Nutrimad est mise en place dans 12 sites pilotes de la sous-préfecture de Brickaville. Son impact sur l'état nutritionnel des enfants de 6-17 mois est en cours d'évaluation par comparaison à 12 sites témoins. Cet impact sera comparé à celui d'autres stratégies communautaires mises en place en Afrique, notamment au Burkina Faso.

Mots-clés : Alimentation infantile - Intervention nutritionnelle - Volontaires villageois -fortification – germination

Effect of the consumption of fortified gruels of high-energy density on intakes, growth and iron and vitamin A status of infants between 6 and 10 months in rural sahelian zones

Traoré[1,3]* Tahirou, Zagré[2] Noël, Traoré[1] Alfred S, Trèche[3] Serge

1 CRSBAN/UFR-SVT/Univ. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

2 IRSS/CNRST, 09 BP 471 Ouagadougou 09, Burkina Faso

3 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France

*Corresponding author: *ttahirou@ird.bf*

Introduction: In Burkina Faso, stunting and wasting affect, respectively, 37 and 13% of young children under 5 years. It is between 6 and 24 months of age, corresponding to the complementary feeding period, that the prevalence of protein energy malnutrition rises. In order to contribute to the improvement of this worrying nutritional situation, a study was carried out from December 2001 to May 2002 in the village of Ouarégou (*Province of Boulgou, Burkina Faso*). Its objective was to verify the effectiveness of improved gruels (IG), by incorporation of malted flour and micronutrients, to increase energy intake and promote growth and better micronutrients status in infants of 6 to 10 months of age.

Methods: Two groups of 42 children, having comparable anthropometrical and biological characteristics as well as morbidity, and consuming regularly from 6 months of age, for the first, IG, and for the second, traditional gruels (TG) usually prepared in the households, have been followed during 4 months in order to compare energy intake, growth and changes in haemoglobin and serum retinol concentrations. Flour used for IG preparation was composed of millet *(49.0%)*, soybean *(18.0%)*, malted sorghum *(8.7%)*, sugar *(10.3%)*, peanut *(6.2%)*, pulp of "néré" *(6.0 %)*, iodized salt *(0.67%)*, $CaCO_3$ *(0.67%)* and mineral and vitamin complement (0.41). Morbidity and feeding practices were followed up weekly. Intakes of gruel, other complementary foods and drinks as well as frequency and duration of feedings were measured at home on sub samples of 12 infants aged of 7, 8, 9 and 10 months in each group. For each infant, blood samples and anthropometrical measures were taken at 6 and 10 months.

Results: The consumption of IG of high energy (106 kcal/100g) and nutrient densities permitted a significant increase of energy intake from gruels (11.4 vs 2.9 kcal/kg/day; $p<10^{-5}$) compared with that obtained from TG of low energy (39 kcal/100g) and nutrient densities. However, the quantities of gruel consumed by the two groups remain much lower than infant theoretical gastric capacity. The consumption of IG by infants from 6 to 10 months allowed a significant increase of growth in size (1.4 vs 1.1 cm/month; $p<10^{-3}$) and haemoglobin concentration (+ 8.2±18.9 vs – 5.7±21.5 g/l; $p<0,01$). A significant increase of serum retinol concentration was observed between 6 and 10 months, but the difference between the two groups was not significant.

Conclusion: The consumption of gruels with high energy and nutrient densities permitted a significant improvement of energy intake compared to TG. Otherwise, it proved effective to improve growth and iron status of young children between 6 and 10 months of age.

Key words: Gruels – Energy density – Growth – Iron – Vitamin A

Effet de la consommation de bouillies fortifiées de haute densité énergétique sur les ingérés, la croissance et le statut en fer et en vitamine A d'enfants de 6 à 10 mois en zones rurales sahéliennes

Traoré[1,3]* Tahirou, Zagré[2] Noël, Traoré[1] Alfred S, Trèche[3] Serge

1 CRSBAN/UFR-SVT/Univ. Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
2 IRSS/CNRST, 09 BP 471 Ouagadougou 09, Burkina Faso
3 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France
*Auteur correspondant : *ttahirou@ird.bf*

Introduction: Au Burkina Faso, le retard de croissance et l'émaciation touchent, respectivement, 37 et 13% des enfants de moins de 5 ans. C'est entre l'âge de 6 et 24 mois, correspondant à la période d'alimentation complémentaire, que s'installe la malnutrition protéino-énergétique chez le jeune enfant. En vue de contribuer à l'amélioration de cette situation nutritionnelle, une étude a été menée de décembre 2001 à mai 2002 dans le village de Ouarégou (*Province du Boulgou, Burkina Faso*). Son objectif était de vérifier l'efficacité de bouillies améliorées (BA), par incorporation de farine maltée et de micronutriments, à augmenter les ingérés énergétiques et promouvoir la croissance et un bon statut en micronutriments chez les enfants de 6 à 10 mois.

Méthodologie: Deux groupes de 42 enfants, ayant des caractéristiques anthropométriques et biologiques ainsi qu'une morbidité comparables et consommant de manière régulière à partir de l'âge de 6 mois, soit des BA, soit des bouillies traditionnelles (BT), ont été suivis pendant 4 mois de façon à comparer leur niveau d'ingéré, leur croissance et l'évolution de leurs concentrations en hémoglobine et en rétinol sérique. La farine servant à la préparation des BA était composée de mil *(49,0%)*, de soja *(18,0%)*, de sorgho germé *(8,7%)*, de sucre *(10,3%)*, d'arachide *(6,2%)*, de pulpe de néré (6,0 %), de sel iodé *(0,67%)*, de $CaCO_3$ *(0,67%)* et de CMV *(0,41%)*. Les ingérés de bouillies, des autres aliments de complément, de boissons ainsi que la fréquence et la durée des tétées ont été mesurés à domicile sur des sous-échantillons de 12 enfants à l'âge de 7, 8, 9 et 10 mois. Un suivi hebdomadaire de la morbidité et des pratiques alimentaires a été effectué. Des prélèvements sanguins et des mesures anthropométriques ont été effectués à 6 et 10 mois.

Résultats: La consommation des BA de haute densité en énergie (106 kcal/100g) et en nutriments a permis une augmentation très significative des ingérés énergétiques à partir des bouillies (11,4 vs 2,9 kcal/kg/jour; $p<10^{-5}$) par rapport à ceux obtenus à partir des BT (39 kcal/100g). Toutefois, les quantités de bouillie consommées par les deux groupes restent bien inférieures à la capacité gastrique théorique des nourrissons. La consommation des BA par les enfants de 6 à 10 mois a permis une amélioration significative, d'une part, de la croissance en taille (1,5 vs 1,1 cm/mois; $p<10^{-3}$) et, d'autre part, de la concentration en hémoglobine (+ 8,2±18,9 vs – 5,7±21,5 g/l ; $p<0,01$). Une augmentation importante de la teneur en rétinol sérique a été observée entre 6 et 10 mois, mais la différence n'est pas significative entre les deux groupes.

Conclusion: La consommation de bouillies de haute densité en énergie et en nutriments a permis une amélioration significative des ingérés énergétiques par rapport aux bouillies traditionnelles. Par ailleurs, elle s'est révélée efficace pour améliorer la croissance et le statut en fer des enfants entre 6 et 10 mois.

Mots-clés : Bouillies – Densité énergétique – Croissance – Fer – Vitamine A

Affiches

Posters

Effect of nixtamalization on the chemical and functional properties of maize

Afoakwa[1*] Emmanuel O, Sefa-Dedeh[1] Samuel, Cornelius[2] Beatrice, Sakyi-Dawson[1] Esther

1 Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana P. O. Box 134, Legon-Accra, Ghana.
2 Department of Food Science & Technology, 1109 Experimental Station, University of Georgia, Griffin, GA 30223 U.S.A.

*Corresponding author: *e_afoakwa@yahoo.com*

The high utilization and consumption levels of maize in developing countries calls for investigations into new methods of processing to help introduce variety as well as improve the functionality and nutrient quality of maize-based foods. Nixtamalization or alkaline cooking is a traditional processing technique which can be employed to improve the nutritive quality as well as introduce variety into maize processing and utilization in Africa. It is therefore important to know the extent to which the process of nixtamalization influences the chemical and functional properties of maize during processing. The objective of this study was to determine the effect of nixtamalization on the chemical, functional, textural and cooking characteristics of maize.

A 2 x 4 factorial experiment with cooking time (0, 30 min) and lime concentration (0, 0.33, 0.5 and 1.0%) was performed. Chemical composition (moisture, protein and ash), pH, titratable acidity, water absorption, colour, cooked paste viscosity and texture of the products were determined using standard analytical methods.

The cooking time and lime concentration significantly ($p<0.05$) influenced the moisture (28.3-45.8 g/100g), pH (6.10-7.88) and colour of the samples. Water absorption capacity was dependent on the lime concentration and all the indices increased with increasing lime concentration used. The effect of lime concentration on the cooked paste viscosity, ash and protein was not significant ($p<0.05$), however a slight increase in protein content was observed.

Nixtamalization of maize resulted in increased pH, moisture, water absorption and yellowing of the derived products. Maize nixtamals can therefore be prepared from maize with acceptable product quality characteristics, which with the appropriate moisture can be used for the production of different nixtamalized snack products thereby introducing variety to maize processing in Africa.

Key words: Maize - Nixtamalization - Chemical composition - Functional properties - Textural properties

Effet de la nixtamalisation sur les propriétés chimiques et fonctionnelles du maïs

Afoakwa[1*] Emmanuel O, Sefa-Dedeh[1] Samuel, Cornelius[2] Beatrice, Sakyi-Dawson[1] Esther

1 Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana P. O. Box 134, Legon-Accra, Ghana.
2 Department of Food Science & Technology, 1109 Experimental Station, University of Georgia, Griffin, GA 30223 U.S.A.

*Auteur correspondant : *e_afoakwa@yahoo.com*

Les niveaux élevés d'utilisation et de consommation du maïs dans les pays en développement justifient la réalisation de recherches sur de nouvelles méthodes de transformation pour contribuer à la diversification en améliorant en même temps la fonctionnalité et la qualité nutritive des aliments à base de maïs. La nixtamalisation, ou cuisson alcaline, est une technique de transformation traditionnelle qui peut être employée pour améliorer la qualité nutritive tout en introduisant une diversification dans la transformation et l'utilisation du maïs en Afrique. Il est cependant important de connaître les effets du procédé de nixtamalisation sur les propriétés chimiques et fonctionnelles du maïs durant la transformation. L'objectif de cette étude était de déterminer l'effet de la nixtamalisation sur les caractéristiques chimiques, fonctionnelles, structurales et de cuisson du maïs.

Une expérience factorielle 2 x 4 prenant en compte le temps de cuisson (0, 30 min) et la concentration en chaux (0 / 0,33% / 0,5% et 1,0%) a été effectuée. La composition chimique (humidité, protéine et cendre), le pH, l'acidité titrable, l'absorption d'eau, la couleur, la viscosité de la pâte cuite et la texture des produits ont été déterminés en utilisant les méthodes d'analyse standard.

Le temps de cuisson et la concentration en chaux ont influencé significativement ($p<0,05$) l'humidité (28,3-45,8 g/100g), le pH (6,10-7,88) et la couleur des échantillons. La capacité d'absorption d'eau était dépendante de la concentration en chaux et tous les indices ont augmenté avec la concentration en chaux. L'effet de la concentration en chaux sur la viscosité de la pâte cuite et sur les teneurs en cendres et protéines n'a pas été significatif ($p<0,05$), cependant une légère augmentation de la teneur en protéines a été observée.

La nixtamalisation du maïs s'est traduite par une augmentation du pH, de l'humidité, de l'absorption d'eau et par le jaunissement des produits dérivés. Les nixtamals du maïs peuvent donc être préparés avec des caractéristiques de qualité acceptables et être utilisés, à un taux d'humidité appropriée, pour la production de différents snacks nixtamalisés, introduisant ainsi une diversification dans les modes de transformation de maïs en Afrique.

Mots-clés: Maïs - nixtamalisation - composition chimique - propriétés fonctionnelles - propriétés structurales

Influence of cowpea addition and dehydration technique on the nutritive value and rheological properties of maize-based traditional foods

Annor* George A, Afoakwa Emmanuel O, Sefa-Dedeh Samuel, Sakyi-Dawson Esther
Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana, P.O. Box LG 134, Legon-Accra, Ghana.
*Corresponding author: *georgeannor@yahoo.com*

Fortification of cereal-based traditional foods with legume protein can improve their nutritional value. The objective of this work was to find out the extent to which the addition of cowpea affects the desirable quality characteristics of traditional foods prepared from fermented maize and also to assess the effect of dehydration technique on the nutritive value, physico-chemical, functional and rheological properties of the products.

A 3 x 2 factorial experiment with cowpea level and dehydration method as the respective variables was done. Three different modified traditional foods namely Oven-dried fermented maize flour, Solar-dried fermented maize flour and *Hausa Koko* (a West African maize-based spiced product) were processed. These modified traditional foods were prepared by steeping maize in water for 24 hours, mixed with cowpea and co-milled into a meal. A 50%-moisture dough was made with the addition of water and fermented for 24 hours. The solar and oven-dried products were dehydrated using solar drier (40-60°C for 72 hours) and oven drier (60°C for 8 hours), and packaged in polypropylene bags prior to the analysis. The *Hausa Koko* product was processed with the addition of spices to the fermented maize flour and prepared using traditional methods including steeping and fermentation. Proximate analysis (moisture, protein, fat, ash, fibre and carbohydrate), pH, titratable acidity, fat acidity, water absorption and rheological properties (pasting temperature, peak viscosity, viscosity at 95°C and 95°C-hold, and viscosity at 50°C and 50°C-hold) were evaluated using standard analytical methods.

Cowpea addition caused only minimal changes in the proximate composition with the exception of protein content, which increased remarkably from 10.5 to 14.3%, 10.7 to 14.4% and 10.4 to 14.7% with 20% cowpea addition respectively for the solar-dried, oven-dried and *Hausa Koko* products. The dehydration techniques used caused no remarkable changes in the proximate and chemical composition of the products. The product pH and fat acidity increased with concomitant decreases in titratable acidity with increasing cowpea addition. The cowpea level and dehydration method resulted in comparable rheological properties with pasting temperatures ranging from 72.6 to 73.6 °C, peak viscosities between 2620 and 2780 BU and viscosities at 50 °C between 2400 and 2720 BU for both the oven-dried and solar-dried fermented maize flours.

The application of cowpea fortification and dehydration to traditional foods suggests a viable option of promoting the nutritional qualities of African maize-based traditional foods with acceptable rheological and cooking qualities.

Key words: African traditional foods – Cowpea fortification – Dehydration method – Nutritive value – Rheological properties

Influence de l'ajout de niébé et de la technique de séchage sur la valeur nutritionnelle et les propriétés rhéologiques des aliments traditionnels à base de maïs

Annor* George A, Afoakwa Emmanuel O, Sefa-Dedeh Samuel, Sakyi-Dawson Esther
Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana, P. O. Box LG 134, Legon-Accra, Ghana.
*Auteur correspondant: *georgeannor@yahoo.com*

La fortification des aliments traditionnels à base de céréales par les protéines de légumineuses peut améliorer leur valeur nutritionnelle. L'objectif de ce travail était, d'une part, de mettre en évidence dans quelle mesure l'ajout de niébé modifie les caractéristiques de qualité souhaités des aliments traditionnels préparés à partir de maïs fermenté et, d'autre part, d'évaluer l'effet de la technique de séchage sur la valeur nutritionnelle ainsi que sur les propriétés physico-chimiques, fonctionnelles et rhéologiques de ces produits.

Une expérience factorielle 3 x 2 avec comme facteurs de variation le taux d'incorporation du niébé et la technique de séchage a été réalisée. Trois différents aliments traditionnels modifiés ont été pris en compte: la farine de maïs fermenté séché à l'étuve; la farine de maïs fermentée séchée au soleil ; et le *Hausa Koko* (un produit épicé ouest africain à base de maïs). Ces aliments traditionnels modifiés ont été préparés par trempage du maïs dans l'eau pendant 24 heures, mélange avec du niébé et broyage simultanée. Une pâte avec 50% d'humidité a été obtenu par addition d'eau et fermentation pendant 24 heures. Les produits séchés au soleil et à l'étuve ont été déshydratés en utilisant un séchoir solaire (40-60°C pendant 72 heures) et une étuve (60°C pendant 8 heures) et emballés dans des sacs en polypropylène avant d'être analysés. Le produit *Hausa Koko* a été préparé en ajoutant des épices à la farine de maïs fermenté et en utilisant les méthodes traditionnelles comprenant un trempage et une étape de fermentation. L'analyse globale (humidité, protéines, matières grasses, cendres, fibres et glucides), le pH, l'acidité titrable, l'acidité des matières grasses, l'absorption d'eau et les propriétés rhéologiques (température de gélatinisation, viscosité maximum, viscosité à 95°C et après maintien à 95°C, viscosité à 50°C et après maintien à 50°C) ont été mesurés en utilisant les méthodes analytiques standard.

L'ajout de niébé a provoqué seulement de faibles modifications au niveau de la composition globale, sauf pour la teneur en protéines, qui a augmenté de façon importante, en réponse à l'addition de 20% de niébé, de 10,5 à 14,3 g/100g, de 10,7 à 14,4 g/100g et de 10,4% à 14,7 g/100g, respectivement dans les produits séchés au soleil, séchés en étuve et dans le *Hausa Koko*. Les techniques de déshydratation utilisées n'ont pas occasionnés de variations importantes au niveau de la composition globale des produits. Le pH du produit et l'acidité des matières grasses ont augmenté avec des baisses concomitantes de l'acidité titrable avec l'addition de niébé. L'addition de niébé et la méthode de déshydratation n'ont pas modifié notablement les propriétés rhéologiques avec des températures de gélatinisation variant de 72,6 à 73,6°C, des viscosités maxima comprises entre 2620 et 2780 BU et des viscosités à 50°C entre 2400 et 2720 BU que les farines de maïs fermenté aient été séchées en étuve ou au soleil.

L'utilisation de la fortification par le niébé et le séchage des aliments traditionnels constituent des options intéressantes pour améliorer les qualités nutritionnelles des aliments traditionnels africains à base de maïs tout en préservant leurs qualités rhéologiques et culinaires.

Mots-clés: Aliments traditionnels africains – Fortification au niébé – Méthode de déshydratation – Valeur nutritive – Propriétés rhéologiques

Study of *Bi-Kalga* composition: a protein rich traditional condiment, obtained by fermentation of Guinea sorrel seeds (*Hibiscus sabdariffa L.*)

Bengaly* Marcel D, Bere Augustin B, Traore Alfred S

CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouagadougot 03, Burkina Faso.

*Corresponding author: *marcel.bengaly@univ-ouaga.bf*

Bi-Kalga (in mooré: Guinea sorrel *soumbala*) is a burkinabè traditional condiment obtained by natural fermentation of Roselle seeds or Guinea sorrel (*Hibiscus sabdariffa L.*). This sauce condiment is known in Burkina under various vernacular names: *Ganyiri-Kôlo* (Bissa language), *Kiri-Tiin* (Samo language), and *Dâtou* (Safing language). Its traditional preparation consists in a natural fermentation for 72 hours of Roselle seeds cooked for a long time (about 10 hours) in alkaline medium (pH@ 8). Roselle seeds are rich in proteins (25-30 %), so the fermentation would increase their protein content as well as an improvement of nutritional value. Then *Bi-Kalga* would be an interesting source of proteins for human diet. The objective of our study was to determine the proximate composition of *Bi-Kalga* and the seeds used in its preparation in order to show the advantageous effect of the fermentation on the protein value of this condiment.

Eighteen samples of *Bi-Kalga* have been collected into 4 ethnic groups where the consumption of this condiment is current. Those are *Mossi* (10 samples), *Samo* (4 samples), *Bissa* (2 samples) and *Dafing* (2 samples). Six samples of Roselle seeds have been collected in the regions of Centre, Centre North and West of Burkina. The water levels of the samples (seeds and *Bi-kalga)* have been determined by desiccation to 103 ± 2°C (AFNOR NFV 04-401) and the mineral salts levels by incineration 500-550°C (AOAC Ba 5a-49). The ions K^+ and Na^+ have been measured by flame spectrophotometry (*Corming 410*) and the ions Fe^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+} and Ca^{2+} by atomic absorption spectrophotometry (*Perkin-Elmer 303*). The total proteins (N x 6.25) have been measured by Kjeldahl method. Fat have been determined by hexane Soxhlet extraction (AOCS Ba 3-38). Total sugars have been measured by sulfuric orcinol according to *Montreuil* and *Spik method.*

These analyses showed that *Bi-Kalga* is composed of an average content of proteins of 34% (MS). It can be considered as an interesting source of proteins for human diet. The comparison of the seed composition and the fermented product composition shows that fermentation leads to about 5% increase of proteins. On the other hand, there is no significant difference in lipid content between the seeds and the fermented seeds (20%). Total carbohydrate content in the seeds (25-30%) decreases about 10% during the fermentation. *Bi-Kalga* includes in average 10% of mineral salts the most important of which is potassium (30g/100g of raw ashes).

It can be concluded that from its composition, *Bi-Kalga* is comparable to *Soumbala* (obtained by fermentation of *Parkia biglobosa* seeds), which is considered as a good substitute of meat in sahelian diet.

Key words: *Hibiscus sabdariffa* – Fermentation – Proteins – Burkina

Etude de la composition du *Bi-Kalga* : un condiment traditionnel riche en protéines, obtenu par fermentation des graines d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa L.*)

Bengaly* Marcel D, Bere Augustin B, Traore Alfred S
CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
*Auteur correspondant: *marcel.bengaly@univ-ouaga.bf*

Le *Bi-Kalga* (du mooré: *soumbala* d'oseille de Guinée) est un condiment traditionnel burkinabè obtenu par fermentation spontanée des graines de Roselle ou oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa L.*). Ce condiment des sauces est connu au Burkina sous divers noms vernaculaires : *Ganyiri-Kôlo* (langue bissa), *Kiri-Tiin* (langue samo), et *Dâtou* (langue dafing). Sa préparation traditionnelle consiste en une fermentation naturelle de 72 heures des graines de Roselle longuement cuites (environ 10 heures) en milieu alcalin (pH@ 8). Les graines de Roselle étant riches en protéines (25-30%), la fermentation devrait assurer un relèvement de leurs teneurs en protéines ainsi qu'une amélioration de la valeur nutritive. Le *Bi-Kalga* serait alors une source intéressante de protéines pour l'alimentation humaine. L'objectif de notre étude était donc d'accéder à la composition macromoléculaire du *Bi-Kalga* et des graines utilisées dans sa préparation afin de démontrer l'effet bénéfique de la fermentation sur la valeur protéique de ce condiment.

Dix huit échantillons de *Bi-Kalga* ont été collectés chez 4 groupes ethniques où la consommation de ce condiment est courante. Il s'agit des groupes ethniques *Mossi* (10 échantillons), *Samo* (4 échantillons), *Bissa* (2 échantillons) et *Dafing* (2 échantillons). Six échantillons de graines de roselle ont été collectés dans les régions Centre, Centre Nord et Ouest du Burkina. Les teneurs en eau des échantillons (graines et *Bi-kalga)* ont été déterminées par dessiccation à 103±02°C (AFNOR NFV 04-401) et les teneurs en sels minéraux par incinération 500-550°C (AOAC Ba 5a-49). Les ions K^+ et Na^+ ont été dosés par spectrophotométrie de flamme (*Corming 410*) et les ions Fe2+, Mg2+, Cu^{2+} et Ca^{2+} par spectrophotométrie d'absorption atomique (*Perkin-Elmer 303*). Les protéines totales (N x 6,25) ont été dosées par la méthode de Kjeldahl. Les matières grasses ont été déterminées par extraction à l'hexane au Soxhlet (AOCS Ba 3-38). Les sucres totaux ont été dosés à l'orcinol sulfurique selon la méthode de Montreuil et Spik.

Ces analyses ont montré que le *Bi-Kalga* renferme en moyenne 34% (MS) de protéines. Il peut donc être considéré comme une source intéressante de protéines pour l'alimentation humaine. La comparaison de la composition des graines à celle du produit fermenté, montre que la fermentation entraîne un relèvement des taux de protéines de l'ordre de 5%. Par contre, on n'observe aucune différence significative entre les teneurs en lipides des graines et celles des graines fermentées (20%). Les taux de glucides totaux dans les graines (25-30%) subissent une baisse de l'ordre de 10% au cours de la fermentation. Le *Bi-Kalga* renferme en moyenne 10% de sels minéraux dont le plus important est le potassium (30g/100g de cendres brutes).

On peut donc conclure que le *Bi-Kalga* est, de par sa composition comparable au *Soumbala* (obtenu par fermentation des graines de *Parkia biglobosa*), considéré comme un bon substitut des viandes dans l'alimentation des sahéliens.

Mots-clés: *Hibiscus sabdariffa* – Fermentation – Protéines – Burkina

Enterococcal bacteriocins from food sources

Castro Araceli, Ben Omar Nabil, Abriouel Hikmate, Lucas Rosario, Martínez-Cañamero Magdalena, Pérez-Pulido Rubén, Grande María J, Gálvez* Antonio

Universidad de Jaén, Área de Microbiología, Facultad de Ciencias Experimentales, 23071-Jaén, Spain

*Corresponding author: *agalvez@ujaen.es*

Enterococci are found as part of the natural microbiota of many traditional fermented foods in Mediterranean and African countries. These fermentations often rely on the know-how of small producers and in this way face similar problems of food control and safety as small producing units from West Africa. Many lactic acid bacteria produce bacteriocins, which can be used as natural biopreservatives in foods, based on their long history of safe use and the inhibition of food spoilage and pathogenic bacteria. Enterococcal bacteriocins may be useful for preservation of traditional fermented foods.

In the present study, a collection of fifty strains isolated from food sources were screened for bacteriocin production. Thirteen strains of *Enterococcus faecium* and four strains of *E. faecalis* were able to produce antimicrobial substances in liquid media. PCR amplification experiments indicated that ten of the strains possess genes encoding for the known bacteriocins enterocin A, B and P. In addition, two strains were positive for enterocin A and B genes, and one strain was positive for enterocin B and P genes. Three strains were negative for all the bacteriocin primers tested, which indicates that they may produce novel bacteriocins.

The time course of bacteriocin production differed from strain to strain. Some bacteriocins were detected in culture supernatants during exponential phase of growth, while others were only detected at stationary phase. Partially-purified concentrates from cultured broths were obtained by ammonium sulfate precipitation and dialysis. Activity of concentrates was lost after incubation with trypsin. However, most of the concentrates retained antimicrobial activities after being exposed to heat, extremes of pH or reducing agents.

All bacteriocin extracts were active against *Listeria innocua* and *L. monocytogenes*. They were also active against a variable number of *E. faecalis* and *E. faecium* strains, although the spectra of inhibition were different for most of the extracts. Only three extracts were active against the nisin Z producer strain *Lactococcus lactis* JCM 7638, and none of the extracts were active against *Bacillus cereus*, *B. coagulans*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* or yeasts. These results suggest that enterococcal bacteriocins from this work could find application for the selective inhibition of *Listeria* and spoilage enterococci strains in foods.

The use of molecular methods may be an approach of general interest for the screening of particular properties of lactic acid bacteria, including bacteriocin production. Traditional fermented foods from the Mediterranean area and Africa can be the source of new bacteriocins, as shown by this work. Furthermore, bacteriocinogenic strains with selected functional properties could be used to upgrade food quality and safety of African and Mediterranean countries through a directed fermentation.

Key words: Bacteriocins – Enterococci - Food preservation

Les Bactériocines produites par les entérocoques d'origine alimentaire

Castro Araceli, Ben Omar Nabil, Abriouel Hikmate, Lucas Rosario, Martínez-Cañamero Magdalena, Pérez-Pulido Rubén, Grande María J, Gálvez* Antonio

Universidad de Jaén, Área de Microbiología, Facultad de Ciencias Experimentales, 23071-Jaén, Spain

*Auteur correspondant: *agalvez@ujaen.es*

Les entérocoques font partie de la microbiote naturelle de beaucoup de produits fermentés traditionnels d'origine méditerranéenne et africaine. Ces fermentations se basent souvent sur le savoir-faire des petits producteurs et sont confrontées aux mêmes problèmes de contrôle et de sécurité alimentaire autour de la méditerranée et en Afrique de l'Ouest. Plusieurs bactéries lactiques produisent des bactériocines pouvant être utilisées comme agents bioconservateurs des aliments, compte tenu de leur utilisation ancienne dans le contrôle des fermentation en vue d'éliminer les bactéries pathogènes et de préserver les aliments.

Dans cette étude, une collection de 50 souches isolées de différents produits fermentaires a été étudiée au point de vue de la production de bactériocines. 13 souches de *Enterococcus faecium* et 4 souches de *E. faecalis* ont montré leur capacité à produire des substances antimicrobiennes en milieu liquide. L'amplification par PCR des gènes codant les bactériocines A, B et P a montré que 10 souches possèdent les gènes codant pour les bactériocines A, B et P. De plus, 2 souches étaient positives pour les entérocines A et B, et une souche était positive pour les bactériocines B et P. Cependant, 3 souches n'ont donné aucune amplification avec les amorces utilisés, ce qui indique que ces souches produisent probablement de nouvelles bactériocines.

Le temps nécessaire pour la production des bactériocines diffère d'une souche à une autre. Ainsi, quelques bactériocines ont été détectées dans les surnageants de cultures pendant la phase exponentielle de croissance, alors que d'autres ont été détectées pendant la phase stationnaire. Les concentrés partiellement purifiés de bactériocines ont été obtenus par précipitation avec le sulfate d'ammonium. L'activité de ces concentrés a été perdue après incubation avec la trypsine. Cependant, la majorité de ces concentrés ont été capables de conserver leur activité après avoir été exposés à la chaleur, à des pH extrêmes ou à des agents réducteurs.

Tous les extraits de ces bactériocines étaient actifs contre *Listeria innocua* et *L. monocytogenes*. Ils étaient aussi actifs contre un nombre variable de *E. faecalis* et *E. faecium*, bien que les spectres d'inhibition aient été différents pour la plupart des extraits. Seulement trois extraits étaient actifs contre la souche *Lactococcus lactis* JCM 7638 productrice de la nisine Z, et aucun de ces extraits n'était actif contre *Bacillus cereus*, *B. coagulans*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ou les levures. Ces résultats suggèrent que ces bactériocines produites par les entérocoques peuvent être appliquées dans l'inhibition sélective de *Listeria* et des souches d'entérocoques qui altèrent les produits alimentaires.

L'usage des méthodes moléculaires peut être une approche d'intérêt général pour l'étude des propriétés particulières des bactéries lactiques, y compris la production des bactériocines. Comme indiqué dans ce travail, les aliments traditionnels fermentés de la région méditerranéenne et de l'Afrique peuvent être une intéressante source de nouvelles bactériocines. En plus, si les souches productrices de bactériocines se révélaient avoir des propriétés fonctionnelles intéressantes, elles pourraient être utilisées pour contrôler et améliorer la qualité et la sécurité des aliments africains et méditerranéens à travers des fermentations dirigées.

Mots-clés: Bactériocines – Entérocoques – Conservation des aliments

Changes in the quality of a hand processed red palm oil in storage and retail conditions in Burkina Faso

Codjia[1*] Patrick, Zagré[2] Noël M, Somé[3] Issa S, Sawadogo[2] Boubacar

1 Department of Nutrition, University of Montreal, P.O. Box 6128 succ.centre-ville, Montréal, Qc, H3C 3J7, Canada

2 Nutrition Unit, Health sciences research institute, CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

3 Toxicology and analytic chemistry laboratory, UFR Health Sciences, University of Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Corresponding author: *patrick.codjia@umontreal.ca*

Introduction: In order to check the feasibility and the efficacy of the introduction of red palm oil (RPO) as a vitamin A source in the province of Sanmatenga (Burkina Faso), a pilot project, which activities were focused on the sale and the promotion of the consumption of an hand processed RPO, was implemented.

Objective: This study's goal is to follow the nutritional value (provitamin A content), physico-chemical and microbiological quality of the RPO in storage and retailing conditions.

Methods: Fresh RPO stored in plastic drums and glass bottles at room temperature were collected at baseline, then 1 and 2 months after storage. Samples were also collected from retailers in 3 villages up to 4 weeks after dispatching. Tests were performed in the Universities of Ouagadougou (Burkina Faso) and Montreal (Canada): High performance liquid chromatography was used for the provitamin A content of the RPO; moisture, acidity and impurities levels were measured for the physico-chemical quality of RPO. Different bacterial counts were done to measure microbiological quality: mesophilus flora counts were done for the RPO's wholesomeness; total and fecal coliforms counts were done for the RPO's safety.

Results: Fresh RPO provitamin A content was 631 µg eq. ß-carotene/g or 105 µg of Retinol Activity Equivalent (RAE)/g. After 2 months of storage, the RPO content varied from 55 to 100 µg RAE/g according to the plastic drums and glass bottles. After a week in retailing conditions, RPO provitamin A content decreased to 85 µg RAE/g and finally reached 68 µg RAE/g after 4 weeks. During storage, the acidity level stayed at an acceptable level (between 5.5±0.21 and 6.5±0.05% of palmitic acid), even if the changes tend to be different from one drums and bottles to other and from one retailing village to another. Peroxide index also varies but stays under the cut-off value of 5 meq/kg. The moisture level was under 0.5% and remain low during the two months of storage; on retailing, this value is reached in one week. Microbial contamination is low; the main contamination agents are the mesophilus flora which appeared to coexist with total coliform only at retail level.

Conclusion: These results show that the quality of this hand processed RPO is acceptable. It remains acceptable when the oil is stored, but deteriorate quickly during retail as reflected by the loss up to 44.5% of its provitamin A content after 4 weeks. Improved hygiene and handling at retail level is warranted to slow down the damages on the RPO quality. Further tests need to be performed to determine more precisely the shelf life of this hand processed RPO.

Key words: Red palm oil – Acidity - Vitamin A – Oxidation – safety

Évolution de la qualité d'une huile de palme rouge de production artisanale dans des conditions de stockage et de vente au détail au Burkina Faso

Codjia[1*] Patrick, Zagré[2] Noël M, Somé[3] Issa S, Sawadogo[2] Boubacar

1 Département de Nutrition, Université de Montréal, C.P. 6128 succ.centre-ville, Montréal, Qc, H3C 3J7, Canada

2 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

3 Laboratoire de Chimie analytique et de toxicologie, UFR Sciences de la santé, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *patrick.codjia@umontreal.ca*

Introduction: Afin de vérifier la faisabilité et l'efficacité de l'introduction de l'huile de palme rouge (HPR) comme source de vitamine A (VA) dans la province du Sanmatenga (Burkina Faso), un projet pilote, dont les activités étaient centrées sur la vente et la promotion de la consommation de l'HPR de production artisanale, a été mis en œuvre.

Objectif: Caractériser l'évolution de la qualité nutritionnelle (pouvoir vitamine A), physico-chimique et microbiologique de l'HPR dans les conditions réelles d'entreposage et de vente.

Méthodes: Des échantillons d'HPR stockée dans divers contenants (bidons en plastique et bouteilles en verre) à température ambiante dans un local ont été prélevés à l'entreposage, puis 1 et 2 mois après. D'autres échantillons ont été prélevés chez des vendeuses au détail dans 3 villages sur une période de 4 semaines. Les analyses réalisées dans les Universités de Ouagadougou (Burkina Faso) et Montréal (Canada) ont porté sur le pouvoir provitamine A par la chromatographie liquide à haute performance, puis sur les taux d'humidité, d'acidité, de peroxyde et d'impuretés pour les analyses physico-chimiques. Les analyses microbiologiques ont porté sur la numération de la flore mésophile pour la salubrité de l'HPR; un décompte des coliformes totaux, fécaux et d'E.Coli a été fait pour déterminer l'innocuité de l'huile.

Résultats: Au début de l'entreposage, l'HPR contenait 631 µg eq. ß-carotène/g, soit 105 µg Equivalent Activité Rétinol (EAR)/g. Après 2 mois de stockage, l'HPR contenait de 55 à 100 µg EAR/g selon le contenant. Au niveau de la vente, la teneur moyenne était de 85 µg EAR/g après une semaine et 68 µg EAR/g après 4 semaines. Au cours du stockage, le taux d'acidité reste à un niveau acceptable (entre 5,5±0,21% et 6,5±0,05% d'acide palmitique) bien que l'évolution soit variable selon les contenants et les sites de vente. L'indice de peroxyde de cette huile varie selon les contenants et les sites de vente mais reste sous le seuil de 5 meq/kg. Le taux d'humidité inférieur à 0,5% reste bas lors des deux mois de stockage ; chez les vendeuses, cette valeur est dépassée en moins d'une semaine. La contamination en microorganismes est faible, cependant la principale forme de contamination est la flore mésophile qui lors de la vente au détail, coexiste avec des coliformes totaux.

Conclusion: Ces résultats indiquent une qualité acceptable de l'HPR de production artisanale. Celle-ci se maintient en stockage mais se détériore rapidement en condition de vente au détail, notamment avec une perte de la teneur en provitamines A atteignant 44,5%. Une meilleure hygiène au niveau des vendeuses permettrait de ralentir la dégradation de l'huile. D'autres analyses sont nécessaires pour déterminer avec précision une durée maximale de conservation de l'huile.

Mots-clés: Huile de palme rouge – Acidité - Vitamine A – Oxydation – Innocuité

Amylolytic lactic acid bacteria from pozol: a natural potential to produce complementary foods ?

Díaz-Ruíz[1] Gloria, Guyot[2] Jean-Pierre, Ruíz-Terán[1] Francisco, Morlon-Guyot[2] Juliette, Wacher[1]* Carmen

1 Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
*Corresponding author: *wacher@servidor.unam.mx*

Pozol is a maize acid beverage of Mayan origin, consumed in Southeastern Mexico. It is obtained from natural fermentation of nixtamal (heat and alkali treated maize) dough, but nixtamalisation (alkaline cooking) is not widely used in Africa. Hence, it is of interest to compare *pozol* with African maize-based fermented foods. Lactic acid bacteria are responsible for acidification of the dough and as starch is the main carbohydrate of nixtamal, the participation of amylolytic lactic acid bacteria (ALAB) in this fermentation has been found to be important. In contrast with other starchy fermented foods from Africa in which *Lactobacillus* is the main ALAB, *Streptococcus bovis* is the dominant species during pozol fermentation. The purpose of the present study was to determine *Streptococcus bovis* main physiological characteristics with the aim to understand its role in this food ecosystem, as well as to evaluate its potential use to increase the energy density of nixtamal-based gruels to develop a new complementary food for young children.

S. bovis strain 25124 was grown on MRS-starch medium at 30°C. Concentrations of biomass, total and reducing sugars, lactic acid, glucose, maltose, oligosaccharides (from maltotriose to maltoheptaose), amylolytic activity and pH value were determined on the fermentation broth, sampled every 30 min. Stability of *S. bovis* amylase crude extracts at different pH values (3 - 7.5) and temperatures (15 - 60°C) was assessed.

S. bovis strain 25124 showed extremely low amylase yield relative to biomass [139 U (g cell dry weight)$^{-1}$] and specific rate of amylase production [130.7 U (g cell dry weight)$^{-1}$ h^{-1}]. In contrast, it showed a high specific growth rate (0.94 h^{-1}) and an efficient energy conversion yield to bacterial cell biomass [0.31 g biomass (g substrate)$^{-1}$]. These would confer the strain competitive advantage and are the possible reasons for its dominance during fermentation. *S. bovis* amylase was cell-associated, with optimum temperature of 30-37°C and neutral pH, but unstable at low pH values. It is an α-amylase and maltotetraose (G4) was the main intermediary maltooligosaccharide produced during starch hydrolysis.

Because of its physiological characteristics, *S. bovis* has a potential as a starter culture to ferment nixtamal dough. Its amylase should be able to hydrolyze starch and decrease the viscosity of nixtamal-based gruels; however, because of its instability at low pH values, it would only be active at the initial stages of fermentation.

Key words: *Pozol* – Nixtamal - Lactic acid bacteria – Amylase – Complementary foods.

Les bactéries lactiques amylolytiques du *pozol*: ont-elles un potentiel naturel pour produire des aliments de complément ?

Díaz-Ruíz[1] Gloria, Guyot[2] Jean-Pierre, Ruíz-Terán[1] Francisco, Morlon-Guyot[2] Juliette, Wacher[1]* Carmen

1 Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
*Auteur correspondant: *wacher@servidor.unam.mx*

Le *pozol* est une boisson acidulée d'origine Maya consommée au Sud-Est du Mexique. Elle est obtenue par fermentation naturelle du nixtamal (maïs cuit à la chaux), mais la technique de la nixtamalisation (cuisson alcaline) est très peu répandue en Afrique. Ainsi, une comparaison entre le *pozol* et les aliments fermentés africains à base de maïs présente un certain intérêt. Les bactéries lactiques sont responsables de l'acidification de la pâte et, l'amidon étant le principal glucide du nixtamal, les bactéries lactiques amylolytiques (BLA) ont un rôle déterminant. Contrairement à de nombreux aliments amylacés fermentés africains pour lesquels les principales BLA appartiennent au genre *Lactobacillus, Streptococcus bovis* est l'espèce qui domine pendant la fermentation du *pozol*. L'objectif de ce travail est de déterminer les principales caractéristiques physiologiques de *Streptococcus bovis* afin de comprendre son rôle dans cet écosystème alimentaire, et d'évaluer son utilisation potentielle pour augmenter la densité énergétique de bouillies préparées à partir de nixtamal, en vue de développer un nouvel aliment de complément du jeune enfant.

La souche *S. bovis* 25124 a été cultivée à 30°C en milieu MRS à base d'amidon. Les concentrations en biomasse, en sucres totaux et réducteurs, en acide lactique, glucose, maltose, oligoholosides (du maltotriose au maltoheptaose), l'activité amylolytique et le pH ont été déterminés dans le milieu de fermentation prélevé toutes les 30 min. La stabilité de l'amylase dans des extraits bruts de S. bovis a été déterminée à différents pH (3 à 7,5) et températures (15 à 60°C).

S. bovis 25124 a un rendement cellulaire en amylase [139 U (g poids sec cellulaire)$^{-1}$] et une vitesse spécifique de production d'amylase [130.7 U (g poids sec cellulaire)$^{-1}$ h^{-1}] extrêmement bas. En revanche, elle présente un taux spécifique de croissance (0.94 h-1) et un rendement cellulaire relatif au substrat consommé [0.31 g biomasse (g substrat)$^{-1}$] élevés. Ces dernières caractéristiques conféreraient à la souche un avantage compétitif et pourraient expliquer sa dominance pendant la fermentation. Son amylase est associée à la cellule et présente des optima de température entre 30-37°C et de pH à la neutralité, mais est instable aux bas pH. C'est une α-amylase qui produit à partir de l'amidon du maltotetraose comme principal maltooligoholoside.

De par ces caractéristiques, *S. bovis* pourrait être utilisé comme culture starter pour fermenter des pâtes de maïs nixtamalisées. Son amylase devrait être capable d'hydrolyser et de diminuer la viscosité de bouillies produites à partir de nixtamal. Toutefois, en raison de son instabilité aux bas pH, elle ne pourrait être active que pendant les premières heures de la fermentation.

Mots-clés: *Pozol* – Nixtamal – Bactéries lactiques – Amylase – Aliments de complément

Effect of processing and preservation on the iron and vitamin A levels of some species of Vernonia

Ejoh[1*] Richard A, Tanya[1] Agatha N, Djuikwo[1] Vivian N, Mbofung[1] Carl M

Department of Food Science and nutrition, ENSAI, University of Ngaoundere, P.O. Box 455 Ngaoundere, Cameroon

*Corresponding author: *ejohrab@yahoo.com*

Vernonia, commonly known as Bitterleaf in most West and Central African countries, is a widely consumed leafy vegetable in Cameroon. Though consumed by a large proportion of the population, cultivation is limited to the southern parts of the country and mostly in the rainy season. In order to ensure availability in non growing areas or seasons, the vegetable is usually processed and preserved. Processing and preservation methods used are thought to influence the nutrient content of these vegetables. The present study was carried out to determine the changes in iron and vitamin A levels due to different processing and preservation methods of four species of *Vernonia* (*V. amygdalina, V. calvoana* var. bitter, *V. colorata* and *V. calvoana* var. non bitter).

The processing methods were squeeze–washing, boiling and squeeze–washing with 0N, 1N and 2N concentrations of natron. The methods of preservation were drying, using solar radiation and moisture ovens at different temperatures (45, 60 and 75°C) and freezing for 0, 10, 30, 60 and 120 days. Vitamin A was analysed using Chromatographic method while iron content was determined by atomic absorption spectrophotometry.

Results show that these leafy vegetables are good sources of iron and vitamin A. Iron values vary from 6.4 ± 0.3 in *V. calvoana* to 15.2 ± 0.4mg/100gDW in *V. colorata* and are significantly ($p < 0,05$) affected by processing methods with losses amount to as much as 42% in the non bitter variety of *V. calvoana*. On the other hand the use of the natron (W2) leads to an increase of up to 9.5% in the iron content of *V. amygdalina*. Drying or freezing following processing did not affect iron levels. Vitamin A levels ranged from 30.0 ± 1.0 in *V. amygdalina* to 41.5 ± 1.0mg/100gDW in *V. colorata* for the raw samples and tended to diminish with processing especially in the very bitter species (*V. amygdalina* and *V. calvoana* var. bitter) that required intense squeeze-washing and rinsing. Freezing processed samples for up to 10 days had no significant influence on the vitamin A content.

On the whole, squeeze-washing and rinsing was the best treatment to preserve vitamin A. while the best temperature for drying was 45°C.

Key words: *Vernonia* species – Drying – Freezing – Iron – Vitamin A

Effet de la transformation et de la conservation sur les teneurs en fer et en vitamine A de certaines espèces de Vernonia

Ejoh[1]* Richard A, Tanya[1] Agatha N, Djuikwo[1] Vivian N, Mbofung[1] Carl M

Département Sciences des Aliments et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré, BP 455 Ngaoundéré, Cameroun

*Auteur correspondant: *ejohrab@yahoo.com*

Le *Vernonia*, généralement connu comme une feuille amère dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et centrale, est un légume-feuille largement consommé au Cameroun. Bien que consommé par une grande proportion de la population, sa culture est limitée à la partie Sud du pays, principalement pendant la saison des pluies. Afin d'assurer sa disponibilité en dehors des zones de culture et de la saison des pluies, ce légume-feuille est généralement transformé et conservé. On pense que les méthodes de transformation et de conservation utilisées influencent sa teneur en nutriments. La présente étude a été menée pour déterminer les variations des teneurs en fer et en vitamine A sous l'effet des modes de transformation et de conservation pour quatre espèces de *Vernonia* (*V. amygdalina, V. calvoana* var. amer, *V. colorata* et *V. calvoana* var. non amer).

Les modes de transformation étudiés ont été le lavage-pressage, la cuisson dans à ébullition et le lavage-pressage dans des solutions de concentration en natron 0, 1 et 2 N. Les modes de conservation pris en compte ont été le séchage au soleil et dans des étuves à différentes températures (45, 60 et 75°C) ainsi que la congélation pendant 0, 10, 30, 60 et 120 jours. La teneur en vitamine A a été déterminée par chromatographie et la teneur en fer par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les résultats montrent ces légumes-feuilles sont de bonnes sources de fer et de vitamine A. Les teneurs en fer varient de 6,4 ± 0,3 mg/100g MS dans le V. calvoana à 15,2 ± 0,4 mg/100g MS dans *V. colorata* et sont significativement ($p < 0,05$) affectées par les modes de transformation avec des niveaux de pertes allant jusqu'à 42% dans la variété non amère de *V. calvoana*. D'autre part, l'utilisation de natron (W2) conduit à une augmentation de 9,5% de la teneur en fer pour *V. amygdalina*. Le séchage et la congélation après transformation n'ont pas modifié les teneurs en fer. Les teneurs en Vitamine A dans les échantillons frais vont de 30,0 ± 1,0 mg/100g MS dans le *V. amygdalina* à 41,5 ± 1,0 mg/100gMS dans le *V. colorata* et tendent à diminuer avec la transformation spécialement dans les espèces très amères (*V. amygdalina* et *V. calvoana* var. amer) qui nécessitent un lavage-pressage et un rinçage intenses. La congélation des échantillons traités pendant 10 jours n'a pas eu d'influence significative sur la teneur en vitamine A.

Dans l'ensemble, le lavage-pressage et le rinçage se sont révélés le meilleur traitement pour conserver la vitamine A tandis que la meilleure température de séchage a été 45°C.

Mots-clés: Espèces de *Vernonia* – Séchage – Congélation – Fer – Vitamine A

Study of the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into *Ben-saalga*, a fermented gruel from Burkina Faso

Guyot[1*] Jean-Pierre, Mouquet[1,2] Claire, Tou[1,2] El Hassane, Counil[1] Emilie, Traore[2] Alfred S, Trèche[1] Serge

1 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
2 CRSBAN/UFR-SVT/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
*Corresponding author: *jpguyot@mpl.ird.fr*

Ben-saalga is a traditional Burkinabè gruel obtained by cooking a diluted fermented paste of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). Surveys in Ouagadougou indicated that it is widely consumed by young children. This work present preliminary results on the traditional processing of pearl millet into *ben-saalga* and on related chemical changes. Results were obtained from surveys and sampling in 24 traditional small-producing units. Phytate (IP6), mono- and disaccharides were analysed by HPIC. Lactic acid, acetate, ethanol were analysed by HPLC. Dry matter content has been determined before sugar addition.

Briefly, the different steps of the process consist successively in washing the grains, soaking, adding ingredients (e.g. ginger, mint, black pepper), grinding, sieving the resulting paste, decanting and cooking. Main characteristics related to this process are (*s: standard deviation*):

(i) the large amount of water used throughout the process (mean=80 l, s=12) relative to the initial amount of raw material (mean=6.6 kg, s=3.9);

(ii) the duration of the soaking step (mean=16 h, s=7; min 6, max 31) and the decanting step (mean=11 h, s=4; min 2, max 20);

(iii) the very low dry matter (DM) content of *ben-saalga* before sugar incorporation (7.3 g/100g) corresponding to an energy density of about 30 kcal/100g of gruel.

Final pH was lower at the decanting step (mean=3.7, s=0.1) than at the soaking step (mean=4.4, s=0.1). The analysis of products formed during these steps indicates that the soaking is characterised by higher ethanol production than lactic acid, whereas the decantation step is dominated by lactic acid fermentation. The other chemical changes of pearl millet throughout the process is characterised by a strong lowering of the content in sucrose and raffinose, whereas fructose and glucose transiently increased between soaking and grinding. Decrease in the phytate (IP6) content from an average of 0.67 g/100g DM (s=0.05) in the washed grains to 0.18 g/100g DM (s=0.12) in the fermented diluted paste was observed, with the most important reduction (65%) during the decanting step. As for protein, the content decreased from 10.2 g/100g DM (s=0.6) in the grains to 6.0 g/100g DM (s=2.1) in the fermented paste. This decrease is due to selective disposal of some protein rich fractions at the sieving step.

To improve the nutritional quality of *ben-saalga* to elaborate complementary foods, energy density can be increased by adding α-amylase sources (malt, enzymes, amylolytic lactic acid bacteria) and lipid and protein content can be improved by co-fermentation with beans and pulses. This approach is justified by the natural potential of this traditional process to reduce phytates and α-galactosides as shown in this study.

Key words: *Ben-saalga* – Millet – Fermentation – Lactic acid

***Acknowledgment** : this work was performed in the frame of the Cerefer project funded by the European Commission (www.mpl.ird.fr/cerefer/), contract N° ICA4-CT-2002-10047.*

Etude de la transformation du mil (*Pennisetum glaucum*) en *ben-saalga*, une bouillie fermentée traditionnelle du Burkina Faso

Guyot[1]* Jean-Pierre, Mouquet[1,2] Claire, Tou[1,2] El Hassane, Counil[1] Emilie, Traore[2] Alfred S, Trèche[1] Serge

1 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
2 CRSBAN/UFR-SVT/Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant : *jpguyot@mpl.ird.fr*

Le *ben-saalga* est une bouillie burkinabè traditionnelle obtenue par cuisson d'une suspension diluée de pâte fermentée de mil. Des enquêtes réalisées à Ouagadougou ont montré qu'elle était largement consommée par les jeunes enfants. Nous présentons ici la description du procédé traditionnel de transformation du mil en *ben-saalga* et les principales modifications chimiques qui l'accompagnent. Les résultats présentés sont obtenus à partir d'enquêtes et de prélèvements réalisés auprès de 24 unités de production. Les teneurs en phytates (IP6), mono- et diholosides ont été déterminées par HPIC, celles en lactate, acétate et éthanol par HPLC.

Les différentes étapes consistent successivement en un lavage des grains, un trempage, l'ajout d'ingrédients (e.g. gingembre, menthe, poivre noir), un broyage, un tamisage de la pâte obtenue, une décantation et une cuisson finale. Les principales caractéristiques sont (s: écart-type) :

(i) l'importante consommation d'eau (moyenne=80 l; s=12) pour une quantité moyenne initiale de matière première de 6,6 kg (s=3,9);

(ii) la durée du trempage et de la décantation qui sont respectivement de 16 h (s=7; min 6, max 31) et de 11 h (s=4; min 2, max 20) ;

(iii) la très faible teneur en matière sèche (MS) de la bouillie avant addition de sucre (7,3 g/100g) correspondant à une densité énergétique d'environ 30 kcal/100g.

Le pH en fin de décantation (moyenne=3,7; s=0,1) est inférieur à celui en fin de trempage (moyenne=4,4; s=0,1). Le trempage est caractérisé par une production d'éthanol supérieure à celle d'acide lactique, alors que l'étape de décantation est dominée par une fermentation lactique. Les autres modifications chimiques du mil au cours du procédé se caractérisent par une diminution des teneurs en saccharose et en raffinose, alors qu'il est observé une augmentation transitoire des teneurs en glucose et en fructose. La teneur en phytates (IP6) varie de 0,67g MS (s=0,05) dans les grains lavés à 0,18 g/100g MS (s=0,12) dans la pâte fermentée, avec le taux de diminution le plus important (65%) observé lors de la décantation. La teneur en protéines diminue de 10,2 g/100g MS (s=0.6) dans la graine à 6,0 g/100g MS (s=2,1) dans la pâte fermentée, ce qui s'explique par l'élimination de fractions riches en protéines lors du tamisage.

Pour améliorer la qualité nutritionnelle du *ben-saalga* en vue de son utilisation par les jeunes enfants, la densité énergétique peut-être augmentée par ajout d'une source d'α-amylase (malt, enzymes commerciales) et les teneurs en protéines et en lipides améliorées par co-fermentation avec des légumineuses. Une telle approche se justifie aussi par la possibilité de réduire naturellement les teneurs en phytates et α-galactosides.

Mots-clés: *Ben-saalga* – Mil – Fermentation – Acide lactique

***Remerciements** : cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" financé par la Commission Européenne (www.mpl.ird.fr/cerefer), contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

Pozol, a popular Mexican traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough

Guyot[1*] Jean-Pierre, Trèche[1] Serge, Rio[1] Dolores, Espinosa[2] Judith, Centurión[2] Dora, Wacher[3] Carmen

1 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
2 Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Unidad Sierra, 86000 Villahermosa, Tabasco, México.
3 Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México
*Corresponding author: *jpguyot@mpl.ird.fr*

Many African elaboration procedures of cereal-based fermented foods start with a soaking step of the grains (with or without a preliminary washing). In Mexico, maize processing starts with an original step called "nixtamalization", which consists of cooking maize kernels in a lime solution. As an example, *pozol* is typical of a traditional beverage made from a fermented alkaline cooked maize dough. This beverage was consumed by antique Mesoamerican civilizations much before the Spanish and Portuguese discovered America and "exported" maize (and cassava) to Africa.

In the present work, we will present results on maize processing into pozol in cottage producing units at Villahermosa, a city in the state of Tabasco (Southeast Mexico). The aim of this study was to better know this process as practiced in an urban area, in order to further develop, if necessary, adapted ways to improve the nutritional quality of *pozol* for young children feeding. Sixty-two producing units were surveyed to determine the characteristics of producers and consumers. Twelve were randomly selected for a more detailed study of the different steps of the process.

Most of the producers (79%) are women from which 61% are more than 45 years old and 71% are married. 53% of the producers work with their families and 10% with employees. 77% of producers sale also the fermented dough and the beverage to the consumers which are between 25 and 50 years old for 61% of them. Among the consumers who gave *pozol* to their young children (57%), 60% did it on a daily basis. However, the contribution of *pozol* to the energy intake of young children has to be estimated yet. As for the process, all producers use "white maize" and 61% of them bought it at the official market. The initial amount of maize used can vary from 5 kg to 375 kg/day (median: 33 kg). The main steps consist of: cooking in lime (1h55), washing (29min, during this operation the pericarp is eliminated), grinding (1h45), kneading (1h08, at this level roasted ground cocoa can be added). A dough is then obtained, which is further fermented between 1 to 15 days, according to the preferences of the consumers. The pH value of a 3-day fermented dough is 4.0±0.2. To make the beverage, this fermented dough is blended with water alone (70% of the cases) or added with milk, horchata (a beverage made of raw soaked rice) and sugar.

In spite of the coupling of "nixtamalization" with natural lactic acid fermentation, gruels prepared from *pozol* do not present the necessary characteristics to satisfy the energy requirements of young children. Research is under progress to determine ways for increasing the energy density of such gruels.

Key words: Lactic acid fermentation – *Pozol* – Maize

Le *pozol:* une boisson fermentée traditionnelle mexicaine réalisée à partir d'une pâte de maïs cuit à la chaux

Guyot[1]* Jean-Pierre, Trèche[1] Serge, Rio[1] Dolores, Espinosa[2] Judith, Centurión[2] Dora, Wacher[3] Carmen

1 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
2 Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Unidad Sierra, 86000 Villahermosa, Tabasco, México.
3 Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México
*Auteur correspondant : *jpguyot@mpl.ird.fr*

De nombreux procédés africains de production d'aliments fermentés à base de céréales débutent par une étape de trempage des grains, avec ou sans lavage préliminaire. Au Mexique, la transformation du maïs débute par une étape originale appelée «nixtamalization» qui consiste à cuire les grains de maïs dans une solution de chaux. Le *pozol* est un exemple typique d'une boisson traditionnelle réalisée à partir de pâte fermentée de maïs cuit à la chaux. Cette boisson était déjà consommée par les civilisations antiques méso-américaines, bien avant que les Espagnols et les Portugais n'aient découvert l'Amérique et «exporté» le maïs (et le manioc) en Afrique.

Nous présentons ici des résultats sur la transformation du maïs en *pozol* à une échelle artisanale à Villahermosa, ville de l'état de Tabasco au Sud-Est du Mexique. Cette étude avait pour objectif de mieux connaître les procédés tels qu'ils sont pratiqués en zone urbaine afin, le cas échéant, de développer des voies adaptées d'amélioration de la qualité nutritionnelle du pozol pour son utilisation en alimentation du jeune enfant. Des enquêtes ont été réalisées auprès de 62 unités de production pour déterminer les caractéristiques des producteurs. Douze ont été ensuite tirées au sort pour une étude plus détaillée des différentes étapes de la transformation.

La plupart des producteurs (79%) sont des femmes dont 61% ont plus de 45 ans et 71% sont mariées. 53% des producteurs travaillent avec leur famille et 10% ont des employés. 77% des producteurs vendent à la fois la pâte fermentée et la boisson directement aux consommateurs qui ont pour 61% d'entre eux entre 25 et 50 ans. Parmi les acheteurs qui donnent du *pozol* à leurs jeunes enfants (57%), 60% le font quotidiennement. Toutefois, la contribution du *pozol* à l'ingéré énergétique de ces enfants reste à déterminer. En ce qui concerne la transformation, tous les producteurs utilisent du «maïs blanc» acheté pour 61% d'entre eux au marché officiel. La quantité initiale de maïs utilisée peut varier de 5 à 375 kg/jour (médiane : 33kg). Les principales étapes sont : la cuisson en présence de chaux (1h55), le lavage (29min, pendant cette opération le péricarpe est éliminé), le broyage (1h45), le pétrissage (1h08, de la poudre de cacao grillé peut être ajoutée). Une pâte est ensuite obtenue et mise à fermenter de 1 à 15 jours, selon les préférences du consommateur. Le pH d'une pâte fermentée de 3 jours est de 4.0±0.2. Pour préparer la boisson, la pâte fermentée est mélangée avec de l'eau seule dans 70% des cas, ou mélangée avec du lait, de l'orgeat et du sucre.

En dépit de la combinaison de la «nixtamalisation» avec la fermentation lactique naturelle, les bouillies préparées à partir du *pozol* ne présentent pas les caractéristiques requises pour couvrir les besoins énergétiques des jeunes enfants. Des études sont en cours pour déterminer des méthodes permettant d'augmenter la densité énergétique de telles bouillies.

Mots-clés: Fermentation lactique – *Pozol* – Maïs

Influence of soaking, germination, fermentation and phytase on iron and zinc bioavailability in millet flours

Icard-Vernière[1]* Christèle, Greffeuille[1] Valérie, Caporiccio[2] Bertrand, Trèche[1] Serge, Besançon[2] Pierre

1 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.
2 Laboratoire de Nutrition, GBSA, UM II, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier, France
*Corresponding author: *christele.verniere@mpl.ird.fr*

Introduction: Complementary foods of young children contain few iron and zinc. The bioavailability of these minerals is reduced by phytates who bind them. The improvement of the nutritional quality of these foods goes with a reduction of phytate content and the possibility to evaluate mineral bioavailability.

Methods: Millet flours are prepared using different manufacturing processes: soaking of the seeds (15h, 30°C), fermentation (24h, 30°C), germination (96h, 30°C), soaking with phytase (17h, 55°C). The bioavailability of iron and zinc in these flours was estimated according three in vitro methods in order to compare them: HCl extractability, *in vitro* digestions followed by dialysis («dialyzed» mineral) or by a centrifugation («soluble» mineral). An attempt with the ex vivo method of cell cultures was realized: determinations of ferritin and zinc absorbed in *Caco-II* cells were realized for the respective evaluation of iron and zinc bioavailabilty. Phytate (IP6) contents were determined by ionic chromatography and minerals by atomic spectrophotometry after dry ashing.

Results: Reduction of IP6 contents, in percents, compared to whole seeds were respectively after soaking, germination, fermentation or phytase adding: <1, 63, 99 and 95%. In the same way, highest HCl extractabilities of iron were obtained after phytase adding (47%) and fermentation (40%), when it was only of 11 and 20% after soaking and germination, and 9% in whole seeds. For zinc, similar results were obtained: HCl extractabilities were respectively 82, 92, 67 and 71% for the above-cited processes and 70% in whole seeds. After *in vitro* digestions, dialyzed or soluble iron and zinc after soaking were the same in flours and in whole seeds (respectively 5 and 19% for iron, 5 and 16% for zinc). The most important quantities of dialyzed or soluble minerals were obtained after fermentation (25 and 31% for iron, 34 and 33% for zinc) and after phytase adding (21 and 26% for iron, 25 and 32% for zinc). The effects of germination were less important: 14 and 22% for iron, 19 and 27% for zinc. The estimates of iron and zinc bioavailabiliy after cells cultures gave analogous results. The 4 *in vitro* or *ex vivo* methods have similar and small repeatability.

Conclusion: This work confirms that mineral bioavailability is strongly linked to phytate content. Mineral bioavailability is significantly improved after fermentation, phytase adding and germination. The estimate of iron and zinc bioavailability after in vitro digestions followed by a centrifugation is a method with a good repeatability, easy-to-use and adapted to technological process studies. Cell cultures could be a more accurate tool, but it use is limited by the cost and the time needed for it implementation.

Key words: Traditional processes – Phytates – Iron – Zinc – Bioavailability

Acknowledgment: *This work was performed in the frame of the Cerefer project funded by the European Commission (www.mpl.ird.fr/cerefer/), contract N° ICA4-CT-2002-10047.*

Influence du trempage, de la germination, de la fermentation et de l'ajout de phytases sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les farines de mil

Icard-Vernière[1]* Christèle, Greffeuille[1] Valérie, Caporiccio[2] Bertrand, Trèche[1] Serge, Besançon[2] Pierre

1 UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

2 Laboratoire de Nutrition, GBSA, UM II, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier, France

*Auteur correspondant: *christele.verniere@mpl.ird.fr*

Introduction: Les aliments de complément du jeune enfant contiennent peu de fer et de zinc, minéraux dont la biodisponibilité est diminuée par des chélatants comme les phytates. L'amélioration de la qualité nutritionnelle de ces aliments nécessite donc une réduction des teneurs en phytates et la possibilité d'estimer la biodisponibilité des minéraux.

Méthodes: Des farines de mil ont été préparées après trempage des graines (15h, 30°C), fermentation (24h, 30°C), germination (96h, 30°C), trempage en présence de phytase (17h, 55°C). La biodisponibilité du fer et du zinc dans ces farines a été estimée selon plusieurs méthodes in vitro dans le but de les comparer: extractabilité HCl, digestions *in vitro* suivies d'une dialyse (minéral «dialysé») ou d'une centrifugation (minéral «soluble»). Un essai avec la méthode *ex vivo* en cultures cellulaires a également été réalisé (dosages de la ferritine ou du zinc absorbé par des cellules *Caco-II*). Les phytates (IP6) ont été dosés par chromatographie ionique, les minéraux par spectrométrie d'absorption atomique.

Résultats: Les pourcentages de réduction de la teneur en IP6 par rapport aux graines brutes sont respectivement, après trempage, germination, fermentation ou ajout de phytase de <1, 63, 99 et 95%. Les extractabilités à l'HCl du fer les plus importantes sont obtenues après ajout de phytase (47%) et fermentation (40%), le trempage et la germination ne permettant d'obtenir que des extractabilités de 11 et 20%, contre 9% dans les graines brutes. Pour le zinc, des résultats similaires sont obtenus: les extractabilités après les opérations technologiques précédentes étant, respectivement, de 82, 92, 67 et 71% pour 70% dans les graines brutes. Après digestions *in vitro*, les pourcentages de fer et de zinc dialysés ou solubles après trempage sont équivalents à ceux des graines brutes (respectivement 5 et 19% pour le fer, 5 et 16% pour le zinc). C'est après fermentation (25 et 31% pour le fer, 34 et 33% pour le zinc) et après ajout de phytase (21 et 26% pour le fer, 25 et 32 % pour le zinc) que les pourcentages de minéraux dialysés ou solubles sont les plus importants. Les effets de la germination sont beaucoup moins marqués: 14 et 22% pour le fer, 19 et 27% pour le zinc. L'estimation de la biodisponibilité du fer et du zinc en utilisant la méthode en cultures cellulaires donne des résultats analogues. Les 4 méthodes *in vitro* ou *ex vivo* ont des répétabilités proches mais faibles.

Conclusion: Cette étude confirme que les biodisponibilités du fer et du zinc sont très liées à la teneur en phytates. Elles sont améliorées significativement après fermentation, ajout de phytase et germination. L'estimation de la biodisponibilité des minéraux après digestions in vitro puis centrifugation est une méthode répétable, facile à mettre en œuvre et applicable au suivi d'opérations technologiques. Les cultures cellulaires pourraient constituer un outil de diagnostic plus fin, mais leur utilisation est limitée par leur coût et par le temps nécessaire à leur mise en œuvre.

Mots-clés: Procédés traditionnels - Phytates - Fer - Zinc – Biodisponibilité

Remerciements : *Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" financé par la Commission Européenne (www.mpl.ird.fr/cerefer), contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

Effects of soaking of cereal and legume seeds and flours on phytate content and Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios

Lestienne* Isabelle, Icard-Vernière Christèle, Picq Christian, Trèche Serge
UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.
*Corresponding author : *lestienn@mpl.ird.fr*

Introduction: Phytate (Phy) is known as the main factor responsible of the low bioavailability of iron (Fe) and zinc (Zn) in foods. Previous studies have shown that molar ratios of Phy/Fe and Phy/Zn higher than 10-14 and 15-20 respectively are good indicators of these low bioavailabilities. Soaking is a process commonly used to prepare infant flours and its effects on Fe, Zn and phytate contents of seeds (whole, husked or milled into flour) of cereals (maize, millet, rice, sorghum) and legumes (mung bean, cowpea, soybean) have hence been studied in order to investigate its interest for the improvement of mineral bioavailability.

Methods: Phytate contents were estimated by determination of myo-inositol-hexaphosphate (IP6) by HPIC Dionex. Mineral contents were determined by atomic absorption spectrometer.

Results: Phytate contents were 762, 908, 925 and 1084 mg/100gDM in grains of millet, maize, sorghum and rice and 236, 559 and 878 mg/100gDM in seeds of mung bean, cowpea and soybean, respectively. In cereal grains, with the exception of millet (Phy/Fe=5 and Phy/Zn=19), molar ratios of Phy/Fe were more than 14 (sorghum, 23; maize, 34; rice, 56) whereas Phy/Zn molar ratios were more than 20 (rice, 36; maize, 41; sorghum, 63). Owing to higher mineral contents and lower phytate contents, the molar ratios of legume seeds (for Phy/Fe and Phy/Zn, respectively, 3 and 8 for mungbean; 8 and 16 for cowpea; 10 and 24 for soybean) were lower than those of cereals (except for millet) and mostly lower than the limit values above which a low bioavailability of minerals is generally observed. Soaking of whole seeds for 24h has induced an important leaching of iron into the soaking water and, at a lower degree, of zinc, and led to a significant reduction ($p<0.05$; Duncan's test) of phytate content of rice (17%), maize (21%), soybean (23%) and millet (28%). The molar ratios of Phy/Fe have not been improved and those of Phy/Zn have just been slightly decreased. For millet and soybean, the combination of soaking with husking or milling of seeds allowed obtaining higher phytate degradation rates (38% after soaking of husked millet grains for 24h and 44% after soaking of soybean flour for 8h). However, the leaching of minerals is facilitated by mechanical treatments undergone by seeds, so the Phy/Fe and Phy/Zn molar ratios could not be notably decreased.

Conclusion: Soaking of seeds (whole, husked or milled into flour) has limited effects on phytate contents and on molar ratios of Phy/Fe and Phy/Zn of cereal and legume seeds. The combination of soaking with other treatments, as fermentation or germination, hence seems to be necessary to significantly improve the bioavailabilities of iron and zinc in flours used to prepare gruels for infants.

Key words: Soaking – Phytate – Iron – Zinc – Bioavailability

Effets du trempage de graines et de farines de céréales et de légumineuses sur leur teneur en phytates et leurs rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn

Lestienne* Isabelle, Icard-Vernière Christèle, Picq Christian, Trèche Serge
UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France.
*Auteur correspondant : *lestienn@mpl.ird.fr*

Introduction: Les phytates (Phy) sont reconnus comme étant les principaux responsables de la faible biodisponibilité du fer (Fe) et du Zinc (Zn) dans les aliments. Des études antérieures ont montré que des rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn supérieurs, respectivement, à 10-14 et 15-20 sont des indicateurs de ces faibles biodisponibilités. Le trempage étant un procédé couramment utilisé pour la préparation de farines infantiles, ses effets sur les teneurs en Fe, Zn et phytates de graines (entières, décortiquées ou réduites en farine) de céréales (maïs, mil, riz, sorgho) et de légumineuses (ambérique, niébé, soja) ont été étudiés en vue d'évaluer son intérêt pour l'amélioration de la biodisponibilité des minéraux.

Méthodes: Les teneurs en phytates ont été estimées par dosage du myo-inositol-hexaphosphate (IP6) par HPIC Dionex. Les minéraux ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique.

Résultats: Les teneurs en phytates mesurées étaient, respectivement, de 762, 908, 925 et 1084 mg/100gMS dans les graines de mil, maïs, sorgho et riz et de 236, 559 et 878 mg/100gMS dans les graines d'ambérique, niébé et soja. Dans les graines de céréales, excepté le mil (Phy/Fe=5 et Phy/Zn=19), les rapports molaires Phy/Fe étaient supérieurs à 14 (sorgho, 23; maïs, 34; riz, 56) tandis que les rapports Phy/Zn étaient supérieurs à 20 (riz, 36; maïs, 41; sorgho, 63). En raison de teneurs en minéraux plus fortes et de teneurs en phytates plus faibles, les rapports molaires dans les graines de légumineuses (respectivement pour Phy/Fe et Phy/Zn : 3 et 8 pour l'ambérique ; 8 et 16 pour le niébé ; 10 et 24 pour le soja) étaient inférieurs à ceux des céréales (sauf pour le mil) et le plus souvent aux valeurs limites à partir desquelles une faible biodisponibilité des minéraux est généralement observée. Un trempage de 24h des graines entières a entraîné une diffusion importante dans l'eau du fer et, dans une moindre mesure, du zinc, et conduit à une réduction significative ($p<0,05$; test de Duncan) de la teneur en phytates des graines de riz (17%), maïs (21%), soja (23%) et mil (28%). Les rapports molaires Phy/Fe n'ont pas été améliorés et les rapports molaires Phy/Zn n'ont été que légèrement diminués. Pour le mil et le soja, la combinaison du trempage avec le décorticage ou le broyage des graines a permis d'obtenir des dégradations en phytates plus fortes (38% après 24h de trempage de graines de mil décortiquées et 44% après 8h de trempage de la farine de soja). Cependant, la diffusion des minéraux étant facilitée par les traitements mécaniques subis par les graines, les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn n'ont pas pu être notablement diminués.

Conclusion: Le trempage des graines (brutes, décortiquées ou réduites en farine) a un effet modéré sur les teneurs en phytates et les rapports molaires Phy/Fe et Phy/Zn des graines de céréales et de légumineuses. Une association avec d'autres traitements, comme la fermentation ou la germination, semble donc nécessaire pour augmenter significativement la biodisponibilité du Fe et du Zn dans les farines utilisées pour la préparation de bouillies pour enfants.

Mots-clés: Trempage – Phytates – Fer – Zinc – bio-disponibilité

Importance, interest and main characteristics of *chikwangue* production units in Brazzaville

Massamba[1]* Joachim, Ikama[1] Raphaël, Trèche[2] Serge

1. Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Université Marien NGouabi, Faculté des Sciences BP 69, Brazzaville, Congo
2. UR 106 " Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34 394 Montpellier cedex 5, France
*Corresponding author: *jmassamba@hotmail.com*

The *chikwangue* is produced in Congo, as well in rural areas as in towns, from retted roots of cassava by small-scale producing units which implement operations as fibre removing, kneading, pre-cooking, mixing, modelling, packaging and cooking. In order to identify innovations to be introduced in the *chikwangue* producing units in Brazzaville, a study has been carried out to know the number, the mode of functioning and economic profitability of these urban producing units.

The method has consisted in a survey by questionnaire realized in Brazzaville in 1990 on a representative sample of 20,465 households to list and to characterize the *chikwangue* producing units. An economic follow up of 60 workshops randomly selected among 395 workshops registered allowed evaluating the costs and the profits corresponding to a supplying of raw materials.

The results show that the *chikwangue* was made in 1.93% of the households (from 1.4% in the central districts to 3.3% in the outlying districts located at the North of the town), which allows estimating a number of about 2,900 for the whole town.

More of 90% of the producing units realized at least one processing a week. The retted paste used was mainly bought at Yoro river harbour (57% of cases) and in the rail station markets of the town (41% of cases). Each supplying in retted paste, with a quantity lower than 100kg in 88% of cases, was processed into one or several times by a female labour, most often individual and owner of its production equipments. Only 19% of the processing units produced more than 50 *chikwangues* in each processing.

The cost of the raw material was in average 61% of the production costs. The amortization of the equipment contribution was about 1.2%. The real margin, variable from a workshop to another, corresponded in average to 20.2% of the *chikwangues* retail price, main source of income for 89% of the manufacturers.

The manufacturer has mentioned fibre removing and kneading as the most laborious operations and wished in 75% of the cases improvements at this level.

The localisation and the supplying conditions of the producing units resulted to be the main factors influencing the mode of functioning while the processing frequency, the purchasing place of the raw material and the type of *chikwangue* appeared as determining factors of their economic profitability.

Although the number of the *chikwangue* production workshops in Brazzaville was high, their contribution to the town supplying as low. The innovations to be set up should concern particularly the onerousness of fibre removing and kneading, to take into account of the individual character of the manpower and the low investment ability for equipment and to aim at a best economic profitability.

Key words: Producing unit – Brazzaville – *Chikwangue* - Cassava

Importance, intérêt et principales caractéristiques des ateliers de fabrication de *chikwangue* à Brazzaville

Massamba[1]* Joachim, Ikama[1] Raphaël, Trèche[2] Serge

1. Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Université Marien NGouabi, Faculté des Sciences BP 69, Brazzaville, Congo
2. UR 106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34 394 Montpellier cedex 5, France
*Auteur correspondant: *jmassamba@hotmail.com*

La *chikwangue* est élaborée au Congo, tant en zones rurales que dans les villes, à partir de racines rouies de manioc par des ateliers artisanaux qui mettent en oeuvre des opérations de défibrage, pétrissage, précuisson, malaxage, modelage, emballages et cuissons. Afin d'identifier les innovations à introduire dans les ateliers de *chikwangue* à Brazzaville, une étude a été réalisée afin de connaître le nombre, les modes de fonctionnement et la rentabilité économique de ces ateliers urbains.

La méthodologie a consisté en une enquête par questionnaire réalisée à Brazzaville en 1990 sur un échantillon représentatif de 20 465 ménages pour inventorier et caractériser les ateliers de *chikwangues.* Un suivi économique de 60 ateliers tirés au sort parmi les 395 ateliers recensés a permis d'évaluer les charges et les produits correspondant à un approvisionnement en matière première.

Les résultats du recensement montrent que la *chikwangue* était fabriquée dans 1,93% des ménages (de 1,4% dans les quartiers centraux à 3,3% dans les quartiers périphériques du nord de la ville), ce qui permet d'estimer à environ 2900 leur nombre pour toute la ville.

Plus de 90% des ateliers réalisaient au moins une transformation par semaine. La pâte rouie utilisée était principalement achetée au port fluvial de Yoro (57% des cas) et dans les marchés des gares ferroviaires de la ville (41% des cas). Chaque approvisionnement en pâte rouie, d'une quantité inférieure à 100 kg dans 88% des cas, était transformé en une ou plusieurs fois par une main-d'œuvre féminine le plus souvent individuelle et propriétaire de ses outils de production. Seulement 19% des ateliers produisait plus de 50 chikwangues à chaque transformation.

Le coût de la matière première représentait en moyenne 61% des charges de production. La contribution de l'amortissement du matériel était de l'ordre de 1,2%. La marge réelle, très variable d'un atelier à l'autre, correspondait en moyenne à 20,2% du prix de vente des *chikwangues,* principale source de revenus pour 89% des fabricantes.

Les fabricantes ont cité le défibrage et le malaxage comme les opérations les plus pénibles et souhaitaient dans 75% des cas des améliorations à ce niveau.

La localisation et les modalités d'approvisionnement des ateliers se sont révélées être les principaux facteurs influençant leurs modes de fonctionnement tandis que la fréquence des transformations, le lieu d'achat de la matière première et le type de *chikwangue* apparaissent comme les facteurs déterminants de leur rentabilité économique.

Bien que le nombre d'ateliers de production de *chikwangue* à Brazzaville soit important, leur contribution à l'approvisionnement de la ville est faible. Les innovations à mettre au point doivent concerner surtout la pénibilité du défibrage et du malaxage, tenir compte du caractère individuel de la main d'œuvre et des faibles capacités d'investissement en matériel et viser à une meilleure rentabilité économique.

Mots-clés: Atelier – Brazzaville – *Chikwangue* - Manioc

Degradation of polysaccharides and indigestible oligosaccharides by *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* isolated from Soumbala, a *Parkia biglobosa* based food condiment

Ouoba[1,2*] Irene LI, Chirstensen[3] Tove, Diawara1 Bréhima, Mikkelsen[3] Jørn D, Traoré [4] Alfred S, Jakobsen[2] Mogens

1 Departement de Technologie Alimentaire, IRSAT, CNRST, 03 BP: 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso
2 Department of Dairy and Food Science, Food microbiology, KVL, Rolighedsvej 30 DK-1958 Frederiksberg C, Denmark
3 Danisco A/S, Langebrogade 1, PO Box 17, DK-1001 Copenhagen K, Denmark
4 CRSBAN/UFR-SVT, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
*Corresponding author: *ouobairene@hotmail.com*

Predominant isolates of *Bacillus subtilis* and *B. pumilus* in Soumbala were investigated for their ability to degrade predominant polysaccharide and indigestible oligosaccharides in African locust bean.

Degradation of gels of galactomananns from locust bean (*Ceratonia siliqua*) and guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) were used for screening of the isolates to degrade galactans. The degradation of arabinogalactan and indigestible oligosaccharide such as stachyose and raffinose as well as the profiles of residual sugars were studied by pH measurement and High Performance Anion Exchange Chromatography, Pulsed Amperometric detection (HPAEC-PAD).

The *Bacillus* isolates varied in their ability to degrade the carbohydrates. The galactomanann gels were liquefied after 5h of incubation time at 37°C. Arabinogalactan and stachyose were partially degraded while raffinose was not detected after 48h of fermentation by isolates of B. subtilis. Melibiose, a non identified oligosaccharide assumed to be mannotriose as well as fructose and traces of galactose were detected as residual sugars. The strains of *B. pumilus* did not show significant ability to degrade the carbohydrates.

The ability of the *B. subtilis* isolates to degrade the carbohydrates, mainly stachyose and raffinose, constitute a nutritional advantage due to the fact that the flatulence effect of these oligosaccharides is consequently decreased rendering the fermented beans more acceptable and edible.

This study contributes to the selection of *Bacillus* strains to be used as starter cultures for controlled fermentation of African locust bean, which is an important factor contributing to the production of Soumbala of high nutritional quality and stability.

Key words: *Bacillus* - Arabinogalactan - Stachyose - Raffinose - Degradation

Dégradation de polysaccharides et d'oligosaccharides indigestes par *Bacillus subtilis* et *Bacillus pumilus* isolées du Soumbala, un condiment à base de graines *Parkia biglobosa*

Ouoba[1,2*] Irene LI, Chirstensen[3] Tove, Diawara1 Bréhima, Mikkelsen[3] Jørn D, Traoré [4] Alfred S, Jakobsen[2] Mogens

1 Departement de Technologie Alimentaire, IRSAT, CNRST, 03 BP: 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso
2 Department of Dairy and Food Science, Food microbiology, KVL, Rolighedsvej 30 DK-1958 Frederiksberg C, Denmark
3 Danisco A/S, Langebrogade 1, PO Box 17, DK-1001 Copenhagen K, Denmark
4 CRSBAN/UFR-SVT, 03 BP: 7021 Ouagadougou 03 Burkina Faso
*Auteur correspondant: *ouobairene@hotmail.com*

La dégradation du principal polysaccharide et des oligosaccharides indigestes présents dans des graines de néré par des souches de *Bacillus subtilis* et *B. pumilus* isolées du soumbala a été étudié.

Un screening des souches de *Bacillus* a été réalisé par des tests de dégradation de gels de galactomannan de *Ceratonia siliqua* et de *Cyamopsis tetragonoloba*. La dégradation de l'arabinogalactan, des oligosaccharides indigestes tels que le stachyose et le raffinose ainsi que le profil des sucres résiduels ont été étudiés par la mesure du pH et une chromatographie de haute performance d'échange d'anions (HPAEC-PAD).

La dégradation des polysaccharides et des oligosaccharides a été variable en fonction de la souche de *Bacillus* et du temps. Une dégradation des gels de galactomannans a été observée après 5h d'incubation à 37°C. L'arabinogalactan et le stachyose ont été partiellement dégradés tandis que le raffinose n'a pas été détecté dans les produits dégradés durant 48h par les souches de *B. subtilis*. Les sucres résiduels issus de la dégradation du stachyose et du raffinose sont essentiellement du mélibiose, un oligosaccharide non identifié qui pourrait être du mannotriose, du fructose et des traces de galactose. Les souches de *B. pumilus* n'ont pas significativement dégradé les sucres.

La capacité des souches de *B. subtilis* à dégrader les sucres surtout le stachyose et le raffinose constitue un avantage nutritionnel dû au fait que la non-digestibilité de ces oligosaccharides est considérablement diminuée, ce qui rend les graines de néré plus consommables et digestes une fois fermentées.

La présente étude contribue à la sélection de starters de *Bacillus* spp. en vue d'une fermentation contrôlée des graines de néré. Ceci est un facteur important permettant la production de soumbala de haute qualité nutritionnelle et stable.

Mots-clés: *Bacillus* – arabinogalactan – stachyose – raffinose - dégradation

Molecular diversity and functional properties of enterococcal strains isolated from fermented capers

Pérez Rubén, Abriouel Hikmate, Ben Omar Nabil, Lucas Rosario, Martínez-Cañamero* Magdalena, Castro Araceli, Grande Maria J, Gálvez Antonio

Universidad de Jaén, Área de Microbiología, Facultad de Ciencias Experimentales, 23071-Jaén, Spain

*Corresponding author: *canamero@ujaen.es*

Small producing units of fermented foods around the Mediterranean sea and West Africa offer a similar problematic, in such a way that they rely on traditional know how of small producers. One good example is the fermentation of capers (the fruits of *Capparis spinosa*), which are highly appreciated as an appetizer in several Mediterranean countries. The fruits are allowed to undergo a natural fermentation in water during the months of June and/or July and then stabilized in brine. The microbiological aspects of caper fermentation are largely unknown. The approach followed in this work can also be applied to study fermentation of traditional African foods in order to improve reproducibility, quality and safety.

In an ecological study, 150 Gram-positive bacteria were isolated during local fermentation of capers. Twenty-six of the strains were identified as enterococci by biochemical tests. All of them showed a high resistance to heat (70°C for 30 min), and they also survived after three consecutive cycles of freezing and thawing in BHI broth without added cryoprotectants. Typing of the strains was done by Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD)-PCR analysis. Twenty-two of the strains were identified as *Enterococcus faecium* and 4 were identified as *E. faecalis.*

The enterococci strains were further investigated regarding their safety aspects and involvement in the fermentation. The investigation included bacteriocin production, antibiotic resistance and functional properties. Four of the strains produced bacteriocins. These were active against *Listeria innocua* and *L. monocytogenes*, and also against a variable number of *E. faecalis* and *E. faecium* strains. Other interesting properties were their ability to produce a wide spectrum of enzymes. Many of them were also able to degrade non-digestible sugars such as stachyose (8 strains) and raffinose (8 strains), and to produce bile salt hydrolase (23 strains). A large number of the *E. faecalis* and *E. faecium* strains tested were susceptible to the most clinically relevant antibiotics, and none was resistant to vancomycin.

Enterococci are present in many foods, and the results from this study indicate that they may play a functional role in the fermentation of capers as well as in other fermented foods. Therefore, the incorporation of starter cultures with functional properties (eg. degradation of non-digestive sugars or antinutritional factors) in food fermentations should be encouraged. Furthermore, the incorporation of bacteriocin-producing strains into foods could be an affordable way to improve food safety against pathogens like *L. monocytogenes* and also to extend the shelf-life of foods. At the same time, more attention should also be paid to the presence of enterococci in traditional fermented foods, since potential risks may be associated with them.

Key words: Enterococci – Capers – Fermentation – Food

Diversité moléculaire et propriétés fonctionnelles des souches d'entérocoques isolées des câpres fermentés

Pérez Rubén, Abriouel Hikmate, Ben Omar Nabil, Lucas Rosario, Martínez-Cañamero* Magdalena, Castro Araceli, Grande Maria J, Gálvez Antonio.

Universidad de Jaén, Área de Microbiología, Facultad de Ciencias Experimentales, 23071-Jaén, Spain

*Auteur correspondant: *canamero@ujaen.es*

Les petits ateliers qui produisent les aliments fermentés dans la région Méditerranéenne et en Afrique de l'Ouest se basent essentiellement sur le savoir-faire des petits producteurs. Un bon exemple de ces fermentations est la fermentation des câpres (fruits de *Capparis spinosa*) qui sont extrêmement appréciés comme apéritifs dans plusieurs pays Méditerranéens. Les fruits mis dans l'eau subissent une fermentation naturelle pendant les mois de juin et/ou juillet. Les aspects microbiologiques de la fermentation des câpres sont largement méconnus. L'approche suivie dans ce travail peut aussi être appliquée aux fermentations africaines traditionnelles des aliments afin d'améliorer la reproductibilité, la qualité et la sécurité de ces produits.

Dans une étude écologique, 150 bactéries Gram-positives ont été isolées pendant la fermentation locale des câpres. Vingt-six de ces souches ont été identifiées comme *Enterococcus* par les tests biochimiques. Toutes ces souches ont montré une grande résistance à la chaleur (70°C durant 30 min) et survivent après trois cycles consécutifs de congélation et décongélation en bouillon de BHI sans avoir besoin d'ajouter des agents cryoprotecteurs. L'estimation et l'analyse de la diversité génétique de ces souches ont été réalisées par la technique RAPD-PCR (Randomly Amplified Polymorphic DNA). Vingt-deux des souches ont été identifiées comme *Enterococcus faecium* et quatre souches ont été identifiées comme *E. faecalis*.

Les souches d'entérocoques isolées ont été examinées en ce qui concerne leur aspects de sécurité et leur implication dans la fermentation. Les travaux ont également porté sur la production de bactériocines, la résistance aux antibiotiques et les propriétés fonctionnelles. Quatre de ces souches ont produit des bactériocines. Celles-ci étaient actives contre *Listeria innocua* et *L. monocytogenes*, et aussi contre une gamme variable des souches appartenant aux *E. faecalis* et *E. faecium*. Une de leurs propriétés intéressantes était leur capacité de produire plusieurs enzymes. Beaucoup de souches étaient aussi capables de dégrader des sucres non digestibles tels que le stachyose (8 souches) et le raffinose (8 souches) et de produire du BSH (Bile salt hydrolase) (23 souches). Un grand nombre de *E. faecalis* et *E. faecium* essayés étaient sensibles à la majorité des antibiotiques et aucune d'entre elles n'a montré une résistance à la vancomicine.

Les entérocoques sont présentes dans beaucoup d'aliments fermentés et les résultats obtenus dans cette étude indiquent qu'ils peuvent jouer un rôle fonctionnel dans la fermentation des câpres ainsi que dans celle d'autres produits fermentés. Ainsi, l'incorporation de cultures starters ayant les propriétés fonctionnelles (e.g. dégradation des sucres non digestibles ou des facteurs antinutritionnels) dans les fermentations des aliments devrait être encouragée. En plus, l'incorporation des souches productrices de bactériocines dans ces fermentations pourrait être utile pour améliorer la qualité des aliments fermentés en éliminant les bactéries pathogènes comme *L. monocytogenes* et aussi pour garantir une longue conservation des aliments. Simultanément, il faudrait s'intéresser aux entérocoques dans les aliments fermentés traditionnels, puisque des risques potentiels peuvent y être associés.

Mots-clés: Entérocoques – Câpres – Fermentation – Aliments

Fermentation study of different carbohydrates by exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria from milk samples of Burkina Faso

Savadogo[1*] Aly, Ouattara[1] Cheik Amadou T, Savadogo[2] Paul W, Barro[1] Nicolas, Ouattara[1] Aboubakar S, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN (Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles), UFR/SVT Université de Ouagadougou, 03 BP 7131, Ouagadougou, Burkina Faso

2 Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), BP426, Ouagadougou, Burkina Faso

*Corresponding author: *aly.savadogo@univ-ouaga.bf*

Two strains of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from milk samples from Dori in Séno province, gave good fermentation rates of different carbohydrates. The strain BLL produced a heteropolysaccharide and strain BLLc produced a homopolysaccharide. Good acidification was observed for the two strains (4,86 % for BLL strain with glucose, and 1,95 % for BLLc strain with lactose). Strain BLL were isolated on M17 medium (medium for isolation of *Lactococcus)* and strain BLLc on LEU medium (medium for isolation of EPS producing *Leuconostoc strains)*. These two strains were identified at genus level , BLL strain was a *Lactococcus* and BLLc was a *Leuconostoc.*

Species generally used in the preparation of fermented food belong to the following genera : *Lactococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus, Streptococcus* and sometimes *Carnobacterium, Enterococcus* and *Bifidobacterium.*

Glucose fermentation with strain BLL gave a final pH of 4,71 and with lactose fermentation the final pH with strain BLLc was 5,53. The main role of lactic acid bacteria in food manufacturing is to acidify raw materials by producing large amounts of lactic acid or acetic acid from carbohydrates.

Acidification and growth of both strains were correlated; this was shown by protein and acid levels at the end of the growth phase. These two strains with very good acidification of different carbohydrates; can be use in special yogourt, fermented milk production, with known acid quantity and bacterial levels. It will contribute to improve consumers' health. Several potential health and nutritional benefits are possible through lactic bacteria species, including: improved nutritional value for food, control of intestinal infections, improved lactose digestion, control of some types of cancer and control of mineralization and serum cholesterol levels.

Key words: milk - lactic acid bacteria - lactic acid – fermentation - carbohydrates

Etude de la fermentation de différents sucres par deux souches de bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides isolées à partir d'échantillons de lait du Burkina Faso

Savadogo[1*] Aly, Ouattara[1] Cheik Amadou T, Savadogo[2] Paul W, Barro[1] Nicolas, Ouattara[1] Aboubakar S, Traoré[1] Alfred S

1 CRSBAN (Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles), UFR/SVT Université de Ouagadougou, 03 BP 7131, Ouagadougou, Burkina Faso

2 Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), BP426, Ouagadougou, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *aly.savadogo@univ-ouaga.bf*

Les bactéries lactiques sont largement impliquées dans la production de produits laitiers fermentés du fait de leurs activités métaboliques particulières, qui confèrent aux produits leurs caractéristiques texturales, organoleptiques et de conservation.

Deux souches de bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides ayant de bonnes cinétiques de fermentation de différents sucres ont été isolées par les techniques standards d'échantillons de lait provenant de Dori, une ville moyenne du Burkina. La souche BLL a été isolée sur le milieu M17 (milieu d'isolement de *Lactococcus)* et la souche BLLc sur le milieu LEU (milieu d'isolement de *Leuconostoc)*. Les souches BLL et BLLc ont été identifiées biochimiquement, la souche BLL est un *Lactococcus* et la souche BLLc est un *Leuconostoc.* La souche BLL produit un hétéropolysaccharide et la souche BLLc produit un homopolysaccharide. Une production importante d'acide lactique a été observée avec ces deux souches (4,86 % pour la souche BLL avec le glucose; 1,95% pour la souche BLLc avec le lactose). En présence du glucose les pH finaux sont de 4,71 et 5,04 respectivement pour BLL et BLLc. Les pH finaux en présence de lactose sont de 5,04 et 5,53 respectivement pour BLL et BLLc.

La production d'acide et la croissance des souches BLL et BLLc évoluent dans le même sens; ceci est montré par le dosage des protéines et de l'acide lactique à la fin de la croissance.

On note une bonne cinétique d'acidification, et une bonne capacité de production d'acide avec les souches BLL et BLLc pour tous les sucres testés ; les souches BLL et BLLc pourraient être utilisées pour la production de yaourts, de laits fermentés spéciaux avec des quantités d'acide et de bactéries bien adaptées. Toute chose qui peut contribuer à l'amélioration de la santé des consommateurs. Car nous avons montré que le métabolisme des sucres conduit, notamment à la production de l'acide lactique et à un fort abaissement du pH, ce qui est recherché pour la fabrication des produits alimentaires. Mais, ce processus est avant tout indispensable aux bactéries elles-mêmes, en leur fournissant de l'énergie.

Mots-clés: Lait - bactéries lactiques - acide lactique – fermentation - carbohydrates

Role played by Misola flour in the prevention of child malnutrition and nutritional recovery

Sawadogo Jean-Marie, Kinda* Justin

Association Burkinabè des Unités Misola, 03 BP 7178, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Corresponding author: *kinda_t_justin@hotmail.com*

The Misola flour is a non-dairy complementary food prepared from local cereals and legumes (millet, soybean, groundnut). Its nutrient and energy contents (for 100g) is: 15g of protein, 12g of lipid, 60g of carbohydrates, some mineral and vitamin, energy 425 kcal. The Misola gruel completes breastfeeding and must be introduced from six months.

Whereas it allows meeting the child nutritional requirements, Misola flour favours also the development of local economy by encouraging food crop production, employment of women and family education.

Small-Scale Production Units (SCPU) managed by women associations, with local and small resources, makes the production. The popularisation, the distribution, the demonstration of the gruel preparation and the heightening of families are supported by health agents and is in keeping with an objective of public health.

The Misola gruel is different from the other local ones by its high flour/water ratio (1 volume of flour for 2 volumes of water) and the use of amylases that allows preparing gruels with high protein and energy (120 kcal/100 ml) densities, which remain fluid. Thus, the gruel will never be diluted even if it is given by feeding tube.

Malted red sorghum is the source of amylases. The malt is added after the cooking of the gruel when it is removed from the heating source in order to obtain liquefaction.

The quantities of Misola flour produced in Burkina Faso are about 16.5 tons/year that is 33,000 bags of 500g, which are entirely sold. About fifteen SCPU share the production. The Misola flour is also produced in Mali (to provide a WFP programme) and its production is beginning in Chad, Cameroon and Senegal.

The effect of the Misola flour in the prevention and caring of malnutrition is expected on:

- Maintaining growth curve of child within the limits fixed by WHO;
- Making possible to take care of child feeding at home in case of mild or moderate malnutrition;
- The nutritional recovery of children suffering from severe malnutrition (stage 2) in the specialized centres (CREN);
- The possible use of tube-feeding in anorexia cases;
- Making available nutritional complement in case of chronic pathologies (children and adults living with HIV, tuberculosis…)

Key words: Infant flour – Complementary food – Malnutrition - Amylase – Local development

Rôle de la farine Misola dans la prévention de la malnutrition et la récupération nutritionnelle des enfants

Sawadogo Jean-Marie, Kinda* Justin
Association Burkinabè des Unités Misola, 03 BP 7178, Ouagadougou 03, Burkina Faso.
*Auteur correspondant: *kinda_t_justin@hotmail.com*

La farine Misola est un aliment de complément non lacté, préparée à partir de céréales et de légumineuses locales (mil, soja, arachide). Sa valeur nutritionnelle pour 100g est: protéines 15 g, lipides 12 g, glucides 60 g, des oligo-éléments, énergie 425 kcal. La bouillie Misola complète l'allaitement maternel et doit être introduite dès six mois.

Tout en répondant aux besoins nutritionnels des enfants, le Misola favorise le développement de l'économie locale en encourageant les cultures vivrières, l'emploi des femmes et l'éducation des familles.

La fabrication est faite dans des Unités de Production Artisanale (UPA) gérées par des associations féminines, avec des moyens locaux et modestes. La vulgarisation, la distribution, la démonstration de la préparation de la bouillie et la sensibilisation des familles s'appuient sur les agents de santé et s'inscrivent dans un objectif de santé publique.

La bouillie Misola se distingue des autres bouillies locales par la proportion élevée de farine par rapport à l'eau (1 volume de farine pour deux volumes d'eau) et par l'utilisation d'amylase, ce qui permet de préparer des bouillies de haute valeur protéino-énergétique (120 kcal/100ml) qui restent fluides. Aussi la bouillie ne sera jamais diluée même si elle est administrée en sonde de gavage.

L'amylase utilisée est celle du malt de sorgho rouge germé. Le malt est ajouté après cuisson de la bouillie lorsque que celle-ci est retirée du feu de façon à obtenir une liquéfaction.

Les quantités de farine Misola produites au Burkina Faso sont de l'ordre de 16,5 tonnes par an soit 33.000 sachets de 500g qui sont tous vendus. Une quinzaine d'UPA se partage la fabrication. La farine Misola est produite également au Mali (pour fournir un programme du PAM) et sa production commence au Tchad, au Cameroun et au Sénégal

L'impact de la farine Misola dans la prévention et la prise en charge de la malnutrition est attendu sur:

- Le maintien de la courbe staturo-pondérale de l'enfant dans le chemin de croissance établi par l'OMS ;

- La prise en charge nutritionnelle à domicile des enfants souffrant de malnutrition fruste ou modérée ;

- La récupération nutritionnelle des enfants souffrant de malnutrition sévère (phase 2) dans les centres spécialisés (CREN);

- L'apport possible par gavage dans les états d'anorexie;

- Le complément nutritionnel dans les pathologies chroniques (enfants et adultes vivant avec le VIH, tuberculeux...).

Mots-clés: Farine infantile - Aliment de complément - Malnutrition - Amylase - développement local

Preliminary characterization of lactic microflora from fermented paste of pearl millet used for the preparation of *ben-saalga*, a traditional burkinabè gruel

Tou[1,2*] El Hassane, Keleke[3] Simon, Mouquet[1,2] Claire, Traoré[1] Alfred S, Guyot[2] Jean Pierre
1CRSBAN/UFR-SVT/Ouagadougou University, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3EPRAN (Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition), Equipe Mixte DGRST – UMNG, BP 389, Brazzaville / BP 1286, Pointe- Noire, Congo
*Corresponding author: *elassane@yahoo.fr*

Cereal-based fermented gruels, traditionally consumed in West Africa, present the advantage of improved nutritional and sanitary properties due to natural lactic microflora. The study of these microorganisms is essential because they contribute to the stability and properties of fermented products, and to their specific characteristics. In the frame of a large study, which concerns analysis of microbial diversity of the fermented pastes of pearl millet used to make *ben-saalga*, we have performed the phenotypic characterization of bacterial microflora of these pastes.

In order to assess the possible variability of this microbial diversity, the samples have been taken from twelve traditional small-producing units. The samples were taken in a sterile way in the settling recipient at the end of fermentation. The isolated strains were tested according to their phenotypic characteristics (morphology, Gram reaction, catalase activity, biochemical profiles by API 50 CHL strips and metabolic type by HPLC).

The numeration of total microflora and lactic acid bacteria (LAB) from the paste shows that LAB are the dominant microflora. LAB concentration in the paste varied from 7.5 to 8.5 log CFU/g dry weight. These values of LAB are lower than those reported for other similar traditional cereal-based fermented products. 182 strains of LAB were isolated. In this collection, 178 strains are Gram positive, 171 catalase negative and 167 are both Gram positive and catalase negative. The analysis of strain metabolic type by HPLC confirmed that the 167 strains, which are both Gram positive and catalase negative, were lactic acid bacteria. As first results of phenotypic characteristics of LAB: 58% are homofermentative; 80% were lactobacilli (based on a morphological observation) of which 47% were heterofermentative; 57% and 69% can ferment respectively melibiose and raffinose (α-galactoside); 100%, 72% and 57% of strains fermented both glucose and fructose, maltose, saccharose, respectively, the main mono- and disaccharides of cereals. Only one strain fermented starch, which might present some interest as amylolytic starter culture.

The first results confirm the dominance of LAB particularly lactobacilli in the microbiota of fermented paste of pearl millet. The fact that some of the strains isolated can use α-galactosides (e.g. raffinose and melibiose) is of major interest and justify the addition of beans and pulses before fermentation to increase protein and lipid content, without having the negative effect of the α-galactosides thanks to their natural hydrolysis by LAB.

Key words: *Ben-saalga* – Lactic acid bacteria – Pearl millet – Cereal – Fermentation

Acknowledgment: *This work was performed in the frame of the Cerefer project (www.mpl.ird.fr/cerefer/) funded by the European Commission, contract N° ICA4-CT-2002-10047.*

Caractérisation préliminaire de la microflore lactique des pâtes fermentées de mil servant à la préparation du *ben-saalga*, une bouillie traditionnelle burkinabè

Tou[1,2*] El Hassane, Keleke[3] Simon, Mouquet[1,2] Claire, Traoré[1] Alfred S, Guyot[2] Jean Pierre

1 CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso
2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
3 EPRAN (Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition), Equipe Mixte DGRST–UMNG, BP 389, Brazzaville / BP 1286, Pointe- Noire, Congo
*Auteur correspondant: *elassane@yahoo.fr*

Les bouillies fermentées à base de céréales consommées traditionnellement en Afrique de l'Ouest présentent des qualités sanitaires et nutritionnelles améliorées qui leur sont conférées par les ferments lactiques naturels. L'étude de ces microorganismes est essentielle car *(i)* ils déterminent en grande partie la stabilité et la qualité des produits fermentés et *(ii)* leur nature contribue à la typicité d'un produit alimentaire fermenté. Dans le cadre d'une large étude qui porte sur l'analyse de la diversité microbienne dans les pâtes de mil utilisées dans la préparation du *ben-saalga*, nous avons effectué une caractérisation phénotypique de la microflore bactérienne de ces pâtes.

Afin de tenir compte de la variabilité possible de cette biodiversité, les échantillons analysés ont été prélevés dans 12 ateliers de production. Les prélèvements ont été effectués de manière stérile, dans les récipients de décantation en fin de fermentation. Au cours de cette étude, nous avons caractérisé les isolats sur la base de leurs caractères phénotypiques (morphologie, coloration de Gram, catalase, profils biochimiques par galeries API 50CHL et type métabolique par HPLC).

La numération de la microflore totale et des bactéries lactiques (BL) indique que ces dernières représentent la microflore dominante. La concentration en BL dans ces pâtes fermentées varie entre 7,5 et 8,5 log CFU/g. Celle-ci est très inférieure aux concentrations rapportées pour certains produits fermentés naturels similaires. A partir des échantillons de pâtes, une collection de 182 bactéries a été constituée, 178 isolats sont Gram positifs, 171 sont catalase négatifs et 167 sont à la fois Gram positifs et catalase négatifs. L'appartenance au groupe des BL de 167 isolats a été confirmée par l'analyse par HPLC des produits de fermentation. Une première analyse des caractères phénotypiques des BL a montré que: 58% sont homofermentaires ; 80% seraient des lactobacilles (sur la base de l'observation morphologique) dont 47% sont hétérofermentaires; 57% et 69% des souches utilisent respectivement le mélibiose et le raffinose (α-galactosides) ; 100%, 72% et 57% des bactéries utilisent respectivement le glucose et le fructose, le maltose, le saccharose, principaux oses des céréales; 52% utilisent le lactose montrant ainsi que ces souches peuvent être aussi utilisées dans la fermentation du lait. Seule une souche utilise l'amidon natif ce qui pourrait se révéler très intéressant pour la sélection de cultures starters amylolytiques.

Ces premiers résultats confirment la dominance des BL, en particulier celle des lactobacilles. La présence d'isolats capables d'utiliser les α-galactosides (e.g. raffinose, mélibiose) est un des caractères intéressants qui permet d'envisager l'introduction de légumineuses avant fermentation. On peut ainsi espérer améliorer les teneurs en protéines et en lipides en limitant naturellement les effets négatifs des α-galactosides grâce à leur hydrolyse naturelle par la microflore lactique.

Mots-clés: *Ben-saalga* – Bactéries lactiques – Mil – Céréales – Fermentation

Remerciements: *Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

Attempt of modification of traditional processing of pearl millet into fermented gruel *ben-saalga*, to improve its energy density

Tou[1,2*] El Hassane, Mouquet[1,2] Claire, Guyot[2] Jean Pierre, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

1 CRSBAN/UFR-SVT, Ouagadougou University, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

*Corresponding author: *elassane@yahoo.fr*

The fermented millet gruels, *ben-saalga*, produced and commercialized in Ouagadougou, are widely accepted and consumed by the population, particularly by the young children. However, these gruels, as most of traditional gruels in Africa, have a low energy density (ED) (on average, 30 kcal/100g of gruel). The processing of pearl millet into *ben-saalga* comprises the following successive main steps: soaking the grains (first fermentation), grinding and filtration of humid flour, decanting (second fermentation) and cooking. This study aimed to improve the ED of *ben-saalga* by modifying this traditional processing in introducing intermediary steps of precooking and/or barley malt incorporation.

The modifications (precooking and barley malt incorporation) were chosen because of their potentiality to partially hydrolyse starch, thus allowing the preparation of high ED gruels. The modifications tested were *(i)* adding a precooking of 10 min after filtration stage to gelatinize the starch in order to enable the amylase attack and/or *(ii)* incorporate the barley malt (amylase source) at the beginning of decantation step at the rate of 1% of dry matter of the humid flour. The consistency of gruels prepared following the different processes was measured with a Bostwick consistometer in mm/30s at 45°C. During the decantation, the kinetics of acidification of the dough were registered with a pH-meter (WTW 340i).

The process combining both steps of precooking and barley malt incorporation allowed the preparation of high ED gruels (152 kcal/100g of gruel) having an appropriate consistency (Bostwick flow distance of 120mm/30s). On the other hand, each of these steps, tested individually, gave low ED gruels (24 and 30 kcal/100g of gruel, respectively) for the same Bostwick flow distance value, similar to the one of the traditional gruel. Barley malt incorporation did not modify the kinetics of acidification of the dough during decantation. However, the introduction of a precooking step induced a modification of the kinetics of acidification due to the destruction of the natural microflora and characterized by an important extension (up to 8 hours) of latency period. During this long latency period, the dough could undergo biochemical and bacteriological damages

The process combining both steps of modification proved highly efficient to increase the ED of gruels (on average, 440% more than the one of traditional gruel) and considerably delay the start of the fermentation. This disadvantage could be discarded through dough inoculation by the back-slopping technique.

Key words: Complementary food – Pearl millet fermented gruel – Energy density – Barley malt

Acknowledgment: *This work was performed in the frame of the Cerefer (www.mpl.ird.fr/cerefer/) project funded by the European Commission, contract N° ICA4-CT-2002-10047.*

Essai de modification des procédés traditionnels de fabrication des bouillies de mil fermenté *ben-saalga* en vue d'augmenter leur densité énergétique

Tou[1,2*] El Hassane, Mouquet[1,2] Claire, Guyot[2] Jean Pierre, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

1 CRSBAN/UFR-SVT/Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

2 UR106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

*Auteur correspondant: *elassane@yahoo.fr*

Les bouillies de mil fermenté *ben-saalga*, produites et commercialisées à Ouagadougou sont bien acceptées et largement consommées par la population, en particulier par les jeunes enfants. Cependant, ces bouillies, comme la plupart des bouillies traditionnelles en Afrique, ont une faible densité énergétique (DE) (en moyenne 30 kcal/100 g de bouillie). Les procédés de fabrication du *ben-saalga* comprennent les principales étapes suivantes: un trempage des graines de mil (première fermentation), un broyage et une filtration de la farine humide, une décantation (seconde fermentation) et une cuisson finale. Cette étude visait à augmenter la DE du *ben-saalga* en modifiant ses procédés de fabrication à travers l'introduction d'étapes de cuisson et d'incorporation de malt, seules ou en combinaison.

Les modifications (cuisson et incorporation de malt) ont été choisies en fonction de leur potentialité à favoriser une hydrolyse partielle de l'amidon susceptible de rendre les bouillies épaisses plus fluides. Les modifications testées ont été *(i)* l'introduction d'une cuisson de 10 minutes de la pâte après filtration dans le but de gélatiniser l'amidon et de le rendre plus sensible à une attaque amylasique et/ou *(ii)* l'introduction de malt d'orge (source d'amylases) en début de décantation à raison de 1% de la matière sèche de la farine. Nous avons mesuré à l'aide d'un consistomètre de Bostwick la consistance (en mm/30s) à 45°C des bouillies préparées suivant les différents procédés. Pendant la décantation, les cinétiques d'acidification des pâtes ont été enregistrées à l'aide d'un pH-mètre enregistreur (WTW 340i).

Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'incorporation de malt ont permis d'obtenir des bouillies ayant à la fois une consistance appropriée (écoulement de 120mm/30s) et une DE élevée (152 kcal/100g de bouillie). En revanche, ces mêmes étapes mises en œuvre individuellement, ont donné respectivement, pour la même consistance, des bouillies de faibles DE, 24 et 30 kcal/100g de bouillie, similaires à celle de la bouillie traditionnelle. Si l'incorporation de malt n'influe pas sur la cinétique d'acidification de la pâte au cours de la décantation, la cuisson quant à elle, induit, par la destruction de la flore naturelle, une modification caractérisée par un allongement important (jusqu'à 8h) de la phase de latence pendant laquelle la pâte pourrait subir des modifications à la fois biochimiques et bactériologiques.

La mise en œuvre combinée des étapes de cuisson et d'incorporation de malt s'est révélée très efficace pour augmenter la DE des bouillies (4,4 fois plus élevée que celle de la bouillie traditionnelle), mais retarde considérablement le démarrage de la fermentation. Une inoculation de la pâte à l'aide d'un pied de cuve pourrait compenser cet inconvénient.

Mots-clés: Aliment de complément – Bouillie de mil fermenté – Densité énergétique – Malt d'orge

Remerciements: *Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N° ICA4-CT-2002-10047.*

Changes in α-amylase activity and some nutrient and anti-nutrient contents during cereal malting in small production units in Ouagadougou

Traoré[1,2*] Tahirou, Icard-Vernière[2] Cristèle, Mouquet[1,2] Claire, Picq[2] Christian, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

1 CRSBAN / UFR-SVT / Ouagadougou University, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
2 UR 106 « Nutrition, Alimentation, Sociétés », IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
*Corresponding author: *ttahirou@ird.bf*

Introduction: Malting of cereals is traditionally used in many African countries for the manufacture of alcoholic drinks. Another potential use of malted cereal flours is their incorporation in infant flours to allow the preparation of energy-rich gruels with a semi-liquid consistency through the action of α-amylase. This work consisted firstly, in characterizing the different traditional processes used for cereal malting in Ouagadougou, and secondly, in highlighting the different biochemical modifications that occur in seeds during malting.

Methods: 191 production units (PU) of malted sorghum, 4 PU of malted maize and 3 PU of malted millet were listed in 4 sectors out of a total of 30 sectors in Ouagadougou. 8 PU that process either red sorghum (5 PU), or millet (2 PU), or maize (1 PU) were selected depending on the ability of the malt flour to fluidify high-energy density gruels and on differences observed in the processes used. Each of the 8 PU was monitored throughout the whole malt production process in order to describe rigorously the various stages of their malting technique and to establish a detailed flow sheet for each. Samples were collected after soaking, germination, maturation, drying and degerming for chemical determination (*nutrient, phytate and cyanide contents and measurement of α-amylase activity*).

Results: Traditional malting gave to malted sorghum, millet and maize flours an average α-amylase activity of respectively 56, 42 and 26 Ceralpha units/g DM and simultaneously reduced phytate content of respectively 52, 65 and 21%. It also induced, on the one hand a reduction in lipid content (*16 to 26% depending on the species*) and ash content (*41% in sorghum*), and on the other hand a significant increase in sucrose (*150 to 280%*), glucose (*2140 to 4480%*) and fructose (*380 to 1520%*) contents. A significant increase in cyanide content was also observed, particularly in red sorghum seeds (*+390 ppm*), which, fortunately, can be eliminated by manual degerming of germinated seeds. A significant variability in α-amylase activity and biochemical composition was noted from one PU of malted sorghum seeds to another. This variability may be due either to the nature and origin of the raw seeds or to the technological variants observed during malted flour preparation.

Conclusion: Malt flours of red sorghum and millet presented interesting nutritional and enzymatic characteristics to be incorporated in infant flours produced in small scale production units in order to improve energy density of infant gruels.

Key words: Malting – Cereal – α-amylase – Phytate – Cyanide

Variation de l'activité α-amylasique et des teneurs en certains nutriments et facteurs anti-nutritionnels au cours de la préparation de farines de céréales germées par les dolotières de Ouagadougou

Traoré[1,2*] Tahirou, Icard-Vernière[2] Cristèle, Mouquet[1,2] Claire, Picq[2] Christian, Traoré[1] Alfred S, Trèche[2] Serge

1 CRSBAN / UFR-SVT / Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
2 UR 106 "Nutrition, Alimentation, Societés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France
*Auteur correspondant: *ttahirou@ird.bf*

Introduction: Le maltage des céréales est une transformation pratiquée traditionnellement dans de nombreux pays africains pour la fabrication de boissons alcoolisées. Une autre utilisation possible des farines de céréales maltées est leur incorporation dans les farines infantiles pour permettre une augmentation de la densité énergétique des bouillies. Ce travail s'est attaché à mettre en évidence, d'une part, les variantes existant au niveau des procédés traditionnellement utilisés à Ouagadougou et, d'autre part, certaines modifications biochimiques intervenant dans les graines au cours du maltage.

Méthodologie: 191 ateliers de maltage de sorgho rouge, 4 de maïs et 3 de mil ont été recensés dans 4 des 30 secteurs de la ville de Ouagadougou. Huit ateliers transformant soit le sorgho (5 ateliers), soit le mil (2), soit le maïs (1) ont été sélectionnés en fonction de l'efficacité des farines maltées à fluidifier des bouillies et des différences observées au niveau des procédés utilisés. Ces 8 ateliers ont été suivis, chacun sur la durée totale de 3 productions, et des échantillons ont été prélevés aux principales étapes de la transformation. L'activité α-amylasique ainsi que la composition globale, les teneurs en sucres solubles, en phytates et en cyanures ont été déterminées selon les méthodes officielles.

Résultats: Le maltage traditionnel a conféré en moyenne une activité a-amylasique de respectivement 56, 42 et 26 Unités Ceralpha/g MS dans les graines de sorgho, mil et maïs et entraîné une réduction des teneurs en phytates de, respectivement, 52, 65 et 21%. Il s'est traduit, d'une part, par une réduction des teneurs en lipides (*de 16 à 26% selon l'espèce*) et en cendres (*41% pour le sorgho*) et, d'autre part, par une augmentation considérable des teneurs en saccharose (*de 150 à 280%*), glucose (*de 2140 à 4480%*) et fructose (*de 380 à 1520%*). Une augmentation importante des teneurs en cyanures a été observée au cours du maltage du sorgho (*+390 ppm*), mais ces cyanures peuvent être facilement éliminés par l'égermage manuel des graines germées. Par ailleurs, une importante variabilité de la composition biochimique et de l'activité a-amylasique d'un atelier de maltage à l'autre a été observée parmi les 5 ateliers transformant le sorgho. Cette variabilité est probablement due à la nature et à l'origine de la matière première utilisée et aux variantes technologiques observées dans la préparation des farines maltées.

Conclusion: Les farines de sorgho rouge et de mil germés possèdent des caractéristiques nutritionnelles et enzymatiques intéressantes pour être incorporées dans les farines infantiles produites dans de petites unités artisanales en vue d'une amélioration de la densité énergétique des bouillies infantiles.

Mots-clés: Maltage – Céréale – α-amylase – Phytates – Cyanures

Validation trial of two techniques for estimating the proportion of sugar and cooking-oil in cooked food consumed in Burkina Faso

Zagré[1,2*] Noël M, Kambou[3] Sandra, Ouédraogo[1] Hermann, Madoul[2] Aïssa

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger

3 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

*Corresponding author: *nzagre@hki.ne*

Introduction: Estimation of the amount of vitamin A (VA) to incorporate in food-vehicle is a major constraint for implementation of food-based strategy to combat vitamin A deficiency. The knowledge of daily intake of sugar and cooking-oil is a precondition to the fortification of these food-vehicles. Weighing during cooking is the standard technique to measure sugar or cooking-oil proportion in cooked food usually consumed. Measuring that part by a recall, «volume ratio» (VR) and «cash» (C) techniques are easier to use.

Objective: To compare VR and C techniques with the weighing technique.

Methods: Data were collected from 10 housewives and 10 "bissap-syrup" saleswomen, randomly selected in Ouagadougou in April 2002. At the home of each one, measures were done once during three consecutive days on 3 distinct preparations. Prior to the data collection two students were trained, one to perform the two techniques under test, and the second to correctly use the precise weighing scale. For the measure of cooking-oil part, one student attended the sauce cooking. With a 1 g precision digital electronic scale, she determined the amount of cooking-oil in a ladle of sauce. The following day, the second student applied to the same housewife and for the same sauce of the previous day, the VR to assess the amount of cooking-oil in the same ladle of sauce. A similar procedure has been adopted for the C technique. The amount of sugar in a bag of bissap-syrup has been at first determined by weighing. The following day, the C was applied to the same saleswoman and for the same bissap-syrup of the previous day, to assess the amount of sugar in a bag of bissap-syrup. The Wilcoxon rank test was used, to compare the mean part of sugar or cooking-oil. Probability level < 0.05 was considered statistically significant.

Results: The mean amount of cooking-oil in a ladle of sauce was 6.5±2.9 g and 6.7±3.9 g respectively for weighing and VR ($p=0.59$). The mean amount of sugar in a bag of bissap-syrup was 19.9±7.4 g and 21.5±7.9 g respectively for weighing and C ($p=0.19$). The two tested techniques overestimate the proportions by 4.4% and 11.9% respectively for the VR and the C techniques.

Conclusion: VR and C techniques are acceptable to assess sugar and cooking-oil part in food usually consumed. The current results might be confirmed with other food, before a generalized using of these techniques.

Key words: Part – Sugar – Cooking-oil – Technique of measure - Validation

Essai de validation de deux techniques de mesure de la proportion de sucre et d'huile de cuisine dans les aliments consommés au Burkina Faso

Zagré[1,2*] Noël M, Kambou[3] Sandra, Ouédraogo[1] Hermann, Madoul[2] Aïssa

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger

3 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *nzagre@hki.ne*

Introduction: L'estimation des quantités de vitamine A (VA) à incorporer dans les aliments-vecteurs constitue une contrainte majeure à la mise en place de stratégie de lutte contre la carence en vitamine A, basée sur l'enrichissement. La connaissance de la quantité d'huile et de sucre consommée quotidiennement est un préalable à leur enrichissement en VA. La pesée au cours de la préparation est la technique de référence pour mesurer la proportion d'huile et de sucre contenue dans les plats préparés habituellement consommés. Dans ce cadre, nous avons utilisé un rappel pour comparer deux techniques, le «rapport des volumes» (RV) et le «chiffre d'affaire» (CA), à la technique de référence.

Objectif: Comparer les techniques du RV et du CA à celle de la pesée, pour la mesure de la proportion d'huile de cuisine dans la sauce et de sucre dans le sirop de bissap.

Méthodes: Les mesures ont été effectuées auprès de 10 ménagères et 10 vendeuses de sirop de bissap choisies au hasard dans la ville de Ouagadougou en avril 2002. Chez chacune d'elles, elles ont concerné la préparation de 3 jours distincts, soit 3 mesures. Deux étudiantes, l'une formée à l'utilisation des deux outils à tester, l'autre à l'utilisation correcte des balances, ont servi comme enquêtrices. Pour la mesure de la proportion d'huile, l'enquêtrice a assisté à la préparation de la sauce et a déterminé par pesée, à l'aide d'une balance électronique à affichage digital de précision 1g, la quantité d'huile par louchée de sauce. Le lendemain, la deuxième enquêtrice appliquait chez la même ménagère et pour la sauce de la veille, la technique du RV, pour estimer la quantité d'huile par louchée de sauce. L'unité utilisée est la louche de cuisine usuelle. La ménagère utilise de l'eau pour montrer le niveau de sauce préparée la veille et également celui de l'huile utilisée. Une démarche similaire a été adoptée pour la technique du CA. La quantité de sucre par sachet de sirop de bissap a d'abord été déterminée par pesée chez la vendeuse. Le lendemain chez la même vendeuse, la quantité de sucre par sachet est estimée à partir des dépenses et des recettes relatives au sirop de bissap préparé la veille. Le test des rangs de Wilcoxon a été utilisé pour la comparaison des proportions moyennes d'huile et de sucre, avec un seuil de signification statistique de 5%.

Résultats: La quantité moyenne d'huile par louchée de sauce était de 6,5±2,9 g et de 6,7±3,9 g respectivement pour la pesée et le RV (p=0,59). La quantité moyenne de sucre par sachet de sirop de bissap était de 19,9±7,4 g et de 21,5±7,9 g respectivement pour la pesée et le CA (p=0,19). Les deux techniques surestimaient les quantités, de 4,4% pour le RV et de 11,9% pour le CA.

Conclusion: Les techniques du RV et du CA sont acceptables pour évaluer les proportions d'huile et de sucre dans les aliments habituellement consommés. Il est souhaitable de confirmer ces résultats avec d'autres aliments, avant de proposer ces techniques pour une utilisation généralisée.

Mots-clés: Proportion – Sucre – Huile - Technique de mesure - Validation

Thème 4:

Production et fortification des aliments par les petites industries agroalimentaires en vue d'améliorer la (bio)disponibilité des (micro)nutriments

Theme 4:

Small scale industrial food production and fortification for increased (micro)nutrient (bio)availability

Exposés introductifs

Introductory papers

Fortification of foods with micronutrients: a component of an integrated strategy to control micronutrient deficiencies in developing countries

Berger Jacques

UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5

Corresponding author: *j.berger@fpt.vn*

In developing countries, micronutrient malnutrition, especially iron, vitamin A and iodine deficiencies, is a public health problem with important physiologic and economic consequences. Programs implemented to control these deficiencies include supplementation, food-based approaches such as nutrition diversification and food fortification and global public health and disease control measures. Food fortification is recognized as the most cost-effective approach of improving micronutrient status of large populations. Its objective is to increase in a food the level of specific nutrients previously identified as inadequate and their intake.

To be successful, the control of micronutrient deficiencies requires strong political commitment. Food fortification should be included in national strategies of the national plan of action for nutrition and benefit of the active collaboration of the scientific community, the food industry, the consumers, the international and bilateral agencies and NGO. Fortification programs require the definition and careful planning of a fortification strategy adapted to every specific situation. The evaluation of the micronutrient status of a population identifies the magnitude of the problem, its distribution and risk factors that allows selecting the target groups and the interventions to be implemented. Identifying the patterns of consumption of potential food vehicles allows to choose the appropriate one. The choice of each suitable micronutrient fortificant depends on both its stability and biological availability after its addition to food, normal food storage and preparation procedures. The levels of fortification depend on the nutritional needs of the target group and on both estimated consumption of the fortified food and bioavailability of the fortificant and also on the regulations in the country. Target population must consume the fortified food in amounts sufficient to ensure adequate levels of the micronutrient without risk of toxicity. Fields trials will evaluate the efficacy and effectiveness of the fortified product in the target groups. The fortification process must be technically viable and the fortified food acceptable by consumers in term of organoleptic characteristics, safety and price. The consumers demand depends on their education and information of the nutritional and health benefits of fortified products. The promotion strategies of the fortified foods include their packaging, presentation, and selection of distribution channels.

The implementation of a follow-up of the program and of quality control of the product, especially of its appropriate content of fortificants from production until time of consumption, allows to ensure the efficacy and sustainability of the program and to provide all necessary adjustments during its development.

Key words: Micronutrient – Deficiencies - Food fortification - Developing countries

Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments dans les pays en développement

Berger Jacques
UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5
Auteur correspondant: *j.berger@fpt.vn*

Dans les pays en développement, les carences en micronutriments, en particulier les carences en fer, vitamine A et iode, représentent un problème de santé publique aux conséquences physiologiques et économiques non négligeables. Les programmes mis en oeuvre pour contrôler ces carences intègrent la supplémentation, les approches alimentaires telles que la diversification alimentaire et l'enrichissement d'aliments, et des mesures globales de santé publique et de contrôle des maladies. L'enrichissement des aliments est considéré comme l'approche de meilleur coût-efficacité pour améliorer le statut en micronutriments des populations. Son objectif est d'augmenter le contenu d'un aliment en micronutriments spécifiques, identifiés préalablement comme inadéquats, et leur consommation.

Le succès du contrôle des carences en micronutriments requiert une volonté politique affirmée. L'enrichissement d'aliments doit être inclus dans les stratégies nationales du plan d'action national pour la nutrition et bénéficier de la collaboration active de la communauté scientifique, de l'industrie alimentaire, des consommateurs, des agences internationales, bilatérales et des ONG. Les programmes d'enrichissement nécessitent la définition et planification rigoureuse d'une stratégie adaptée à chaque situation. L'évaluation du statut en micronutriments de la population identifie l'importance du problème, sa distribution, ses facteurs de risques et permet de sélectionner les groupes cibles et les interventions à mettre en oeuvre. L'identification des modes de consommation des véhicules alimentaires potentiels permet de choisir le plus approprié. Le choix de chaque micronutrient "fortifiant" dépend de sa stabilité et de sa disponibilité biologique après son incorporation à l'aliment, au cours du stockage et des procédures de préparation. Le niveau d'enrichissement dépend des besoins nutritionnels des groupes cibles, de la consommation de l'aliment enrichi et de la biodisponibilité du fortifiant mais aussi de la législation des pays. Le groupe cible doit consommer l'aliment enrichi en quantité suffisante afin d'assurer des niveaux adéquats sans risque de toxicité. Des études de terrain permettent d'évaluer l'efficacité biologique et réelle des produits enrichis. Le procédé d'enrichissement doit être techniquement réalisable et l'aliment enrichi acceptable par le consommateur en terme de propriétés organoleptiques, de sécurité et de prix. La demande des consommateurs dépend de leur éducation et information sur les bénéfices nutritionnels et de santé des produits enrichis. Les stratégies de promotion de l'aliment enrichi concernent son conditionnement, sa présentation et le choix des canaux de distribution.

La mise en place d'un système de suivi du programme et de contrôle de qualité du produit, notamment de sa concentration adéquate en micronutriment, de sa production à sa consommation, permet d'assurer l'efficacité et la pérennité du programme et d'envisager les ajustements nécessaires au cours de son développement.

Mots-clés: Micronutriments – Carences – Enrichissement - Pays en développement

Small scale industrial food production: a way forward to changing food habit and enhancing nutritional status in local communities

Onny* John 0, Olapade Abiodun A, Olatunji O
PMB 21023 Ikeja, Lagos Nigeria
*Corresponding Author: *ojonnyl12@yahoo.com*

Malnutrition will continue to be prevalent if small scale industrial food production is not given a priority in developing countries. This will also erode the role of food technologists and nutritionists towards having a secured food supply in those nations. There is nothing wrong with African traditional foods as several reports have shown that tradition of Africa lies with the way the society uses its food supply. Most studies on nutritional status of people especially in developing countries hold inadequate food intake and low consumption of certain of nutrients responsible for the majority of malnutrition. Little or no attempt is made to identify other factors that directly or indirectly compound the problem. Several factors contribute towards malnutrition in the society among them are cultural food habit, ignorance, family size, food distribution, poverty, genetics, diseases and improper food handling and preparation.

In the areas where these cultural food preferences are deep rooted, members are likely to be malnourished. Again where people are ignorant of their nutrient requirement, malnutrition becomes the inevitable result.

The war against malnutrition cannot be won until the present concept of family size in developing countries is changed. There is also the need for efficient communication and food distribution system to ensure adequate nutrition for all. Majority of the people living in rural communities in developing countries resort to cheap and low quality food items that supply minimum nutrients which is responsible for increasing incidence of malnutrition in local communities of local communities of developing nations.

Abnormalities resulting from diseases and genetic problems are contributory factors to malnutrition. Common ailments like diabetes, high blood pressure, alcoholism e.t.c, influence the nutritional status of the individual. Therefore the appropriate substitute must be provided in the diet for such affected individual to ensure adequate nutrition, which can only be assembled by specialists.

With the assistance of food technologists and nutritionists in the food processing industry varieties of food can be formulated and produced from unconventional sources to meet the food needs of the world, more especially those of developing nations with very low protein intake. food fabrication/production from unconventional sources has other obvious advantages namely to provide variety and diversified food products and utilization of by-products and even waste products of regular processes.

Finally it is worthy of note that the role of food technologists and nutritionists in small scale industrial food production/processing today goes beyond food formulation and education but have a lot to contribute to the development of any nation both environmentally and economically, not only by minimizing food wastage but converting some waste to food products which will have its multiplier effect on the economy of such nation and not to neglect the popular adage that says 'healthy people makes a wealthy nation'.

Key words: malnutrition – food habit – production – processing – traditional african food

La production des petites industries agroalimentaires: une voie pour le changement des habitudes alimentaires et l'amélioration des situations nutritionnelles au niveau des communautés

Onny* John O, Olapade Abiodun A, Olatunji O
PMB 21023 Ikeja, Lagos Nigeria
*Auteur correspondant: *ojonnyl12@yahoo.com*

La malnutrition continuera à être répandue si on ne donne pas la priorité à la production alimentaire de la petite l'industrie dans les PED. Cela pourrait aussi diminuer le rôle que les technologues et des nutritionnistes ont à jouer pour assurer la disponibilité alimentaire dans ces pays. Il n'y a rien de négatif dans les aliments traditionnels africains, dans las mesure où plusieurs rapports ont montré que la tradition en Afrique réside dans la manière que la société utilise les aliments disponibles. La plupart des études sur la situation nutritionnelle des populations, spécialement dans les PED, considèrent que des disponibilités alimentaires inappropriées et la faible consommation de certains nutriments sont responsables de la majorité des cas de malnutrition. Aucun ou peu d'efforts sont faits pour identifier les autres facteurs qui directement ou indirectement aggravent le problème. Plusieurs autres facteurs contribuent à la malnutrition dans la société. Il y a les habitudes alimentaires, l'ignorance, la taille de la famille, la distribution des aliments, la pauvreté, la génétique, les maladies et des manipulations et des modes de préparations des aliments incorrects.

Dans les zones où les préférences culturelles pour les aliments sont profondément enracinées, il est probable que les populations seront mal nourries. De même, là où les populations ignorent quels sont leurs besoins nutritionnels, la malnutrition est un résultat inévitable. On ne peut gagner la guerre contre la malnutrition qu'en faisant évoluer la conception actuelle de la taille de la famille dans les PED. L'efficacité au niveau de la communication et de la distribution alimentaire est aussi nécessaure pour assurer une nutrition adéquate pour tous. La majorité de la population vivant au sein des communautés rurales dans les PED a recours à des produits alimentaires bon marché et de basse qualité qui fournissent des nutriments en faible quantité occasionnant une augmentation des taux de malnutrition.

Les caractéristiques anormales résultant de ces maladies et les problèmes génétiques sont des facteurs qui contribuent à la malnutrition. Les affections courantes comme le diabète, l'hypertension, l'alcoolisme etc. influencent la situation nutritionnelle de l'individu. Pour cette raison, des substituts appropriés doivent être fournis dans l'alimentation des individus qui souffrent de ces affections pour leur assurer une alimentation adéquate, qui ne peut être proposée que par des spécialistes.

L'assistance des technologues et des nutritionnistes dans l'industrie de transformation alimentaire peut permettre de formuler et de produire des aliments variés à partir de sources non conventionnelles pour satisfaire les besoins alimentaires dans le monde, et plus spécialement dans les PED ayant de très faibles ingérés protéiques. La production alimentaire à partir de sources non conventionnelles a d'autres avantages évidents à savoir fournir des produits alimentaires diversifiés et utiliser des produits dérivés et même des déchets.

Finalement, il faut souligner qu'aujourd'hui le rôle des technologues et des nutritionnistes dans la production/transformation alimentaire de la petite industrie va au-delà de la formulation des aliments et de l'éducation mais doit aussi contribuer au développement de chaque pays à la fois sur le plan environnemental et économique, pas seulement en minimisant les pertes alimentaires mais en transformant certains déchets en produits alimentaires qui auront un effet multiplicateur sur l'économie nationale et ne pas négliger l'adage populaire «une population en bonne santé fait une nation prospère».

Mots-clés: Malnutrition - Habitude alimentaire - Transformation - Alimentation traditionnelle

Communications orales

presentations

Effect of mechanical milling and cooking on the technological properties, cooking quality and nutritional value of fonio, a West Africa cereal

Fliedel* Geneviève, Ouattara Maïmouna, Bazat Guillaume, Grabulos Joël

CIRAD-CA, Programme Cultures Alimentaires, Equipe Qualité des Produits commercialisés, TA 70/16 - 73 Avenue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France.

*Corresponding author: *genevieve.fliedel@cirad.fr*

Fonio, a cereal from West Africa with tiny and paddy grains, is still nowadays traditionally processed and most often consumed as a couscous accompanied with a sauce. Quality criteria requested by consumers are whiteness, swelling power and soft consistency of cooked grain. The mechanisation of post-harvest operations, mainly dehusking and milling, may induce differences in technological, cooking and nutritional qualities of milled fonio.

During a project funded by CFC (Common Funds for Commodities) in Guinea, Mali and Burkina Faso, we have studied the effect of the mechanical dehulling on milling and cooking properties of fonio, compared to the traditional pounding. Several analytical procedures were developed at the laboratory level on fonio quality.

The GMBF dehuller, developed during the project and presently locally built, removes the germ as well as by pounding: lipid content of milled fonio is respectively of 1 % d.b. and 0.9% d.b., compared to 1.6% d.b. after an abrasive dehulling. Percentage of brokens is lower (0.3% with GMBF and 1.9% after 5 successive poundings). Swelling power of cooked grains is higher when fonio is milled traditionally and by using GMBF (173.1 and 182.0 g of water for 100 g of cooked fonio d.b.) with a softer consistency (lower extrusion forces: 38.8 and 42.5 kgf) than for a product milled with an abrasive dehuller (137.1 g of water for 100 g d.b. and 52 kgf). GMBF can dehusk and mill fonio with physicochemical and cooking grain characteristics similar to those of a traditionally milled fonio.

Nutritive value of milled fonio is closed to that of milled rice with however a higher content of some minerals even after washing the grain and removing all the sand.

Differences of technological and cooking qualities were noticed among the varieties analysed, with an equivalent whiteness. The variety Siragué from Guinea, which is one of the most liked by consumers, is far from the others with a higher swelling power and a softer consistency (182.4 g of water for 100 g d.b. and 31.4 kgf).

Finally, the effect of various cooking processes, adapted to local socio-economic conditions, on the quality of precooked fonio were also determined in comparison to the traditional product.

Key words: Cereal - Fonio - Technological properties - Cooking quality - Nutritional value

Effet du blanchiment mécanique et de la cuisson sur la qualité technologique, culinaire et nutritionnelle du fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest

Fliedel* Geneviève, Ouattara Maïmouna, Bazat Guillaume, Grabulos Joël

CIRAD-CA, Programme Cultures Alimentaires, Equipe Qualité des Produits commercialisés, TA 70/16-73 Avenue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: *genevieve.fliedel@cirad.fr*

Le fonio, céréale d'Afrique de l'Ouest à grains minuscules et vêtus, est encore de nos jours transformé traditionnellement et consommé le plus souvent sous forme de couscous accompagné d'une sauce. Les critères de qualité recherchés par les consommateurs sont la blancheur du grain, le gonflement et la consistance moelleuse. La mécanisation des opérations post-récolte, notamment le décorticage-blanchiment, peut entraîner des différences de qualités technologiques, culinaire et nutritionnelle du fonio blanchi.

Dans le cadre d'un projet financé par le CFC (Common Funds for Commodities) en Guinée, Mali et Burkina Faso, nous avons étudié l'effet du blanchiment mécanique (par friction avec le décortiqueur GMBF ou par abrasion) sur la qualité du blanchiment et le comportement à la cuisson du fonio cuit, comparé à un blanchiment traditionnel au pilon. Plusieurs protocoles d'analyse de la qualité ont été développés au niveau du laboratoire.

Le décortiqueur GMBF, développé dans le cadre du projet et fabriqué maintenant localement, dégerme le grain aussi bien que le pilon: la teneur en lipides du fonio blanchi est respectivement de 1% m.s. et 0,9% m.s., comparé à 1,6% m.s. dans le cas d'un blanchiment par abrasion. Le taux de brisures est même plus faible (0,3% au GMBF au lieu de 1,9% après 5 pilages traditionnels successifs). Le taux de gonflement des grains après cuisson est plus élevé après blanchiment au GMBF ou au pilon (182 et 173 g d'eau pour 100 g de fonio cuit b.s.) avec une consistance plus moelleuse (forces d'extrusion plus basses: 38,8 et 42,5 kgf) que pour un produit issu d'un décortiqueur de type abrasif (137 g d'eau pour 100 g et 52 kgf). Le décortiqueur GMBF permet de décortiquer et blanchir le fonio avec des caractéristiques physico-chimiques et culinaires du grain proches de celles du fonio blanchi traditionnellement, ce qui n'est pas le cas d'autres décortiqueurs présents sur le marché.

La valeur nutritionnelle du fonio blanchi est proche de celle d'un riz blanc avec toutefois une teneur plus élevée en certains éléments minéraux, même après lavage des grains et élimination totale du sable.

Parmi les variétés analysées, nous avons pu noter des différences de qualité technologique et culinaire à taux de blanchiment équivalents. La variété Siragué, en provenance de Guinée, qui est l'une des plus appréciées par les consommateurs, se détache des autres avec une capacité de gonflement plus élevée et une consistance plus moelleuse (182 g d'eau pour 100 g et 31,4 kgf).

Enfin, nous avons également étudié l'effet de différents modes de cuisson, adaptés aux conditions socio-économiques locales, sur la qualité d'un fonio précuit par rapport à celle du produit traditionnel.

Mots-clés: Céréale - Fonio - Qualité technologique - Qualité culinaire - Valeur nutritionnelle

Extrusion cooking at very low cost for the production of infant flours in Burkina Faso : interests and constraints

Mouquet[1]* Claire, Salvignol[2] Bertrand, Trèche[3] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 and CRSBAN/UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

2 GRET, 211-213 rue La Fayette, 75010, Paris, France.

3 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.

*Corresponding author: *claire.mouquet@ird.bf*

Extrusion cooking is a useful process for the production of infant flours, as it allows to gelatinise and partially dextrinise the starch, and simultaneously reduces the activity of some anti-nutritional factors. Moreover, the high temperature (about 150°C) generated by the high shear of the blend of raw materials during the process allows the destruction of the initial micro-flora, thus ensuring good hygienic qualities to the final product.

But existing extrusion equipment is not suited to the context of developing countries as it requires a considerable initial financial investment and the production capacity (minimum 300 kg/hour) is too high, resulting in problems with raw material supply and distribution.

In Vietnam, monovis extruders of very low production capacity (between 30 and 50 kg/h) are currently used for street food manufacture. Their adaptation for instant infant flour production allowed settling several small production units throughout the country. However the performances of these simplified extruders are not as good as those of industrially-built equipment with large production capacity: particularly, the lipid content of the blend of raw material must not exceed 6g /100g of DM at the risk of considerably reduce the temperature during the process. Nevertheless, an infant flour offering good nutritional, organoleptic and hygienic qualities was formulated with rice-sesame extrudates added with roasted soybean flour, and the product is at present produced and marketed in different areas of Vietnam.

However, the transfer of this simplified very low-cost extruder in Burkina Faso for the production of infant flour will require taking the specific constraints linked to the context of this country into account. In particular, it will be necessary to study the possibilities to locally construct the main spare parts of these equipments. Their performances on raw material available in the country, such as millet, cowpea or groundnut, have also to be evaluated and adapted. In addition, owing to the poor hygienic quality of water used for gruel preparation, it should be preferable to formulate an infant flour to cook for a short time (boiling for 2 or 3 minutes) rather than an instant flour.

Under these conditions, the implementation of the very low-cost extrusion cooking process for the production of infant flour in Burkina Faso could allow to put on the market a cheap and attractive product based on local raw material, offering all the qualities needed to meet infant nutritional requirements, in addition to breastmilk.

Key words: Extrusion cooking - Infant flour - Young children – Gelatinisation - Dextrinisation

La cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farines infantiles au Burkina Faso: intérêts et contraintes

Mouquet[1]* Claire, Salvignol[2] Bertrand, Trèche[3] Serge

1 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, 01 BP182 et CRSBAN/UFR-SVT Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.
2 GRET, 213 rue La Fayette, F75010, Paris, France.
3 UR106/IRD, BP 64501, F34 394 Montpellier cedex, France.
*Auteur correspondant : *claire.mouquet@ird.bf*

La cuisson-extrusion est un procédé très intéressant pour la production de farines infantiles, car il permet à la fois de gélatiniser et dextriniser partiellement l'amidon, et de réduire certaines activités antinutritionnelles. De plus, les températures élevées (environ 150°C) engendrées par le fort cisaillement des matières premières au cours du procédé entraînent une destruction quasi-totale de la microflore initiale et garantissent au produit de bonnes qualités hygiéniques.

Mais la plupart des équipements de cuisson-extrusion existants ne sont pas adaptés aux contextes des pays en développement, car ils requièrent un investissement financier initial considérable et ont une capacité de production trop importante (environ 300 kg/h) engendrant des difficultés d'approvisionnement en matières premières et de distribution des produits.

L'adaptation de cuiseurs-extrudeurs monovis de très petites capacités de production (30 à 50 kg/h) utilisés pour la fabrication d'aliments de rue, à la production de farines infantiles instantanées au Vietnam a permis de mettre en place plusieurs petites entreprises de production disséminées dans le pays. Les performances de ces cuiseurs-extrudeurs simplifiés sont toutefois moindres que celles des équipements de grosse capacité fabriqués à l'échelle industrielle : notamment, la teneur en lipides du mélange à extruder ne doit pas dépasser 6g/100g de MS, sous peine de réduire considérablement les températures atteintes au cours du procédé. Néanmoins, une farine infantile, à base d'extrudats de riz-sésame et de farine de soja torréfié, présentant de bonnes qualités nutritionnelles, organoleptiques et hygiéniques a pu être mise au point et est actuellement fabriquée et commercialisée à très bas prix dans différentes régions du Vietnam.

Le transfert de cet équipement de cuisson-extrusion à très faible coût au Burkina Faso, en vue de produire des farines infantiles, n'est cependant envisageable qu'à condition de prendre en compte les contraintes liées au contexte de ce pays. Il sera notamment nécessaire d'étudier les possibilités de construction locale des principales pièces mécaniques de ces cuiseurs-extrudeurs et d'adapter leurs performances aux matières premières disponibles dans le pays. En outre, en raison de la qualité sanitaire peu sûre de l'eau utilisée pour la préparation des bouillies, il faudra peut-être préférer mettre au point une farine infantile à cuisson rapide, nécessitant 2 à 3 minutes d'ébullition, plutôt qu'une farine instantanée.

A ces conditions, la mise en œuvre du procédé de cuisson-extrusion à très faible coût pour la production de farine infantile au Burkina Faso pourrait permettre de mettre sur le marché un produit à base de matières premières locales, attractif et bon marché, présentant toutes les qualités requises pour satisfaire les besoins nutritionnels des jeunes enfants, en complément du lait maternel.

Mots-clés: Cuisson-extrusion - farine infantile - jeunes enfants – gélatinisation - dextrinisation

Effect of the technological innovation on improvement of the North Cameroon agro-food systems

Ndjouenkeu[1]* Robert, Cerdan[2] Claire

1 ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun

2 CIRAD TERA, Avenue Agropolis, 34398, Montpellier, Cedex 5, France

*Corresponding author : *rndjouenkeu@yahoo.fr*

The North Cameroon agro-food systems, because of their importance in feeding the towns and their contribution to develop local agricultural resources, have created innovation efforts and technological adaptation through various research and development projects. This article presents from the diagnosis of food processing structures of the three main towns (Ngaoundéré, Garoua and Maroua) of the region, innovation needs of this sector of activities, and shows, through 3 studies (yam valorisation, development of dairy products, and fruit juice production), how introducing innovation has contributed to improve the systems.

These innovations have consisted to favour a know-how exchange between farmers (yam valorisation case) and to train the actors to improved processes of production (milk and fruit juice). The positive effects of innovations, according the cases, deal with food security, food diversification, product quality, creation of new markets, and professionalization and organization of the actors. The analysis of the implemented methods to introduce innovations and of induced effects allows to learn lessons on difficulties associated to product quality building in food cottage industry and to show the necessity of a systematic approach for the improvement of these food systems.

Key words: Agro-food systems – Innovation – Yam – Milk – Fruit juice

Impact de l'innovation technologique sur l'amélioration des systèmes alimentaires du Nord Cameroun

Ndjouenkeu[1]* Robert, Cerdan[2] Claire

1 ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun

2 CIRAD TERA, Avenue Agropolis, 34398, Montpellier, Cedex 5, France

*Auteur correspondant: *rndjouenkeu@yahoo.fr*

Les systèmes agroalimentaires du Nord Cameroun, en raison de leur place importante dans l'alimentation des villes et de leur contribution à la valorisation des ressources agricoles locales, ont suscité des efforts d'innovation et d'adaptation technologique traduits à travers divers projets de recherche et de développement. Le présent article présente, à partir d'un diagnostic des structures de transformation alimentaire des trois principales villes de la région (Ngaoundéré, Garoua et Maroua), les besoins en innovation de ce secteur d'activité et montre, à travers 3 études de cas (valorisation de l'igname, développement de produits laitiers et production de jus de fruits), comment l'introduction d'innovation a contribué à améliorer les systèmes.

Les innovations introduites ont consisté principalement à favoriser un échange de savoir-faire entre paysans (cas de la valorisation de l'igname) et à former les acteurs à des procédés améliorés de production (lait et jus de fruits). Les effets positifs des innovations portent à la fois, et selon les cas, sur la sécurité alimentaire, la diversification alimentaire, la qualité des produits, la création de nouvelles niches de marché, la professionnalisation et l'organisation des acteurs. L'analyse des processus mis en œuvre dans l'introduction des innovations et des effets induits, permet de tirer des enseignements sur les difficultés relatives à la construction de la qualité des produits de l'artisanat alimentaire et montre la nécessité d'une démarche systémique pour l'amélioration de ces systèmes alimentaires.

Mots-clés: Systèmes agroalimentaires – Innovation – Igname – Lait - Jus de fruits

Development and production of chips from cereal and legume flours

Osseyi[1*] Elolo SG, Lamboni[2] Courdjo, Lawson[1] Latré

1 Département des Sciences et Technologies Alimentaires, ESTBA, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.
2 Département de Biochimie/Nutrition, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.
*Corresponding author: *elosseyi@yahoo.com*

Chips are snack foods made from starchy raw materials, which vary from place to place. Potato chips are found in Europe, maize tortilla-chips in Latin America and plantain chips in Africa. Chips are therefore energy-yielding products ready to eat all day long.

In this study, technological processes used for making mashed potato chips and tortilla chips were slightly modified to design and prepare from local cereal (maize) and legumes (soybean and common bean) flour, chips potentially rich in plant proteins. Soybean grains were roasted whereas maize and common bean grains were treated in an alkali solution (1% lime or sodium bicarbonate) in order to soften and loosen the teguments and make easier their removal. After the removal of the husks, the kernels were cooked (2 hours) and then soaked overnight to allow their hydration and starch gelatinisation. The treated kernels were rinsed, sun dried and milled into fine white flour.

Different formulations were tested and these consisted of either pure flour of maize, bean and soybean (50 – 60% flour) or combinations of two types of flour at different ratios (20 – 30% of each type of flour) or combinations of the three types of flour (10 –20% of each type of flour). The other ingredients were water, margarine, starch, baking powder, yeast extract, salt, sugar and spices. The resulting product from the blending of all ingredients was processed into homogeneous dough that was kneaded, flattened and cut into tiny disks. Both sides of the latter were simultaneously baked and fried in a thin layer of oil in the oven (170 °C, 4 min) to give chips.

Hedonic preference tests(ranking) and acceptation tests (attribute rate/scale) were performed to evaluate organoleptic attributes (appearance, texture, taste and overall acceptability) of the chips. Differences among the different types of chips with regard to their sensory characteristic scores were assessed by analysis of variance and differences were considered to be significant at $p< 0.05$.

It resulted from this sensory analysis that the soybean chips followed by the chips prepared from combined flour and the maize chips were ranked high compared to the bean chips. This study clearly indicated that, like cereals, legumes could be good candidates for chips production. Such chips with potentially high nutritional value can contribute to improving the deficient and precarious protein-energy nutritional status of young people in developing countries. They can also serve as vehicles for important nutrients (vitamins, minerals) by prior supplementation or fortification of flour.

Keys-words: Chips – Tortilla – Cereals - Legumes

Conception et fabrication de chips à base de farines de céréales et de légumineuses

Osseyi[1*] Elolo SG, Lamboni[2] Courdjo, Lawson[1] Latré

1 Département des Sciences et Technologies Alimentaires, ESTBA, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.
2 Département de Biochimie/Nutrition, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP. 1515 Lomé, Togo.
*Auteur correspondant: *elosseyi@yahoo.com*

Les chips sont des snacks ou amuse-gueule produits à partir de matières premières de nature glucidique qui varient selon les régions. Il existe des chips de pomme de terre en Europe, les tortilla chips de maïs en Amérique latine et des chips de banane plantain en Afrique. Ce sont donc des produits plutôt caloriques prêts à être grignotés tout au long de la journée.

Dans la présente étude, les procédés technologiques utilisés pour la production de chips de pomme de terre et de tortilla chips de maïs ont été légèrement modifiés pour concevoir et réaliser des chips potentiellement riches en protéines végétales à partir de farines de céréales (maïs) et de légumineuses (haricot, soja) locales. Les graines de soja sont torréfiées alors que celles du haricot et du maïs sont traitées dans une solution alcaline chaude (1% chaux éteinte ou de bicarbonate de sodium) afin de ramollir les téguments et faciliter leur enlèvement. Les téguments sont détachés et les graines sont ensuite bouillies (2 h) puis laissées tremper toute une nuit pour permettre l'hydratation et la gélatinisation de l'amidon. Les graines ainsi traitées sont rincées, séchées et moulues pour obtenir de fines farines blanches.

Différentes formulations contenant soit des farines pures de maïs, de haricot ou de soja (50 à 60%), soit des mélanges de deux types de farines (20 à 30% de chaque type), soit des mélanges des trois farines (10 à 20% de chaque type) ont été réalisées. Les autres ingrédients entrant dans les formules sont de l'eau, de la margarine, de l'amidon, de la levure chimique, des extraits de levure, du sel de cuisine, du sucre et des épices. La pâte homogène obtenue par mélange de l'ensemble des ingrédients est pétrie, laminée et découpée en rondelles. Ces dernières sont simultanément cuites et frites avec exposition successive de leurs deux faces dans une mince couche d'huile au four (170°C ; 4 min) pour donner des chips.

Les tests de préférence et de graduation de caractéristiques ont été utilisés dans l'étude des propriétés organoleptiques (apparence, texture, couleur, goût et appréciation globale) des chips. Les différences entre les caractéristiques des diverses chips produites ont été évaluées par analyse de variance et ces différences sont considérées significatives à $p < 0,05$.

Il ressort de l'ensemble de ces évaluations que les chips les plus appréciées sont celles de soja, suivies de celles préparées à partir des mélanges de farines et des chips de maïs ; les chips de haricot viennent en dernière position. Cette étude a clairement montré que les légumineuses, tout comme les céréales, peuvent bien se prêter à la confection des chips. De telles chips de valeur nutritionnelle potentiellement élevée, peuvent contribuer à l'amélioration du statut protéino-énergétique déficient et précaire des jeunes dans les pays en développement. Elles peuvent également servir de véhicule pour d'importants nutriments (vitamines et sels minéraux) si les farines sont au préalable fortifiées.

Mots-clés: Chips – Tortilla – Céréales – Légumineuses

Innovation and technology transfer: the millet fermentation control case by use of a lactic acid starter

Totté[1,2*] Anne, Tine[1] Emmanuel, Seye[3] Ndeye, Mathiam[4] Jean-Michel, Thonart[5] Philippe

1 Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel (LMAGI), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop, BP 5085, Dakar Fann, Sénégal

2 Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE), Communauté Wallonie Bruxelles, BP 6279, Dakar, Sénégal

3 Institut de Technologie Alimentaire, BP 2765, Dakar-Hann, Sénégal

4 Programme des Femmes en Milieu Urbain (PROFEMU), Unité de Transformation des Céréales, Dakar, Sénégal

5 Centre Wallon de Biologie Industrielle (CWBI), Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux, Belgique

*Corresponding author: *magi@ucad.sn*

Studies on millet fermentation control in Senegal, by use of a lactic starter (*Lactobacillus plantarum* 308a), permitted the development of a new process integrated in the traditional production customs of small urban processing units of granulated fermented millet products. The main objectives were to study the micro-organisms role in the traditional fermentation of millet, identify the fermentation agents, develop a starter for the millet flour acidification and for contamination control, train a university research team in biotechnology and create a tropical strain bank for food biotechnology uses and for sanitary food control.

Lactic strains screening and identification lead to the development of a starter containing one *Lactobacillus* strain, whose biomass produced in reactor is conditioned on it native substrate (millet flour). This starter offers a shelf life of minimum one year at 4°C. The lyophilised form has the advantage to present a higher viability and more stable acidification properties in a long term.

Since two years, the technology transfer is in discussion with producers. One processing unit wish to participate to the transfer tests, specified in a common convention signed by the partners. The aim of this paper is to discuss the different reasons - technology, socio-cultural, and economic – capable to explain the non-acquisition of this process. The use of the starter allows a control of the millet fermentation, offers a more digest product with a better microbiology quality, and permit to present various degrees of stabilised acidity to meet the local flavour wishes. New perspectives appear in bakery trade for the use of an acidified millet flour as a bread making additive (for aroma and taste).

Key words: Fermentation – Millet - Local products – Transfer - Lactic bacteria

Innovation et transfert de technologie: cas du contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique

Totté[1,2*] Anne, Tine[1] Emmanuel, Seye[3] Ndeye, Mathiam[4] Jean-Michel, Thonart[5] Philippe

1 Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel (LMAGI), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop, BP 5085, Dakar Fann, Sénégal

2 Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE), Communauté Wallonie Bruxelles, BP 6279, Dakar, Sénégal

3 Institut de Technologie Alimentaire, BP 2765, Dakar-Hann, Sénégal

4 Programme des Femmes en Milieu Urbain (PROFEMU), Unité de Transformation des Céréales, Dakar, Sénégal

5 Centre Wallon de Biologie Industrielle (CWBI), Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 5030 Gembloux, Belgique

*Auteur correspondant: *magi@ucad.sn*

Au Sénégal, les recherches sur le contrôle de la fermentation du mil par l'utilisation d'un starter lactique (*Lactobacillus plantarum* 308a) ont permis de mettre au point un procédé s'intégrant dans les habitudes de production traditionnelles des unités de transformation urbaines de produits fermentés granulés à base de mil. Les objectifs de ces recherches étaient les suivants: étudier le rôle des micro-organismes dans la fermentation traditionnelle du mil, identifier les agents de fermentation, mettre au point un ferment permettant l'acidification de la farine de mil et le contrôle des contaminants, former une équipe universitaire dans le domaine des biotechnologies et établir une banque de souches tropicales utiles en biotechnologie alimentaire ou susceptibles d'améliorer la qualité sanitaire des aliments.

Le screening et l'identification de plusieurs souches lactiques a permis la mise au point d'un starter constitué par une souche (*Lactobacillus*), dont la biomasse produite en fermenteur est conditionnée sur le substrat d'origine (farine de mil). Ce starter présente une durée de vie d'au moins un an à 4°C. La forme lyophilisée a l'avantage de présenter une plus grande viabilité et des propriétés d'acidification plus stables à long terme.

Le transfert de technologie est en cours de discussion avec les producteurs depuis deux ans. Une seule unité de production a émis le souhait de participer aux essais de transfert, proposés sous forme d'une convention signée par les partenaires. La réflexion dans cet article porte sur les différentes raisons technologiques, socio-culturelles et économiques susceptibles d'expliquer la non-acquisition de ce procédé. L'intégration du starter permet un contrôle de la fermentation du mil, la mise sur le marché d'un produit plus digeste et de meilleure qualité microbiologique, et présentant des degrés d'acidité stabilisés en fonction des goûts locaux. Des perspectives nouvelles s'ouvrent dans le secteur de la boulangerie pour une farine de mil acidifiée utilisée comme adjuvant de panification (arômes et goût).

Mots-clés: Fermentation - Mil – Produits locaux – Transfert – Bactéries lactiques

Nixtamalization, a mesoamerican technology to process maize at small-scale with great potential for improving the nutritional quality of maize based foods

Wacher Carmen

Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México

Corresponding author: *wacher@servidor.unam.mx*

The origin of maize is very likely Mesoamerica, where it was domesticated and is a staple food. In Mexico, half of the total volume of food that is consumed is maize, which provides approximately 50 percent of the energy intake and this proportion is even greater for lower income groups.

"Nixtamalization" is the process of cooking maize grains in a lime solution, soaking and washing them, to obtain "nixtamal". Then it is stone-ground to obtain nixtamal dough or "masa". A variety of products are obtained from it and "tortilla" (flat pancakes cooked in a griddle) is the most popular one. Although maize became a staple crop in numerous African countries, this process has not been commonly adopted in Africa.

This technology improves the quality of maize in different ways. From the technological point of view, lime-cooking facilitates pericarp removal and alkaline hydrolysis releases gums from the pericarp and saponified lipids from the germ that improve the rheological properties of the dough (elasticity, resistance to tearing and cracking). Cooking alters starch crystallinity and reassociation of starch molecules during steeping are important to develop the rheological properties of nixtamal dough. Colour intensity, smell and flavour are affected by lime, conferring desired organoleptic characteristics. It significantly increases its calcium content and this is relevant, as calcium intake from dairy products in developing countries is limited by their high cost and problems associated with lactose intolerance. The alkaline treatment releases bound niacin and makes it available; this is the reason why pre-Columbian civilizations did not suffer pellagra. Insoluble dietary fibre decreases from raw to nixtamalized maize; however the relatively high levels that remain in the dough are of nutritional significance. Total fat content decreases, but the lime cooking process does not cause changes in fatty acid distributions. Maize protein is of low quality, because of limiting concentrations of lysine and tryptophan. Nixtamalization improves protein quality, as shown by higher protein efficiency ratios (PER) of nixtamal, compared to maize. In addition to these nutritional benefits, lime-cooking has also been found to reduce significantly the amount of mycotoxins that are present in maize.

Fermentation of nixtamal further enhances its nutritional properties. After natural fermentation of nixtamal dough to obtain *pozol* (a beverage prepared by suspending in water this acidified dough), protein quality improves. Being simple and inexpensive, conditions to transfer this ancient technology to Africa could be assessed to contribute to improve the nutritional quality of maize based foods.

Key words: Maize – nixtamal

La nixtamalisation: un procédé mésoaméricain de transformation du maïs à petite échelle présentant un grand potentiel pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle d'aliments à base de maïs

Wacher Carmen
Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D. F. México
Auteur correspondant : *wacher@servidor.unam.mx*

La Méso-Amérique est fort probablement le berceau du maïs où il fût domestiqué et devint un aliment de base. Au Mexique, le maïs représente la moitié des aliments consommés et contribue à environ 50% des ingérés énergétiques, cette proportion étant supérieure pour les populations à bas revenus.

La nixtamalisation est le procédé qui consiste à cuire les grains de maïs dans une solution de chaux, à les tremper et à les laver pour obtenir le «nixtamal». Il est ensuite broyé pour obtenir une pâte de «nixtamal» ou «masa». De nombreux produits peuvent en être dérivés dont la «tortilla» (fine galette cuite sur une plaque chauffée) qui est le plus populaire. Bien que le maïs soit aussi devenu un aliment de base dans de nombreux pays africains, ce procédé n'a pas été communément adopté en Afrique.

Cette technologie améliore la qualité du maïs de différentes façons. D'un point de vue technologique, la cuisson à la chaux facilite l'élimination du péricarpe et l'hydrolyse alcaline libère des gommes du péricarpe et saponifie les lipides du germe, ce qui améliore les propriétés rhéologiques de la pâte (élasticité, résistance au déchirement et au craquelage). La cuisson altère la structure cristalline de l'amidon, et la réassociation des molécules constitutives de l'amidon durant le trempage est importante pour développer les propriétés rhéologiques de la pâte de nixtamal. L'intensité de la couleur, l'odeur et la flaveur sont affectées par la chaux, conférant ainsi des propriétés organoleptiques désirées. La teneur en calcium est significativement augmentée, ce qui est important car les apports de calcium par les produits laitiers sont limités dans les pays en développement en raison de leurs coûts et des problèmes liés à l'intolérance au lactose. Le traitement alcalin libère la niacine et la rend disponible, c'est la raison pour laquelle les civilisations pré-colombiennes ne souffraient pas de pellagre. La teneur en fibres insolubles diminue du maïs brut au maïs nixtamalisé; toutefois les niveaux relativement élevés encore présents dans la pâte sont encore d'intérêt nutritionnel. La teneur totale en lipides diminue, mais la cuisson alcaline n'altère pas la distribution en acides gras. Les protéines du maïs sont de mauvaise qualité à cause de leur concentration limitée en lysine et tryptophane. La nixtamalisation améliore la qualité des protéines, comme l'indique la valeur plus élevée du coefficient d'efficacité protéique (CEP) dans le nixtamal que dans le maïs. Outre ces bénéfices nutritionnels, il a été aussi montré que la cuisson à la chaux réduit significativement la quantité de mycotoxines présentes dans le maïs.

La fermentation du nixtamal améliore ses propriétés nutritionnelles. La fermentation naturelle d'une pâte de nixtamal pour obtenir du *pozol* (une boisson préparée par suspension de la pâte fermentée dans de l'eau) entraîne une amélioration de la qualité des protéines. Dans la mesure où elle est simple et peu coûteuse, il semble intéressant d'étudier les conditions du transfert de cette ancienne technologie en vue d'améliorer la qualité nutritionnelle des aliments à base de maïs.

Mots-clés: Maïs - Nixtamal

Affiches

Posters

The influence of fermentation and cowpea fortification on the quality characteristics of maize-based complementary foods

Afoakwa[1*] Emmanuel O, Sefa-Dedeh[1] Samuel, Kluvitse[2] Yvonne, Sakyi-Dawson[1] Esther

1 Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana P.O. Box 134, Legon-Accra, Ghana.

2 Department of Food Science & Technology, 1109 Experimental Station, University of Georgia, Griffin, GA 30223 U.S.A.

*Corresponding author: *e_afoakwa@yahoo.com*

Spontaneous lactic acid fermentation is an important process in cereal processing. It is applied to develop and enhance taste and flavour, modify texture and improve the microbial safety of foods. When applied with cowpea fortification to maize-based complementary foods, it is expected to further improve the nutritional quality, functionality and provide an alternative high protein complementary food for infant feeding in West Africa. The objective of this study was to evaluate the influence of fermentation and cowpea addition on the chemical (nutritional and anti-nutritional factors), functional and some physico-chemical properties of the complementary foods.

A 5x4x2x2 factorial experiment with the cowpea levels (0, 5, 10, 15, 20%), fermentation time (0, 1, 2, 3 days), cowpea steaming time (0, 4 min) and fermentation method (single and multiple component) as the variables was performed. The cowpeas were dehulled, steamed, dried at 65°C for 24 hours and milled into flours. Maize was soaked in water (18 hours), drained and milled into flour. The maize-cowpea blends were made into a 50% moisture dough fermented for the specified periods, dried at 50°C, milled into flour and packaged in polypropylene bags as complementary foods, as used in most West African homes. Samples were evaluated for pH, titratable acidity and water absorption using standard analytical methods. Stachyose, raffinose and other sugars were extracted from the samples and analysed using High Pressure Liquid Chromatography (HPLC).

The pH and titratable acidity of the samples were affected by fermentation time, steaming time, and the levels of cowpeas in the blend. Cowpea was the main source of glucose and galactose, and stachyose and raffinose were the major oligosaccharide present. Fermentation caused a significant ($p<0.05$) reduction in stachyose, raffinose and glucose/galactose levels. The addition of cowpea flour to the fermented maize prior to drying (single component fermentation) gave similar effects on sugar concentrations as detected in the co-fermented samples (multi-component fermentation). Water absorption capacity increased significantly ($p<0.05$) with both fermentation time and cowpea addition.

Fermentation and cowpea fortification can be used to produce maize-based complementary foods with reduced anti-nutritional factors and improved functional properties without significant changes in product quality profiles of the fermented complementary foods.

Key words: Fermentation – Cowpea fortification – Chemical composition – Functional properties – Complementary foods

Influence de la fermentation et de l'incorporation de niébé sur les caractéristiques des aliments de complément à base de maïs

Afoakwa[1]* Emmanuel O, Sefa-Dedeh[1] Samuel, Kluvitse[2] Yvonne, Sakyi-Dawson[1] Esther

1 Department of Nutrition & Food Science, University of Ghana, P.O. Box 134, Legon-Accra, Ghana

2 Department of Food Science & Technology, 1109 Experimental Station, University of Georgia, Griffin, GA 30223 U.S.A.

*Auteur correspondant: *e_afoakwa@yahoo.com*

La fermentation lactique spontanée est un important procédé de transformation des céréales. Elle est pratiquée pour développer et rehausser le goût et le parfum, modifier la texture et améliorer la sécurité microbienne des aliments. Quand on incorpore de plus du niébé aux aliments de complément à base de maïs, on s'attend à améliorer davantage la qualité nutritionnelle, la fonctionnalité et à fournir un aliment de complément ayant une teneur en protéines élevée pouvant être utilisé pour l'alimentation de l'enfant en Afrique de l'Ouest. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence de la fermentation et de l'incorporation de niébé sur les propriétés chimiques (teneurs en nutriments et en facteurs anti-nutritionnels), fonctionnelles et physico-chimiques des aliments de complément.

Une expérience factorielle (5x4x2x2) prenant en compte le taux d'incorporation du niébé (0, 5, 10, 15, 20%), la durée de fermentation (0, 1, 2, 3 jours), le temps de cuisson à la vapeur (0, 4 min), la méthode de fermentation (un seul ou les deux ingrédients) comme variables a été effectuée. Les niébés ont été décortiqués, cuits à la vapeur, séchés à 65°C pendant 24 heures et transformés en farine au moulin. Le maïs a été trempé dans l'eau (18 heures), égoutté et transformé en farine au moulin. Les mélanges de maïs et de niébé étaient transformés en une pâte humide (50% d'eau) fermentée pendant des périodes déterminées, séchés à 50°C, transformés en farine et emballés dans des sacs en polypropylène comme aliments de complément, de la manière qui est couramment utilisée en Afrique de l'Ouest. Dans les échantillons, on a déterminé le pH, l'acidité titrable et l'absorption d'eau en utilisant les méthodes d'analyses standard. Le stachyose, le raffinose et d'autres sucres ont été extraits des échantillons et leurs teneurs ont été déterminées par HPLC.

Le pH et l'acidité titrable des échantillons ont été modifiés par la durée de fermentation, le temps de cuisson à la vapeur et le taux d'incorporation du niébé dans le mélange. Le niébé s'est révélé être la principale source de glucose et de galactose tandis que le stachyose et le raffinose constituaient les oligosaccharides les plus abondants. La fermentation a causé une réduction significative ($p<0.05$) des teneurs en stachyose, raffinose et glucose/galactose. L'incorporation de farine de niébé au maïs fermenté préalablement séché (fermentation à un composant) a eu les mêmes effets sur les concentrations en sucres que la co-fermentation des deux composants. La capacité d'absorption d'eau a augmenté significativement ($p<0.05$) tant avec la durée de fermentation qu'avec l'incorporation du niébé.

La fermentation et l'incorporation de niébé peuvent être utilisées pour produire des aliments de complément à base de maïs ayant des teneurs réduites en facteurs anti-nutritionnels et des propriétés fonctionnelles améliorées sans qu'il y ait de changement important au niveau de la qualité des aliments de complément fermentés.

Mots-clés: Fermentation – incorporation de niébé – composition chimique – Propriétés fonctionnelles – Aliments de complément

Difficulties met during the setting up of a producing unit of infant flours in Mauritania

Baro[1]* Mohamed, Diagana[2] Yacouba

1 Médecins sans Frontières Espagne, BP 40239 Nouakchott, Mauritanie
2 Université de Nouakchott, BP 798, Nouakchott, Mauritanie
*Corresponding author: mdbaro@yahoo.fr.

The awareness that bad feeding practices are one of the infant malnutrition causes and the lack of local production of adequate complementary food in Mauritania have brought ANED/WHO to organise on March 2002 a workshop aimed at planning the setting up of a producing unit of infant flours. This unit (UPAC; *Unité de production d'aliment de complément*) has been set up on May 2002 by the NGO Action. Presently, it employs 5 workwomen and produce daily from 60 to 100 kg infant flours.

How to conciliate a social activity and a commercial one ? This was the great challenge that the UPAC project intended to undertake. Social activity, first, because in a country with 2.7 millions inhabitants spread out on an area of 1 million km2 where chronic malnutrition prevalence is about 35% in children less than 5 years and where 46% of the population lives below the poverty line. Then commercial, because we think that this option is the only one which is able to sustain the activity of our unit.

Difficulties appeared at different steps of the unit creation:

- **Before setting up:** The most important problem at this step was to find financial partners since banks, manufacturers, NGOs and State institutions do not finance this kind of structures: banks and industrialists because customers are scarce, transient and diffuse; the humanitarian NGO because they are not attracted by the commercial side of the project; the structures concerned by mother and child health because this kind of project is beyond their field of competence. Then the difficulties had been first to establish a budgetary account because prices fluctuations make this operation complicated and hazardous, and to finance feasibility study on the product, mainly acceptability tests.

- **While setting up:** The first problem was the choice of the production place which has finally been located in an outlying district of Nouakchott, far from production areas of raw materials, but near the communication and transport lines and the target public. Then there were the problem of access to water and electricity and those resulting from deplorable hygiene conditions of the district.

- **At the starting of the production:** At this stage, we mainly faced up to difficulties to find locally a packaging that allows a good preservation of the product, to the irregularity of supplies in raw material, to the lack of means to ensure a sufficient promotion and diffusion of the product and to the lack of laboratories which can determine and follow nutritional and bacteriological quality. All this had consequence to hamper establishing customer loyalty.

In conclusion, two main causes of difficulties met have been the lack of financial means and the lack of local structures, especially those which would allow to carry out a regular control of the product quality.

Key words: Financing – Control – Production – Complementary food – Mauritania

Difficultés rencontrées lors de la création d'une unité de production de farines infantiles en Mauritanie

Baro[1*] Mohamed, Diagana[2] Yacouba

1 Médecins sans Frontières Espagne, BP 40239 Nouakchott, Mauritanie

2 Université de Nouakchott, BP 798, Nouakchott, Mauritanie

*Auteur correspondant: mdbaro@yahoo.fr

La prise de conscience du fait que les mauvaises pratiques alimentaires sont l'une des causes de la malnutrition infantile et l'absence de production locale d'aliments de complément adaptés en Mauritanie ont décidé l'ANED/OMS à organiser en mars 2002 un atelier de planification pour la création d'une unité de fabrication de farines infantiles. Cette unité (UPAC; *Unité de production d'aliment de complément*) a été mis en place à partir de mai 2002 par l'ONG Action. Actuellement, elle emploie 5 ouvrières et produit chaque jour 60 à 100 kg de farines infantiles.

Comment concilier une activité sociale et une activité commerciale ? Tel était le grand défit que se proposait de relever le projet UPAC. Sociale, d'abord, dans un pays de 2,7 millions d'habitant dispersés sur un territoire de 1 million de km2 où la prévalence de malnutrition chronique avoisine 35% chez les enfants de moins de 5 ans et où 46% de la population vit au-dessous du seuil de pauvreté. Commerciale, ensuite, car nous pensons que cette option est la seule capable de pérenniser l'activité de notre unité.

Des difficultés sont apparues aux différentes étapes de la création de l'unité:

- **Avant la mise en place:** Le problème le plus important à ce stade était de trouver des partenaires financiers dans la mesure où les banques, les industriels, les ONGs et les institutions de l'état ne financent pas ce type de structure : les banques et les industriels parce que la clientèle est réduite, éphémère, et diffuse; les ONGs à but humanitaire car elles sont rebutées par l'aspect commercial du projet; les structures concernées par la santé de la mère et de l'enfant parce que ce genre de projet échappe à leur domaine de compétences. Les difficultés ont été ensuite d'établir un compte prévisionnel car les fluctuations des prix rendent cette opération très compliquée et aléatoire et de financer l'étude de faisabilité du produit, en particulier les tests d'acceptabilité.

- **Au moment de la mise en place:** Le premier problème qui s'est posé a été le choix du site de production qui a été finalement localisé dans un quartier périphérique de Nouakchott, loin des zones de production des matières premières, mais proche des voies de communication et de transport et du public cible. Puis se sont posés les problèmes de l'accès à l'eau et à l'électricité et ceux résultant des conditions d'hygiène déplorables du quartier.

- **Au démarrage de la production:** A ce stade, nous avons été confrontés principalement aux difficultés de trouver localement un emballage permettant une bonne conservation du produit, à l'irrégularité des approvisionnements en matières premières, au manque de moyens pour assurer une promotion et une diffusion suffisantes du produit et à l'inexistence de laboratoires pouvant déterminer et suivre sa qualité nutritionnelle et bactériologique. Tout cela a eu pour conséquence de freiner la fidélisation de la clientèle.

En conclusion, les deux principales causes des difficultés rencontrées ont été le manque de moyens financiers et l'insuffisance des structures locales, en particulier celles permettant de réaliser un contrôle régulier de la qualité du produit.

Mots-clés: Financement – Contrôle – Production - Aliment de complément - Mauritanie

Prevention of anaemia in rural area in Benin: technological aspects of the fortification of fermented maize meal with iron

Bassa Septime, Michodjèhoun-Mestres Laétitia, Hounhouigan* Joseph D

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

*Corresponding author: *hounjos@bj.refer.org*

Iron Deficiency Anaemia (IDA) is one of the major public health problems in the world, especially in Asia and sub-Saharan African countries. The consumption of iron-rich foods can efficiently contribute to the reduction of IDA. In Benin, maize is an important part of the daily diet, with an average consumption of 85 kg/capita per year, which could reach 100 to 150 kg in rural area of the southern and central departments of the country. So, fortification of maize meal with iron could be an efficient way of preventing or treating IDA in these parts of Benin. This study, which is a part of an Research-Development project initiated by CARE-BENIN aims to study the feasibility of the fortification of mawè, a fermented maize flour generally consumed in Benin. Preliminary studies on processing and consumption habits shown that among the five maize varieties used in the region (Gbogboué, Gbali, Djakpé, djongbo et DMR), Gbogboué is the most consumed (70 % of the population). Average iron content of the maize varieties varies from 1.5mg/100g for Gbali to 6.3 mg/100g (dw) for Gbogboué; phytates content varies from 0.4g/100g for Gbali to 0.8g/100g (dw) for Gbogboué. Iron content of maize products sampled in the intervention zone varies from 2.5 to 3 mg/100 g (dm) and phytate contents from 0.4 to 0.5g/100g (dm). Iron content of mawè from Gbogboué was reduced by 44% and phytate content by 31% as the result of dehulling. Fermentation affects significantly the phytate content of mawè (20% reduction) only after 24 h. From four types of iron salts including ferrous sulfate, iron gluconate, ferrous fumarate and NaFeEDTA, tested for their ability to preserve the sensory qualities of traditional mawè products, only ferrous sulfate was found suitable. A premix (type 540) containing ferrous sulfate was tested in the intervention zone and was found to be suitable to produce acceptable fortified mawè-based products, allowing an additional daily intake of 10 mg of iron per consumer. On the basis of these results, works are in progress to introduce fortified mawè in the household food consumption at Dogbo, in the Department of Mono, at the South-West of Benin.

Keys words: Maize – Fermentation – Fortification – Iron – Phytates – Anaemia

Prévention de l'anémie dans les zones rurales au Bénin : aspects technologiques de la fortification en fer de la farine fermentée de maïs

Bassa Septime, Michodjèhoun-Mestres Laétitia, Hounhouigan* Joseph D

Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

*Auteur correspondant: *hounjos@bj.refer.org*

L'anémie due à la carence en fer constitue un véritable problème de santé publique dans les pays d'Asie et d'Afrique subsaharienne. L'une des formes de lutte les plus efficaces contre cette forme de malnutrition est la consommation d'aliments riches en fer. Au Bénin, le maïs occupe une place de choix dans l'alimentation humaine avec une consommation moyenne annuelle d'environ 85 kg/habitant, pouvant atteindre 100 à 150 kg dans certaines zones rurales des Départements du Sud et du Centre du pays. La fortification en fer du maïs peut donc constituer une alternative pour la résolution des problèmes liés à la carence en fer dans ces zones. La présente étude, qui fait partie d'un projet de recherche-action conduit par CARE BENIN, vise à étudier la faisabilité de la fortification du mawè, une farine fermentée de maïs généralement consommée au Bénin. Les études préliminaires sur les pratiques de transformation et de consommation ont permis de constater que cinq variétés de maïs sont couramment utilisées dans la zone d'étude : Gbogboué, Gbali, Djakpé, djongbo et DMR ; mais Gbogboué est la variété la plus consommée (70% de la population). La teneur en fer de ces variétés de maïs varie entre 1,5 mg/100 g (bs) pour Gbali et 6,3 mg/100g (bs) pour Gbogboué tandis que la teneur en phytates varie entre 0,4 g/100g pour Gbali et 0,8 g/100g (bs) pour Gbogboué. La teneur en fer du mawè et des produits dérivés collectés dans la zone varie entre 2,5 et 3 mg/100g (bs) et leur teneur en phytates entre 0,4 et 0,5 g/100g (bs). L'étude de l'effet des traitements technologiques au cours de la production du mawè en utilisant la variété Gbogboué, montre que le décorticage entraîne une réduction de la teneur en fer d'environ 44% et une réduction de la teneur en phytates de près de 31%. L'effet de la fermentation sur la réduction de la teneur en phytates n'est significatif qu'après 24 heures de fermentation (20%). Des 4 types de sels de fer testés (sulfate de fer, gluconate de fer, fumarate ferreux et NaFeEDTA), il a été observé que seul le sulfate de fer préserve mieux les caractéristiques organoleptiques des produits à base de mawè. Testé dans la zone d'intervention sous forme de prémix vitaminé de type 540, le sulfate de fer permet d'obtenir des pâtes et des bouillies de mawè parfaitement acceptables. La fortification du mawè ainsi réalisée permet un apport supplémentaire quotidien de 10 mg de fer par individu dans les conditions normales de consommation du mawè dans la zone d'intervention. Sur la base de ces résultats, une expérience d'introduction du mawè fortifié dans la consommation des ménages est actuellement en cours à Dogbo, dans le Département du Mono au Sud-Ouest du Bénin.

Mots-clés: Maïs – Fermentation – Fortification – Fer – Phytates – Anémie

Improvement of the nutritional quality and sensory evaluation of wheat/cowpea and millet/cowpea vermicelli

Coulibaly[1*] Salimata S, Dramé[1] Djibril, Traoré[2] Samba, Diarra[1] Mohamed, Boré[1] Fanta G

1 Laboratoire de Technologie Alimentaire, CRRA/Sotuba, BP 262 Bamako, Mali

2 Institut d'Economie Rurale, BP 258 Bamako, Mali

*Corresponding author: *salisidb@yahoo.fr* or *salimata.sidibe@ier.ml*

Millet and sorghum are staple food for the majority of the population in Mali. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), is the legume the most grown in Mali, but it is relatively less consumed than in other West African countries. The food habits reduce its use in composite cereal-cowpea recipes. Cowpea, because of its amino acid profile, is highly complementary to cereal-based food. Some changes in food habits occurred, mainly the introduction of new recipes with wheat such as bread, cake, and spaghetti. Among them, vermicelli, obtained by extrusion of wheat flour are consumed in many ways (thickening, dish for lunch and infant food). Thus effort should be made to encourage the consumption of cereal-cowpea mixtures. The objectives of the study are to improve the nutritional quality of cereal vermicelli and to diversify the uses of cowpea.

Vermicelli were produced by using wheat, cowpea, millet and different composite flours. The composite flours were made by substituting wheat flour for 25%, 50% and 75% cowpea flour. Other mixtures were made with millet/cowpea (50/50), and wheat/millet/cowpea (50/25/25). Flours were analyzed for determining their protein and lipid content. Physical characteristics such as swelling capacity (*quantity of water absorbed during cooking per gram of dry matter*), cooking loss (*quantity of dry mater loss during cooking in g/100g*) and optimum cooking time were determined. Organoleptic characteristics of vermicelli were evaluated by a panel of 11 persons using a modified hedonic scale of 5 (Very good) to 1 (very poor).

The results showed that the quantity of water absorbed by 100% wheat vermicelli (3.12g) is the highest. Vermicelli of wheat-cowpea mixtures absorbed less water (1. 46 to 2.04g) than those of 100% cowpea (2.16g) and those containing millet (255 to 2.84g). The cooking losses of 100% cowpea and wheat-cowpea (50/50) were the highest (10.2 and 10.0g), while millet-wheat (50/50) vermicelli had the lowest cooking losses (2.62g). The vermicelli of 100% cowpea and those containing both wheat and cowpea took longer time to cook. Protein content of millet-cowpea (50/50) (17.9g/100g) and that of wheat-cowpea (75/25) (19.0g/100g) was higher than that of 100% wheat (14.8%) and 100% millet (11.1%). Cowpea and millet-cowpea (50:50) vermicelli were well appreciated by the panel and no significant difference of taste and color was noticed.

The use of cowpea in cereal-based food improves their nutritional quality. Cowpea could be used in making vermicelli up to 25% without altering their physicochemical and sensory characteristics.

Key words: Vermicelli – Nutritional quality – Physicochemical characteristics

Amélioration de la qualité nutritionnelle et évaluation sensorielle des vermicelles de blé/niébé et mil/niébé

Coulibaly[1*] Salimata S, Dramé[1] Djibril, Traoré[2] Samba, Diarra[1] Mohamed, Boré[1] Fanta G

1 Laboratoire de Technologie Alimentaire, CRRA/Sotuba, BP 262 Bamako, Mali

2 Institut d'Economie Rurale, BP 258 Bamako, Mali

*Auteur correspondant: *salisidb@yahoo.fr* ou *salimata.sidibe@ier.ml*

Le mil et le sorgho constituent la base de l'alimentation de la plupart de la population malienne. Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) est la légumineuse la plus cultivée au Mali, mais elle est relativement moins consommée que dans d'autres pays de la sous région. Les habitudes alimentaires limitent son utilisation dans des combinaisons céréales-légumineuses. Le niébé, de par sa composition en acides aminés, est hautement complémentaire des régimes à base de céréales. Les habitudes alimentaires ont connu divers changements, notamment l'introduction de nouvelles recettes à base de blé telles que le pain, les gâteaux et les spaghettis. Parmi elles, les vermicelles, obtenus par extrusion à partir de la farine de blé, sont consommés sous diverses formes culinaires (épaississants, plats de résistance, aliments de complément du jeune enfant). Ainsi des efforts doivent être fournis pour encourager l'utilisation des plats à base de mélanges de céréales et de niébé. L'objectif de l'étude est d'améliorer la qualité nutritionnelle des vermicelles de céréales et de diversifier les formes d'utilisation du niébé.

Des vermicelles sont produits à partir de farines de blé, niébé, mil et de différents mélanges de ces farines. Ces mélanges ont été réalisés, d'une part, en substituant respectivement 25, 50 et 75% de farine de niébé à de la farine de blé et, d'autre part, en préparant des mélanges mil/niébé (50/50) et blé/mil/niébé (50/25/25). Les différentes farines ont été analysées pour évaluer leur teneur en protéines et en lipides. Les caractéristiques physiques des vermicelles telles que le gonflement (*quantité d'eau absorbée lors de la cuisson par gramme de matière sèche*), les pertes à la cuisson (*quantité de matière sèche dissoute en g/100 g*) et la durée optimum de cuisson ont été déterminées. Leurs caractéristiques organoleptiques ont été évaluées par un jury de 11 dégustateurs en utilisant une échelle hédonique allant de 5 (très bon) à 1 (très mauvais).

Les résultats montrent que la quantité d'eau absorbée par les vermicelles de 100% blé (3,12 g) est la plus élevée. Les vermicelles des mélanges blé/niébé absorbent moins d'eau (1,46 à 2,04) que ceux de 100% niébé (2,16g) et ceux contenant du mil (2,55 à 2,84g). Les pertes à la cuisson des vermicelles de niébé et de blé/niébé (50/50) ont été les plus élevées (10,2 g et 10,0g) tandis que celles des vermicelles mil/blé (50/50) ont été les plus faibles (2,62g). Les vermicelles de 100% niébé et ceux préparés à partir de mélanges blé/niébé ont pris plus de temps à la cuisson (3 min contre 2 min pour les autres mélanges). Les teneurs en protéines des vermicelles de mil/niébé (50/50) et blé/niébé (75/25) qui s'élèvent, respectivement à 17,9 et 19,0g/100g, sont supérieures à celle des vermicelles de blé et de mil (respectivement, 14,8 et 11,1g/100g). Les vermicelles de niébé et ceux de mil/niébé (50/50) ont été bien acceptés par les dégustateurs et il n'y avait aucune différence significative au point de vue goût.

L'utilisation du niébé dans les plats à base de céréales permet d'améliorer leur qualité nutritionnelle. Le niébé pourrait être incorporé jusqu'au taux de 25% dans les vermicelles sans altérer leurs caractéristiques physico-chimiques et sensorielles.

Mots-clés: Vermicelles – Qualité nutritionnelle – Caractéristiques physico-chimiques – Farines composées

Improving commercial fonio quality – mechanization of processing

Cruz[1*] Jean-François, Dramé[2] Djibril, Kouyaté[3] Souraghata, Marouzé[4] Claude, Sakho[3] Souleymane, Son[5] Gouyahali

1 Annual Crops Department (CIRAD-CA), CIRAD, 34398 Montpellier Cedex 5, France
2 Laboratoire de Technologie Alimentaire, IER, BP 258, Bamako, Mali
3 IRAG, BP 1523, Conakry, Guinea
4 CIRAD-AMIS, CIRAD, 34398 Montpellier Cedex 5, France
5 Département Mécanisation, IRSAT, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso
*Corresponding author: *jean-francois.cruz@cirad.fr*

Fonio is the oldest cereal in West Africa. It is primarily consumed as couscous or gruel, and is currently the object of renewed interest on the part of consumers for its flavour and nutritional quality.

Because of its small grains, hulling and whitening, which are traditionally done by women using a pestle and mortar, are very laborious. To obtain a quality product, impurities such as sand have to be removed by repeated washing, which makes preparation long and complex. The fact that processing is so labour-intensive has turned processors away from the crop and also means that processed fonio costs more than other cereals.

To make fonio more commercially competitive in terms of both quality and price, by improving the processing techniques used by small enterprises or women's groups, the CFC (Common Fund for Commodities) funded a project entitled «Improving fonio post harvest processing technologies». The regional project, which was placed under the aegis of the IGG (International Group on Grains), based at the FAO, associates national research centres in Mali (IER), Guinea (IRAG) and Burkina Faso (IRSAT), and CIRAD, which is the executive agency.

The equipment that existed prior to the project did not fully satisfy producers' and processors' requirements, and it has proved necessary to modify existing devices or design new ones so as to mechanize most of the post harvest operations (threshing, hulling, cleaning, etc). Technical studies have led to the adaptation of a thresher and the development of a GMBF (Engelberg type) huller/whitener and several items of cleaning equipment (winnowing channel, rotating sieves, sand separator, etc). Some of these items have been installed in small enterprises in Bamako (Mali), Bobo Dioulasso (Burkina Faso) and Labé (Guinea). Several dozen tonnes of fonio have already been processed and the local operators are very satisfied with the results in terms of throughput, yield and processed product quality. Analyses of culinary quality have shown that the GMBF huller/whitener produces fonio whose characteristics are similar to those of traditionally whitened fonio: the germ is removed cleanly and the grains swell well and are tender.

In the next stage of the project, the emphasis will be on local manufacture of processing equipment, support of operators through training, information dissemination and fonio promotion to ensure a renewal of the commodity chain.

Key words: Fonio – Processing – Equipment – Quality

Amélioration de la qualité du fonio commercialisé - mécanisation de la transformation

Cruz[1*] Jean-François, Dramé[2] Djibril, Kouyaté[3] Souraghata, Marouzé[4] Claude, Sakho[3] Souleymane, Son[5] Gouyahali

1 Département des Cultures Annuelles, CIRAD, 34398 Montpellier Cedex 5, France
2 Laboratoire de Technologie Alimentaire, IER, BP 258, Bamako, Mali
3 IRAG, BP 1523, Conakry, Guinée
4 Département Amis, CIRAD, 34398 Montpellier Cedex 5, France
5 Département Mécanisation, IRSAT, 03 BP 7047, Ouagadougou, Burkina Faso
*Auteur correspondant: *jean-francois.cruz@cirad.fr*

Le fonio est la plus ancienne céréale d'Afrique de l'Ouest. Principalement consommé sous forme de couscous ou de bouillie, il connaît aujourd'hui un regain d'intérêt en raison des qualités gustatives et nutritionnelles que lui reconnaissent les consommateurs.

A cause de la petitesse des grains, le décorticage et le blanchiment réalisés traditionnellement par les femmes au pilon et au mortier sont très laborieux. Pour obtenir un produit de qualité, les impuretés comme les sables doivent être éliminées par de nombreux lavages; ce qui rend sa préparation longue et fastidieuse. Ce surcroît de travail entraîne la désaffection de cette culture et se traduit par un prix de vente supérieur à celui des autres céréales.

Pour contribuer à une meilleure compétitivité du fonio sur le marché en termes de qualité et de prix, grâce à l'amélioration des techniques de transformation par les petites entreprises ou les groupements de femmes, le CFC (Common Fund for Commodities) a financé le projet « Amélioration des technologies post-récolte du fonio ». Placé sous l'égide de l'IGG (International Group on Grains) basé à la FAO, ce projet régional associe les instituts de recherche nationaux du Mali (IER), de la Guinée (IRAG), du Burkina Faso (IRSAT) et le CIRAD qui en est l'agence d'exécution.

Les équipements existants avant le projet ne répondaient pas correctement aux besoins des producteurs et des transformateurs et il a fallu les modifier ou concevoir de nouveaux matériels pour mécaniser la plupart des opérations post-récolte (battage, décorticage, nettoyage,..). Les études techniques ont conduit à l'adaptation d'une batteuse et à la mise au point d'un décortiqueur blanchisseur GMBF (de type « engelberg ») et de plusieurs matériels de nettoyage (canal de vannage, cribles rotatifs, dessableur, ..). Certains de ces équipements, placés dans des petites entreprises à Bamako (Mali), Bobo Dioulasso (Burkina) et Labé (Guinée), ont déjà permis de transformer plusieurs dizaines de tonnes de fonio et les résultats obtenus en terme de débit, de rendement et de qualité des produits transformés ont été jugés très satisfaisants par les opérateurs locaux. Les analyses de la qualité culinaire ont montré que le décortiqueur GMBF permet de décortiquer et de blanchir le fonio avec des caractéristiques proches de celles du fonio blanchi traditionnellement ; le grain est bien dégermé, il gonfle bien et a une consistance moelleuse.

Pour la poursuite du projet, l'accent sera mis sur la fabrication locale des équipements, l'appui formation des opérateurs, la diffusion de l'information et la promotion du fonio pour permettre la relance de cette filière.

Mots-clés: Fonio – Transformation – Equipements – Qualité

Protein enrichment of *attiéké* (cassava-based semolina): comparison of two protein sources, *Saccharomyces cerevisiae* and *Voandzeia subterranea* (bambara groundnut)

Essia Ngang[1*] Jean-Justin, Djoulde Darman[2] Roger, Kouebou[3] Christiant P

1 Laboratoire de Microbiologie, Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, B.P. 79 Yaoundé, Cameroon

2 Laboratoire de Microbiologie, Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles/Institut Universitaire de Technologie, Université de N'gaoundéré, B.P. 455 N'gaoundéré, Cameroon

3 Unité de Recherche en Technologie Agro-Alimentaire, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Station polyvalente de Garoua, B.P. 415 Garoua, Cameroon

*Corresponding author: *essia_ngang@yahoo.fr*

Cassava is the main energy source of many populations in sub-Saharan Africa. It is consumed under different forms among which, *attiéké,* a couscous, which is more and more a part of West and central Africa populations' food habits. The cassava roots are characterised by their low protein content. So research of new protein sources remains one of the alternatives to fight against energy protein malnutrition, which is widespread in Africa.

That is why a study on the improvement of *attiéké* protein value has been carried out by substituting partially cassava by vegetable or microbial protein sources. For such purpose, the cassava roots are peeled, washed, grated and pressed, then mixed with a part of Bambara groundnuts or yeasts before the rolling. The rates of cassava substitution by each protein source are respectively 0.5, 10, 15, 20 and 25%. The obtained products are assessed for their organoleptic qualities (i.e., colour, odour, taste, and general acceptability). These ones are then oven dried at 50°C and analysed for their chemical composition (protein and ash contents) and their functional properties (protein solubility, water absorption and swelling). Up to 10% of substitution rate for the two protein sources, the products are well accepted and no significant difference of sensorial qualities is observed compared to the control. Beyond this value the yeast-enriched products are poorly appreciated in particular because of their colour and odour. The poor appreciation is observed only from 20% of substitution for the Bambara groundnut-enriched products because of the taste. The most appreciated products are those, which are obtained by substituting 15% Bambara groundnuts and 10% yeasts to cassava.

Chemical analyses have shown an increase of protein content from 2.3 to 10.5% with *Voandzeia subterranea* and from 2.3 to 11.5% with yeasts. Improvement of ash content and functional properties has also been observed according to the protein content of the product. In these two cases the results are better with yeasts than Bambara groundnuts.

Key words: Cassava - Nutritional quality - Protein - *Saccharomyces cerevisiae* - *Voandzeia subterranea*

Enrichissement protéique de l'*attiéké* (semoule à base de manioc) : comparaison de deux sources protéiques, *Saccharomyces cerevisiae* et *Voandzeia subterranea* (pois de terre)

Essia Ngang[1*] Jean-Justin, Djoulde Darman[2] Roger, Kouebou[3] Christiant P

1 Laboratoire de Microbiologie, Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, B.P. 79, Yaoundé, Cameroun

2 Laboratoire de Microbiologie, Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles/Institut Universitaire de Technologie, Université de N'gaoundéré, B.P. 455, N'gaoundéré, Cameroun

3 Unité de Recherche en Technologie Agro-Alimentaire, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Station polyvalente de Garoua, B.P. 415, Garoua, Cameroun

*Auteur correspondant: *essia_ngang@yahoo.fr*

Principale source d'énergie de nombreuses populations de l'Afrique subsaharienne, le manioc est consommé sous différentes formes parmi lesquelles, l'*attiéké*, un couscous qui fait de plus en plus partie des habitudes alimentaires des populations de l'Afrique occidentale et centrale. Les racines de manioc étant caractérisées par leur faible teneur en protéines, la recherche de nouvelles sources protéiques reste l'une des alternatives de lutte contre la malnutrition protéino-énergétique répandue en Afrique.

C'est dans cette perspective qu'une étude de l'amélioration de la valeur protéique de l'*attiéké* a été entreprise par une substitution partielle du manioc par une source protéique d'origine végétale ou microbienne. Pour ce faire, les racines de manioc épluchées, lavées, râpées et pressées sont mélangées à une partie de pois ou de levures avant le roulage. Les taux de substitution de manioc par chaque source protéique sont respectivement de 0, 5, 10, 15, 20 et 25%. Les produits obtenus sont évalués pour leurs qualités organoleptiques dont la couleur, l'odeur, le goût et l'acceptabilité générale. Ils sont ensuite séchés à l'étuve à 50°C et analysés pour leur composition chimique (teneur en protéines, cendres) et leurs propriétés fonctionnelles (solubilité des protéines, absorption d'eau et gonflement).

Jusqu'à 10% du taux de substitution des deux sources protéiques, les produits sont bien acceptés et aucune différence significative des qualités sensorielles n'est observée par rapport au témoin. Au-delà de cette valeur les produits enrichis de levures sont peu appréciés notamment pour leur couleur et leur odeur. Cette faible appréciation n'est observée qu'à partir de 20% de substitution pour les produits enrichis en pois, et ceci pour leur goût. Les produits les mieux appréciés sont ceux obtenus par substitution de 15% de pois de terre et 10% de levures.

Les résultats d'analyses chimiques ont montré une augmentation de la teneur protéique de 2,3 à 10,5% avec *Voandzeia subterranea* et de 2,31 à 11;5% avec les levures. Une amélioration de la teneur en cendres et des propriétés fonctionnelles a également été observée en fonction de la richesse du produit en protéines. Les résultats sont dans ces deux cas meilleurs avec les levures qu'avec le pois de terre.

Mots-clés: Manioc - Qualité nutritionnelle - Protéines - *Saccharomyces cerevisiae* - *Voandzeia subterranea*

Conservation of local products by mean of transfer of a drying technology: example of atomisation in Senegal

Lardinois[1,4*] Mathias, Totté[2,4] Anne, Tounkara[1] Latsouk, Mbaye[2] Cheikh T, Beye[1] Cheikh, Thonart[3] Philippe, Ngom[2] El Hadji A, Guiro[1] Amadou T

1 Unité de Biotechnologie, Institut de Technologie Alimentaire, Route des Pères Maristes, BP 2765 Dakar, Senegal

2 Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel, Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, BP5085 Dakar, Senegal

3 Centre Wallon de Biologie Industrielle, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Université de Liège, Belgium

4 Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE). BP 6279 Dakar, Senegal

*Corresponding author: *mathias.lardinois@apefe.sn*

In order to reinforce the interface between the scientific state research and the socio-economic actors, a pole of development and control of the drying processes of products issued from bio-industries has been created in Senegal in 2002.

Drying is one of the techniques used to preserve agroalimentary products. By decreasing the amount of water, the alteration due to micro-organisms is stopped and the one due to physicochemical reactions is significantly reduced.

Besides the hard skills of a pluridisciplinary team, the pole is doted of high technology equipments: one pilot-scale drying unit by atomisation, one pilot-scale drying unit by lyophilisation, drying equipments by sun and gas, biological reactors, agro-alimentary equipments (centrifuge, filters, etc.).

The pilot-scale drying unit by atomisation is a simple effect model (co-current). The product to be dried is injected as liquid (solution, suspension or emulsion). It is dispersed as thin droplets in a stream of hot air by a high speed rotating turbine (between 10900 and 21000 rd/min). That increases the surface of exchange. The end product is collected as a powder.

The operating conditions are strongly dependant of the product and must be determined experimentally. For example, the drying of gum arabic is performed with a solution of 15 to 20% SM, with an inlet air temperature of 180 to 200°C and an outlet air temperature of 90 to 110°C. Theses parameters allow a product flow-rate of 60 l/h with this installation.

Atomisation is a technique that can be used with many different substances. For examples: coffee, eggs, fruits, purées of meet or vegetables, gums (arabic, sterculia, etc.), algae (Chlorella, Spirulina), micro-organisms (yeast, bacteria, etc.), enzymes, proteins, vitamins, etc. This technique allows producing original formulations such as coatings and addition of nutrients.

As a first test, the atomisation of fermented millet flour has been performed. This product has the advantage to be treated (acidification, pre-cooking). Moreover, the first results of the microbiological analyses show that the process has not killed an important amount of acidification bacteria, thus giving some probiotic properties to the product.

In conclusion, the atomisation is a technique that can be very useful in the nutritional area. Its flexibility allows studying very different needs, and the pole of drying is ready to answer them.

Key words: Atomisation – Drying – Conservation – Local products – Fortified food

Conservation de produits locaux à travers un transfert de technologie de séchage: cas de l'atomisation au Sénégal

Lardinois[1,4*] Mathias, Totté[2,4] Anne, Tounkara[1] Latsouk, Mbaye[2] Cheikh T, Beye[1] Cheikh, Thonart[3] Philippe, Ngom[2] El Hadji A, Guiro[1] Amadou T

1 Unité de Biotechnologie, Institut de Technologie Alimentaire, Route des Pères Maristes, BP 2765 Dakar, Sénégal

2 Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel, Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, BP5085 Dakar, Sénégal

3 Centre Wallon de Biologie Industrielle, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Université de Liège, Belgique

4 Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE). BP 6279 Dakar, Sénégal

*Auteur correspondant: *mathias.lardinois@apefe.sn*

En vue de restructurer l'interface entre la recherche scientifique publique et les acteurs socio-économiques, un pôle de développement et de contrôle des procédés de séchage des produits des bio-industries a été créé au Sénégal en 2002.

Le séchage est une des techniques de conservation des produits agroalimentaires. En diminuant la teneur en humidité, l'altération due aux micro-organismes est stoppée et l'altération physico-chimique est fortement ralentie.

Outre les compétences d'une équipe de technologues pluridisciplinaires, le pôle s'appuie sur du matériel de pointe tels qu'une unité pilote de séchage par atomisation, une unité pilote de lyophilisation, du matériel de séchage solaire ou au gaz, du matériel de fermentation en réacteurs, des équipements agro-alimentaires (centrifugeuses, filtres, ...).

La tour d'atomisation est un modèle à simple effet à co-courant. Le produit est injecté sous forme liquide (solution, suspension ou émulsion). Il est dispersé en fines gouttelettes dans un courant d'air chaud au moyen d'une turbine tournant à vitesse élevée (entre 10900 et 21000 tour/min). Cela augmente la surface d'échange. Le produit est recueilli sous forme de poudre.

Les conditions opératoires dépendent fortement du produit et doivent être déterminées expérimentalement. A titre d'exemple, l'atomisation de la gomme arabique se fait à une concentration de 15 à 20% MS, avec une température de l'air de 180 à 200 °C à l'entrée et de 90 à 110 °C à la sortie. Ces paramètres permettent d'obtenir avec cette installation un débit de 60 l/h de solution.

L'atomisation est une technique de séchage s'appliquant à de nombreuses substances. Citons le café, les œufs, les fruits, les purées de viandes ou de légumes, les gommes (arabique, sterculia, ...), les algues (*Chlorella, Spirulina*), les micro-organismes (levures, bactéries, ...), les enzymes, les protéines, les vitamines, etc. Elle permet de réaliser des formulations particulières tels que l'enrobage ou l'addition d'éléments nutritifs.

Dans un premier temps, l'atomisation d'une farine de mil fermentée a été testée. Ce produit présente l'avantage d'être traité (acidification, pré-cuisson). De plus, les premières analyses micro-biologiques montrent qu'une quantité non négligeable des bactéries d'acidification a survécu au processus, conférant dès lors des propriétés pro-biotiques au produit.

En conclusion, l'atomisation est une technique qui peut être très utile dans le domaine nutritionnel. Sa flexibilité permet d'étudier des demandes très diverses, et le pôle de séchage est prêt à y répondre.

Mots-clés: Atomisation – Séchage – Conservation – Produits locaux – Aliments enrichis

Genomic characterisation and functional properties of *Bacillus* species isolated from *okpehe*, a traditional fermented condiment

Oguntoyinbo[1*] Folarin A, Sanni[2] Abiodun I, Holzapfel[3] Wilhelm H, Franz[3] Charles MAP

1 Department of Botany and Microbiology, University of Lagos, Akoka, Lagos, Nigeria

2 Department of Botany and Microbiology, University of Ibadan, Nigeria

3 Institut fur hygiene und Toxikologie / BFE, Engesserstrasse 20, D-76131 Karlsruhe, Germany

*Corresponding author: *foguntoyinbo@yahoo.com*

Okpehe is a traditional fermented condiment, used in the Middle Belt and South Eastern Nigeria as seasoning agent in soup and sauces; it contributes to protein and essential fatty acid intake. The use of *okpehe* as low cost meat substitute reduces protein-calory malnutrition and essential fatty acid deficiencies. The production of condiment is by spontaneous fermentation in which different species of bacteria especially Bacillus species have been reported. In order to select appropriate starter cultures for the production of condiments in West Africa, *Bacillus* species associated with the fermentation of *Prosopis africana* seeds during *okpehe* production were characterized, and their functional and virulence properties investigated.

A total of 124 bacilli were studied, and the combined Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) M13 and OPR 13 produced an UPMGA dendrogram with six major distinct clusters. RAPD established the degree of heterogeneity among the diverse strains. Majority of the strains belongs to the *Bacillus subtilis* group, while the *Bacillus cereus* group was also identified. The strains were further discriminated using Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis (ARDRA) analysis in a PCR reaction that amplified the conserved 16S rDNA of the strains. ARDRA pattern obtained from three restriction enzymes *Sau3A, Hha 1* and *Hinf 1* generated an UPMGA dendrogram that differentiated the strains. The combined UPMGA dendrograms of RAPD and ARDRA fingerprints also showed six clusters of diverse strains of *Bacillus* species present in the fermented product. Phenotypic characteristics of the strains were determined using API 50 CHB combined with API 20E. The combined data of the genomic typing and phenotypic characteristics were employed to identify the strains as *Bacillus subtilis* group consisting of strains such as *B. subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. pumilus*, while *Bacillus cereus* group included strains such as *B. cereus* and *B. mycoides*. The strains exhibited differences in desirable properties such as proteolytic activity (100%), amylolytic activity (64%), polyglutamic acid production (65%) and pectin hydrolysis (69%). Virulence characteristics such as heamolysis on blood agar plate were observed in all the strains of the *B. cereus* cluster, while *hblA, hblC, hblD* and *bceT* virulence genes were detected in some of the strains in the *B. subtilis* groups. Selected strains were used as starter cultures in the pilot plant fermentation of *Prosopis africana* seeds for *okpehe* production. *B. subtilis* BFE 5301 and *B. subtilis* BFE 5372 were chosen as the starter cultures, due to the ability to produce bacteriocin by BFE 5301, high amylolytic, proteolytic activities and PGA production by BFE 5372 and lack of virulence characteristics by the two strains. The mixed culture of two strains produced okpehe with acceptable characteristics that was free of *B. cereus*.

Key words: *Okpehe* – *Prosopis africana* – *Bacillus* – Condiment – Fermentation

Caractérisation génomique et propriétés fonctionnelles d'espèces de *Bacillus* isolées de l'*okpehe*, un condiment fermenté traditionnel

Oguntoyinbo[1*] Folarin A, Sanni[2] Abiodun I, Holzapfel[3] Wilhelm H, Franz[3] Charles MAP

1 Department of Botany and Microbiology, University of Lagos, Akoka, Lagos, Nigeria

2 Department of Botany and Microbiology, University of Ibadan, Nigeria

3 Institut fur hygiene und Toxikologie / BFE, Engesserstrasse 20, D-76131 Karlsruhe, Germany

*Auteur correspondant: *foguntoyinbo@yahoo.com*

L'*okpehe* est un condiment fermenté traditionnel utilisé dans la région centrale et le Sud Est du Nigeria comme agent d'assaisonnement des soupes et des sauces, il contribue aux apports en protéines et en acides gras essentiels. L'utilisation de l'*okpehe* comme substitut bon marché de la viande réduit la malnutrition protéino-calorique et les déficiences en acides gras essentiels. La production du condiment se fait par fermentation spontanée au cours de laquelle différentes espèces de bactéries, surtout des espèces de *Bacillus,* ont été signalées. Afin de sélectionner des cultures starter appropriées pour la production des condiments en Afrique de l'Ouest, les espèces de *Bacillus* associées à la fermentation des graines de *Prosopis africana* au cours de la production de l'*okpehe* ont été caractérisées et leurs propriétés fonctionnelles et de virulence examinées.

Un total de 124 bacilles a été étudié et l'utilisation de techniques combinées d'amplification de l'ADN (RAPD M13 et OPR 13) ont permis d'obtenir un dendogramme UPMGA distinguant six groupes principaux distincts. Le RAPD a permis d'établir le degré d'hétérogénéité entre les différentes souches. La majorité des souches appartiennent au groupe des *Bacillus subtilis,* tandis que le groupe *Bacillus cereus* a aussi été identifié. Les souches ont été par la suite distinguées en utilisant la technique ARDRA dans une réaction PCR qui amplifie le 16S rDNA des souches. Le modèle ARDRA obtenu à partir de trois enzymes de restriction *Sau3A*, *Hha 1* et *Hinf 1* a généré un dendogramme UPMGA qui a différencié les souches. Les dendogrammes UPMGA combinés des RAPD et les empreintes ARDRA ont également mis en évidence six groupes de différentes souches d'espèces de *Bacillus* présents dans le produit fermenté. Les caractéristiques phénotypiques des souches ont été déterminées en utilisant une galerie API 50 CHB combiné avec une galerie API 20E. Les données combinées du typage génomique et des caractéristiques phénotypiques ont été utilisées pour identifier des souches du groupe *bacillus subtilis* se composant de souches de *B. subtilis, B. licheniformis, B. amyloliquefaciens, B. pumilus,* tandis que le groupe *Bacillus cereus* comprenaient des souches telles que *B. cereus* et *B. mycoides*. Les souches ont présenté des différences au niveau des propriétés souhaitables telles que l'activité protéolytiques (100%), l'activité amylolytique (64%), la production acide polyglutamique (65%) et l'hydrolyse des pectines (69%). Les caractéristiques de virulence telles que l'hémolyse sur plaque agar/sang ont été observées pour toutes les souches du groupe *B. cereus*, tandis que des gènes de virulence *hblA, hblC, hblD* et *bceT* ont été détectés dans certaines souches du groupe *B. subtilis*. Les souches sélectionnées ont été utilisées comme cultures starter en fermenteur avec des graines de *Prosopis africana* pour la production de l'*okpehe*. Le *B. subtilis* BFE 5301 et le *B. subtilis* BFE 5372 ont été choisis comme cultures starter, à cause de leur capacité à produire des bactériocines pour BFE 5301 et des activités amylolytiques et protéolytiques élevées ainsi que du PGA pour BFE 5372 et en raison de l'absence de propriétés de virulence dans les deux souches. Une culture mixte avec ces deux souches a permis de produire de l'*okpehe* ayant des caractéristiques acceptables et exempt de *B. cereus*.

Mots-clés: *Okpehe – Prosopis africana – Bacillus* – Condiment – Fermentation

Challenges and opportunities facing food processing practices in Nigeria: the role of food technologists

Sanni Lateef O

Department of Food Science and Technology University of Agriculture, P. M. B. 2240, Abeokuta, 110001, Nigeria.

Corresponding author: *lateef_2@yahoo.com* or *losanni@infoweb.abs.net*

The paper looks into various definitions and scope of food processing. The levels of poverty in Nigeria and its effect on food environment are discussed. Also, the state of the Nigerian Agriculture and Food Industries and the business environment; raising various deterministic factors like physical, cultural, socio-political, legal, technological and even psychological are highlighted. Various opportunities such as changes in food consumption patterns, human population, income growth, increase in the demand for variety of products (like low calorie foods, fortified foods, nutraceuticals etc) and innovative processes are highlighted. Current challenges such as globalization, export earnings, improving rural household incomes, changing consumer taste, raw material sourcing, appropriate technology, food information management, cash flow, food policy and marketing as well as extension strategy are discussed. The level of food safety practices in Nigeria and various roles played by government, regulatory bodies, private organization, the consumers, and the food technologists are discussed. Issues on non-implementation of previous regulatory strategy are highlighted and suggestions on how to attain the ideals of food safety are enumerated. The contributions of the food technologists as exemplified by the current roles (such as stakeholders meetings, seminars, symposia, training and workshops on food processing and preservation) of the Nigerian Institute of Food Science and Technology in Nigeria towards adequate food processing practices are discussed. Various institutional innovations in ensuring effective and safe food processing practices in Nigeria are highlighted. One of the positive developments is the establishment of three universities of Agriculture in the three different geographical zones in Nigeria. As a case study, the paper enumerated the achievement of the University of Agriculture, Abeokuta in the establishment of small and medium scale processing factories for cassava products and cashew nut. In conclusion, the paper suggests various strategies (such as review of academic curricula, research networking, capacity building, consumer education and awareness, infrastructural facilities, access to credits, government policies for viable business environment) towards ensuring adequate food processing practices in Nigeria.

Key words: Challenges – Opportunities - Food Processing – Nigeria - Food technologists

Défis et opportunités face aux pratiques de transformation alimentaire au Nigeria: le rôle des technologues alimentaires

Sanni Lateef O

Department of Food Science and Technology University of Agriculture, P. M. B. 2240, Abeokuta, 110001, Nigeria.

Auteur correspondant: *lateef_2@yahoo.com* ou *losanni@infoweb.abs.net*

Cette contribution examine diverses définitions et domaines de la transformation alimentaire. Les niveaux de pauvreté au Nigeria et leurs effets sur l'environnement alimentaire sont discutés. Par ailleurs, l'état de l'agriculture et des industries agroalimentaires nigérianes ainsi que l'environnement économique sont pris en compte, faisant apparaître divers facteurs déterminants au niveau physique, culturel, socio-politique, réglementaire, technologique et même psychologique. Diverses opportunités tels que les changements aux niveaux des modèles de consommation alimentaire, de la population, de la croissance des revenus, de l'augmentation de la demande pour une variété de produits (aliments à faible contenu énergétique, aliments fortifiés, nutraceutiques etc.) et des processus innovateurs sont soulignés. Les défis actuels tels que la globalisation, les recettes de l'exportation, l'amélioration des revenus des ménages ruraux, le changement des préférences des consommateurs, l'origine des matières premières, les technologies appropriées, la gestion de l'information relative aux aliments, le cash-flow, la politique alimentaire et le marketing aussi bien que les stratégies d'extension sont examinés. Le niveau des pratiques de sécurité sanitaire des aliments au Nigeria et divers rôles joués par le gouvernement, les institutions réglementaires, les organisations privées, les consommateurs, et les technologues sont examinés. Les problèmes relatifs à la non mise en place des stratégies réglementaires précédentes sont abordés et des suggestions sur la manière d'atteindre les idéaux de la sécurité sanitaire des aliments sont données. Sont également discutées et illustrées par les rôles actuels (réunions de décideurs, séminaires, symposia, formation et ateliers sur la transformation et la conservation alimentaires) de l'Institut nigérian des sciences et des technologies des aliments, les contributions des technologues alimentaires au Nigeria en faveur de pratiques adéquates dans le domaine de la transformation des aliments. Diverses innovations institutionnelles pour assurer des pratiques de transformation efficaces et sûres au Nigeria sont soulignées. Un des développements positifs est l'existence de trois universités d'Agriculture dans les trois différentes zones géographiques du Nigéria. Comme étude de cas, la contribution a relevé la réussite de l'Université d'Agriculture d'Abeokuta dans l'établissement d'usines de petite et moyenne taille pour la transformation les produits du manioc et des noix de cajou. En conclusion, la contribution suggère différentes stratégies (telles que la revue des programmes académiques, la création de réseaux dans le domaine de la recherche, le renforcement des capacités, la sensibilisation et l'éducation du consommateur, les infrastructures, l'accès au crédit, les politiques gouvernementales en faveur d'un environnement viable pour les entreprises) permettant de favoriser des pratiques adéquates pour la transformation alimentaire au Nigeria.

Mots-clés: Défis – Opportunités – Transformation alimentaire – Nigéria – Technologues alimentaires

Physico-chemical and quality characteristics of fish sauce produced from tuna processing wastes

Soyiri[1,2*] Ireneous N, Tano-Debrah[1] Kweku, Amoa-Awuah[2] Wisdom A

1 Department of Nutrition and Food Science, P. O. Box LG 134, University of Ghana, Accra, Ghana.
2 Food Research Institute, Microbiology Division, Council for Scientific and Industrial Research, P.O. Box M20, Accra. Ghana.

*Corresponding author: *soyiriin@hotmail.com*

The use of fish-processing by-products in the manufacture of fish sauce is a common practice in Southeast Asia. In Ghana, fish processing by-products abound. In a typical tuna canning industry, 60-70% of the fish received end up as waste after the canning process. In Post-harvest management, they might be considered as losses. This study investigates the potential use of Tuna processing waste as raw material for the production of fish sauce.

Tuna processing wastes from a typical tuna processing industry in Ghana were characterized physically (bone, soft tissues and scales/fins), physico-chemically (moisture, total ash, crude fat, crude protein and carbohydrate) and microbiologically (aerobic mesophiles, facultative anaerobes, yeasts and coliforms). Soft tuna tissues were blended with glucose (10% w/w) as a substrate for microbial fermentation and then sodium chloride (10% w/w). The blend was then incubated in partially aerated plastic jars (1000g per jar) at 37.0oC for 49 days. The physico-chemical and quality characteristics of the sauce produced in the 7-week fermentation were determined using standard analytical procedures.

The sauce produced was dark brown in colour and had 16.0 % sodium chloride, 18.0 % crude protein, 36.6 % free amino nitrogen, 3.3 % total fat, a TBA number of 3.3 and a pH of 4.4. Histamine and heavy metal (Cadmium, Selenium, Mercury and Arsenic) levels were below maximum acceptable limits and the sauce was free of food borne pathogens. Generally the physico-chemical quality of the product was comparable to fish sauces reported by earlier authors.

This paper provides an alternative approach to maximizing the utilization of fish for human consumption whilst limiting the waste generated during processing. The technology can be applied and exploited at household and community levels to supplement nutrient needs for fish intake. The next stage of this work is tackling the sensory and culinary aspects as one major objective.

Key words: Tuna processing wastes – Fish sauce – Fermentation

Caractéristiques physico-chimiques et qualité de la sauce de poissons produite à partir des déchets de la transformation du thon

Soyiri[1,2*] Ireneous N, Tano-Debrah[1] Kweku, Amoa-Awuah[2] Wisdom A

1 Department of Nutrition and Food Science, P. O. Box LG 134, University of Ghana, Accra, Ghana.
2 Food Research Institute, Microbiology Division, Council for Scientific and Industrial Research, P.O. Box M20, Accra. Ghana.

*Auteur correspondant : *soyiriin@hotmail.com*

L'utilisation des sous-produits du poisson pour la fabrication de sauce de poissons est une pratique courante en Asie du Sud-Est. Au Ghana, les sous-produits du poisson abondent. Dans les conserveries classiques de thon, 60-70% des poissons reçus finissent comme déchets après le les procédés de mise en conserve. En terme de management «après récolte», ils pourraient être considérés comme des pertes. Cette étude explore les possibilités d'utilisation des déchets de transformation du thon comme matière première pour la production de sauce de poissons.

Les déchets de transformation du thon d'une conserverie classique de thon du Ghana ont été caractérisés au niveau physique (arêtes, tissus mous et écailles/nageoires), physico-chimique (humidité, cendres totales, protéines brutes et glucides) et microbiologique (bactéries aérobies mésophiles, aérobies facultatives, levures et coliformes). Les tissus mous du thon ont été mélangés avec du glucose (10% m/m) en guise de substrat pour une fermentation microbienne et, par la suite, du chlorure de sodium (10% m/m). Le mélange a ensuite été incubé dans des bocaux en plastique partiellement aérés (1000g par bocal) à 37,0°C pendant 49 jours. Les caractéristiques physico-chimiques et qualiatives de la sauce produite pendant les 7 semaines de fermentation ont été déterminées en utilisant les procédures d'analyses standard.

La sauce produite était de couleur brune sombre et contenait 16,0% de chlorure de sodium, 18,0% de protéines brutes, 36,6% d'azote aminé libre, 3,3% de matières grasses totales, un nombre de T.B.A de 3,3 et un pH de 4,4. Les teneurs en histamine et en métaux lours (cadmium, sélénium, mercure et arsenic) étaient en dessous des limites maxima acceptables et la sauce était dépourvu de bactéries pathogènes. Le plus souvent, la qualité physico-chimique du produit était comparable à celle des sauces de poissons déjà décrites par d'autres auteurs.

Cette contribution propose une approche alternative pour optimiser l'utilisation du poisson en alimentation humaine tout en limitant les déchets générés au cours de la transformation. La technologie peut être appliquée et exploitée au niveau des ménages et des communautés pour compléter les apports en nutriments à partir des poissons. La prochaine phase de ce travail va essentiellement se consacrer aux aspects sensoriels et culinaires.

Mots-clés: Déchets de transformation du thon – Sauce de poissons – Fermentation

Selection, use and the impact of starter culture in *ogi* nutritional and processing improvement

Teniola[1*] Olakunle D, Dike[1] Ekaette N, Olatunji[1] Oluwole O, Odunfa[2] Sunday A.
1 Biotechn. Div., Fed. Inst. of Industrial Research, Oshodi (FIIRO), PMB 21023 Ikeja, Lagos, Nigeria
2 Botany & Microbiol. Dept., Univ. of Ibadan, Nigeria
*Corresponding author: *olakunleteniola@yahoo.com*

The nutritional improvement of *ogi* has previously been based on product fortification with substrates such as legumes to boost the deficient amino acid levels; while this has been achieved, the new product is different from *ogi.* This work aims at selecting and demonstrating the ability of lysine and methionine producing starter cultures to improve the amino acid levels and processing of ogi.

Microorganisms from fermenting raw materials were screened for lysine, methionine, bacteriocin and biogenic amine productions, as well as pH reduction, and degradation of oligosaccharides and phytate.

The fermentation substrates pre-inoculated with *Lactobacillus brevis* XO43 and *Saccharomyces cerevisiae* OY4 selected as starter cultures in a pilot plant study showed regular pH of 3.35 and higher acidity after fermentation when compared with spontaneously fermented *ogi.* Fermented *ogi* analyses indicated that the use of starter cultures increased the levels of the available lysine and methionine. Fermentation of dehulled maize grains with glucose (2% dry w/w) and starter cultures shows the best quality in all the parameters. When oven dried, it is 24% higher than *ogi* flour from the traditional fermentation and 11% higher than unprocessed whole maize grains. Methionine level of the sample from this fermentation was 92% and 77% higher than the traditionally prepared *ogi* sample and unfermented whole maize grains respectively. The total amino acids level of the sample was 32% more than the traditionally fermented *ogi* flour and 55% more than maize grains. Samples produced with the selected starter cultures compare very well with the traditional spontaneously fermented sample product as indicated by the sensory analysis. The amino acid levels and processing of *ogi* are improved by the use of well-selected starter cultures. Adoption of dehulled maize grains as substrate allows the use of a solid-state fermentation and helps to avoid wet sieving of the traditional process, reduces space usage, water requirement and nutritional losses during drying.

The use of starter cultures for *ogi* production is a good foundation for future product improvement by modern biotechnological techniques.

Key words: Lysine – Methionine - Amino acid production - Starter cultures - *Ogi* production

Sélection, utilisation et effets de cultures starter pour l'amélioration de la transformation et de la valeur nutritionnelle de l'*ogi*

Teniola[1]* Olakunle D, Dike[1] Ekaette N, Olatunji[1] Oluwole O, Odunfa[2] Sunday A.
1 Biotechn. Div., Fed. Inst. of Industrial Research, Oshodi (FIIRO), PMB 21023 Ikeja, Lagos, Nigeria
2 Botany & Microbiol. Dept., Univ. of Ibadan, Nigeria
*Auteur correspondant : *olakunleteniola@yahoo.com*

L'amélioration nutritionnelle de l'*ogi* était précédemment basée sur la fortification du produit avec des légumineuses pour accroître les teneurs en acides aminés déficients. Après que cela a été fait, le nouveau produit était différent de l'*ogi*. Ce travail vise à choisir et démontrer la capacité de cultures starter productrices de lysine et méthionine pour améliorer les teneurs en acides aminés et la transformation de l'*ogi*.

Des micro-organismes isolés de matières premières fermentées ont été sélectionnés pour produire de la lysine, de la méthionine, des bactériocines et des amines biogènes ainsi que pour abaisser le pH et dégrader des oligosaccharides et phytates.

Des substrats de fermentation pré-inoculés avec *Lactobacillus brevis* XO43 et *Saccharomyces cerevisiae* OY4 choisis comme cultures starter lors d'une étude à l'échelle pilote présentaient un pH constant de 3,35 et une acidité plus élevée après fermentation que celle de l'*ogi* obtenu par fermentation spontanée. Des analyses de l'*ogi* fermenté ont montré que l'utilisation des cultures starter augmentaient les teneurs en lysine et méthionine disponibles. La fermentation de grains de maïs décortiqués avec du glucose (2% sec p/p) et des cultures starter donne de meilleures qualités pour tous les paramètres. Après séchage au four, il est de 24% supérieur à la farine d'*ogi* obtenue par fermentation traditionnelle et 11% supérieur aux grains de maïs entiers non transformés. La teneur en méthionine de l'échantillon de cette fermentation était plus élevée de 92% et de 77% respectivement que l'échantillon d'*ogi* préparé traditionnellement et que les grains de maïs entiers non fermentés. La teneur totale en acides aminés de l'échantillon était de 32% supérieure à celle de la farine d'*ogi* fermentée traditionnellement et de 55% supérieure à celle des grains de maïs. Les échantillons produits avec les cultures starter sélectionnées sont comparables à l'échantillon du produit traditionnel fermenté spontanément comme l'indique l'analyse sensorielle. Les teneurs en acides aminés et la transformation de l'*ogi* sont améliorées par l'utilisation de cultures starter bien choisies. L'utilisation de grains de maïs décortiqués comme substrat permet de procéder à une fermentation en milieu solide et d'éviter le tamisage humide de la méthode traditionnelle; elle réduit l'espace nécessaire, les besoins en eau et les pertes nutritionnelles durant le séchage.

L'utilisation des cultures starter pour la production d'*ogi* est une bonne base pour l'amélioration future du produit par la mise en œuvre de techniques biotechnologiques modernes.

Mots-clés: lysine – méthionine – production d'acides aminés – cultures starter – *ogi*

Effects of drying and storage on β caroten content of mangoes

Zagré[1,2*] Noël M, Somé[3] Issa T, Ouédraogo[1] Hermann, Sawadogo[1] Boubacar, Ouattara[4] Awa

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger

3 Laboratoire de Chimie analytique et de toxicologie, UFR Sciences de la santé, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

4 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

*Corresponding author : *nzagre@hki.ne*

Introduction: Vitamin A deficiency is a major problem of public health in Burkina. Inadequacy of dietary vitamin A intake is the main cause of that deficiency. Mangoes, a local β-caroten rich fruit are highly available and affordable during the season. They are accessible and well appreciated by children. Promotion for mangoes consumption might contribute to increase vitamin A intake.

Objectives: This study aimed to: *i)* assess changes in β carotene content during ripening; *ii)* measure the remaining content (RC) after drying of ripe mangoes; *iii)* measure the RC after 6 months storage of ripe dried mangoes.

Methods: Mangoes samples were collected from a small scale industrial drying unit. For each variety of mangoes (Amelie and Brooks), a 1st sample of 200 g semi-ripe mangoes pulp was first taken. The 2nd sample of 200 g was taken from ripe mangoes pulp, before drying. The 3rd and 4th sample of 100 g were taken from ripe dried mangoes pulp. The 1st, 2nd and 3rd samples were immediately stored at -32°C, protected from air and light, until analysis. The 4th sample has at first been kept during 6 months in sale conditions before storing at –32°C until analysis. Drying had been performed by a gas oven at a starting temperature of 80°C progressively decreased to 40°C within 24 hours. Determination of carotenoid contents was performed by HPLC and expressed as µg β carotene per crude material. Retention ratio (RR) calculation was done using the Murphy formula and taking into account the dry matter content of mangoes.

Results: β carotene content of Amelie and Brooks variety were respectively 12.6±0.9 µg/g and 12.9±2.2µg/g for ripe mangoes, 7.0 ±0.7 µg/g and 9.3±1.1 µg/g for semi-ripe mangoes, 16.8±2.1 µg/g and 15.8±3.8µg/g for ripe dried mangoes, and last, 11.2±2.1 µg/g and 9.5±5.1 µg/g for ripe dried mangoes preserved during 6 months. RR were 80% during drying and 60% after 6 months of storage.

Conclusion: β carotene contents of samples are similar to those indicated by food composition tables, and higher in ripe mangoes. There is an increase of β carotene content in mangoes after drying, however, we observed losses when content was expressed per dry material. β carotene losses were also found in dried mangoes after 6 months of storage, so, decisions should be made in order to lower them.

Key words: Mangoes – Drying -β carotene – Remaining content – Burkina Faso

Effets du séchage et de la conservation des mangues sur leur teneur en β carotène

Zagré[1,2*] Noël M, Somé[3] Issa T, Ouédraogo[1] Hermann, Sawadogo[1] Boubacar, Ouattara[4] Awa

1 UR de Nutrition, Institut de Recherches en Sciences de la Santé (IRSS), CNRST, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso

2 Helen Keller International, Bureau du Niger, BP 11728, Niamey, Niger

3 Laboratoire de Chimie analytique et de toxicologie, UFR Sciences de la santé, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

4 CRSBAN/UFR-SVT, Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

*Auteur correspondant: *nzagre@hki.ne*

Introduction: La carence en vitamine A constitue un problème majeur de santé publique au Burkina. Les apports alimentaires inadéquats de VA représentent la cause principale de cette carence. Une meilleure utilisation des mangues, denrée locale riche en β carotène et de forte production saisonnière, accessible et bien appréciée des enfants pourrait contribuer à une amélioration des apports.

Objectifs: *i)* évaluer l'évolution de la teneur en β carotène au cours du mûrissement; *ii)* mesurer la teneur résiduelle du β carotène après séchage des mangues mûries; *iii)* mesurer la teneur résiduelle du β carotène après conservation de 6 mois des mangues mûries séchées.

Matériel et méthodes: Les échantillons de mangue ont été prélevés dans une petite unité industrielle de séchage. Pour chaque variété (Brooks et Amélie), un 1er échantillon de 200 g de pulpe de mangues semi-mûres a d'abord été constitué. Un 2e échantillon de 200 g de mangues mûries a été prélevé directement à partir des claies, avant la mise au four. Un 3e et un 4e échantillon de 100 g de mangues mûries séchées ont été prélevés directement sur les mêmes claies, à la sortie du four. Les 3 premiers échantillons ont été placés à -32°C, et à l'abri de l'air et de la lumière jusqu'aux analyses. Le 4e échantillon a d'abord été conservé pendant 6 mois dans les conditions habituelles de vente, avant d'être conservé à –32°C jusqu'aux analyses. Le séchage a été fait au four à gaz à une température de départ de 80°C progressivement diminuée à 40°C en 24 heures. La détermination des teneurs en caroténoïdes a été réalisée par HPLC en triplicata et exprimées en µg de β-carotène /g de matière brute. Les taux de rétention ont été calculés selon la formule de Murphy, en tenant compte des teneurs en matières sèches.

Résultats: Les teneurs en β carotène des variétés Amélie et Brooks étaient respectivement de 12,6±0,9 µg/g et 12,9±2,2µg/g pour les mangues mûries, de 7,0±0,7 µg/g et 9,3±1,1 µg/g pour les mangues semi-mûres. Elles étaient de 16,8±2,1 µg/g et 15,8±3,8µg/g pour les mangues mûries séchées, et enfin de 11,2±2,1 µg/g et 9,5±5,1 µg/g pour les mangues mûries séchées et conservées 6 mois. Les teneurs résiduelles après séchage étaient de 80% et de 60% après 6 mois de conservation.

Conclusion: Les teneurs en β carotène des échantillons sont similaires à celles des tables de composition, plus élevées dans les mangues mûres que dans celles semi-mûres. On observe une concentration des carotènes au cours du séchage de la mangue, cependant on constate des déperditions de β carotène lorsque rapportées à la matière sèche. Des pertes ont également été observées lors de la conservation des mangues séchées et suggèrent que des précautions soient prises pour les réduire.

Mots-clés: Mangues – Séchage - β carotène – Teneur résiduelle – Burkina Faso

Première table ronde :

Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest: Quelles sont les stratégies qui marchent ? (et celles qui ne marchent pas)?

First round table :

Food-based strategies in West-Africa: what does work (and what doesn't)?

Food strategies for improving the nutritional situation in West Africa

Ag Bendech Mohamed
Helen Keller International (HKI), 04 BP 8150, Ouagadougou, Burkina Faso
Corresponding author: *mab@hki.bf*

In several countries of West Africa where a demographic and health survey was conducted between 1991 and 1999, one child under three years of age out of three suffers from early growth retardation. The so-called micronutrient deficiency diseases (goiter, cretinism, anemia and night blindness) are frequent among women and children. Available data suggest, especially in urban area, an increase of mortality associated with excess diseases among adults. To deal with this situation, several countries have adopted nutrition public policies or action plans (Burkina Faso, Gambia and Senegal for example). Food strategies are among the proposed solutions. The present document summarizes in an illustrative way some of them.

Food strategies for reducing food insecurity and protein energy malnutrition: Establishment in Sahelian countries of crops' security stocks and their introduction on markets during crisis times has allowed to avoid big famines similar to those seen between 1973 and 1984. Foods' cooking and sale on public way in cities are generally provided by women. Preschool and school aged children are exposed daily to these foods with uncertain hygienic quality. Several interventions aimed at improving the quality of these foods have been conducted successfully in Mali, Ghana and Benin. The production of complementary foods is more and more home made or provided by industrial units.

In the 80's, the creation of nutrition education and rehabilitation centers (CREN in french) or that of community feeding centers has been privileged as intervention to fight against malnutrition. But, attempts to sustain the CREN have failed. School canteens are ways of improving school children nutritional status in countries where they are included into national strategies. Their functioning is, however, dependent upon the policy of food aid donors.

Food Strategies for reducing vitamin A deficiency: Several successful experiences of small-scale gardening have been conducted. The major constraint of this approach is the lack of funding to scale it up. The promotion of red oil consumption in regions where it is not produced has been ensured in Burkina Faso. This promising strategy offers an interesting perspective but requires more follow up and documentation. Infants' formula and margarines have been the first fortified foods with vitamin A and the fortification of mass consumption foods has just started in West Africa region. Cote d'Ivoire and Ghana have made fortified oils available on their markets.

Food Strategies for reducing iodine deficiency: The fight against iodine deficiency disorders, using iodized salt, has made remarkable progresses during the past ten years. This experience should be consolidated and sustained.

Food Strategies for reducing nutritional anemia: Few food interventions have been conducted to reduce nutritional anemia. Indeed, anemia prevalence among pregnant women and children has not decreased at all.

Key words: Food Strategies – Deficiencies – West Africa

Stratégies alimentaires d'amélioration de la situation nutritionnelle en Afrique de l'Ouest

Ag Bendech Mohamed
Helen Keller International (HKI), 04 BP 8150, Ouagadougou, Burkina Faso
Auteur correspondant: *mab@hki.bf*

Dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest ayant fait l'objet d'une enquête démographique et de santé entre 1991 et 1999, un enfant sur trois de moins trois ans souffre d'un arrêt prématuré de croissance. Les maladies dites de carence en micronutriments (goitre, crétinisme, anémie et cécité nocturne) sont fréquentes chez les femmes et les enfants. Les données disponibles révèlent surtout en milieu urbain un accroissement de la mortalité associée aux pathologies de surcharge chez les adultes. Pour répondre à cette situation, plusieurs pays disposent de politiques publiques ou plans d'action de nutrition adoptés (Burkina Faso, Gambie et Sénégal par exemple). Les stratégies alimentaires sont parmi les solutions retenues. Le présent document résume à titre illustratif certaines d'entre elles.

Stratégies alimentaires de réduction de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition protéino-énergétique: La constitution dans les pays sahéliens de stocks tampons de céréales et leur injection sur les marchés en temps de crise a permis d'éviter les grandes famines telles qu'elles ont été vécues entre 1973 et 1984. La préparation et la vente des aliments sur la voie publique dans les villes sont généralement assurées par les femmes. Les enfants d'âge préscolaire et scolaire sont quotidiennement exposés à ces aliments de qualité hygiénique douteuse. Plusieurs interventions visant à l'amélioration de la qualité de ces aliments ont été conduites avec succès au Mali, Ghana et Bénin. La production des aliments de complément est de plus en plus souvent assurée par des unités industrielles et artisanales.

L'ouverture de centres d'éducation et de réhabilitation nutritionnelle (CREN) ou de centres d'alimentation communautaire a été privilégiée comme intervention de lutte contre la malnutrition durant les années1980. Mais, les tentatives de pérennisation des CREN ont échoué. Les cantines scolaires sont une voie d'amélioration de l'état nutritionnel des écoliers dans les pays où elles sont incluses dans les stratégies nationales. Leur fonctionnement est, en revanche, dépendant de la politique des pourvoyeurs de l'aide alimentaire.

Stratégies alimentaires de réduction de la carence en vitamine A: Plusieurs expériences réussies de jardinage à petite échelle ont été conduites. La contrainte majeure de cette approche est l'absence de financement pour passer à une échelle plus grande. La promotion de la consommation de l'huile de palme rouge dans les régions non productrices a été assurée au Burkina Faso. Cette stratégie prometteuse offre une perspective intéressante mais nécessite plus de suivi et de documentation. Les farines infantiles et les margarines ont été les premiers aliments enrichis en vitamine A et l'enrichissement des aliments de consommation de masse vient d'être amorcé dans la région Ouest africaine. La Côte d'Ivoire et le Ghana ont mis sur le marché des huiles enrichies.

Stratégies alimentaires de réduction de la carence iodée: La lutte contre les troubles dus à la carence en iode, grâce à l'iodation du sel, a fait des progrès remarquables ces dix dernières années. Cet acquis doit être consolidé et maintenu.

Stratégies alimentaires de réduction de l'anémie nutritionnelle: Peu d'interventions de type alimentaire ont été menées pour réduire l'anémie nutritionnelle. D'ailleurs la prévalence de l'anémie chez les femmes enceintes et les enfants n'a guère régressé.

Mots-clés: Stratégies Alimentaires – Carences – Afrique de l'Ouest

Products manufactured at the village level and sold in hypermarkets thanks to quality assurance procedures and a very tidy packaging

Grongnet[1]* Jean-François, Mignot[2] Agnès

1 Pôle agronomique de Rennes, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042-Rennes cedex, France
2 Association française de transfert de technologie (AFTV), Délégation Bretagne, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042-Rennes cedex, France
*Corresponding author: *grongnet@roazhon.inra.fr*

Improvement of nutritional status often follows a significant increase of families' income. That is a difficult step to overcome in West Africa rural societies where subsistence agriculture is still widely prevalent that let families out of monetary circuit. This pattern existed together for a long time with commercial agriculture for export (cotton, coffee, cocoa...) often characterized by income once the year, a procedure which brings to social expenses of prestige but rarely for regular food purchases during the year.

Nowadays, everything is changing: because of the massive urbanization in southern countries national markets are rising up and the rural communities must rapidly take their place in good conditions. They are not well prepared because the approach, «from the field to the consumer plate», is not sufficiently prevailing. Politic authorities have most often incited to produce and neglected structuring food processing and marketing which weakness probably constitutes today the weak link of rural development. In the great towns, near the traditional markets which remain active but where margins are low, equipments for modern marketing are setting up. Several imported manufactured products are found and it is mainly the well-off families, which shop there. The potentially realizable profit margins are attractive but the required quality to break into them seems absolutely out of rural communities possibility.

Even so, a strict approach of technology appropriation by writing and following accurate procedures thanks to a strategy of quality control and highly professional conditioning, it has been shown that products from traditional small-scale production units even domestic can be accepted on these markets, as industrial products. The proof has been given in India, Côte d'Ivoire, Indonesia concerning jams, fruit-based wines, cheese, canned marmalades, mango pickles, infant flours etc. The needs in capital are low.

Key words: Village – Technology – Procedures – Quality – Packaging

Des produits fabriqués au village et vendus dans les hypermarchés, grâce aux procédures "Assurance Qualité" et à un emballage très soigné

Grongnet[1]* Jean-François, Mignot[2] Agnès

1Pôle agronomique de Rennes, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042-Rennes cedex, France
2Association française de transfert de technologie (AFTV), Délégation Bretagne, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042-Rennes cedex, France
*Auteur correspondant: *grongnet@roazhon.inra.fr*

L'amélioration des situations nutritionnelles passe souvent par un accroissement significatif du revenu monétaire des familles. C'est une étape difficile à franchir dans les sociétés rurales de l'Afrique de l'Ouest où prévaut encore très largement le modèle de l'agriculture de subsistance qui laisse les familles hors du circuit de la monnaie. A l'occasion, ce modèle cohabite, de longue date, avec une agriculture marchande mais à vocation exportatrice (coton, café, cacao...) qui se caractérise souvent par des revenus réalisés une fois par an, une modalité qui incite à des dépenses sociales de prestige et qui se traduit bien rarement par des achats alimentaires réguliers, au cours de l'année.

Aujourd'hui, les choses changent: en raison d'une urbanisation massive des pays du sud, des marchés nationaux émergent et les communautés villageoises doivent au plus vite y prendre leur place, dans les meilleures conditions. Elles y sont mal préparées car la démarche filière, "du champ à l'assiette du consommateur", ne prévaut pas encore suffisamment. Les décideurs politiques ont, le plus souvent, privilégié l'incitation à produire et délaissé la structuration de la transformation agroalimentaire et de la commercialisation dont l'indigence constitue probablement aujourd'hui, le maillon faible du développement rural. Dans les grandes métropoles, à coté des marchés traditionnels qui restent très actifs mais où les marges sont faibles, des outils de commercialisation moderne se sont mis en place. On y trouve de nombreux produits manufacturés importés et ce sont essentiellement des familles aisées qui s'y approvisionnent. Les marges commerciales potentiellement réalisables sont séduisantes mais la qualité requise pour les pénétrer semble absolument hors de portée des communautés villageoises.

Pourtant, en s'appuyant sur une démarche rigoureuse d'appropriation de la technologie, passant par la rédaction et le suivi de procédures très précises, grâce à une stratégie de contrôle de qualité et de conditionnement hautement professionnel, il a été montré que des produits issus d'ateliers artisanaux voire ménagers peuvent être acceptés sur ces marchés, au même titre que des produits issus de l'industrie. Preuve en a été donnée notamment en Inde, Côte d'Ivoire, Indonésie pour des confitures, vins de fruits, fromages, marmelades appertisées, pickles de mangue, farines infantiles etc. Les besoins en capital sont faibles

Mots-clés: Village – Technologie – Procédures – Qualité – Emballage

Importance of the choice of the diet for hospital and post hospital nutritional recovery in regions with a high prevalence of severe malnutrition

Donnen[1,2*] Philippe OT

1 School of Public Health (Université Libre de Bruxelles), Department of Epidemiology and Preventive Medicine, 808 route de Lennik, 1070, Bruxelles, Belgium

2 CEMUBAC (Centre d'Etudes Scientifiques et Médicales de l'Université Libre de Bruxelles pour ses Activités de Coopération), Belgium

*Corresponding author: *pdonnen@ulb.ac.be*

In Africa, most of preschool age children suffer from at least one form of malnutrition and 49% of deaths are associated with malnutrition. Mortality of hospitalised severely malnourished children remains very high.

WHO recently published a manual for the management of severely malnourished children. Nutritional component is divided in two phases: during the initial phase, child is given a milk based diet (F75) poor in protein (75 Kcal and 0.9 g of protein per 100ml) and fortified with vitamins and minerals, except iron.

As soon as main complications are controlled starts the rapid nutritional rehabilitation phase. Child is given a protein and energy dense milk based diet (F100) added with vitamins and minerals of which iron. A solid diet is progressively reintroduced alternately with F100.

This nutritional management can reduce lethality of severe malnutrition to less than 5% but it requires a long and costly hospitalisation.

Strategies have been proposed to reduce time of hospitalisation to the reanimation phase and to continue nutritional rehabilitation at home or in day-centre. As F100 can not been used at home because of risk of bacterial contamination, different food based approaches have been tested, the divergent results of which will be discussed:

- To increase the energy density of complementary foods by reducing their viscosity with industrial or locally produced amylases;

- To add oil or sugar in the diets but this leads to a lowering of other nutrient density especially protein and iron;

- To industrially produce blends of cereals and leguminous sometimes fortified with vitamins and minerals to be used as flours for infants;

- To increase the micronutrient intakes by increasing the consumption of animal products or by improving the content and bioavailability of micronutrients in plant-based complementary foods (*reducing the content of phytates by adding phytases produced industrially or locally*);

- To fortify infant flours with micronutrients.

A new product (RTUF; *solid Ready-To-Use Food*) was recently tested. It has an energy density that is more than 5 times that of F100. This food is obtained by replacing part of the dried skim milk used in the F100 formula with peanut butter.

A randomised trial in Senegal showed that replacement of F100 by RTUF during the management of hospitalised severely malnourished children led to a significant increase in daily energy intake and in average weight gains and to a significant decrease of rehabilitation duration.

Key words: severe malnutrition – nutritional recovery - fortification

Importance du choix des régimes alimentaires pour la récupération nutritionnelle hospitalière et post-hospitalière dans les régions à forte prévalence de malnutrition sévère

Donnen[1,2*] Philippe OT

1 Ecole de Santé Publique (Université Libre de Bruxelles), Département d' Epidémiologie et de Médecine Préventive, 808 route de Lennik, 1070, Bruxelles, Belgique

2 CEMUBAC (Centre d'Etudes Scientifiques et Médicales de l'Université Libre de Bruxelles pour ses Activités de Coopération), Belgique

*Auteur Correspondant: *pdonnen@ulb.ac.be*

En Afrique, la plupart des enfants d'âge préscolaire souffrent d'au moins une forme de malnutrition et 49% des décès sont associés à la malnutrition. La mortalité des enfants hospitalisés en malnutrition (MPE) sévère reste très élevée.

L'OMS a récemment publié un protocole de prise en charge des enfants en MPE sévère. Le volet diététique est divisée en 2 phases : une phase initiale, pendant laquelle on donne une alimentation pauvre en protéines sous forme d'un mélange lacté (F75), contenant 75 kcal et 0,9 g de protéines par 100ml, auquel on ajoute un complexe de vitamines et minéraux, excepté du fer.

Lorsque les principales complications sont contrôlées, on passe à la phase de récupération nutritionnelle rapide. Un mélange lacté dense en énergie et en protéines est donné (F100) avec le complexe de vitamines et minéraux, plus du fer. Progressivement, une alimentation solide est réintroduite en alternance avec le F100.

Cette prise en charge permet de réduire le taux de létalité de la MPE sévère à moins de 5% mais elle nécessite une hospitalisation longue et coûteuse.

Des stratégies ont été proposées pour réduire l'hospitalisation à la phase de réanimation et poursuivre la réhabilitation nutritionnelle à domicile ou dans des centres de jour. Le F100 ne pouvant être utilisé à domicile pour des raisons de contamination bactérienne, différentes stratégies alimentaires ont été explorées et les résultats, divergents, seront discutés:

- augmenter la densité énergétique des aliments de complément en réduisant leur viscosité avec des amylases industrielles ou produites localement ;

- ajouter de l'huile ou du sucre dans les mélanges, mais cela entraîne une diminution de la densité d'autres nutriments, protéines et fer notamment ;

- fabriquer industriellement des mélanges de céréales et légumineuses additionnés parfois de vitamines et de minéraux pour servir de compléments alimentaires aux enfants ;

- augmenter les apports en micronutriments en augmentant la consommation de produits d'origine animale ou en augmentant le contenu et la biodisponibilité des micronutriments dans les aliments d'origine végétale (*réduction du contenu en phytates par l'ajout de phytases exogènes d'origine industrielle ou produites localement*) ;

- fortifier les aliments de complément avec des micronutriments.

Un nouveau produit (RTUF : *solid Ready-To-Use Food*) ayant une densité énergétique 5 fois plus élevée que le F100 a été testé récemment. Il est obtenu en remplaçant une partie du lait écrémé utilisé dans la fabrication du F100 par du beurre d'arachide.

Un essai clinique randomisé au Sénégal a montré que le remplacement du F100 par du RTUF pendant la prise en charge d'enfants hospitalisés pour MPE sévère entraînait une augmentation significative de la quantité d'énergie journalière ingérée, de la moyenne du gain de poids journalier ainsi qu'un raccourcissement de la durée d'hospitalisation.

Mots-clés: malnutrition sévère – récupération nutritionnelles - fortification

Strategies to improve feeding of young children in Africa: lessons learnt from projects implemented in Madagascar and Vietnam

Monvois[1*] Chantal, Trèche[2] Serge

1 Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), 211 Rue Lafayette, 75 010 Paris, France
2 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France
*Corresponding author: *chmonvois@gret.org*

Introduction: Since 1994, GRET, IRD, and local partners have set up the Fasevie and Nutrimad Projects in Vietnam and Madagascar, respectively. A similar approach is being implanted in Burkina Faso (*the NutriFaso project*). The experience acquired makes it possible, as part of an approach called "NutriDev", to assess and disseminate a full range of know-how aiming to reduce infant malnutrition in other contexts.

General strategy: Provide populations with context-appropriate complementary foods (in addition to breast milk) that are accessible to all, and teach them how to use these foods appropriately (*nutritional status, food habits, availability of raw materials, level of technological development, etc.*).

Proposed approach: Prior diagnostics reveal primarily a lack of nutritional knowledge among populations and a lack of access to foods with suitable characteristics for young children after six months of age. Therefore, there is a need for:

- Educating populations: NutriDev sets up nutrition education programmes whose main recommendations are to maintain exclusive breastfeeding until the age of six months and, from that age onwards, introduce suitable complementary foods in addition to breast milk. The nutrition messages are disseminated via local organisations or networks.

- Defining foods that are suitable in terms of nutrient composition (*formulation with the assistance of the Alicom software elaborated by IRD*), energy density, micronutrient bioavailability, accessibility (price, ease of preparation), and organoleptic characteristics.

- Defining realistic modes of production and distribution for these foods: semi-industrial production and sale by small food processing units; community-level fabrication; transfer of improved recipes to households or canteens for young children...

- Elaborating and implementing at pilot scale integrated strategies and assessing them to propose efficient solutions and tools for larger scale application.

Obtained or expected results: reduction of infant malnutrition, creation of viable enter-prises, optimisation of local farming resources, and increased education among populations.

Lessons learnt able to be applied in Africa

- an ability to distinguish between on-going and conjectural causes of malnutrition;

- diversified solutions and tools that can be rapidly adapted to different contexts;

- knowledge of the constraints and limits of the strategies already proposed, leading to envisaging approaches that rely more heavily on existing production and commercialisation circuits and also taking into account the nutritional problems faced by pregnant and breast-feeding women.

Key words: Infant malnutrition – Complementary food – Integrated strategy

Quelles stratégies pour l'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants en Afrique ? Leçons tirées de projets menés à Madagascar et au Vietnam

Monvois[1*] Chantal, Trèche[2] Serge

1 Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), 211 Rue Lafayette, 75 010 Paris, France
2 UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD, BP 64501, F34394 Montpellier Cedex 5, France
*Auteur correspondant: *chmonvois@gret.org*

Introduction: Depuis 1994, les projets Fasevie au Vietnam et Nutrimad à Madagascar ont été mis en place par le Gret, l'IRD et des partenaires locaux. Une implantation de la démarche est en cours au Burkina Faso (*projet NutriFaso*). Les expériences acquises permettent, au sein d'une démarche appelée NutriDev, d'évaluer et de diffuser un ensemble de savoir-faire visant à la ré-duction de la malnutrition infantile dans d'autres contextes.

Stratégie générale: Mettre à disposition des populations, en leur apprenant à les utiliser de manière appropriée, des aliments de complément au lait maternel accessibles à tous et adaptés aux contextes (*situation nutritionnelle, habitudes alimentaires, disponibilités en matières premières, niveau de développement technologique, etc.*).

Approche proposée: Les diagnostics préalables révèlent principalement le manque de connaissances nutritionnelles des populations et d'accès à des aliments ayant des caractéristi-ques adaptées aux nourrissons à partir de 6 mois. Il s'agit donc :

- d'éduquer les populations: NutriDev met en place des programmes d'éducation nutritionnelle dont les principales recommandations sont le maintien de l'allaitement maternel exclusif jusqu'à l'âge de six mois et l'introduction, à partir de cet âge, d'aliments de complément ayant des caractéristiques adaptées. Les messages nutritionnels sont diffusés via des organismes ou des réseaux locaux ;

- de définir des aliments adaptés en terme de composition en nutriments (*formulation à l'aide du logiciel Alicom élaboré par l'IRD*), de densité énergétique, de biodisponibilité des micronutriments, d'accessibilité (prix, facilité de préparation) et de caractéristiques organoleptiques ;

- de définir des modes de production et de mise à disposition réalistes pour ces aliments: production semi-industrielle et commercialisation par de petites unités agroalimentaires; fabrication au niveau communautaire; transfert de recettes améliorées au niveau des ménages ou de cantines pour jeunes enfants...

- d'élaborer et de mettre en oeuvre à l'échelle pilote des stratégies intégrées et de les évaluer afin de proposer des solutions et des outils efficaces pour une application à plus grande échelle.

Résultats obtenus ou attendus: réduction de la malnutrition infantile, création d'entreprises viables, valorisation des ressources agricoles locales et élévation du niveau d'éducation des populations.

Quels enseignements en vue d'une mise en application en Afrique ?

- savoir distinguer entre constances et spécificités des déterminants de l'état nutritionnel

- disposer de solutions et d'outils diversifiés rapidement adaptables à différents contextes ;

- connaître les contraintes et les limites des stratégies déjà proposées conduisant à envisager des approches s'appuyant davantage sur les circuits de production et de commercialisation existant et prenant également en compte les problèmes nutritionnels des femmes enceintes et allaitantes.

Mots-clés: Malnutrition infantile - Alimentation de complément – Stratégie intégrée

Seconde table ronde :

Implications et besoins pour le renforcement des capacités institutionnelles et la formation à différents niveaux

Second round table:

Future needs and implications for capacity building and training at different levels

Information and communication technology: A tool for appropriate capacity building and training of food scientists and technologists in sub-Saharan Africa

Agbor Egbe Tom
Institute of Medical Research and Medicinal Plant Studies (IMPM), PO Box 6163, Yaounde, Cameroon.
Corresponding author: *agboregbetom@hotmail.com*

Land-base degradation and dramatic population growth are having negative effects on the health and the socio-economic environment in many sub-Saharan African countries. In order to ensure food security, economic growth and quality of life, food scientists and technologists have to tackle these challenges. To be able to provide sustainable solutions, universities must integrate into their curricula multidisciplinary strategies and action plans based on courses that blend indigenous knowledge and state-of-the–art technology; an alliance between the ''hoe'' and the computer. For the poor and underdeveloped of tomorrow shall be those who fail to catch the scientific and technological revolution-train today. In view of the fact that human resources, infrastructures and funds for training are limited, information and communication technology (*electronic mail, websites, discussion forum, distance or electronic learning, interactive teaching materials, telephones, faxes etc.*) can partly offer a solution to capacity building at a reasonable price. This could be through the creation of a conceptual framework based on synergetic local or regional collaboration and linkages between specialised institutions and taking into account the peculiarities of the sub-region's food system. This framework should be conceived around the vision to enhance mechanisms for effective food science and technology information collection and dissemination. The approach should also recognise that closer collaboration between beneficiaries (food producers, processors and consumers) food scientists and technologists is essential for technology generation and transfer.

The approach outlined in this paper may seem utopian and prescriptive given the fact that appropriate capacity building and training is less difficult than sustaining it.

Key words: Internet - Regional collaboration - Capacity building and training

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication: Un outil approprié pour le renforcement des capacités et la formation des spécialistes en sciences et technologies alimentaires en Afrique sub-saharienne

Agbor Egbe Tom

Institut de Recherches Médicales et d'Etudes des Plantes Médicinales (IMPM), BP 6163, Yaoundé, Cameroun.

Auteur correspondant: *agboregbetom@hotmail.com*

La dégradation des sols et la croissance dramatique de la population entraînent des effets néfastes sur la santé et l'environnement socio-économique dans plusieurs pays de l'Afrique sub-saharienne. Afin d'assurer la sécurité alimentaire, la croissance économique et une meilleure qualité de vie des populations, les spécialistes en sciences et technologies alimentaires doivent faire face à ces défis. Pour être en mesure d'y apporter des solutions durables, les universités doivent intégrer dans leurs programmes des stratégies multidisciplinaires et des plans d'action fondés sur des cours qui associent les connaissances endogènes et les technologies de pointe; une union entre la 'houe' et l'ordinateur. Car les pauvres et les sous-développés de demain seront ceux qui auront manqué de saisir les opportunités de la révolution scientifique et technique d'aujourd'hui. Compte tenu du fait que les ressources humaines, les infrastructures et les fonds pour la formation sont limités, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (*courrier électronique, sites Web, enseignement à distance, forum de discussion, matériels didactiques interactifs, téléphone, fax etc.*) peuvent partiellement offrir une solution pour le renforcement des capacités à un coût raisonnable. Ceci pourrait se faire à travers la création d'un cadre conceptuel basé sur une collaboration synergique locale ou régionale et sur le partenariat entre les institutions spécialisées, en tenant compte des particularités du système alimentaire de la sous-région. Ce cadre devrait être conçu avec la vision d'accroître les mécanismes pour la collecte et la dissémination effective des informations sur les sciences et les technologies alimentaires. Cette approche devrait également reconnaître qu'une étroite collaboration entre les bénéficiaires (agriculteurs, producteurs et consommateurs) et les spécialistes en sciences et technologies alimentaires est essentielle pour la naissance et le transfert des technologies.

Cependant, l'approche proposée dans cet article peut paraître utopique et normative compte tenu du fait que le renforcement approprié des capacités et des formations est moins difficile à réaliser qu'à maintenir.

Mots-clés: Internet - Collaboration régionale - Renforcement de capacités et formations.

Contribution of an Ivorian private enterprise (PKL) to the production of fortified foods for vulnerable populations

Konaté Marie D, Auger Marie-Pierre
Entreprise Protein Kissèe-La (PKL), 18 BP 2335, Abidjan 18, Côte d'Ivoire
Corresponding author: *pklsoja@globeaccess.net*

Sarl Protein Kissée-La has been set up in 1994 for 3 objectives: to offer soyabeans products to the families of Côte d'Ivoire and the region, which have high nutritive value and hygienic quality conforming nutrition specialized organisations recommendations; to bring to the local producers of soyabeans and maize an reliable outlet for trade; to offer an original and economic alternative to rice and other imported products.

The firm knew different stages of growth regarding production levels (production capacity from 240 to 20,000 kg/d) and the technical skills (putting on the market more and more sophisticated products: raw flour, cooked flour, composite flour, animal feeds made from by-products, infant flours). This development was accompanied by changes in production sites (1100m2 since 1997), in number of workers and in level of qualification of the manpower (presently 40 salaried workers) and by an important growth of the turnover (1.1 milliard FCFA at the end of year 2002).

Today, PKL is an important actor of maize and soybean channels, an award-winning operator (*prix 2002 de la meilleure PME de CI*), which is able to innovate (*Prix 2001 de l'Innovation pour Farinor*), a reliable furnisher (*ISO 9002 Certification*), with high potential human resources. Since 2000, PKL has processed about 15,000 tons of maize and soyabeans produced in CI by farmers that have partnership agreements with PKL and so contribute to economic survival of hundred agricultural families, commercial intermediaries or other carriers. Today PKL commercialises each month about 50 tons of *Farinor* (the main product of PKL: a cereal-based instant infant flour with maize or rice and soybeans enriched with minerals and vitamins), 10 tons of flours for the preparation of enriched gruels for adults (baga barika, *Nutrifort*), 250 tons of maize semolina (*pkgritz*), 30 tons of raw (*sojac*) or cooked (*Bonsoja*) soybean flours and more than 30 tons of feed components for livestock.

The elaboration and putting on the market of Farinor were long and difficult, but were absolutely exciting and unforgettable stages of the firm life. They allowed to identify the opportunities and the constraints of Ivorian and neighbouring countries markets, those associated with the nature of the concerning products, in particular infantile flour, and the forces and the weaknesses of a firm like PKL and its past and future needs for innovation and research which will be developed during the talk. Some keys allowed to take up major challenges and to get over important obstacles :

- Taking consciousness that malnutrition is one of the causes of underdevelopment of the African continent.

- Having imagination, observation of uses and customs, taking into consideration its environment.

- Research of knowledge where it is and the necessity to have training, to be informed and to communicate with the scientists in the research structures, international organisations and reading rooms.

Key words: Entreprise – fortified foods – Innovation – Quality – Local products

Contribution d'une entreprise privée ivoirienne (PKL) à la production d'aliments fortifiés destinés aux populations vulnérables

Konaté Marie D, Auger Marie-Pierre
Entreprise Protein Kissèe-La (PKL), 18 BP 2335, Abidjan 18, Côte d'Ivoire
Auteur correspondant: *pklsoja@globeaccess.net*

La Sarl Protein Kissèe-La (PKL) a été créée en 1994 avec un triple objectif : offrir à des prix abordables aux familles de Côte d'Ivoire et de la sous région des produits à base de soja, de haute valeur nutritionnelle et de grande qualité hygiénique conformes aux recommandations des organismes spécialisés en nutrition; apporter aux producteurs locaux de soja et de maïs un débouché fiable ; offrir une alternative originale et économique au riz et autres produits importés.

L'entreprise est passée par différents stades de montée en puissance aux niveaux de la production (passage de la capacité de production de 240 à 20.000 kg/j) et des compétences techniques (mise sur le marché de produits de plus en plus élaborés : farine crue, farine cuite, farine composée, aliments d'élevage à base de sous produits, farines infantiles). Cette évolution s'est accompagnée de changements de sites de production (1100 m_ depuis 1997), d'effectif et de qualification du personnel (40 permanents actuellement) ainsi que d'un accroissement considérable du chiffre d'affaires (1,1 milliards de FCFA fin 2002).

PKL est aujourd'hui un acteur important des filières maïs et soja, un opérateur reconnu (*prix 2002 de la meilleure PME de CI*), capable d'innover (*Prix 2001 de l'Innovation pour Farinor*), un fournisseur fiable (*Certification ISO 9002*), doté de ressources humaines à fort potentiel. Depuis 2000, PKL a transformé près de 15.000 t de maïs et de soja produits en CI par des paysans avec lesquels il existe des accords de partenariat contribuant ainsi à la survie économique de centaines de familles paysannes, d'intermédiaires commerciaux ou autres transporteurs. Aujourd'hui PKL commercialise chaque mois environ 50 t de *Farinor* (produit phare de PKL : céréales infantiles instantanées à base de maïs ou de riz et de soja enrichie en minéraux et vitamines), 10 t de farines pour la préparation de bouillies enrichies pour adultes (*baga barika, Nutrifort*), 250 t de semoule de maïs (*Pkgritz*), 30 t de farines de soja crue (*Sojac*) ou cuite (*Bonsoja*) et plus de 30 t de composants pour aliments pour bétail.

Les mises au point et sur le marché de Farinor furent longues et difficiles, mais ont constitué des phases absolument passionnantes et inoubliables de la vie de l'entreprise. Elles ont permis d'identifier les opportunités et les contraintes du marché ivoirien et des pays limitrophes, celles liées à la nature des produits concernés, en particulier les farines infantiles ainsi que les forces et faiblesses d'une entreprise comme PKL et ses besoins passés et à venir en termes d'innovation et de recherche qui seront développés dans le cadre de l'exposé. Quelques clefs ont permis de relever des défis majeurs et de franchir des obstacles importants :

- La prise de conscience que la malnutrition est l'une des causes du sous-développement du continent africain.

- La culture de l'imagination, l'observation des us et coutumes, la prise en compte de son environnement.

- La recherche du savoir là où il se trouve et la nécessité de se former, de s'informer et de communiquer auprès des scientifiques dans les structures de recherche, auprès des organismes internationaux et dans les bibliothèques.

Mots-clés: Entreprise – aliments fortifiés – innovation – qualité – produits locaux

Issue, needs and approach for a training aimed at improving food and nutritional situations: the case of science faculty, Brazzaville

Massamba Joachim

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Faculté des Sciences, Université Marien NGouabi, Brazzaville, BP 69, République du Congo

Corresponding author: *jmassamba@hotmail.com*

Two years ago science faculty at Brazzaville was still dispensing only high-level course to the first and second years for the training of executives in fundamental courses of a classic faculty. A comparison of the research program and the educational programs of the faculty allowed being aware of the gap between the two essential missions of the university, i.e. to train scientists executives and create knowledge able to contribute to the technological, economic and national socio-cultural development.

The analysis of the research themes of the faculty showed their links with the development whereas students with first or second cycle diplomas were powerless to fit into the work environment. As public service, the main supplier of jobs, does not recruit anymore, graduated students have to be more and more competitive in order to find a place in this environment or to create his awn enterprise.

Facing this context, the team EPRAN*Congo* in the institutional scope of science faculty, among other missions to assure scientists and professionals training and to improve practices of those who are working in the scope of food and nutrition. Thus, the team has created a doctoral training named "*Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)*" with three options (Chemical development of agro-resources; Microbiological development of agro-resources; Nutrition and food quality) covering several fields of food sciences. The training aims at developing expertise and necessary skills of executives in order to make them able to contribute in using local foods to improve food and nutritional situations of the populations.

In an unsure and always changing environment, defences of the first DEA and PhD thesis of the T2A training at March and April 2003 the starting point of the transformation of the science faculty into a science and technique faculty. It consists in adapting the faculty to the national context by reviewing and/or creating training programs preparing students for scientific and technological careers associated to the genuine needs of students and of the society. Change will be continued within the second cycle by putting in addition to the classic scientific channels, work-oriented channels to train students properly equipped facing work environment and the employment situation.

The high cost of a third cycle training and the unfavourable employment situation for these students in the narrow scope of an alone country encourage creating itinerant work-oriented trainings in central Africa with exterior partnership. A financial support has been granted by AUF to transform T2A doctoral training in a sub regional centre of excellence.

Key words: Brazzaville – Training – science faculty – Institutional change

Problématique, besoins et approche d'une formation visant à améliorer les situations alimentaire et nutritionnelle: cas de la Faculté des sciences, Brazzaville

Massamba Joachim

Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRANCongo), Faculté des Sciences, Université Marien NGouabi, Brazzaville, BP 69, République du Congo

Auteur correspondant: *jmassamba@hotmail.com*

Il y a encore deux ans la Faculté des Sciences de Brazzaville ne dispensait qu'un enseignement supérieur limité aux premier et second cycles et visant à former des cadres dans les disciplines fondamentales d'une faculté classique. Une analyse du rapport entre le programme de recherche et les programmes d'enseignement de la Faculté a fait prendre conscience du décalage existant entre les deux missions essentielles de l'université à savoir: former des cadres scientifiques et créer des connaissances susceptibles de contribuer au développement technologique, économique et socioculturel national.

L'analyse de la thématique des recherches menées dans l'établissement a montré leurs liens au développement alors que les diplômés formés à l'issue des 1er et 2nd cycles se trouvaient démunis pour s'insérer dans le monde du travail. La fonction publique, principale pourvoyeuse d'emplois ne recrutant plus, il fallait être de plus en plus compétitif pour trouver une place sur le marché du travail ou pour pouvoir s'installer à son propre compte.

Face à ce contexte, l'équipe EPRAN*Congo* s'est fixée dans le cadre institutionnel de la Faculté des Sciences, entre autres missions d'assurer la formation des scientifiques et des professionnels, et d'enrichir les pratiques de ceux qui sont en exercice dans le domaine de l'alimentation et de la nutrition. L'équipe a ainsi créé une formation doctorale intitulée "*Transformation Alimentaire des Agroressources (T2A)*" avec trois options (Valorisation chimique des agroressources; Valorisation microbienne des agroressources; Nutrition et Qualité des aliments) couvrant plusieurs disciplines des sciences des aliments. La formation vise à développer l'expertise et les compétences nécessaires de cadres capables de contribuer à l'utilisation des aliments locaux en vue d'améliorer les situations alimentaires et nutritionnelles des populations.

Dans un environnement devenu incertain et perpétuellement changeant, la soutenance des premiers DEA et thèses de la formation doctorale T2A en mars et avril 2003 a été le point de départ de la transformation de la Faculté des Sciences en Faculté des Sciences et Techniques. Il s'agit d'adapter la faculté au contexte national par la révision et/ou la création de programmes de formation aux carrières scientifiques et technologiques liés aux besoins réels des étudiants et de la société. La transformation entend se poursuivre au second cycle par la mise en place à côté des filières scientifiques classiques, des filières professionnalisantes visant à former des diplômés outillés face au monde du travail et aux exigences du marché de l'emploi.

Le coût élevé d'une formation de 3e cycle et la faiblesse d'offres d'emplois pour ses diplômés dans le cadre étroit d'un seul pays, incitent à créer des formations professionnalisantes itinérantes en Afrique centrale avec des partenariats extérieurs. Un appui financier a été accordé par l'AUF pour faire de la formation doctorale T2A un centre d'excellence sous-régional.

Mots-clés: Brazzaville – Formation - Faculté des sciences - Transformation institutionnelle

Needs in training and training of trainers in the nutrition and food fields: example of MHO/UO/WUR programme

Nikièma* PA, Traoré AS

Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles (CRSBAN), DBM, UFR/SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Corresponding author: *pnikiema@univ-ouaga.bf*

Since 1993, the Government of Burkina Faso throughout its university authorities had been initiating a programme of university training in food technology and human nutrition. The main partner of this programme is Wageningen University with NUFFIC as funding institution. This programme started effectively in 1996. It contributes to the professionalization of the training channels of Ouagadougou University and to the fight against malnutrition throughout the following objectives:

- To supply students at "maîtrise's" degree level of sciences and techniques, basic knowledge and abilities in food technology and human nutrition which allow them using these knowledge in the sahelian context

- To implement research programmes and organise retraining period intended for the professionals.

- To assure the training of trainers by a programme of intensive courses, trainings of "DESS", "DEA", "Thèse unique" and PhD levels.

- To assure a technical support to the small and medium scale enterprise (SSE and SME).

From 1998, the year of the leaving of the first class, to 2003, the programme trained 100 qualified students from various nationalities in "maîtrise's" degree of Sciences and Techniques. More of 30 structures (research institutions, NGOs, SSE/SME, "GIE" etc.) contribute to the training and supervising of students.

In March 2002, new training modules of "DESS" and "DEA" levels were elaborated and started in 2002-2003. The abilities of *CRSBAN* where the training is located were reinforced regarding training and welcome capacities throughout setting up of equipments for training and research activities and the recruitment of teachers specialized in the human nutrition and food technology fields. Some teachers and students from Ouagadougou University have been involved in PhD programmes at Wageningen University. Some teachers, students as well as technicians of Ouagadougou University benefited by training periods, intensive courses and attending conferences and workshops in Europe and in Africa through this programme.

Despite these above strong points, much remains to do regarding needs in human resources and reinforcement of institutional abilities towards a greater sustainability of this training programme, which takes more and more regional characteristics.

The present paper gives an outline of an example of cooperation regarding training, bringing out forces and failings of such cooperation as at institutional level as at human resources one. It opens the discussion on what can be the role of the politics, partners of development, South-South and North-South cooperation in the reinforcement of institutional abilities and the needs of training in West Africa, in the specific fields of human nutrition and food technology.

Key words: Ouagadougou University – Wageningen University – NUFFIC – Human resources – Institutional abilities

Besoins en formation et formation des formateurs dans les domaines de la nutrition et des sciences alimentaires: exemple du programme MHO/UO/WUR

Nikièma* PA, Traoré AS

Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles (CRSBAN), DBM, UFR/SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: *pnikiema@univ-ouaga.bf*

Le gouvernement du Burkina Faso à travers ses autorités universitaires a initié depuis 1993 un programme de formation universitaire en Technologie Alimentaire et Nutrition Humaine. Ce programme qui a pour partenaire principal l'Université de Wageningen avec la NUFFIC comme organisme financier a connu son démarrage effectif en 1996. Il participe à la professionnalisation des filières de formation de l'université de Ouagadougou et à la lutte contre la malnutrition à travers les objectifs suivants :

- fournir aux étudiants de la Maîtrise des Sciences et Techniques, des connaissances de base et des aptitudes en technologie alimentaire et nutrition humaine, leur permettant d'appliquer ces connaissances dans le contexte sahélien
- exécuter des programmes de recherche et organiser des stages de recyclage destinés aux professionnels.
- assurer la formation des formateurs par un programme de cours intensifs, formations de niveau DESS, DEA, Thèse unique et PhD.
- assurer un soutien technique aux PME et PMI

De 1998, date de sortie de la première promotion à 2003, le programme a formé 100 diplômés de diverses nationalités en Maîtrise des Sciences et Techniques. Plus de 30 structures (institutions de recherche, ONGs, PME/PMI, GIE etc.) participent chaque année à la formation et à l'encadrement des étudiants.

En mars 2002, de nouveaux modules de formation de niveaux DESS et DEA ont été développés et ont connu leur début d'application en 2002-2003. Le CRSBAN qui héberge la formation a vu ses capacités de formation et d'accueil se renforcer à travers l'installation d'équipements pour les activités de formation et de recherche et le recrutement d'enseignants spécialisés dans les domaines de la nutrition humaine et la technologie alimentaire. Des enseignants et des étudiants de l'université de Ouagadougou sont enrôlés dans des programmes « PhD » à l'université de Wageningen. Des enseignants, étudiants ainsi que des techniciens de l'université de Ouagadougou ont bénéficié de stages de formation, de cours intensifs et de participations à des conférences et ateliers en Europe et en Afrique à travers ce programme. Malgré les points forts ci-dessus, beaucoup reste à faire en matière de besoins en ressources humaines et de renforcement des capacités institutionnelles pour une plus grande durabilité de ce programme de formation qui prend de plus en plus un caractère régional.

La présente communication donne un aperçu sur un exemple de coopération en matière de formation, en faisant ressortir les forces et faiblesses d'une telle coopération tant au niveau institutionnel que celui des ressources humaines. Elle ouvre le débat sur ce que peut être le rôle du politique, des partenaires au développement, de la coopération Sud-Sud et Nord-Sud dans le renforcement des capacités institutionnelles et les besoins de formation en Afrique de l'Ouest, dans les domaines spécifiques de la Nutrition Humaine et de la Technologie Alimentaire.

Mots-clés: Université de Ouagadougou – Université de Wageningen – NUFFIC – Ressources humaines – Capacités institutionnelles

How food technologists and nutritionists in West-Africa may become more successful in the implementation of food-based strategies ?

Van Raaij JMA
Wageningen University, The Netherlands
Corresponding author: *Joop.vanraaij@wur.nl*

Food-based approaches include a series of complementary strategies and approaches that involve the agriculture, food technology, nutrition, and education/communication sectors. This implies that implementation of food-based strategies can only be really successful if disciplines involved in food-based approaches are able to look beyond their own disciplines, are able to understand the role and importance of other disciplines in food-based strategies, are able to communicate with each of the other disciplines.

Food-based approaches as implemented at present or in the recent past in West-Africa by governmental organizations, by national and international non-governmental organizations (ngo's), by large-scale and small-scale food industries and by others, will be analyzed and discussed in the workshop. From the positive and negative experiences of food technologists and nutritionists, lessons should be learned on what the actual gaps are in knowledge, expertise and skills, which prevent food technologists and nutritionists to function optimally in food-based strategies. These gaps in knowledge, expertise, and skills, should be translated into specific both disciplinary and multidisciplinary modules, which should be incorporated into professional and academic degree programmes. The contents of such modules need a more or less continuous feed back from organizations and industries involved in food-based strategies.

Food technologists and nutritionists working within food-based approaches at a lower or intermediate professional or academic level, should have received their education and training in the above-mentioned modules in their home-countries. Food technologists and nutritionists who will work at a higher professional or academic level in food-based strategies might receive their specific education and training in regional courses, e.g. in the region West-Africa. If desired modules are not yet available in the region, appropriate modules might be followed at overseas institutions and universities.

It is obvious that the intended modules should be developed and incorporated into new or existing degree programmes in West-Africa. However, the extent to which that should occur, and the extent to which regional modules should be developed, may depend on the number of food-technologists and nutritionists needed in the West-African region, now, in the near future and in the farther-away future.

How to continue with all these thoughts on how food technologists and nutritionists in West-Africa may become more successful in the implementation of food-based strategies? Maybe a 5-year working plan for the West-African region should be developed with clear objectives and a time table with expected results on all the above-mentioned issues. Would that be realistic? What about 5-year working plans on national levels? Would that be realistic? Is it realistic to expect that in 10 years time the West-African region will have an adequate potential of food technologists and nutritionists who might be good partners in food-based approaches to solve nutritional problems?

The reality of these suggestions and objectives will be discussed in the workshop.

Key words: Food technologists – nutritionists – food-based approaches

Comment les technologues et les nutritionnistes peuvent-ils obtenir de meilleurs résultats en utilisant des voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest ?

Van Raaij JMA
Université de Wageningen, Pays-Bas.
Auteur correspondant: *Joop.vanraaij@wur.nl*

Les approches basées sur l'alimentation comprennent une série de stratégies et d'approches complémentaires qui impliquent les secteurs de l'agriculture, de la technologie alimentaire, de la nutrition et de l'éducation/communication. Cela suppose que la mise en oeuvre de stratégies basées sur l'alimentation ne peut être réellement fructueuse que si les disciplines impliquées peuvent aller au-delà d'elles-mêmes, comprendre le rôle et l'importance des autres disciplines et communiquer avec chacune de ces autres disciplines.

Les approches basées sur l'alimentation telles qu'elles sont mises en œuvre actuellement ou dans un passé récent en Afrique de l'Ouest par les organisations gouvernementales, les organisations non gouvernementales nationales et internationales (ONGs), par les industries agroalimentaires de grande et petite échelle et par d'autres seront analysées et examinées pendant l'atelier. A partir des expériences positives et négatives des technologues alimentaires et des nutritionnistes, on devrait tirer des leçons sur les carences actuelles au niveau des connaissances, de l'expertise et des compétences, qui empêchent les technologues alimentaires et les nutritionnistes d'agir de manière optimale en matière de stratégies basées sur l'alimentation. Ces carences devraient être traduites à la fois en modules disciplinaires et multidisciplinaires, qui devraient être incorporés dans les programmes des académiques et professionnels. Les contenus de tels modules ont besoin d'un retour de l'information plus ou moins continu de la part des organisations et des industries impliquées dans ces stratégies

Les technologues alimentaires et les nutritionnistes travaillant sur les approches basées sur l'alimentation à un niveau professionnel ou académique de base ou intermédiaire devraient recevoir leur éducation et leur formation à partir de ces modules dans leur propre pays. Ceux qui travailleront à un niveau académique et professionnel supérieur pourraient recevoir leur éducation et leur formation spécifique dans des cours régionaux, c'est-à-dire en Afrique de l'Ouest. Si les modules appropriés ne sont pas encore disponibles dans la région, des modules appropriés pourraient être suivis dans des institutions et des universités étrangères.

Il est évident que les modules prévus devraient être développés et incorporés dans les programmes de cursus nouveaux ou existants en Afrique de l'Ouest. Cependant, la dimension à donner à ces modules et à laquelle ils devraient être développés, dépendent du nombre de technologues alimentaires et de nutritionnistes nécessaires dans la région Ouest Africaine, aujourd'hui, dans le futur proche et dans le futur lointain.

Comment les technologues alimentaires et les nutritionnistes en Afrique de l'Ouest peuvent-ils réussir dans la mise en oeuvre de stratégies basées sur l'alimentation ? Peut être qu'un plan de travail sur 5 ans pour la région Ouest africaine pourrait être développé avec des objectifs clairs et un calendrier des résultats attendus sur toutes les questions mentionnées ci-dessus. Serait ce réaliste ? Que représentent des plans de travail d'environ 5 ans aux niveaux nationaux ? Est-il réaliste de penser que dans 10 ans la région Ouest africaine aura un potentiel adéquat de technologues et de nutritionnistes qui pourraient être de bons partenaires pour des approches basées sur l'alimentation permettant de résoudre les problèmes nutritionnels.
La réalité de ces suggestions et objectifs sera discutée pendant l'atelier.

Mots-clés: technologues alimentaires – nutritionnistes – approches basées sur l'alimentation

Sommaire / *Summary*

Programme de l'Atelier / *Workshop Programme* 3

Liste des contributions / *List of contributions* 9

Résumés / *Abstracts* 27

Conférences introductives / *Key notes* 29

Thème 1 / *Theme 1* 35
- Exposés introductifs / *Introductory papers* 37
- Communications orales / *Presentations* 43
- Affiches / *Posters* 57

Thème 2 / *Theme 2* 69
- Exposés introductifs / *Introductory papers* 71
- Communications orales / *Presentations* 77
- Affiches / *Posters* 91

Thème 3 / *Theme 3* 143
- Exposés introductifs / *Introductory papers* 145
- Communications orales / *Presentations* 151
- Affiches / *Posters* 165

Thème 4 / *Theme 4* 207
- Exposés introductifs / *Introductory papers* 209
- Communications orales / *Presentations* 215
- Affiches / *Posters* 229

Première table ronde / *First round table* 255

Seconde table ronde / *Second round table* 265