

**Septembre 1992**

# **AMELIORATION DE LA QUALITE DES ALIMENTS FERMENTES A BASE DE MANIOC**

## **Opération Congo:**

Amélioration des procédés technologiques traditionnels utilisés pour la préparation de produits dérivés des racines de manioc dans le contexte socio-économique accompagnant l'urbanisation au Congo.

---

**Serge TRECHE, Alain BRAUMAN, Olivier LEGROS et al.**

Rapport de fin d'études d'une recherche financée par la DGXII de la CEE dans le cadre du programme STD2 "Science et Technique au service du Développement"

Contrat N° TS2A-O226

---

# **O R S T O M**

# AMELIORATION DE LA QUALITE DES ALIMENTS FERMENTES A BASE DE MANIOC

## Opération Congo:

Amélioration des procédés technologiques traditionnels utilisés pour la préparation de produits dérivés des racines de manioc dans le contexte socio-économique accompagnant l'urbanisation au Congo.

---

S. TRECHE<sup>(1)</sup>, A. BRAUMAN<sup>(2)</sup>, O. LEGROS<sup>(3)</sup>,  
M. MALONGA<sup>(4)</sup>, S. KELEKE<sup>(2)</sup>, E. AVOUAMPO<sup>(5)</sup>, F. AMPE<sup>(2)</sup>,  
O. MAVOUNGOU<sup>(4)</sup>, E. GIRAUD<sup>(6)</sup>, R. MABOUNDA<sup>(5)</sup>, G. GALLON<sup>(7)</sup>,  
P. GIAMARCHI<sup>(1)</sup>, S.C. KOBAWILA<sup>(4)</sup>, R. BOUKA<sup>(5)</sup>, E. MIAMBI<sup>(2)</sup>,  
D. LOUEMBE<sup>(4)</sup>, J. MASSAMBA<sup>(8)</sup>

- (1) Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation - Centre DGRST-ORSTOM - BP 181 - Brazzaville - Congo.
  - (2) Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie - Centre DGRST-ORSTOM - BP 181 - Brazzaville - Congo.
  - (3) Département des Etudes Economiques - AGRICONGO - BP 14 574 - Brazzaville - Congo.
  - (4) Laboratoire de Microbiologie - Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire - Faculté des Sciences - Université Marien Ngouabi - BP 69 - Brazzaville - Congo.
  - (5) Département Transformation Alimentaire - AGRICONGO - BP 14 574 - Brazzaville - Congo.
  - (6) Laboratoire de Biotechnologie-PMC - Centre ORSTOM - BP 5045 - F34032 Montpellier - France.
  - (7) Laboratoire de Nutrition Tropicale - Centre ORSTOM - BP 5045 - F34032 Montpellier - France.
  - (8) Laboratoire des Etudes et des Recherches sur la Physiologie Animale et la Nutrition - Département de Biologie et de Physiologie animales - Faculté des Sciences - Université Marien Ngouabi - BP 69 - Brazzaville - Congo.
-

**RAPPORT FINAL**

**FINAL REPORT**

Numéro de contrat: N° TS2A-O226F

---

\* **TITRE:** **Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc.**  
**Opération Congo:** Amélioration des procédés technologiques traditionnels utilisés pour la préparation de produits dérivés des racines de manioc dans le contexte socio-économique accompagnant l'urbanisation au Congo.

**Title:** **Improvement of the quality of cassava-based fermented foods.**  
**Operation Congo:** Improvement of traditional technological processes used for the preparation of cassava root derived products in the socio-economical context of urbanization in Congo.

---

\* **CHEF DE PROJET:** Serge TRECHE  
(opération Congo)

---

\* **INSTITUTION HOTE:** Institut français de recherche scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM)

---

\* **ADRESSE:** 213 rue Lafayette  
75 480 Paris cedex 10. France.

---

\* **TELEPHONE:** 48 03 77 77

---

\* **FAX:** 48 03 08 29

---

\* **PAYS/ INSTITUTIONS ASSOCIEES:**  
- Congo: Faculté des Sciences de l'Université Marien Ngouabi.  
- Congo: Institut de Recherches pour l'appui au Développement agricole en zones tropicales (AGRICONGO).

---

\* **MOTS - CLEFS:** Manioc; rouissage; transformation; fufou; chikwangué; sciences des aliments; innovation technologique; urbanisation; Congo; Afrique Centrale.

**Key - words** Cassava; retting; processing; fufu; chikwangué; Food sciences; technological innovation; urbanization; Congo; Central Africa.

---

**RAPPORT SCIENTIFIQUE FINAL :**  
**AMELIORATION DE LA QUALITE DES ALIMENTS**  
**FERMENTES A BASE DE MANIOC**

**Opération Congo:**

**Amélioration des procédés technologiques traditionnels utilisés pour la préparation de produits dérivés des racines de manioc dans le contexte socio-économique accompagnant l'urbanisation au Congo.**

**RESUME**

L'opération menée au Congo dans le cadre du programme "amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc" avait pour objectif principal l'amélioration des procédés traditionnels et la mise au point de procédés technologiques nouveaux en tenant compte des contextes écologiques et socio-économiques.

Des enquêtes réalisées sur échantillons représentatifs en zones rurales et à Brazzaville ont notamment permis de préciser les modalités actuelles de consommation, de caractériser les préférences et les souhaits des consommateurs, de décrire les procédés traditionnels de transformation en inventoriant les variantes et les innovations technologiques et d'analyser le mode de fonctionnement des ateliers urbains de fabrication de chikwangué et de fofou.

Une étude cinétique des paramètres microbiologiques, physico-chimiques et biochimiques de la fermentation des racines de manioc a montré que le rouissage est une fermentation faiblement hétérolactique qui s'accompagne, d'une part, d'un ramollissement des racines et, d'autre part, d'une production importante d'acide lactique et d'éthanol par les bactéries lactiques et, dans une moindre mesure, de butyrate par les clostridies. La fermentation se caractérise par la prédominance de la flore hétérofermentaire représentée par l'espèce Leuconostoc mesenteroides dans la phase active du processus, cette flore étant progressivement supplantée en fin de fermentation par une flore homofermentaire composée majoritairement de Lactobacillus plantarum amylolytiques. Le ramollissement des racines semble dû à l'action simultanée de pectinase d'origine végétale (pectineestérase) et bactérienne (pectate lyase et polygalacturonase). Malgré la présence de bactéries lactiques à forte activité linamarase, la décomposition des cyanoglucosides semble dû à la linamarase endogène des racines. Les travaux effectués en laboratoire ont permis d'isoler une nouvelle souche homolactique amylolytique très performante, de définir les paramètres permettant une optimisation du rouissage et de définir une nouvelle méthode de rouissage en l'absence d'eau.

L'optimisation et/ou la mécanisation des différentes étapes de la transformation des racines en chikwangué a permis de proposer une ligne de fabrication semi-mécanisée dont les performances techniques et la rentabilité ont été testées en milieu réel après son transfert dans un groupement de producteur.

Des procédés permettant d'augmenter la densité énergétique des bouillies de sevrage tout en lui conservant une consistance suffisamment fluide ont été mis au point en laboratoire avant d'être mis en oeuvre dans un atelier pilote de fabrication d'aliments de sevrage à base de farine de manioc. Cet atelier dont le fonctionnement a été modélisé assurera, suite à un accord avec le ministère de la Santé, la formation d'entrepreneurs dans le but de favoriser la création de petites entreprises selon le même modèle et contribuer ainsi à la réduction de la malnutrition infantile.

## **OBJECTIFS DES RECHERCHES**

La finalité de l'opération était de définir des voies d'amélioration des modalités d'utilisation des racines de manioc dans les contextes agro-écologiques et socio-économiques du Congo.

Un premier volet a eu pour objectifs de décrire les modalités traditionnelles de consommation, de transformation et de commercialisation, d'étudier les principaux facteurs déterminants des variations observées, d'identifier les innovations endogènes et de définir les contraintes à la diffusion des améliorations susceptibles d'être mises au point.

Le second volet a été consacré à l'étude en laboratoire du rouissage, étape commune à toutes les transformations observées au Congo. Une étude microbiologique et biochimique a eu pour objectifs de cerner l'évolution du processus et de déterminer la flore bactérienne et les enzymes responsables de la détoxification et du ramollissement des racines. Des essais d'optimisation ont été réalisés en vue de réduire la durée du processus, d'obtenir des produits de qualité maximale et/ou de réduire les quantités d'eau nécessaires au processus.

Le troisième volet avait pour objectif l'amélioration des procédés de fabrication de la chikwangué et du fofou en vue de réduire la pénibilité du travail et d'obtenir des produits de qualité constante. L'effort principal a porté sur la mise au point et l'étude des conditions d'insertion et de diffusion d'une ligne de fabrication semi-mécanisée de chikwangué.

Le quatrième et dernier volet s'est intéressé à l'élaboration de produits nouveaux à base de manioc. Les études ont principalement été consacrées à la mise au point de procédés de fabrication de bouillies de sevrage de bonne valeur nutritionnelle et aux conditions de leurs mise en oeuvre en atelier pilote.

## **MATERIELS ET METHODES**

En raison du caractère pluridisciplinaire des équipes participantes et des travaux menés, les méthodologies utilisées ont été très diversifiées. Nous exposerons succinctement les bases méthodologiques des quatre volets de l'opération; les détails des protocoles expérimentaux figurent dans les rapports d'avancement semestriels et/ou les textes des articles ou communications déjà publiés.

### **1. VOLET N°1: DESCRIPTION DES MODALITES DE CONSOMMATION, DE TRANSFORMATION ET DE COMMERCIALISATION DES RACINES DE MANIOC AU CONGO.**

Les études ont consisté en des enquêtes sur échantillons représentatifs de consommateurs ou de transformatrices, en des prélèvements d'échantillons en vue d'analyses chimiques et en des observations effectuées sur les marchés, dans les ménages ou dans les ateliers de production.

## **1.1. Enquêtes sur les modalités de consommation.**

Les informations recueillies proviennent de 2 enquêtes réalisées en 1989 en milieu rural et en 1990 à Brazzaville. Le traitement informatique des données a été réalisé à l'aide du logiciel BMDP.

### **1.1.1. En milieu rural.**

L'enquête a été réalisée auprès d'un échantillon de 1200 ménages représentatif des ménages du Congo à l'exclusion de ceux résidant dans les 4 villes du pays (Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie et Nkayi).

La base de sondage utilisée a été le recensement général de la population de 1984 pour lequel une subdivision des zones rurales en 1239 zones de dénombrement (ZD) a été effectuée. Le premier degré de sondage a consisté à tirer au sort 75 ZD selon la méthode des totaux cumulés. Le second degré de sondage a consisté à tirer au sort dans chacune des ZD un ménage de départ à partir duquel 16 ménages ont été enquêtés par proximité. Dans chaque ménage, les questions ont été posées à la personne préparant habituellement à manger; les fréquences de consommation ont été établies en récapitulant avec elle le contenu des différents repas de la veille de toutes les personnes de plus de 12 ans faisant partie du groupe alimentaire.

### **1.1.2. A Brazzaville.**

1.1.2.1. Une première enquête a été réalisée auprès d'un échantillon de 900 personnes représentatif des habitants de Brazzaville de plus de 12 ans.

La base de sondage utilisée a été également le recensement général de la population de 1984. Toutefois, étant donné l'extension de la ville depuis cette date, des photos aériennes et des données démographiques récentes ont été également prises en compte pour les quartiers périphériques. A partir d'un découpage de la ville en 700 ZD, 150 ZD ont été tirées au sort en veillant à ce que le nombre de ZD tirées dans chacun des 7 arrondissements soit proportionnel à leur population estimée. Le second degré de sondage a consisté dans chacune des ZD sélectionnées à tirer au sort sur plan une parcelle de départ à partir de laquelle 6 parcelles ont été visitées par proximité. Dans chaque parcelle, une seule personne de plus de 12 ans a été enquêtée. Les fréquences de consommation ont été établies à partir des réponses des personnes enquêtées sur le contenu de leurs différents repas de la veille. Les préférences alimentaires et les souhaits concernant l'évolution de la consommation ont été obtenus en posant les mêmes questions que dans l'enquête en zones rurales. Le questionnaire comportait en outre des questions visant à caractériser les préférences organoleptiques des consommateurs de chikwangué.

1.1.2.2. Une enquête budget-consommation auprès de 300 ménages brazzavillois visités à quatre périodes différentes de l'année est en cours afin d'évaluer les quantités consommées des différents produits dérivés du manioc, mais les résultats ne seront disponibles qu'à la fin de l'année.

## **1.2. Enquêtes sur les modalités de transformation et de commercialisation.**

### **1.2.1. En zones rurales.**

1.2.1.1. La plupart des informations recueillies proviennent d'une enquête par questionnaire à domicile réalisée auprès d'un échantillon de 876 femmes pour l'étape de rouissage et de 300 femmes pour chacune des étapes spécifiques de la préparation de la chikwangué, du fofou et des racines

cuites. Ces femmes sont représentatives des ménagères des zones rurales transformant régulièrement les racines de manioc pour la consommation de leur famille et, éventuellement, la vente.

La base de sondage a été l'échantillon de 1200 ménagères ayant répondu au questionnaire sur les modalités de consommation dans 75 localités tirées au sort sur toute l'étendue du territoire congolais. Dans chacune de ces localités, 12 femmes (4 préparatrices de chikwangue; 4 de fougou; 4 de racines cuites) ont été choisies de manière aléatoire parmi les 16 précédemment enquêtées.

Des prélèvements d'échantillons de farine en vue d'analyses ont permis de mettre en évidence l'influence de certaines variantes dans les procédés de préparation sur leur composition chimique.

1.2.1.2. Les informations relatives à la durée des temps de travaux et à la pénibilité du travail ont été obtenues à partir d'observations effectuées dans les ménages. Un enquêteur a chronométré le temps nécessaire, à partir de la récolte, à la réalisation des différentes étapes de la fabrication du Ngudi-yaka (grosse chikwangue de plus de 5 kg) auprès de 8 femmes de Ngamikolé (région du pool) et du mougouélé (chikwangue d'environ 1 Kg) auprès de 5 femmes de Mbesse (région de la cuvette). Les trajets parcourus entre le champ, la rouisserie, l'atelier, le point d'eau et les lieux de récolte du bois de chauffe et des feuilles d'emballage ont également été mesurés.

Les dépenses énergétiques des préparatrices directement et indirectement liées à la transformation ont été calculées en utilisant les coefficients donnés pour chaque type d'activité par FAO/OMS/UNU (Besoins énergétiques et besoins en protéines, Série Rap. Technique N°724, 1986).

1.2.1.3. Une enquête destinée à étudier l'influence de l'enclavement sur les activités liées à la production, à la transformation et à la commercialisation du manioc est en cours dans le district de Mouyoundzi, mais les résultats ne seront disponibles qu'en fin d'année 1992.

L'objectif est de recueillir auprès d'un échantillon représentatif des 120 villages de ce district (situé à environ 250 km de Brazzaville à proximité de la ligne de chemin de fer et de la nationale n°2 reliant Brazzaville à Pointe-Noire) des informations permettant d'établir des critères d'enclavement, d'exode rural, de contraintes liées à la force de travail et aux problèmes fonciers et de les relier à des indicateurs des niveaux de production et de commercialisation de différents produits dérivés du manioc.

Après avoir divisé les 120 villages en trois groupes égaux selon l'importance de leur population, 10 villages ont été tirés au sort dans chacun de ces trois groupes considérés comme des strates. Dans chacun des 30 villages enquêtés, l'enquêteur recueillera des informations d'ordre générale au niveau des notables du village et interrogera à l'aide d'un questionnaire 20 chefs de ménage tirés au sort pour évaluer l'implication de leur ménage dans les activités de production, de transformation et de commercialisation du manioc. A partir des réponses obtenues auprès de ces 20 ménages, des critères synthétiques au niveau du village seront établis.

## 1.2.2. A Brazzaville.

1.2.2.1. Une enquête sur le mode de fonctionnement des ateliers urbains de transformation du manioc a été réalisée en trois phases:

- dénombrement: à partir de 150 points de chute tirés au sort dans toute la ville, les enquêteurs ont visité 100 parcelles (enquête de proximité) en demandant dans chaque ménage rencontré si des transformations avaient été

réalisées au cours des 12 derniers mois à partir de racines ou de produits intermédiaires dérivés du manioc. Lorsque cela était le cas, ils ont recueilli à l'aide d'un questionnaire des informations sur la nature et la fréquence des transformations, la nature et la provenance des matières premières utilisées, l'organisation du travail, les quantités et l'utilisation des produits finis. Au total 15 000 parcelles et 20 465 ménages (soit environ 1 ménage sur 7) ont été visités.

- établissement des comptes d'exploitation des ateliers de chikwangu: pour 60 ateliers tirés au sort parmi les 395 ateliers de fabrication de chikwangu recensés, les enquêteurs ont évalué les charges fixes, les charges variables et les revenus correspondant à la transformation d'un approvisionnement en matières premières en vue d'établir un compte d'exploitation pour chaque atelier enquêté.
- étude de l'influence des modalités de fonctionnement des ateliers sur la qualité des chikwanges: les qualités organoleptiques (tests en unité d'évaluation sensorielle) et quelques caractéristiques physico-chimiques (teneur en matière sèche; acidité) de chikwanges prélevées dans des ateliers choisies parmi les 60 ateliers précédents ont été comparées de façon à faire ressortir l'influence de la matière première utilisée et du type de chikwangu préparé.

1.2.2.2. Des informations relatives à la durée des temps de travaux et à la pénibilité du travail ont été obtenues selon les mêmes protocoles d'observation qu'en zones rurales auprès de respectivement 5, 8 et 5 préparatrices de Mougouélé, de Fabriqué et de Moussombo utilisant de la pâte rouie et écrasée comme matière première. Des pesées et des déterminations de teneur en matière sèche ont permis d'évaluer les rendements des transformations.

1.2.2.3. Des relevés de prix et des pesées effectuées régulièrement sur les marchés et dans d'autres points de ventes ont permis de suivre l'évolution saisonnière des prix et de comparer le prix des produits dérivés du manioc à ceux des autres sources énergétiques. Ces comparaisons ont été effectuées sur la base du poids brut, mais aussi, grâce à des prélèvements et des déterminations de teneur en matière sèche, sur la base du contenu énergétique.

## **2. VOLET N°2: ETUDE ET OPTIMISATION DU ROUISSAGE DU MANIOC.**

Les études ont été réalisées au laboratoire de Microbiologie du Centre Orstom de Brazzaville sur des échantillons prélevés au cours de rouissages contrôlés effectués en fûts ou en fermenteurs.

### **2.1. Etude cinétique des principaux paramètres de la fermentation.**

En parallèle sont mesurés au cours de la fermentation:

- la microflore par numération statistique des principaux groupes: bactéries fermentaires totales, bactéries lactiques, levures, clostridies.
- les paramètres biochimiques suivants:
  - . Activités enzymatiques: pectinases, linamarase et osidases;
  - . Teneurs en Acides Gras Volatils, acides organiques, sucres par chromatographie liquide;

- les paramètres physico-chimiques: T°; pH des racines et du jus de fermentation; pression d'oxygène; ramollissement des racines par pénétrométrie.

A partir des numérations, certains microorganismes (bactéries lactiques, levures, bactéries amylolytiques, bactéries pectinolytiques) ont été identifiés par leurs caractéristiques biochimiques et physiologiques.

## **2.2. Détermination de l'origine des activités enzymatiques.**

Les activités pectinases et linamarase ont été mesurées en parallèle dans deux rouissages effectués en bioréacteur: un rouissage en bioréacteur témoin non stérile; un rouissage en condition stérile dans un bioréacteur dont les paramètres physico-chimiques (température, pH, et PO<sub>2</sub>) étaient imposés par les données issues du bioréacteur témoin non stérile.

## **2.3. Optimisation des conditions de rouissage en vue de réduire sa durée et d'obtenir des produits de qualités organoleptiques maximales.**

L'optimisation a été réalisée à l'aide de la méthode de la recherche expérimentale (Fargin et al., 1985, Bio-sciences, 4:77-82). L'influence de 6 facteurs de variation (variété; durée de stockage avant rouissage; calibre; épluchage préalable ou non; ajout ou non d'un inoculum; température) a été étudiée en fermenteurs de 20 litres. Les qualités organoleptiques des produits finis (foufou) ont été comparées en unité d'évaluation sensorielle par un panel de 12 dégustateurs.

## **2.4. Mise au point d'un rouissage sans eau.**

En vue de réaliser un rouissage en sac étanche avec des racines prédécoupées, des essais ont été effectués afin:

- d'améliorer l'homogénéité du processus en optimisant le prédécoupage des racines
- d'améliorer les qualités organoleptiques du produit fini, notamment grâce à un trempage après rouissage.

## **3. VOLET N°3: AMELIORATION DES PROCEDES DE FABRICATION DE LA CHIKWANGUE ET DU FOUFOU.**

Les travaux ont été réalisés en plusieurs étapes:

- découpage des transformations en opérations unitaires après analyse des procédés utilisés traditionnellement;
- établissement d'un cahier des charges pour les améliorations à mettre au point pour chacune des opérations unitaires;
- construction de prototypes répondant au cahier des charges pour chacune des opérations mécanisables.
- optimisation des paramètres de fabrication au vu des rendements matières, des temps de travaux, des coûts de réalisation et de fonctionnement des équipements et des effets sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles des produits finis. Les paramètres envisagés ont été non

seulement des facteurs propres à chacune des opérations unitaires (ex: type de machine; durée d'un traitement...) mais également des facteurs intervenant en amont de l'opération considérée et pouvant interagir avec les traitements ultérieurs (ex: choix de la variété sur l'aptitude à subir différents traitements).

- tests en milieu réel des équipements mis au point et des produits finis.

### **3.1. Le découpage en opérations unitaires.**

#### **3.1.1. Récolte-épluchage-rouissage.**

Etant donné que les racines ne peuvent pas être stockées plus de quelques heures et que l'épluchage peut être réalisé avant ou après rouissage, ces trois étapes, communes à la préparation du fougou et de la chikwangué, ont été regroupées. Une optimisation des conditions de rouissage tenant compte des résultats du second volet a été tentée (réduction de la durée et de la quantité d'eau nécessaire) mais aucune tentative de mécanisation de l'épluchage n'a été tentée.

#### **3.1.2. Dans le cas de la fabrication de la chikwangué.**

**3.1.2.1. Défibrage-égouttage:** plusieurs prototypes de défibreurs adaptés à différentes conditions d'utilisation (3 versions communautaires et 4 versions individuelles) ont été construits et testés. L'influence de diverses modalités et durées d'égouttage a été étudiée.

**3.1.2.2. Laminage:** un prototype capable de laminer la pâte égouttée avant la première étape de cuisson a été construit et testé.

**3.1.2.3. Précuisson-malaxage-modelage-emballage:** plusieurs prototypes de cuiseur-malaxeur permettant en sortie d'emballer la chikwangué en gaine plastique ont été construits et testés.

**3.1.2.4. Fermeture des gaines plastiques:** Le clippeur utilisé est le seul équipement importé choisi pour compléter la ligne de fabrication semi-mécanisée de chikwangué.

**3.1.2.5. Cuisson terminale:** un cuiseur amélioré a été mis au point.

#### **3.1.3. Dans le cas de la fabrication du fougou.**

Etant donné que le broyage est, le plus souvent, déjà réalisé dans des moulins à fougou, seuls quelques essais en vue d'améliorer les conditions de séchage ont été réalisés.

### **3.2. Réalisation des bilans massiques et détermination des temps de travaux.**

Les bilans massiques des transformations en chikwangué et en fougou ont été effectués par pesée et détermination de la teneur en matière sèche aux différentes étapes des transformations. Les déterminations des temps de travaux ont été réalisées dans des conditions les plus standardisées possibles (personnel, outil, quantité transformée).

### **3.3. Evaluation de la qualité organoleptique et nutritionnelle.**

Etant donné les faibles quantités de nutriments essentiels contenus dans les produits dérivés du manioc, les déterminations de composition chimique se sont essentiellement limitées aux teneurs en matière sèche, en composés cyanés (méthode de Cooke modifiée) et en acides gras volatils. L'acidité totale et le pH des produits finis ont été déterminés après broyage dans l'eau et filtration.

Les caractéristiques organoleptiques des fofous et des chikwanges ont été étudiées au cours de tests comparatifs réalisés dans l'unité d'évaluation sensorielle d'Agricongo avec l'aide de panélistes préalablement sélectionnés (norme AFNOR NF V 09-002). Les tests utilisés sont des tests de différenciation (2/5) des produits 2 à 2, des tests de caractérisation et de préférence des produits pris deux à deux, et des tests de notation et de classement lorsque de 3 à 10 produits étaient testés simultanément. Les caractéristiques prises en compte sont la couleur, l'odeur, la consistance dans la main (collant, élasticité), l'acidité, la consistance dans la bouche, le goût et l'impression générale.

### **3.4. Tests en milieu réel des équipement et des produits.**

Après l'installation de la ligne de fabrication de chikwange dans un groupement de producteur situé à 45 km de Brazzaville (pK 45), un suivi technique de la production, un suivi économique du réseau de commercialisation et des tests organoleptiques des produits ont été réalisés.

## **4. VOLET N°4: FABRICATION DE PRODUITS NOUVEAUX A BASE DE MANIOC.**

Les travaux ont été orientés vers la fabrication de farines de sevrage à base de manioc et vers celle de farines de manioc enrichies par de la farine de soja pour la consommation sous forme de fofou.

### **4.1. Fabrication de farine de sevrage à base de manioc.**

La mise au point de procédés en laboratoire a été précédée par une étude de la valeur nutritionnelle des bouillies traditionnellement utilisées au Congo et suivie par une mise en oeuvre en atelier pilote.

#### **4.1.1. Valeur nutritionnelle des bouillies utilisées.**

Simultanément aux enquêtes sur la consommation du manioc menée en 1989 en zones rurales, 5 à 6 prélèvements de bouillies ont été effectués au moment de leur consommation dans chacune des 75 localités enquêtées. Ces bouillies ont été prélevées dans des pots en plastique préalablement tarés contenant une solution d'azoture de sodium; de 1 à 4 semaines après, les pots ont été pesés et congelés en attendant d'être lyophilisés de façon à déterminer leurs teneurs en matière sèche, protéines, lipides, cendres et, par calcul, leur densité énergétique.

#### 4.1.2. Mise au point de procédés de fabrication de farines de sevrage.

Les procédés recherchés devaient permettre d'obtenir des bouillies de densité énergétique suffisante (environ 30 g MS / 100 ml de bouillie) ayant une consistance suffisamment fluide pour être acceptable par les enfants.

Différentes sources d'alpha-amylases ont été étudiées: une enzyme produite industriellement (BAN S de NOVO S.A.); de l'orge de brasserie disponible à Brazzaville; des céréales germées locales. Pour chacune d'entre elles les conditions optimales d'utilisation ont été définies en étudiant la viscosité (viscosimètre rotatif HAAKE VT 500) et la vitesse d'écoulement (polyvisc KINEMATICA) de bouillies préparées à différentes concentrations en conditions standardisées ou en réalisant un dosage de l'activité alpha-amylasique par la méthode de BERNFELD (1955).

La caractérisation de l'action des enzymes au cours de la préparation des bouillies a été réalisée en dosant les polysaccharides courts sur chaîne HPLC.

#### 4.1.3. Mise en oeuvre en atelier pilote.

Des formules adaptées aux besoins nutritionnels des enfants dans le contexte congolais ont été calculées en utilisant un logiciel mis au point par les nutritionnistes de l'orstom: elles contiennent des farines de manioc, des farines de légumineuses (soja ou haricot), du sucre, de la Ban S et, facultativement, de la farine de maïs.

Les modalités d'utilisation de machines préexistantes (torréfacteur, broyeur à meules, mélangeur rotatif, ensacheuse) à Agricongo ont été définies sur la base de leurs effets sur la disparition des activités anti-nutritionnelles (analyses réalisées au Laboratoire de Nutrition de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc), sur l'homogénéité des mélanges et sur les caractéristiques organoleptiques des produits.

Une enquête sur l'acceptabilité des produits été réalisée auprès de 200 mères utilisatrices potentielles des produits.

Le dimensionnement de l'unité de production pilote a été prévu après établissement de comptes d'exploitation prévisionnels.

La politique commerciale a été définie après sondage auprès des mères en accord avec le ministère de la Santé congolais.

#### 4.2. Fofou enrichi.

Des tests organoleptiques ont été réalisés sur des fofous préparés à partir des farines de manioc incorporées par différents taux de farines de soja.

## RESULTATS

### 1. VOLET N°1: DESCRIPTION DES MODALITES DE CONSOMMATION, DE TRANSFORMATION ET DE COMMERCIALISATION DES RACINES DE MANIOC AU CONGO.

#### 1.1. Modalités de consommation (Trèche et Massamba, 1990b; 1991a).

Les racines de manioc assurent en moyenne la couverture de près de 50% des besoins énergétiques des populations au Congo. Elles sont principalement consommées sous trois formes: la chikwangué, la farine à fougou et les racines cuites.

##### 1.1.1. Différences observées dans les modalités de consommation en zones rurales (Massamba et Trèche, 1991a).

A partir des résultats de l'enquête effectuée en 1989, nous avons comparé les modalités de consommation du manioc dans les 5 zones écologiques du pays.

##### 1.1.1.1. Caractéristiques des 5 grandes zones écologiques du Congo.

On peut distinguer 5 grandes zones écologiques du Nord au Sud: la forêt inondée au Nord-est, la forêt exondée au Nord-Ouest, le plateau central, la vallée du Niari et les massifs montagneux du Mayombe et du Chaillu. La forêt, dense ou clairsemée, entoure la totalité des localités en zone de forêt inondée et dans les massifs montagneux et les 2/3 des localités en zone de forêt exondée. La savane recouvre, respectivement, plus de 80% et plus de 60% des terroirs dans la vallée du Niari et sur le plateau central. C'est dans la vallée du Niari que la proportion de localités faciles d'accès est la plus forte; la plupart des localités situées en zone de forêt inondée ne sont accessibles que par voie fluviale. Les zones de forêts inondée et exondée sont peuplées par le groupe Mbochis; le groupe Tékés occupe la plus grande partie du plateau central et une partie des massifs montagneux; le groupe Kongos se retrouve dans la vallée du Niari, sur une partie du plateau central et dans certaines zones des massifs montagneux. Dans les massifs montagneux, la taille des ménages et le niveau d'instruction sont sensiblement plus faibles que dans les autres zones. Les habitants de la zone de forêt exondée pour leur niveau d'instruction et ceux de la forêt inondée pour leurs biens possédés sont les plus favorisés.

##### 1.1.1.2. Fréquences de consommation.

Seulement 3% des personnes dans la zone de forêt inondée et sur le plateau central et 11% dans les autres zones n'avaient pas consommé de produits dérivés des racines de manioc la veille de l'enquête.

La chikwangué est l'aliment de base pour plus de 70% des personnes sur le plateau central et dans la zone de forêt exondée alors qu'elle ne l'est que pour 40% des habitants de la vallée du Niari.

Le fougou, aliment de base dans 37% des cas dans la zone de forêt inondée, n'est consommé que par moins de 1% des personnes dans les massifs montagneux.

Les racines rouies sont consommées par respectivement 45 et 30% des habitants de la vallée du Niari et des massifs montagneux alors qu'elles ne sont consommées que dans moins de 10% des cas dans les autres zones.

Les bouillies, malgré une utilisation notable dans les massifs montagneux, et les racines crues restent des formes mineures de consommation.

Les types de chikwangu consommés diffèrent du nord au sud; dans les zones de forêt du nord, le Moussombo, chikwangu à une cuisson, est fréquemment consommé alors qu'il n'est pas connu dans le sud du pays; le Ngudi-yaka, grosse chikwangu dépassant 5 kg, et le fabriqué, chikwangu de moins de 1kg généralement préparée dans les villes, ne sont consommés que sur le plateau central et dans le sud du pays.

#### 1.1.1.3. Facteurs déterminants des variations observées.

Trois facteurs principaux permettent d'expliquer les différences au niveau des modalités de consommation du manioc entre les cinq zones écologiques: des possibilités agricoles inégales; un peuplement par des ethnies dont les habitudes et les préférences alimentaires sont différentes; un enclavement plus ou moins fort qui détermine les possibilités d'échange et le niveau d'influence du milieu urbain.

Les différences les plus notables s'observent, d'une part, entre zones nord et zones sud et, d'autre part, entre zones facilement accessibles et zones plus enclavées. Entre zones nord et zones sud, les différences semblent davantage liées aux possibilités agricoles des terroirs et aux habitudes culturelles, technologiques et culinaires des populations. Dans la zone de forêt inondée où la culture est difficile, les possibilités d'échanges par voie fluviale expliquent l'importance du fougou, la forme de consommation la plus facilement commercialisable. Dans la vallée du Niari, la proximité des marchés urbains et le réseau ferroviaire facilitent la vente de chikwangu ce qui contribue à l'importance des racines rouies et cuites, forme de consommation non commercialisable.

#### 1.1.2. Influence de l'urbanisation (Massamba et Trèche, 1991b).

A partir des résultats des enquêtes effectuées en zones rurales et à Brazzaville, nous avons comparé les fréquences de consommation et les préférences alimentaires en milieu rural et en milieu urbain, en distinguant le milieu rural profond (villages de moins de 3000 habitants) et les centres secondaires (3000 à 30000 habitants).

##### 1.1.2.1. Caractéristiques socio-économiques des ruraux et urbains.

La comparaison de quelques caractéristiques sociales, culturelles et économiques des personnes et des ménages enquêtés révèle de nombreuses différences entre villages et centres secondaires et entre zones rurales et milieu urbain.

Les personnes composant l'échantillon de Brazzaville sont nettement plus jeunes, plus instruites et moins occupées par des activités agricoles que celles de l'échantillon des zones rurales. La taille des groupes alimentaires est sensiblement identique dans les villages et les centres secondaires. Par contre, elle est sensiblement plus élevée à Brazzaville. Concernant l'origine des produits finis consommés dans le ménage, on constate que si les transformations sont réalisées, totalement ou partiellement, dans respectivement 92% et 85% des ménages dans les villages et dans les centres secondaires, plus de 90% des ménages brazzavillois achètent les chikwangu qu'ils consomment.

##### 1.1.2.2. Fréquence de consommation de la chikwangu.

La consommation de la chikwangu, tous types confondus, est aussi fréquente dans les centres secondaires (62%) que dans les villages (63%); en

revanche, à Brazzaville, la fréquence de sa consommation est sensiblement plus faible (54%).

La comparaison des fréquences de consommation de certains types de chikwanges permet de mettre en évidence des différences qui peuvent s'expliquer par leur plus ou moins grande adaptabilité aux modes de vie urbains.

Bien que produit dans les zones rurales sud du pays, le Ngudi-yaka, chikwange de grosse taille (>5kg), est davantage consommé à Brazzaville (24,6%) que dans l'ensemble du milieu rural (16,0%): ces différences s'expliquent en grande partie par le fait que la dimension du Ngudi-yaka correspond mieux à la taille des groupes alimentaires de Brazzaville et que son prix de vente ramené au poids est moins élevé que celui des autres types de chikwanges.

Le Fabriqué est une chikwange de faible taille (environ 600g) adaptée à une consommation individuelle et dont la fabrication a démarré il y a quelques années dans les ateliers urbains de transformation du manioc. Bien que relativement limitée, sa consommation est deux fois plus fréquente à Brazzaville (6,6%) que dans les zones rurales (3,5%).

Le Moussombo se différencie des autres types de chikwange par le fait qu'il ne subit qu'une seule cuisson et que, sans doute en raison de la simplicité de sa préparation et d'une aptitude moins bonne au stockage, il est rarement commercialisé. Il en résulte que la fréquence de sa consommation, importante dans les villages (10%), est plus faible dans les centres secondaires (6%) et négligeable à Brazzaville (0,7%).

#### 1.1.2.3. Préférences alimentaires déclarées des consommateurs.

Dans leur ensemble, plus des trois quarts des personnes enquêtées préfèrent la chikwange aux autres aliments de base locaux ou importés. Toutefois, on observe une influence, plus marquée pour les aliments importés que pour les aliments locaux, de l'urbanisation sur les préférences exprimées.

Quel que soit leur milieu de vie, environ 1/4 des congolais déclarent préférer la banane plantain, deuxième production agricole du pays. Les brazzavillois sont sensiblement plus nombreux que les ruraux à préférer l'igname, autre production locale. Le riz, qui fait l'objet d'une petite production locale mais qui est principalement importé, est préféré par environ deux fois plus de brazzavillois que de ruraux.

Enfin, le pain qui reste encore très difficilement accessible en zones rurales en raison de l'absence de circuits de commercialisation, est apprécié par un nombre beaucoup plus important de citadins (22%) que de ruraux (3,5%).

Concernant les préférences exprimées entre les différentes formes de consommation du manioc, on constate que si la chikwange reste, quel que soit le milieu considéré, la forme de consommation la plus appréciée par plus des deux tiers des consommateurs, les brazzavillois sont plus nombreux que les ruraux à préférer, d'une part, le fofou à la chikwange et, d'autre part, la chikwange aux racines cuites. La plus ou moins grande aptitude à la commercialisation des 3 formes de consommation explique en partie ces différences.

#### 1.1.2.4. Intentions de consommation.

Lorsqu'on demande aux personnes enquêtées si elles souhaiteraient augmenter, diminuer ou maintenir dans leur alimentation la proportion de chikwange par rapport aux autres aliments de base, une même proportion (18%) de citadins et de ruraux déclare vouloir l'augmenter. En revanche, les brazzavillois sont beaucoup plus nombreux à vouloir la diminuer (31%

contre 7%) et moins nombreux à vouloir la maintenir au niveau actuel (44% contre 74%).

Un désir plus fort de diversification de l'alimentation chez les citadins est sans doute à l'origine de ces différences.

#### 1.1.2.5. Conclusion.

Les différences notables observées au niveau de certaines caractéristiques sociales, culturelles et économiques des personnes et des ménages habitant dans les villages et les centres secondaires n'ont pas d'influence sur leur comportement vis-à-vis de la chikwangu. En revanche, il existe des différences importantes au niveau des fréquences de consommation, des préférences exprimées et des intentions de consommation entre les brazzavillois et les ruraux.

En réalité, il semble que l'influence de l'urbanisation sur le comportement des populations vis-à-vis de leur aliment de base se manifeste principalement de deux manières différentes: d'une part, des facteurs économiques et technologiques qui contraignent les citadins à acheter, et non plus à élaborer eux-mêmes, les produits dérivés du manioc; d'autre part, des facteurs socio-culturels qui les poussent vers des aliments d'usage plus commodes ou bénéficiant d'une image plus conforme aux modes de vie des pays développés.

Dans les centres secondaires, où les contraintes d'ordre économique et technologique restent faibles en raison de la proximité du milieu rural et où le modèle de consommation des pays développés est encore peu répandu, l'influence de l'urbanisation reste faible. A Brazzaville, où les deux facteurs s'exercent simultanément de façon de plus en plus forte, leurs effets sont beaucoup plus importants.

L'intérêt que les consommateurs urbains continuent à porter à la chikwangu justifient que des efforts soient faits pour que cet aliment reste facilement disponible et économiquement accessible. Pour cela, il est nécessaire de faciliter l'approvisionnement de Brazzaville à partir des zones de production et de mettre au point des procédés technologiques permettant de réduire la pénibilité du travail au cours des différentes étapes de sa préparation.

### 1.1.3. Comportements, préférences et souhaits des consommateurs de chikwangu à Brazzaville.

#### 1.1.3.1. Mode d'approvisionnement.

- mode d'acquisition: 93,5% des ménages se procurent la chikwangu uniquement par achat; 1,1% des ménages ne consomment que de la chikwangu produites par un membre de la famille.
- lieu d'achat: 16,2% des consommateurs se fournissent le plus souvent au même endroit; 5,2%, chez quelques marchands seulement; 78,5%, n'importe où.

#### 1.1.3.2. Caractéristiques examinées au moment de l'achat.

L'importance relative des différentes caractéristiques des chikwangu dans le choix des acheteurs peut être appréciée en comparant les pourcentages de personnes ayant déclaré prendre en compte ces différentes caractéristiques au moment de l'achat: couleur (86,5%); texture (60,2%); qualité de l'emballage (13,8%); quantité de fibres (9,1%); grosseur (6,6%); odeur (3,1%).

En outre, 60% des consommateurs déclarent apporter beaucoup d'importance à l'aspect de l'étalage lorsque la chikwangu est achetée sur les marchés. La variété de manioc utilisée, le lieu de culture, le mode de rouissage, les lieux et dates de préparation de la chikwangu ne sont connues que par moins de 10% des consommateurs au moment de l'achat. En revanche, 36% des acheteurs savent quel mode de transport (voie ferrée, fleuve, route) a été utilisé pour amener les chikwangues ou la matière première sur Brazzaville et 71% reconnaissent les feuilles d'emballage dont l'origine botanique a une importance grande ou moyenne pour les 2/3 des consommateurs.

#### 1.1.3.3. Critères d'appréciation au moment de la consommation.

Lorsque l'on demande aux consommateurs de choisir entre les 5 caractéristiques suivantes celle qui est la plus importante pour eux lorsqu'ils mangent de la chikwangu, les réponses obtenues mettent en évidence l'importance des sensations gustatives: goût et consistance dans la bouche (49,4%); aspect et couleur (17,9%); odeur (15,6%); consistance dans la main (14,0%); impression de réplétion (3,1%).

#### 1.1.3.4. Connaissance des produits.

81% des personnes interrogées déclarent savoir reconnaître au moment de l'achat si une chikwangu a été recuite.

Selon elles:

- la couleur est influencée principalement par le mode et le lieu de rouissage;
- une mauvaise odeur est due, soit au mode et au lieu de rouissage, soit liée à la durée d'égouttage ou à la durée de conservation de la pâte rouie avant défibrage.
- le caractère collant est lié à la durée de cuisson terminale.
- l'élasticité serait étroitement dépendant de la nature de la variété et des soins apportés au premier malaxage.
- un aspect trop humide serait dû, soit à une durée d'égouttage insuffisante, soit à un excès d'eau de cuisson.
- l'acidité des chikwangues serait étroitement dépendante de la variété utilisée, des modalités de rouissage et de la durée d'égouttage et de conservation de la pâte.
- La détérioration des chikwangues avec la durée de conservation consiste en l'apparition de moisissures entre les feuilles et la chikwangu (pour 95% des consommateurs) et se manifeste principalement par un durcissement (pour 65% d'entre eux).

#### 1.1.3.5. Utilisation.

Les fréquences de consommation des différentes chikwangues sont données au § 1.1.2.2.

Respectivement 18% et 39% des parents déclarent donner de la chikwangu à leurs enfants avant 8 et avant 12 mois.

Les durées déclarées de conservation après achat sont: moins de 24h dans 28,6% des cas; entre 24h et 48h dans 61,4% des cas; plus de 48h dans 10,0% des cas.

Pour la majorité des consommateurs, les chikwangues deviennent moins bonnes à partir du troisième jour écoulé depuis la fin de leur préparation et quasiment immangeables à partir du cinquième jour.

### 1.1.3.6. Déterminants culturels, sociaux et économiques du comportement des consommateurs brazzavillois vis-à-vis de la chikwangue.

- Mode d'approvisionnement: les principaux facteurs liés aux consommateurs et qui influencent le mode d'approvisionnement en chikwangue sont le sexe, l'âge et le lieu de naissance. D'une manière générale, les femmes, les personnes plus âgées et les personnes ayant vécu en zones rurales sont plus curieuses de la provenance des produits.
- Fréquences de consommation: La fréquence de consommation des différents types de chikwangue est influencée de manière significative par l'ethnie et le quartier de résidence des consommateurs. Le Ngudi-yaka et le fabriqué sont surtout consommés par les Kongos et les autres ethnies du Sud, alors que les Mougouélés connaissent plus de succès chez les Mbochis, les Tékés et les étrangers, notamment les zairois.
- Connaissance des coutumes interdisant la consommation de chikwangue: 15% des personnes de plus de 40 ans contre environ 7% des personnes de moins de 40 ans connaissent des coutumes interdisant la consommation de chikwangue dans certaines circonstances.
- Age d'introduction de la chikwangue dans l'alimentation de l'enfant: plus le niveau d'instruction des personnes interrogées est élevée plus elles déclarent introduire tard la consommation de la chikwangue dans l'alimentation de leur enfant. Dans le quartier périphérique de Talangai, la consommation de la chikwangue avant 8 mois est 5 fois plus fréquente que dans le vieux quartier central de poto-poto (33,1% contre 6,7%).
- préférences alimentaires exprimées: elles diffèrent principalement selon l'âge et l'origine ethnique des consommateurs. Plus les consommateurs sont jeunes, plus ils sont nombreux à préférer d'autres aliments de base (foufou, pain, banane plantain, riz, ignames) à la chikwangue qui reste, néanmoins dans chaque classe d'âge, l'aliment préféré de la majorité. Les étrangers sont 2 à 3 fois moins nombreux que les congolais, toutes ethnies confondues, à préférer la chikwangue aux autres aliments de base.
- Evolution souhaitée de la consommation de chikwangue: les personnes les plus jeunes et les plus instruites sont plus nombreuses que les autres à souhaiter diminuer la part de la chikwangue par rapport aux autres aliments de base dans leur alimentation.

### 1.1.3.7. Conclusion.

Les données recueillies ont permis de préciser un certain nombre de comportement et de souhait des consommateurs vis-à-vis de la chikwangue, qui reste l'aliment de base préféré des Brazzavillois, en vue de définir la politique commerciale d'unités de production semi-mécanisées.

Elles mettent en évidence les relations entre certaines caractéristiques sociologiques, économiques et culturelles des consommateurs et les modalités de consommation:

- influence du sexe, de l'âge et du lieu de naissance sur l'importance donnée à l'origine et à l'histoire technologique des produits;
- influence du quartier d'habitation et de l'ethnie sur la fréquence de consommation des différents types de chikwangue;
- influence de la taille des ménages et du niveau d'instruction sur l'âge d'introduction de la chikwangue dans l'alimentation de l'enfant;
- influence de l'âge, de l'ethnie, du niveau d'instruction et du quartier d'habitation sur les préférences exprimées entre la chikwangue et les autres aliments de base et sur l'évolution souhaitée de sa consommation.

#### 1.1.4. Prix des différents aliments de base à Brazzaville.

D'autres informations recueillies au cours d'enquêtes effectuées à Brazzaville permettent d'expliquer le comportement des consommateurs urbains vis-à-vis de leurs aliments de base.

La comparaison des prix de vente (relevés au cours du premier trimestre 1991 et exprimés pour 100g de matière sèche comestible) des différents aliments de base disponibles à Brazzaville montre que les produits dérivés du manioc restent largement compétitifs pour la couverture des besoins énergétiques des citadins.

Le classement par ordre de prix croissant s'établit comme suit:

- fougou acheté en cossettes:	18,9 Fcfa;
- riz acheté en sac	22,1 Fcfa;
- riz acheté au détail	28,6 Fcfa;
- chikwangue (de 34 à 42 Fcfa selon le type);	36,1 Fcfa;
- fougou acheté au détail	45,8 Fcfa;
- pain	47,7 Fcfa;
- ignames	77 Fcfa;
- banane plantain	87 Fcfa;
- pomme de terre	249 Fcfa.

Il semble que les consommateurs aient une assez bonne perception de cette échelle de prix puisque 52% des consommateurs pensent qu'il est moins cher de se nourrir avec de la chikwangue qu'avec du pain et que 85% estiment qu'il est moins cher de se nourrir avec du fougou que de la chikwangue. Les écarts de prix et leur relativement bonne perception par les consommateurs permettent d'expliquer le rôle important joué par le fougou en ville et la faible importance de certains aliments (banane plantain, ignames) malgré les préférences exprimées en leur faveur par un nombre non négligeable de consommateurs.

#### 1.2. Modalités de transformation et de commercialisation.

##### 1.2.1. En zones rurales (Trèche et Massamba, 1991b).

Les procédés utilisés pour la transformation du manioc en Afrique Centrale sont particulièrement longs et pénibles. Dans la quasi totalité des cas, ils débutent par un rouissage consistant en une immersion des racines dans l'eau qui a pour effets principaux de ramollir les racines, de les détoxifier et de provoquer l'apparition de métabolites qui confèrent aux produits les caractéristiques organoleptiques recherchées. Les procédés ultérieurs diffèrent selon les formes de consommation souhaitées (fougou, chikwangue, racines cuites).

Compte tenu des différences importantes de peuplement et l'existence de contraintes naturelles spécifiques aux grandes zones écologiques du pays (cf § 1.1.1.1.), nous avons cherché, à partir des résultats de l'enquête effectuée en 1989, à mettre en évidence les différences de modalités de transformation existant entre ces cinq zones.

##### 1.2.1.1. Rouissage et épluchage.

Sauf sur le plateau central, l'épluchage est le plus souvent effectué avant rouissage (64% des cas contre 28%); parfois (8% des cas), il est effectué à mi-rouissage. Les racines sont le plus souvent épluchées avec une machette (25%) ou un couteau (33%), mais peuvent être épluchées à la main (28%) lorsque l'épluchage est effectué après rouissage.

Les racines sont préalablement découpées en morceaux dans 54% des cas.

Le rouissage peut être réalisé en eau courante (57%), en eau stagnante (18%; essentiellement dans les massifs montagneux) ou dans des récipients (19%). Il s'effectue presque exclusivement près des champs (58%, surtout dans la vallée du niari) ou près du domicile (39%, principalement dans la zone de forêt inondée). Les récipients sont le plus souvent des fûts en fer (52%), mais l'usage de fûts en plastique (17%, surtout dans la vallée du Niari) est fréquent. Les racines rouies en étang ou en bordure de rivière sont le plus souvent disposées sur des feuilles (49%) ou placées dans des sacs (35%) pour faciliter leur récupération.

La durée de rouissage dépend à la fois du type de préparation et de la zone écologique (2 à 8 jours): elle est plus courte dans les zones nord et lorsque les racines sont destinées à la préparation de fougou.

#### 1.2.1.2. Etapes ultérieures.

L'enlèvement de la fibre centrale en fin de rouissage, très pratiqué dans les zones nord, n'est effectué que par 50% des femmes dans les massifs montagneux. Les fréquences de réalisation du pressage, de l'écrasement et de l'égouttage des racines juste après rouissage varient en fonction du type de préparation et de la zone écologique considérée.

Lors de la préparation du fougou (figure 1), le séchage après émottage est beaucoup plus fréquent dans le nord ce qui explique en grande partie les différences de durée de séchage. Quelle que soit la zone, le séchage est dans presque tous les cas effectué au soleil. Dans les deux zones sud, le broyage consiste le plus souvent en un passage dans un moulin alors que l'utilisation du mortier et du pilon reste prédominante au nord.

Concernant la préparation de racines cuites (figure 2), le mode de cuisson prépondérant est la cuisson à l'eau sauf dans la zone de forêt exondée. Les formes de consommation les plus courantes sont des racines entières ou découpées en morceaux, mais dans la zone de forêt exondée et sur le plateau central, la préparation de pâte obtenue par pilonnage ou laminage des racines avant ou après cuisson est fréquente.

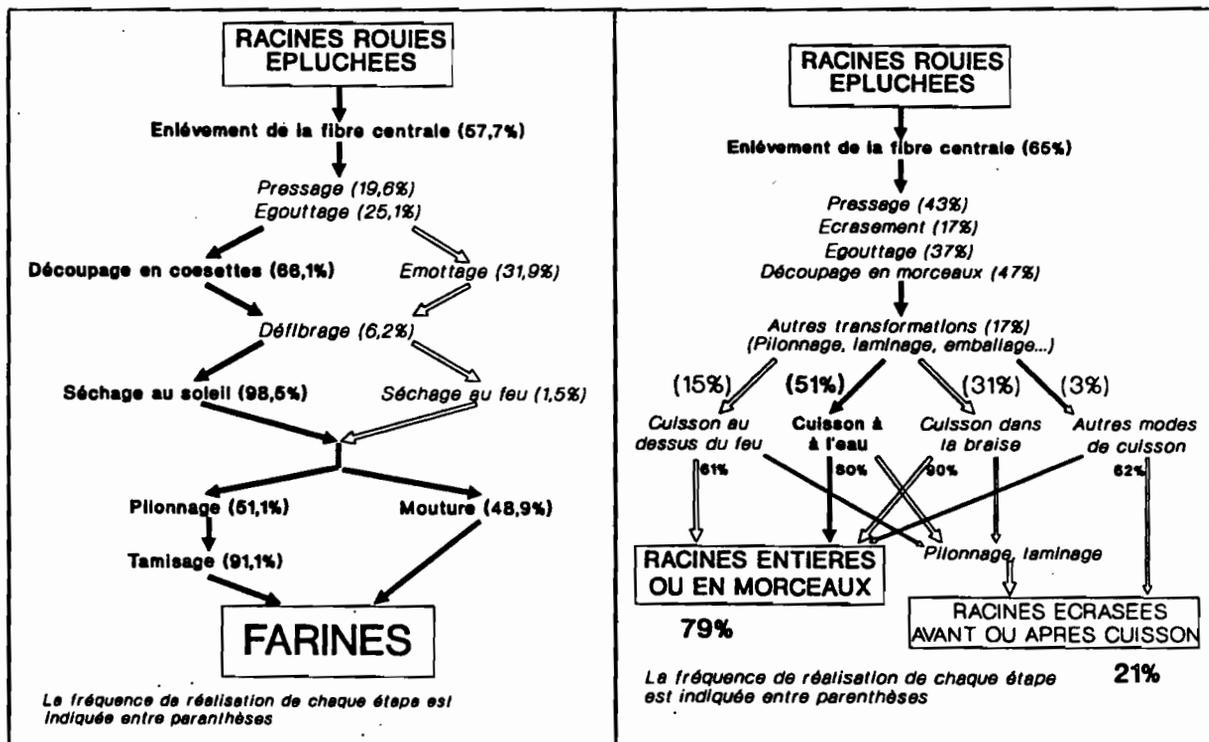


Figure 1: Schéma de fabrication du fougou

Figure 2: Schéma de fabrication des racines cuites.

Pour la préparation de la chikwangue (figure 2; tableau 2), le défibrage est le plus souvent effectué par filtration/décantation; toutefois, dans les massifs montagneux la majorité des femmes continuent à pratiquer un défibrage à sec en utilisant une sorte de peigne métallique.

Le premier malaxage est surtout effectué par laminage sur un plateau en bois, mais 20% des femmes utilisent un pilon et un mortier en zone de forêt exondée. L'ajout d'eau au cours du malaxage est surtout pratiqué dans la zone de forêt inondée et dans la vallée du Niari.

La préparation de chikwangue à une cuisson, fréquente dans les zones nord, est rare dans le sud. Pour la préparation des chikwangues à deux cuissons, la proportion de femmes qui laissent refroidir la pâte et de celles qui ajoutent de l'eau au cours du second malaxage est plus élevée dans le nord; dans la vallée du Niari, environ 5% des femmes profitent de cette étape de malaxage de la pâte prégélatinisée pour incorporer de la pâte d'arachide afin d'obtenir une chikwangue appelée Mbala-Mpinda.

	Forêt inondée	Forêt exondée	Plateau central	Vallée du Niari	Massifs montagneux
Enlèvement fibre centrale	92,9	66,7	56,8	74,6	51,7
Pressage	21,4	20,8	35,2	52,2	22,1
Ecrasement	71,4	39,6	40,9	61,2	15,1
Filtration /décantation	45,7	76,6	97,7	53,4	42,9
Défibrage au peigne	40,0	4,3	2,3	46,6	57,1
<b>NATURE DE LA PASSOIRE UTILISEE POUR LA FILTRATION</b>					
- passoire en liane	12,5	54,3	63,5	56,2	43,7
- passoire métallique	87,5	37,1	34,1	25,0	50,0
<b>NATURE DU SUPPORT POUR LE 2ème EGOUTTAGE</b>					
- panier en liane	28,6	-	4,6	11,1	29,4
- sac (tissus synthétiques)	66,7	100,0	85,1	86,7	64,7
Laminage	90,3	80,4	93,1	96,2	82,1
Pilonnage	9,7	19,6	2,3	-	5,1
Ajout d'eau (1er malax.)	34,7	6,4	9,6	46,2	22,0
Repos après 1er malaxage	3,2	2,1	26,4	34,0	9,5
Une seule cuisson	51,4	66,7	17,0	4,5	7,0
Deux cuissons	48,6	33,3	83,0	95,5	93,0
<b>DIAMETRE DES BOULES DE PATE PREPAREES POUR LA 1ère CUISSON</b>					
- < 20 cm	11,8	12,5	20,3	34,9	72,8
- 20 à 30 cm	70,6	37,5	44,6	50,8	18,5
- > 30 cm	17,6	50,0	35,1	14,3	8,6
Refroidissement	37,5	21,4	6,8	9,4	1,2
Ajout d'eau (2ème malax.)	68,7	56,2	21,6	9,8	0,6
Ajout de pâte d'arachide	-	-	-	4,8	0,6
<b>LONGUEUR DES CHIKWANGUES A DEUX CUISSONS</b>					
- < 20 cm	100,0	92,3	51,5	47,5	10,1
- 20 à 25 cm	-	7,7	21,9	28,8	52,2
- > 20 cm	-	-	26,6	23,7	37,7

Tableau 1: Fréquence de réalisation de certaines modalités de préparation de la chikwangue en fonction de la zone écologique.

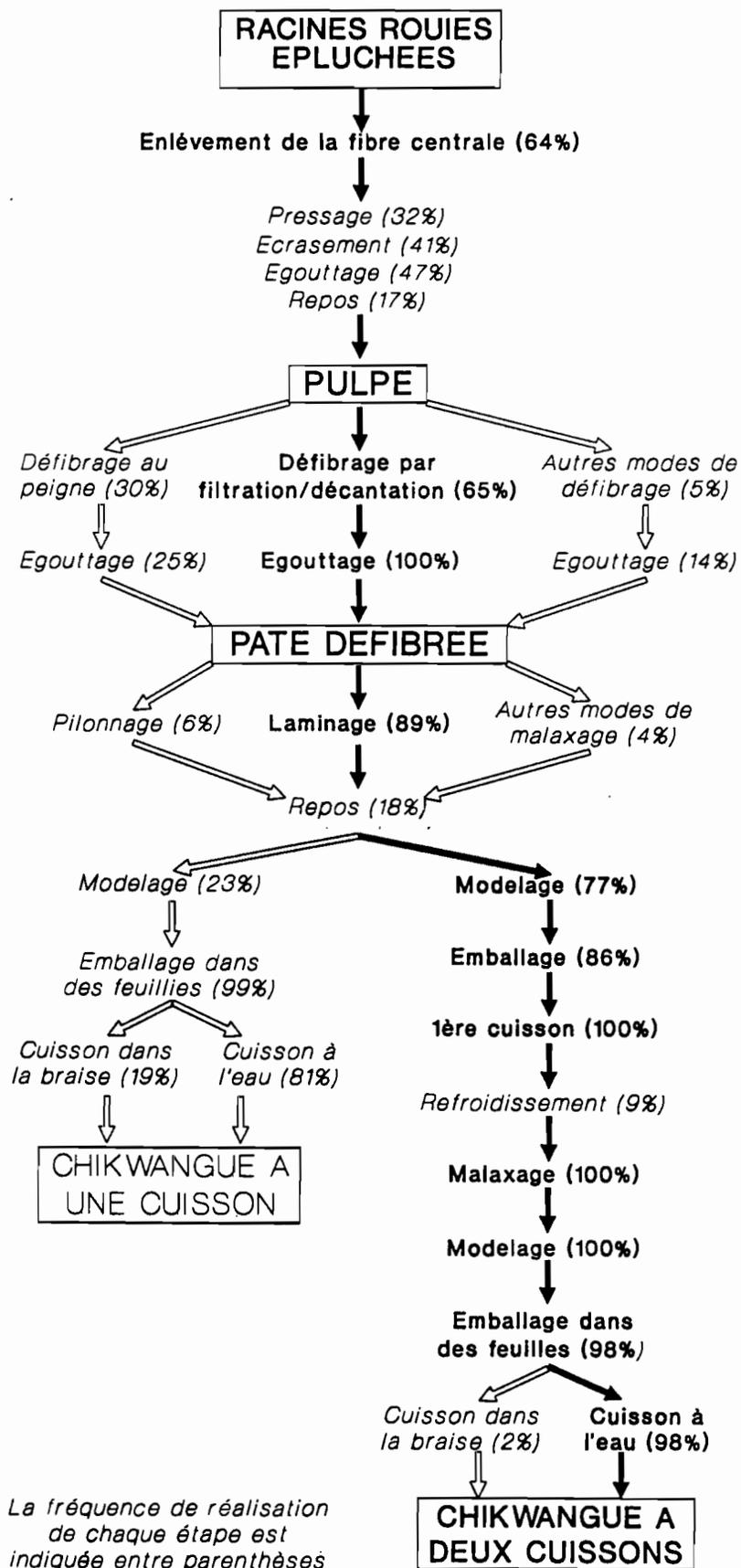


Figure 3: Schéma de fabrication de la chikwangue.

### 1.2.1.3. Facteurs déterminants les variantes observées.

La transformation après rouissage des racines de manioc en fougou, chikwangué et racines cuites se retrouve sur quasiment toute l'étendue du territoire congolais, mais les fréquences et les modalités de ces transformations diffèrent de façon importante entre les cinq grandes zones écologiques en fonction de trois facteurs principaux.

Des contraintes naturelles, notamment d'ordres climatique et géomorphologique, déterminent, d'une part, la disponibilité en eau donc la nature des milieux de rouissage et, d'autre part, l'ensoleillement et la température qui influent sur les durées de rouissage et de séchage.

L'enclavement limite la propagation de certaines innovations endogènes (rouissage en fûts; défibrage par filtration et décantation), rend difficile l'achat de certains outils (passoires, sacs en tissus synthétiques, marmites...) et détermine la possibilité d'accès à un moulin. Enfin, les caractéristiques sociologiques et culturelles des différentes populations déterminent les préférences alimentaires (farines de cossettes ou de racines émottées; chikwangué à 1 ou 2 cuissons; écrasement des racines cuites) et l'importance relative donnée aux exigences de qualité, de rapidité et de réduction de la pénibilité des tâches au moment des choix technologiques (ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage; soins apportés aux étapes de défibrage et de malaxage lors de la préparation de la chikwangué).

### 1.2.2. Mode de fonctionnement des ateliers urbains traditionnels.

L'enquête entreprise avait pour objectifs d'estimer le nombre d'ateliers urbains de fabrication de chikwangué à Brazzaville, de préciser leurs modes d'approvisionnement et d'organisation du travail, d'estimer les quantités traitées et vendues, d'évaluer leurs marges bénéficiaires et d'étudier l'influence de certains facteurs (origine de la matière première, type de chikwangué) sur les caractéristiques organoleptiques des produits.

#### 1.2.2.2. Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fougou.

140 ménages sur les 20 465 visités, soit 0,68% des ménages brazzavillois, préparent de la farine à fougou (3,88% dans l'arrondissement de Mfilou; aucun dans les arrondissements de Poto-poto et de Ouenzé). Il y aurait donc entre 900 et 1000 ateliers de fabrication de fougou à Brazzaville.

Parmi les ménages préparant au moins une fois du fougou dans l'année:

- 64% en avait préparé au cours de la dernière semaine;
- 12% préparent également de la chikwangué;
- respectivement 14%, 5% et 81% utilisent comme matière première des racines brutes, des racines rouies encore entières et de la pâte rouie;
- 92% de cette matière première provient du sud du pays (dans 79% des cas elle est achetée à une des gares de la ville).
- la préparatrice travaille seule dans 76% des cas;
- les quantités de matières premières transformées au cours de chaque préparation sont inférieures à 10 kg dans 39% des cas et supérieures à 50 kg dans 14% des cas.
- le séchage se fait le plus généralement à partir de manioc émotté (77%) sur des nappes en plastique (86%).
- cette préparation est réalisée uniquement pour l'autoconsommation dans 46% des cas; uniquement pour la vente dans 4% des cas.

Pour les ménages qui commercialisent totalement ou partiellement leur production de fougou, la vente:

- se fait dans 96% des cas sur les marchés après broyage dans des moulins à fougou.
- constitue dans 49% des cas le revenu principal du ménage;
- est à l'origine d'un chiffre d'affaires mensuel de moins de 5000 F cfa dans 25% des cas; de 5 à 20000 F cfa dans 33% des cas; de 20 à 50000 F cfa dans 36% des cas; de plus de 50000 F cfa dans 5,5% des cas.

#### 1.2.2.3. Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de chikwangué.

395 ateliers de chikwangué ont été recensés parmi les 20 465 ménages visités. Le pourcentage de ménages pratiquant la transformation en chikwangué est donc de 1,9% (de 0,9% à 3,3% selon les arrondissements). Il y aurait donc entre 2400 et 2700 ateliers de fabrication de chikwangué à Brazzaville.

Les fréquences de transformation sont: moins d'une fois par semaine pour 10% des ateliers; une fois par semaine pour 28% des ateliers; deux fois par semaine pour 56% des ateliers; plus de deux fois par semaine pour 2,5% des ateliers.

98,7% des ateliers achètent de la pâte de manioc rouie comme matière première. Cette pâte est achetée, soit, au port de Yoro (57,8% des cas) lorsqu'elle provient du nord du pays et qu'elle a été transportée par voie fluviale, soit, à l'une des deux gares (40,7% des cas) lorsqu'elle provient du sud et qu'elle a été transportée par train.

Les quantités de matière première à chaque achat sont inférieures à 50kg dans 30% des cas, varient entre 50 et 100kg dans 58% des cas et ne sont supérieures à 100 kg que dans 12% des cas.

Aucun atelier n'emploie de la main d'oeuvre salariée et dans 84% des ateliers la femme travaille seule.

69% des ateliers produisent moins de 50 chikwangués à chaque préparation alors que seulement 2,3% en produisent plus de 100.

Dans 96,5% des cas, les chikwangués produites sont utilisées à la fois pour la vente et l'autoconsommation. La vente de chikwangué est la source de revenu principale pour 89% des femmes travaillant dans ces ateliers.

#### 1.2.2.4. Rentabilité économique des ateliers de chikwangués.

La quantité moyenne de matière première achetée par les préparatrices est de 70kg pour une valeur de 5600 F cfa (de 1500 à 11000 F cfa). Cette quantité est défibrée en 1 à 4 fois (1,55 fois en moyenne). Le nombre de chikwangués produites par quantité achetée varie de 44 à 259 (115 en moyenne). L'autoconsommation représente en moyenne 3,3% de la production (de 0 à 24%); Quel que soit leur type, Mougoulé ou fabriqué, les chikwangués sont vendues 100 F cfa.

Le coût d'ammortissement annuel du matériel nécessaire est très faible (4150 F cfa en moyenne; de 900 à 7650 F cfa).

En moyenne, pour une chikwangué vendue 100 F cfa, la marge brute et la marge réelle, hors salaire, s'élèvent respectivement à 21,3 F cfa et 20,2 F cfa; on observe d'importantes variations puisque pour les transformations étudiées, la marge réelle varie entre -22 F cfa (6 ateliers sur 60 ont travaillé à perte pour la transformation étudiée) à 52 F cfa.

Le montant des charges variables s'élève en moyenne à 78,7% du prix de vente (49% pour la matière première; 13,5 % pour les feuilles d'emballage; 9,8% pour le transport de la pâte rouie entre le lieu d'achat et l'atelier; 6,3% pour le bois de chauffage; 0,12% pour l'eau servant aux différentes

étapes des transformations et 0,1% pour les droits de vente sur les marchés); le montant des charges fixes (amortissement) est en moyenne de 1,03%.

En valeur, la marge réelle est de 2394 F cfa pour chaque quantité de matière première (de - 1650 à 9400 F cfa). Extrapolée sur un mois en fonction du nombre de transformation, elle est en moyenne de 11110 F cfa (de -13200 à 62300 F cfa).

Si l'on s'intéresse aux facteurs influençant la marge réelle par chikwangué, on constate:

- que la marge des productrices de mougouélé est significativement supérieure (24,0 F cfa en moyenne) à celle des productrices de fabriqué (15,5 F cfa);
- qu'elle est plus élevée dans les quartiers nord de la ville (24,5 F cfa) que dans les quartiers sud (20,0 F cfa) et surtout dans les quartiers intermédiaires (16,3 F cfa).
- que les productrices s'approvisionnant au port de Yoro ont une marge supérieure (23,1 F cfa) à celle achetant la pâte rouie dans les gares (16,1 F cfa);
- que la marge est plus importante pour les productrices qui vendent leur chikwangués le long des avenues (24,0 F cfa) que pour celles qui les vendent au bord de leur parcelle (21,1 F cfa) ou sur les marchés (16,8 F cfa);

#### 1.2.2.5. Facteurs influençant les qualités organoleptiques des chikwangués.

Il a été réalisé un test de notation en unité d'évaluation sensorielle sur 8 lots de chikwangués fabriqués à partir de pâte rouie provenant du nord (acheminée par voie fluviale) et de pâte rouie provenant du sud (acheminée par voie ferroviaire) et conditionnées sous forme de mougouélé et sous forme de fabriqué (dispositif factoriel 2 x 2 avec 2 répétitions et 12 panélistes).

	Provenance			Type		
	Gare	Port	NdS	Mougouele	Fabriqué	NdS
Couleur	4,52	3,60	HS	3,64	4,49	HS
odeur	4,22	3,04	HS	3,49	3,77	ns
Collant	4,84	4,13	HS	4,68	4,29	HS
Acidité	4,90	3,50	HS	4,31	4,09	ns
Elasticité	4,94	3,99	HS	4,54	4,38	ns
Imp. Générale	4,58	3,15	HS	3,75	3,97	ns

NdS: Niveau de signification.

Note allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon).

Tableau 2: Influence de la provenance de la matière première et du type sur les caractéristiques organoleptiques des chikwangués produites en ateliers à Brazzaville.

Les chikwangués préparés à partir de pâte rouie venant du sud ont des caractéristiques organoleptiques jugées supérieures à celles des chikwangués produites à partir de pâte rouie provenant du Nord. Les différences liées au type de chikwangué sont nettement moins marquées: les fabriqués sont jugés supérieurs pour la couleur et inférieurs pour le collant aux mougouélés.

### 1.2.3. Rendement, durée et pénibilité des transformations traditionnelles.

#### 1.2.3.1. Rendement.

Les bilans massiques de la transformation en chikwangue sont largement influencés par les modalités de rouissage. Différents essais ont permis de mesurer l'influence du milieu de rouissage et de l'ordre dans lequel sont effectués l'épluchage et le rouissage sur le rendement des transformations traditionnelles. Le rendement brut des transformation peut varier entre 25 et 50 Kg pour 100 kg de racines brutes; le rendement réel (quantité de matière sèche des chikwangues ramenée à la quantité de matière sèche comestible des racines brutes) varie pour sa part entre 35 et 60%.

Les bilans massiques de la transformation en fougou sont moins variables: on obtient généralement entre 25 et 30 Kg de farines pour 100 kg de racines brutes ce qui correspond à un rendement réel de l'ordre de 85%.

#### 1.2.3.2. Durée et pénibilité.

Des mesures de temps de travaux ont été réalisées dans des villages et dans des ateliers urbains pour évaluer le temps et l'énergie nécessaire à la réalisation des différentes étapes de la transformation selon le mode traditionnel.

Concernant les durées moyennes de chacune des différentes étapes on constate (tableaux 3 et 4):

- que le laminage et le malaxage sont, en zones rurales les étapes les plus longues.
- que l'emballage du Ngudi-yaka est beaucoup plus rapide que celui des autres types de chikwangue.
- que la durée totale de préparation du Ngudi-yaka est plus longue que celle du Mougouélé ce qui semble être principalement dû au temps passé à laminer la pâte.
- que pour le moussombo, chikwangue vendue non cuite, le temps de préparation est nettement plus court que pour les autres types.

	Ngudi-yaka	Mougouélé
Nombre de femmes observées	8	5
Récolte	3.2 ± 0.5	4.1 ± 0.3
Epluchage	28.8 ± 7.2	19.3 ± 7.9
Rouissage (1)	15.0	15.0
Défilage fin	32.1 ± 18.4	26.5 ± 4.8
Egouttage (1)	15.0	15.0
Laminage	101.1 ± 11.8	42.3 ± 10.7
Repos de la pâte (1)	15.0	15.0
Précuisson (1)	15.0	15.0
Malaxage-Modelage	45.1 ± 14.7	32.9 ± 6.2
Emballage	18.7 ± 6.1	41.5 ± 12.0
Cuisson (1)	15.0	15.0
Total	304.0 ± 31.0	241.6 ± 31.0

(1) Pour ces étapes dont la durée n'est pas proportionnelle aux quantités, une durée d'occupation standard de 15 mn a été retenue.

Tableau 3: Durées moyennes de l'activité consacrée par les préparatrices aux différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangue en milieu rural (durées en minutes calculées pour 25 kg de matière première).

	Moungouélé	"Fabriqué"	Moussombo
Nombre de femmes observées	5	8	5
Défilage fin	26.1 ± 4.3	25.3 ± 8.5	20.2 ± 3.5
Egouttage (1)	15.0	15.0	15.0
Laminage	24.0 ± 8.4	31.8 ± 12.0	24.5 ± 5.7
Précuisson (1)	15.0	15.0	--
Malaxage	22.0 ± 8.6	17.8 ± 9.6	--
Modelage	11.9 ± 2.5	11.4 ± 2.8	28.6 ± 2.2
Emballage	38.0 ± 11.5	40.7 ± 7.9	33.2 ± 6.0
Cuisson (1)	15.0	15.0	--
Total	167.0 ± 13.7	160.6 ± 33.7	122.5 ± 11.6

(1) Pour ces étapes dont la durée n'est pas proportionnelle aux quantités, une durée d'occupation standard de 15 mn a été retenue.

Tableau 4: Durée moyenne des différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangué en milieu rural (Durées en minutes calculées pour 10 kg de matière première).

Le calcul des dépenses énergétiques directement liées à la préparation montre qu'elles sont plus importantes, d'une part, en zones rurales, pour le Ngudi-yaka dans le village de Ngamikole que pour le Moungouélé dans le village de Mbesse (respectivement 935 et 688 Kcal pour 25 Kg de racines brutes transformées) et, d'autre part, à Brazzaville, pour le Moungouélé et le Fabriqué que pour le Moussombo (respectivement 456, 480 et 373 Kcal pour 10 kg de pâte rouie transformée).

Si l'on tient compte de l'énergie fournie pour se déplacer entre les différentes localisations des activités, les dépenses énergétiques sont triplées à Ngamikolé, village situé dans une région très escarpée, et doublées à Mbesse, village situé dans une zone relativement plate. En définitive, les dépenses énergétiques nécessaires à la transformation de 25kg de racines sont de l'ordre de 2800Kcal pour le Ngudi-yaka de Ngamikole (soit environ 18% de l'énergie métabolisable contenue dans les chikwangués produites) et de l'ordre de 1300Kcal pour le Moungouélé de Mbesse (soit environ 8% de l'énergie métabolisable des chikwangués produites).

En zones rurales, il existe donc des différences importantes de durée et de pénibilité des tâches pour la transformation des racines brutes en chikwangué; ces différences semblent davantage dues au milieu écologique (topographie et éloignement des champs) et aux habitudes technologiques (soin apporté au laminage) qu'au type de chikwangué.

En zones urbaines, où la transformation est effectuée à partir de pâte rouie, les différences de temps de travaux et de pénibilité sont moins importantes; la préparation du moussombo, chikwangué à une cuisson, est cependant plus rapide que celle du moungouélé et du fabriqué.

#### 1.2.4. Nature des innovations endogènes.

L'identification des innovations endogènes est rendue difficile par le fait qu'il existe peu d'informations rigoureuses sur l'évolution des technologies. Toutefois, des entretiens avec les anciens et la comparaison des fréquences d'utilisation de certaines modalités entre des régions plus ou moins enclavées permettent d'identifier ces innovations à plusieurs étapes de la transformation.

Au niveau du rouissage, l'utilisation de fûts en fer et, plus récemment, de fûts en plastique peut être considérée comme une innovation apparue surtout dans les zones où les points d'eau sont rares ou éloignés des champs. Par

ailleurs, l'épluchage après rouissage, solution de facilité mais qui se répercute négativement sur la qualité des produits, semble se répandre principalement à proximité de Brazzaville.

Le défibrage par filtration et décantation remplace dans la plupart des régions le défibrage au peigne beaucoup plus long.

L'utilisation de tissus synthétiques comme sacs ou comme enveloppe des chikwanges lors de la première cuisson est en train de se répandre. L'utilisation de ficelles synthétiques pour ligaturer les chikwanges enveloppées dans les feuilles avant leur première cuisson est en train de se généraliser.

Enfin, l'utilisation de la pâte rouie et compressée comme forme intermédiaire de transport et de stockage semble être une innovation récente qui a permis le développement des ateliers urbains de transformation.

### **1.3. Les améliorations nécessaires.**

La connaissance des procédés traditionnels de transformation des racines de manioc en chikwange et du mode de fonctionnement des ateliers urbains de transformation permet d'identifier les goulots d'étranglement à la fabrication de la chikwange.

Des difficultés d'approvisionnement en eau se répercutent directement sur les facilités de rouissage: l'utilisation de récipients ou de bacs en ciment permet de limiter les quantités d'eau nécessaires et éventuellement de réutiliser cette eau.

Bien que relativement court et présentant de nombreux avantages par rapport au défibrage au peigne, le défibrage par filtration et décantation est une étape peu agréable pour la préparatrice. Sa mécanisation permettrait de rendre cette étape moins fastidieuse.

Le laminage de la pâte est relativement l'étape la plus longue et la plus dispendieuse d'énergie pour la préparatrice. De plus, elle semble jouer un rôle important sur la qualité du produit fini. Sa mécanisation permettrait d'alléger considérablement le travail des femmes.

Le malaxage manuel de la pâte précuite est sans doute l'étape la plus désagréable, étant donné qu'elle s'effectue à chaud. Sa suppression serait un facteur déterminant de la réduction de la pénibilité du travail.

Enfin, le modelage et l'emballage dans des feuilles sont les étapes sur lesquelles les facteurs socio-culturels ont le plus d'influence (choix des feuilles, taille et forme de la chikwange). Des innovations dans ce domaine devraient se heurter à des réticences d'un nombre important de consommateurs, mais pourraient également donner au produit une image nouvelle, plus moderne, susceptible de plaire aux plus jeunes et aux personnes bénéficiant d'un niveau d'instruction plus élevé.

## **2. VOLET N°2: ETUDE ET OPTIMISATION DU ROUISSAGE DU MANIOC.**

### **2.1. Etude des paramètres cinétique du rouissage; aspect microbiologique, physico chimique et biochimique**

Les objectifs principaux ont été:

- d'acquérir une connaissance globale du processus au cours de son évolution;
- de déterminer la microflore et les enzymes prépondérants pour pouvoir modéliser le procédé en fermenteur et élaborer un starter bactérien.

### 2.1.1. Caractéristiques physico-chimiques du rouissage.

On observe au cours du rouissage:

- Un abaissement rapide du pH de l'eau de rouissage qui diminue de 7 à 4,5 en moins de 48h; celui du pH des racines est moins rapide, ce qui pourrait être dû au pouvoir tampon des racines (figure 4).
- La diminution concomitante au pH de l'oxygène dissous qui baisse cependant plus rapidement jusqu'à 0,1 mg/l dès le premier jour de fermentation (figure 4).

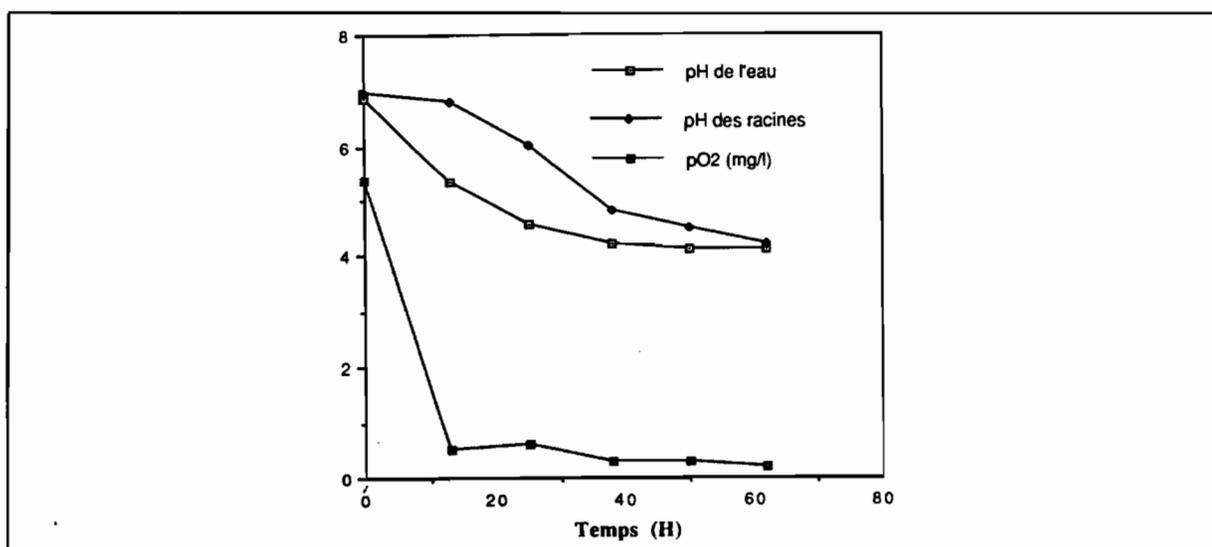


Figure 4: Evolution du pH et de la pression d'oxygène dissoute au cours du rouissage.

- Une altération importante des cellules végétales qui se caractérise par un ramollissement du tubercule mesuré par l'augmentation de l'indice de pénétrométrie. Ce ramollissement n'apparaît qu'après une trentaine d'heures de fermentation (figure 5).

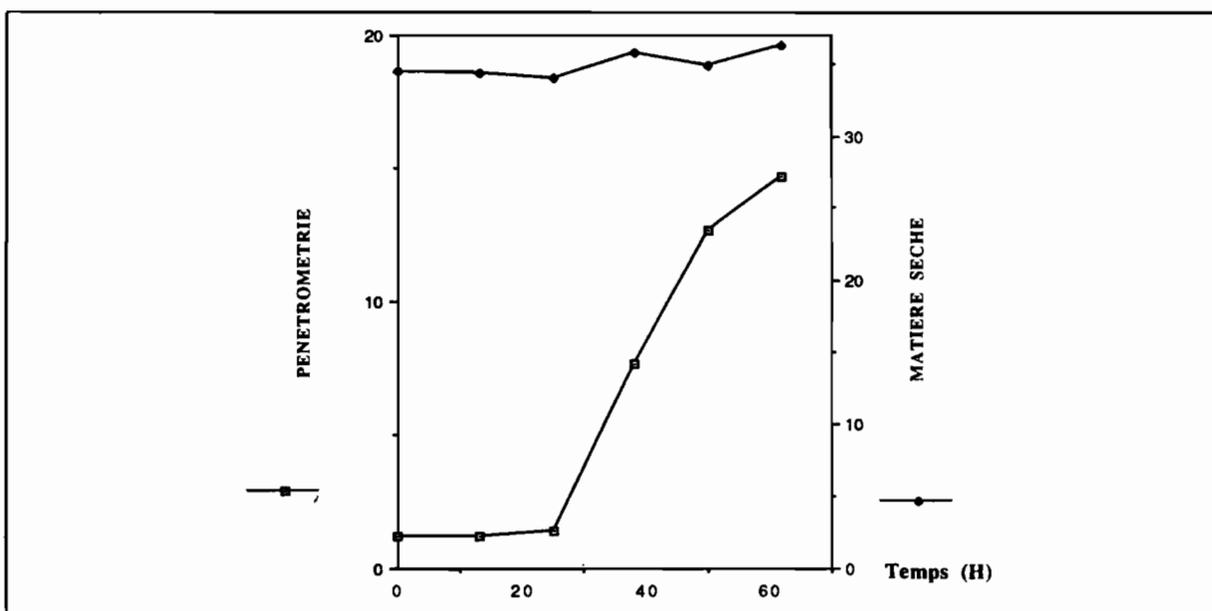


Figure 5: Evolution de l'indice de pénétrométrie et de la teneur en matière sèche au cours du rouissage.

- Une dégradation des composés cyanogénétiques des tubercules (linamarine): après 4 jours d'immersion, les teneurs résiduelles en cyanures libres de la racine rouie ne sont plus toxiques (environ de 10 à 50 ppm) (figure 6).

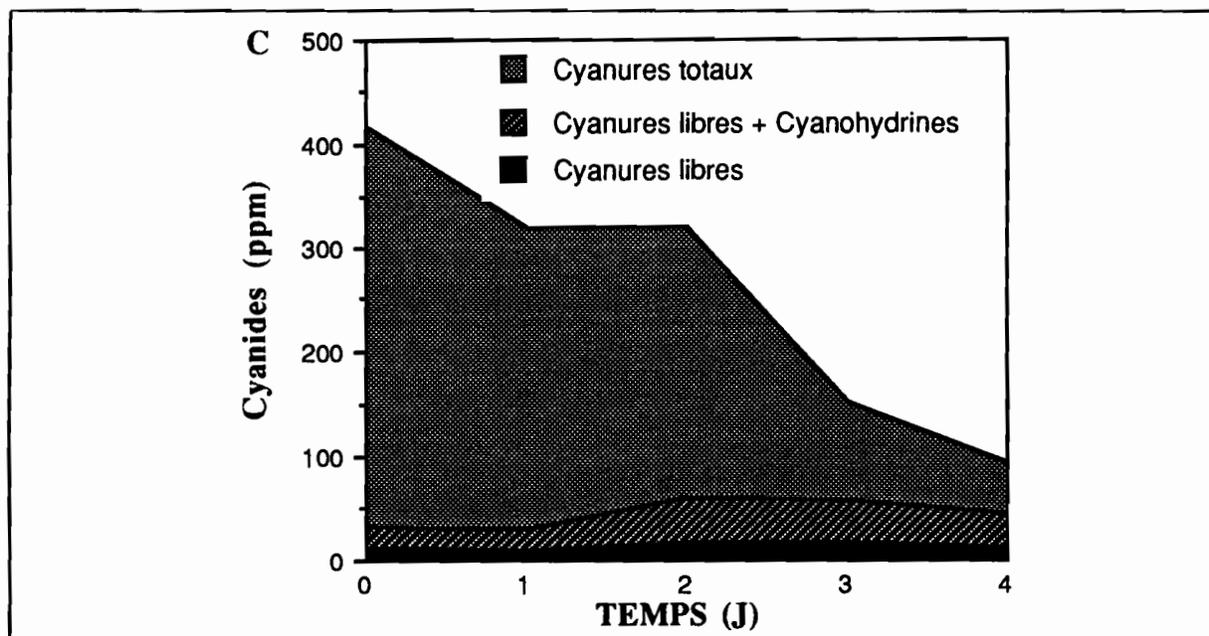


Figure 6: Evolution des teneurs en composés cyanés au cours du rouissage.

### 2.1.2. Caractéristiques biochimiques du rouissage.

L'étude des caractéristiques biochimiques du rouissage a été entreprise dans le but de:

- de déterminer l'origine du ramollissement par mesure des osidases pouvant attaquer les parois végétales (cellulase, pectinase, hemicellulase);
- de quantifier l'activité linamarase responsable de la détoxication;
- de quantifier les principaux métabolites volatiles produits ainsi que les sucres fermentescibles du manioc.

Les principaux résultats obtenus sont la mise en évidence:

- d'une production importante d'acide lactique (60 à 75% des métabolites volatiles totaux) et d'éthanol. Parmi les autres acides gras produits de manière secondaire, l'acide butyrique semble le plus important du point de vue organoleptique (figure 7);
- de la dégradation rapide et quasi totale des sucres fermentescibles endogènes du manioc, et notamment du saccharose (environ 5 g/ 100 g MS; figure 8). Les faibles quantités de polyosides provenant de l'hydrolyse de l'amidon (maltotrioses, maltoses) démontrent le faible caractère amylolytique de cette fermentation.

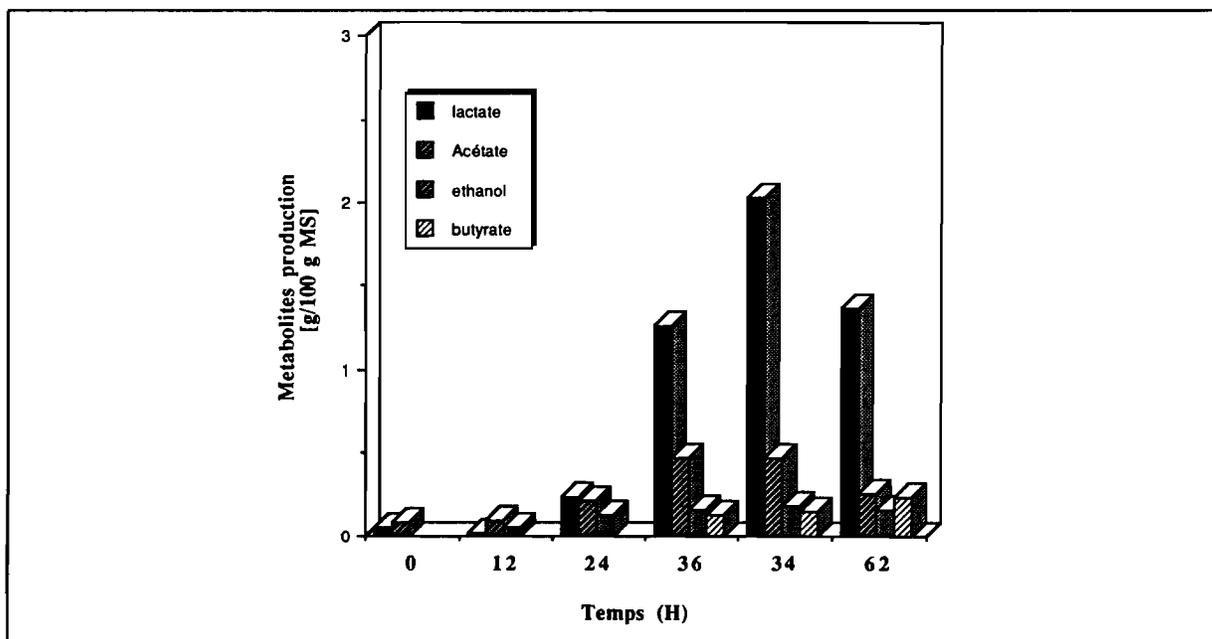


Figure 7: Evolution des teneurs en métabolites volatils au cours du rouissage.

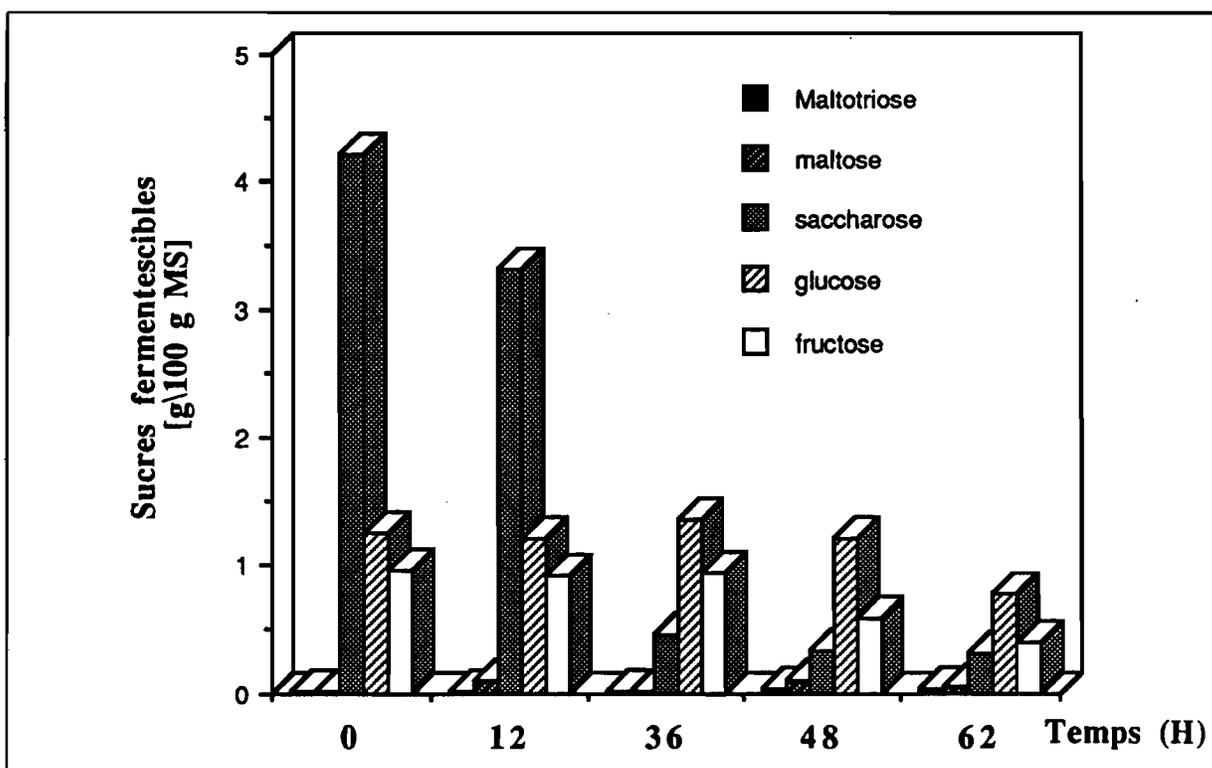


Figure 8: Evolution des teneurs en sucres fermentescibles au cours du rouissage.

- d'une activité pectinase significative qui se manifeste par une activité pectinesterase, présente dès le début de fermentation, et une activité polygalacturonase et pectate lyase qui apparaissent au cours des deux ou trois premiers jours. Les autres activités mesurées (amylase, cellulase, xylanase) sont trop faibles pour qu'elles puissent être importantes dans le processus (figure 9).

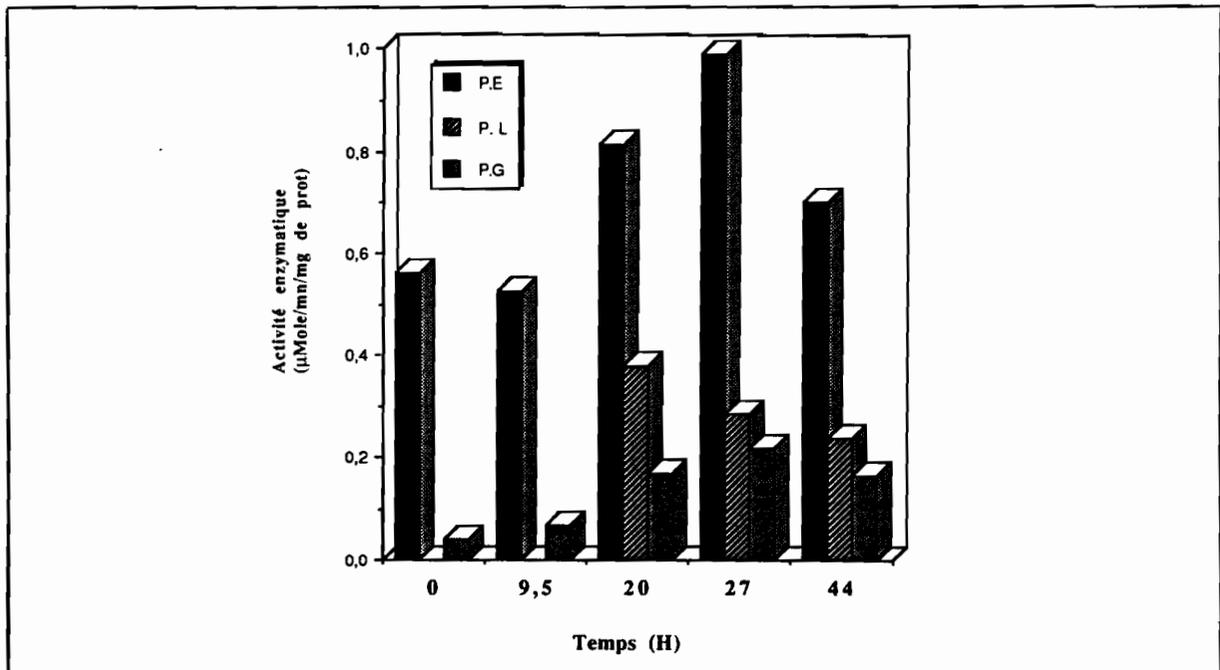


Figure 9: Evolution des activités pectinases mesurées au cours du rouissage (PE: pectinesterase - PG: Polygalacturonase - PL: Pectatélyase).

- d'une activité linamarase importante présente tout au long du processus. Ceci confirme les données bibliographiques: le rouissage par la solvatisation des racines qu'il entraîne permet à cette enzyme endogène de rentrer en contact avec le substrat (la linamarine).

### 2.1.3. Aspect microbiologique du rouissage.

Les travaux antérieurs avaient mis en évidence que le rouissage des racines de manioc est une fermentation lactique, mais n'indiquaient ni le ou les espèces prépondérantes du processus, ni le type de flore associé, ni leurs influences et importances sur les caractéristiques du rouissage (ramollissement, goût, détoxification). L'étude microbiologique entreprise a eu pour objectif de répondre à ces différentes questions.

#### 2.1.3.1. Numération de la flore anaérobie facultative ou stricte.

Le rouissage étant une fermentation anaérobie dans sa plus grande partie, la numération a surtout été réalisée sur la flore anaérobie facultative. La flore lactique ( $10^9$  bactéries / g de racine brute) est la principale microflore fermentaire du rouissage (figure 10). Il est intéressant de constater que l'évolution de la microflore lactique est très rapide et qu'elle se stabilise au bout du deuxième jour de fermentation; la seule flore qui évolue encore après 48 h sont les levures dont le métabolisme leur permet de croître au pH (3,5-4,5) imposé par les bactéries lactiques. Les autres flores sont beaucoup plus faiblement représentées, en particulier les clostridies ( $10^4$  b/g) à l'origine du butyrate formé (cependant cette flore est difficile à énumérer en présence de bactéries lactiques et sa population semble sous estimée).

Le rouissage est donc une fermentation lactique classique où la flore lactique, grâce aux sucres fermentescibles présents dans le manioc, s'impose très rapidement et inhibe la croissance des autres flores associées. Les levures représentent la flore caractéristique de fin de rouissage, par ce fait elles pourraient influencer sur l'appétence à la conservation de la pâte rouie.

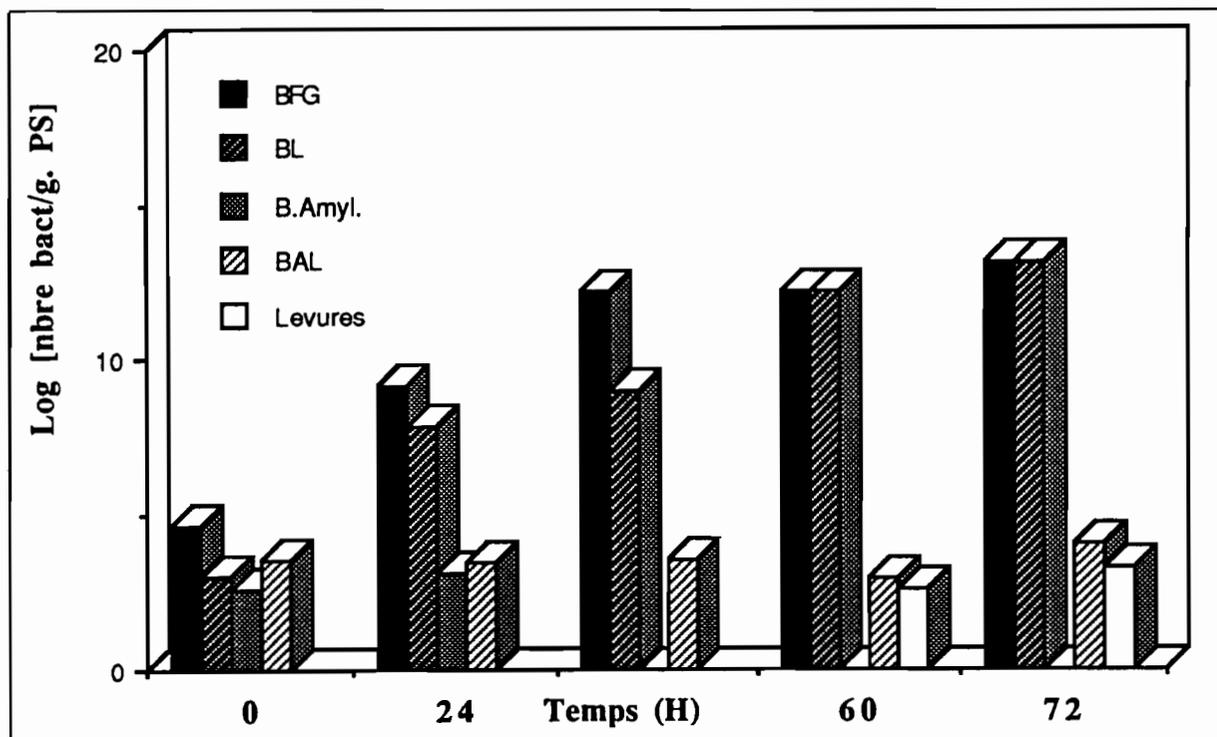


Figure 10: Evolution de la microflore au cours du rouissage (BFG: bactéries fermentant le glucose - BL: Bactéries lactiques - B. Amyl.: bactéries amylolytiques - BAL: bactéries anaérobies dégradant le lactate).

#### 2.1.3.2. Caractérisation de la microflore lactique.

La microflore lactique étant la principale microflore du rouissage, il était important de connaître, d'une part, l'évolution des différents composants de cette flore (L. homofermentaires, hétérofermentaires, lactocoques etc..), et d'autre part, leurs caractéristiques enzymatiques et leurs aptitudes à résister à des concentrations importantes de cyanures libres.

##### 2.1.3.2.1. Evolution de la microflore lactique.

L'évolution de la flore lactique au cours du rouissage est très comparable d'un rouissage à l'autre, la flore associée de la racine, peu importante au début de fermentation (environ  $10^5$  bact/g de racine brute) et très variable dans sa composition, est supplantée en moins de 24 H par des bactéries hétérofermentaires constituées de Leuconostoc mesenteroides et de Lactococcus lactis (figure 11). Après 2 jours de fermentation, la flore homofermentaire, constituée majoritairement de Lactobacillus plantarum s'impose mais de manière très progressive. L'ensemble de ces bactéries semblent avoir pour origine la racine et/ou la terre associée.

Le processus est donc décomposable en deux phases, une phase hétérolactique dans les premières 48 H suivie d'une phase homolactique dans la dernière partie de la fermentation.

La flore homolactique de fin de fermentation est composée en partie de bactéries lactiques amylolytiques dont L. plantarum A6 est le représentant le plus fréquent (Giraud et al., 1991), Ces bactéries lactiques amylolytiques deviennent majoritaires si on laisse la fermentation se poursuivre librement (> 4 jours).

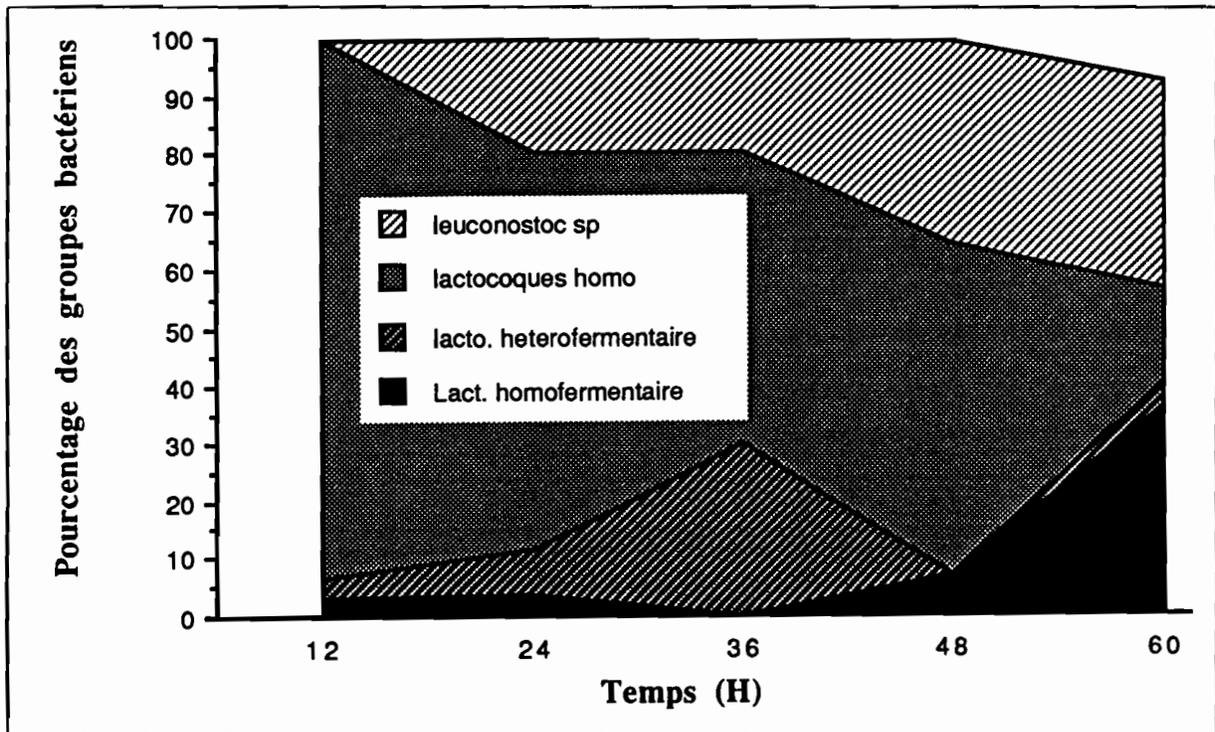


Figure 11: Evolution de la microflore lactique au cours du rouissage.

#### 2.1.3.2.2. Activité enzymatique de la microflore lactique.

Des activités linamarase et amylase ont été mesurées chez L. lactis et L. plantarum, mais aucune activité pectinase n'a été détectée chez l'ensemble des bactéries lactiques isolées. L'activité linamarase étant essentiellement d'origine végétale (cf § 2.2.) et l'activité amylase étant faible dans l'ensemble du processus, les bactéries lactiques ne semblent donc pas jouer un rôle enzymatique important dans le processus.

#### 2.1.3.2.3. Résistance des bactéries lactiques aux cyanures.

Toutes les souches testées sont résistantes à au moins 200 ppm de CN<sup>-</sup> et sensibles à des concentrations supérieures à 500 ppm de cyanures libres dans le milieu. Les Lactobacilles et les Lactococques sont les genres les plus résistants (400 ppm). Ces résultats démontrent la parfaite viabilité des bactéries isolées dans le milieu de rouissage riche en cyanures libres.

#### 2.1.3.3. Caractérisation de la flore non lactique.

Des métabolites importants du rouissage comme le butyrate ou même l'éthanol peuvent être produits par des bactéries non lactiques, nous avons donc cherché à caractériser les flores potentiellement productrices de ces métabolites:

- Les bactéries productrices de butyrate dans le rouissage ont été isolées, elles appartiennent à la famille des clostridies (plus de 90% font partie de l'espèce C. butyricum);
- Les levures caractérisées productrices d'éthanol appartiennent toutes à la famille des Candida, flore typique des fermentations alimentaires traditionnelles.

Pour l'instant aucune activité enzymatique importante n'a pu être mise en évidence dans ces bactéries isolées.

## 2.2. Détermination de l'origine des activités enzymatiques rencontrées lors du rouissage (Ampe et Brauman, 1992).

Cette étude qui avait pour objectif de déterminer l'origine bactérienne ou végétale des activités linamarase et pectinase a consisté en la comparaison des activités enzymatiques mesurées dans un fermenteur témoin avec celles mesurées dans un fermenteur stérile (racine de manioc et eau) dont les valeurs de pH, T° et pO<sub>2</sub> étaient imposées par le fermenteur stérile.

Dans le fermenteur stérile: aucun ramollissement des tubercules de manioc n'a été constaté, mais des activités enzymatiques pectineesterase et linamarase ont été détectées, l'activité de cette dernière enzyme se traduisant par une décomposition de plus de 70% de la linamarine.

Dans le fermenteur témoin: Les racines ont été ramollies en trois jours sous l'action des pectinases (pectate lyase et polygalacturonase).

En conclusion, si la détoxification des cyanures semblent être un processus d'origine végétale, le ramollissement des tubercules dû à la dégradation des cellules végétales est un processus plus complexe faisant intervenir simultanément des enzymes d'origine végétale (pectineesterase) et bactérienne (pectate lyase et polygalacturonase).

## 2.3. Optimisation de la vitesse du rouissage par la méthodologie de la recherche expérimentale (Ampe et al, 1992).

La mise en place à la périphérie des grandes villes d'unités de production impose d'optimiser les différentes étapes de transformation des racines dont le rouissage constitue, à cause du temps nécessaire à la fermentation (4 à 5 jours), un des goulots d'étranglement.

L'objectif de l'étude consiste à établir les conditions opératoires optimales pour l'obtention, à partir d'un rouissage rapide, d'un produit fini de bonne qualité.

L'influence de six facteurs (température, ajout d'un inoculum, calibre, épiluchage, stockage des racines, variété) sur la qualité du produit et sur la vitesse du rouissage a été étudiée en appliquant une démarche tirée de la Méthodologie de la Recherche Expérimentale. Cette démarche a l'avantage de donner des résultats fiables tout en minimisant le nombre d'expériences. L'influence sur la qualité a été étudiée sur le fofou pour lequel le nombre d'étapes ultérieures est moins important que pour la chikwangué.

### 2.3.1. Optimisation de la durée de fermentation.

L'analyse des effets des différents facteurs étudiés montre que la température a un effet important sur la durée du rouissage: en augmentant la température à 32°C, nous diminuons la durée de rouissage traditionnelle d'un facteur 3. Parmi les autres facteurs étudiés, seul l'épiluchage préalable des tubercules avant rouissage permet de diminuer légèrement la durée du rouissage.

### 2.3.2. Optimisation des qualités organoleptiques.

Les facteurs les plus influents sur les qualités organoleptiques sont: la température, le délai entre la récolte et le début du rouissage et l'ordre dans lequel sont effectués l'épiluchage et le rouissage. Pour améliorer les

qualités organoleptiques du Foufou, les conditions suivantes sont requises: température de 28°C; épluchage des racines avant rouissage; pas de stockage préalable des racines. Les autres facteurs n'ont presque aucune influence sur les qualités organoleptiques.

### 2.3.3. Teneurs en cyanures.

Le seul facteur très influent sur la teneur en cyanures est la présence d'un inoculum. En effet, cette teneur diminue considérablement lorsqu'on utilise une eau de puits avec 10% d'inoculum provenant d'un précédent rouissage. Par contre, la présence d'un inoculum n'accélère pas le processus.

### 2.4. **Mise au point d'une technique de rouissage à sec.**

Une des contraintes majeures de certaines régions du Congo est la disponibilité en eau. C'est pourquoi à la demande de l'unité de transformation d'Agricongo, nous avons étudié la possibilité de rouir les racines en l'absence d'eau. La technique envisagée devait être facile à mettre en oeuvre et de faible coût.

En fonction des contraintes évoquées, la technique retenue a été une fermentation en sac étanche au gaz susceptible de permettre de reproduire les conditions de semi anaérobiose du rouissage dans l'eau et de permettre un tassement important des racines favorisant l'homogénéisation du processus.

Trois essais ont été entrepris:

- Essai de fermentation de racines entières qui a permis d'inventorier les problèmes liés à cette technique;
- Essai en vue d'augmenter l'homogénéisation du rouissage en sac qui s'est déroulé en deux phases: la première a consisté à définir le type de prétraitement ou prédécoupage de la racine (cubes, broyage, rondelles); la seconde, à préciser quel devait être le calibre de la racine prédécoupée.
- Essai de post-trempage de 24 H des racines pour améliorer les qualités organoleptiques des produits finis.

Le rouissage en sac des tubercules entiers a permis de détecter les trois principaux problèmes liés à cette technique: une augmentation importante de la durée de rouissage (jusqu'à 30 jours); une faible homogénéité du rouissage entre les racines (< 30%); une augmentation importante des métabolites volatils tels que le lactate et le butyrate qui confèrent un goût "fort" au produit fini.

Ces trois problèmes ont été successivement résolus en:

- prédécoupant les racines en tranches ou en cubes: le rouissage est alors plus rapide (3 à 4 jours);
- en affinant le calibre des rondelles (environ 3 cm): le rouissage en sac devient alors aussi homogène qu'un rouissage traditionnel;
- en trempant les racines rouies dans de l'eau pendant 24 h: les qualités organoleptiques de la farine obtenue sont alors strictement équivalentes à celle de la farine obtenue par rouissage traditionnel. Cette eau est réutilisable, ce qui minimise le volume d'eau nécessaire.

La technique est maintenant opérationnelle, une évaluation à l'échelle pilote est maintenant en cours.

### 3. VOLET N°3: AMELIORATION DES PROCEDES DE FABRICATION DE LA CHIKWANGUE ET DU FOUFOU.

#### 3.1. Facteurs influençant les rendements et la qualité des produits.

##### 3.1.1. Modalités de rouissage.

Différents essais réalisés avec des racines épluchées avant et après rouissage dans différents milieux (étang; eau courante;, bac en ciment; fûts en fer ou en plastique; sacs en plastique étanche) ont permis de mettre en évidence que:

- les pertes sont plus importantes lors de rouissage en rivière que lors de rouissage en eaux stagnantes et lors de rouissage humide que lors de rouissage en sac;
- le bilan de la transformation en farine est plus élevé lorsque les racines sont épluchées avant rouissage;
- la nature du milieu de rouissage influe peu sur la détoxification; celle-ci est plus rapide dans les racines préalablement épluchées;
- les milieux de rouissage humide influent peu sur les caractéristiques organoleptiques et sur l'acceptabilité des chikwanges;
- avec la variété utilisée (Pembe), les racines rouies après épluchage donnent des farines et des chikwanges plus claires et, par conséquent, jugées supérieures aux produits élaborés à partir de racines rouies non épluchées;
- des chikwanges élaborées à partir de racines rouies en sac après épluchage peuvent avoir une acceptabilité comparable à celle de chikwanges préparées à partir de racines rouies dans l'eau.

##### 3.1.2. Variété de manioc.

Des différences intervariétales importantes ont pu être mises en évidence au niveau de la durée de l'épluchage qui, pour des racines brutes, peut varier de 128 à 179 seconde/Kg.

Pour la plupart des variétés, la durée d'épluchage est d'autant plus courte que le rouissage est plus long: 158 s/kg pour les racines brutes, 150 s/kg après 3 jours de rouissage, 117 s/kg après 5 jours de rouissage (moyenne de 5 variétés).

Les rendements à l'épluchage des racines brutes sont d'autant plus élevés que les racines s'épluchent rapidement; pour les 5 variétés étudiées, ils varient entre 74,8 et 81,5%. Ils sont légèrement plus faibles lorsque l'épluchage est effectué après rouissage: 79,0 pour les racines brutes; 78,7 après 3 jours de rouissage; 76,8 après 5 jours de rouissage (moyenne de 5 variétés).

Dans les racines brutes et les racines rouies seulement trois jours (racines destinées à la production de fofou), les différences intervariétales de teneurs en cyanures totaux sont importantes (de 91 à 417 ppm pour les racines brutes; de 11 à 113 ppm dans les racines préalablement

épluchées rouies 3 jours). Au troisième jour de rouissage, les différences de teneurs entre racines rouies épluchées et non épluchées sont considérables (respectivement 47 et 150 ppm). En revanche dans les racines après 5 jours de rouissage (destinées à la production de chikwangu) et dans les farines, les teneurs résiduelles sont faibles (< 6 ppm) et varient peu avec la variété ou les modalités d'épluchage.

Les bilans massiques effectués au cours de la production de fofou et de chikwangu montrent que, sur la base de la matière sèche comestible, le bilan de la transformation en fofou (environ 30 kg de farine à 85% MS pour 100 kg de racines à 38% MS) est beaucoup plus intéressant que celui de la transformation en chikwangu (en moyenne 35 kg de pâte à 40% MS pour la même quantité de racines brutes). Les valeurs obtenues pour les chikwangu semblent avant tout dépendre de l'état de ramollissement de la racine au moment de l'étape de défibrage.

Les tests organoleptiques effectués sur des chikwangu préparées à partir de racines de 5 variétés différentes épluchées ou non avant rouissage ont permis d'établir que l'influence néfaste de l'épluchage après rouissage est plus ou moins marquée selon la variété utilisée.

### **3.2. Amélioration du séchage lors de la production de fofou.**

Le séchage des cossettes constitue l'étape limitante de la production de farine de manioc. Plusieurs essais ont été réalisés afin de comparer le séchage au soleil à l'air libre, le séchage dans une serre en plastique et le séchage au dessus d'un four à feu de bois.

Le séchage sous serre à condition que celle-ci soit suffisamment aérée et surtout le séchage au dessus d'un four à feu à bois permettent de raccourcir considérablement le séchage et de le rendre indépendant des intempéries.

Des études se poursuivent pour optimiser ces deux modes de séchage et juger de leur intérêt économique.

### **3.3. Mécanisation de la production de chikwangu (Legros et Trèche, 1992b).**

#### **3.3.1. Conception et mise au point des procédés mécaniques et des équipements.**

##### **3.3.1.1. Défibrage - égouttage.**

Rappelons que le mode de défibrage le plus employé consiste à faire passer la pâte rouie à travers un panier en osier trempé dans l'eau.

Plusieurs prototypes de défibreurs individuels (capacité de 60 à 80 kg/h) reproduisant le même procédé avec un panier métallique ont été construits. Le procédé a été perfectionné par l'introduction de pales tournantes qui brassent la pâte; ces pales sont verticales dans certaines versions et horizontales dans deux autres versions plus complexes.

Parallèlement, plusieurs défibreurs à usage communautaire (150 à 200 Kg/h) ont été conçus et essayés;

- un défibreur électrique, version adaptée d'un dépulpeur à tomate;
- un défibreur à tambour, version agrandie des petits défibreurs à balais rotatifs (schéma n°1);
- un défibreur à tambour avec fonctionnement oscillant;

- un défibreur tubulaire à fonctionnement en continu et entrainement obligatoirement mécanique ayant une capacité quatre fois plus élevée que les versions précédentes.

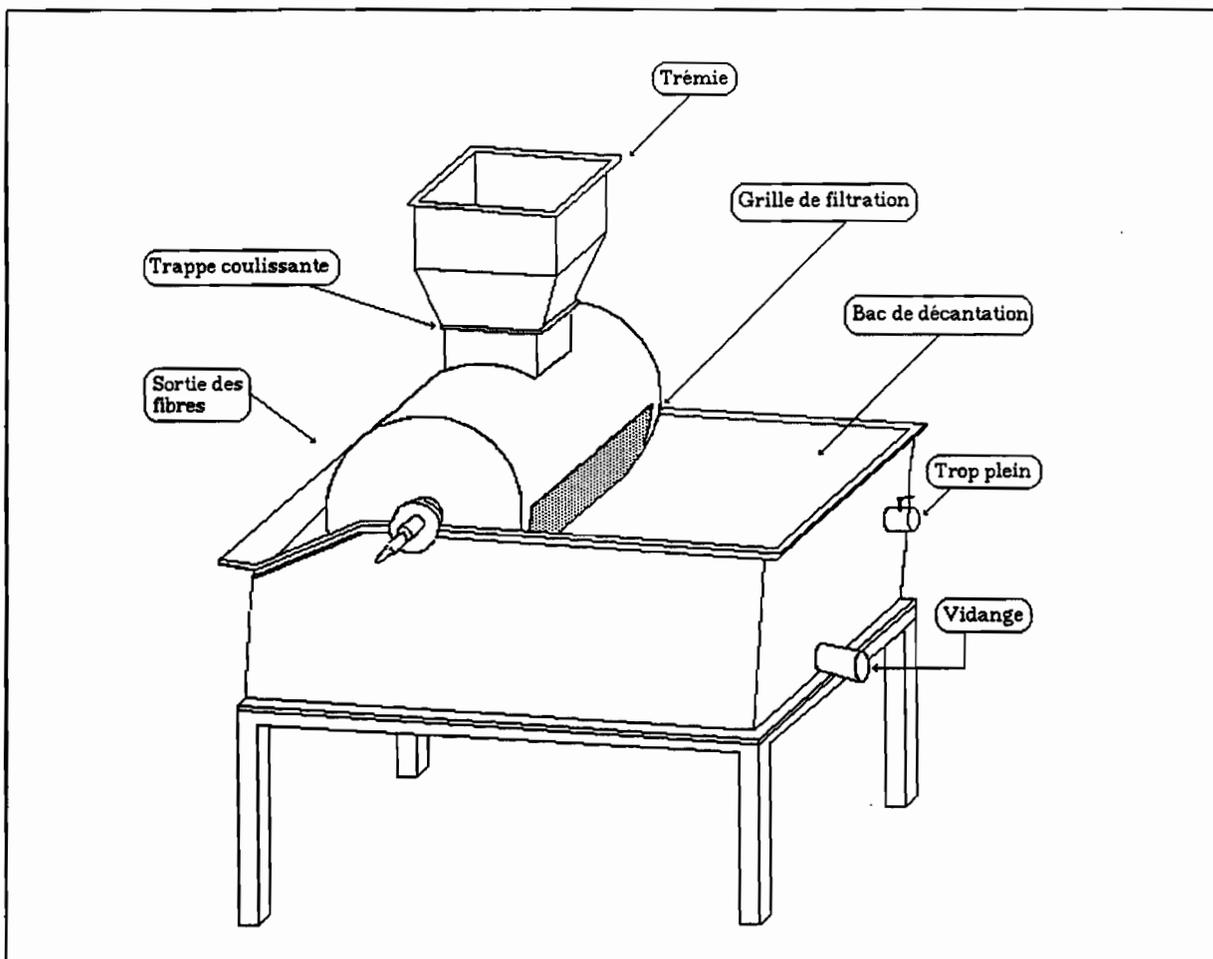


Schéma n°1: Défibreur communautaire à tambour et à balais rotatifs.

Ces prototypes ont été testés au niveau de leurs rendements et de leur influence sur les qualités organoleptiques des chikwangués; ce sont les défibreurs à balais rotatifs (petit et grand format) qui ont été retenus pour la diffusion en milieu rural et dans les ateliers de transformation.

Concernant l'égouttage, des tests organoleptiques ont montré qu'une durée d'égouttage minimale de 30 heures était nécessaire, quelles que soient les modalités d'égouttage utilisées.

### 3.3.1.2. Laminage.

Le laminage est une opération assez pénible qui, traditionnellement consiste à écraser la pâte égouttée sur une planche avec un rouleau en bois.

Pour mécaniser cette étape, un prototype de laminoir ayant pour principe d'écraser la pâte entre deux rouleaux cannelés tournant à 800 tr/min a été construit (schéma n°2); des rouleaux en téflon, en fonte d'aluminium et en bois ont successivement été essayés afin de réduire le coût des matériaux. Des tests comparatifs en unité d'évaluation sensorielle ont permis de mettre en évidence que le laminoir donnait un produit ayant des qualités organoleptiques comparables aux produits ayant subi un laminage traditionnel.

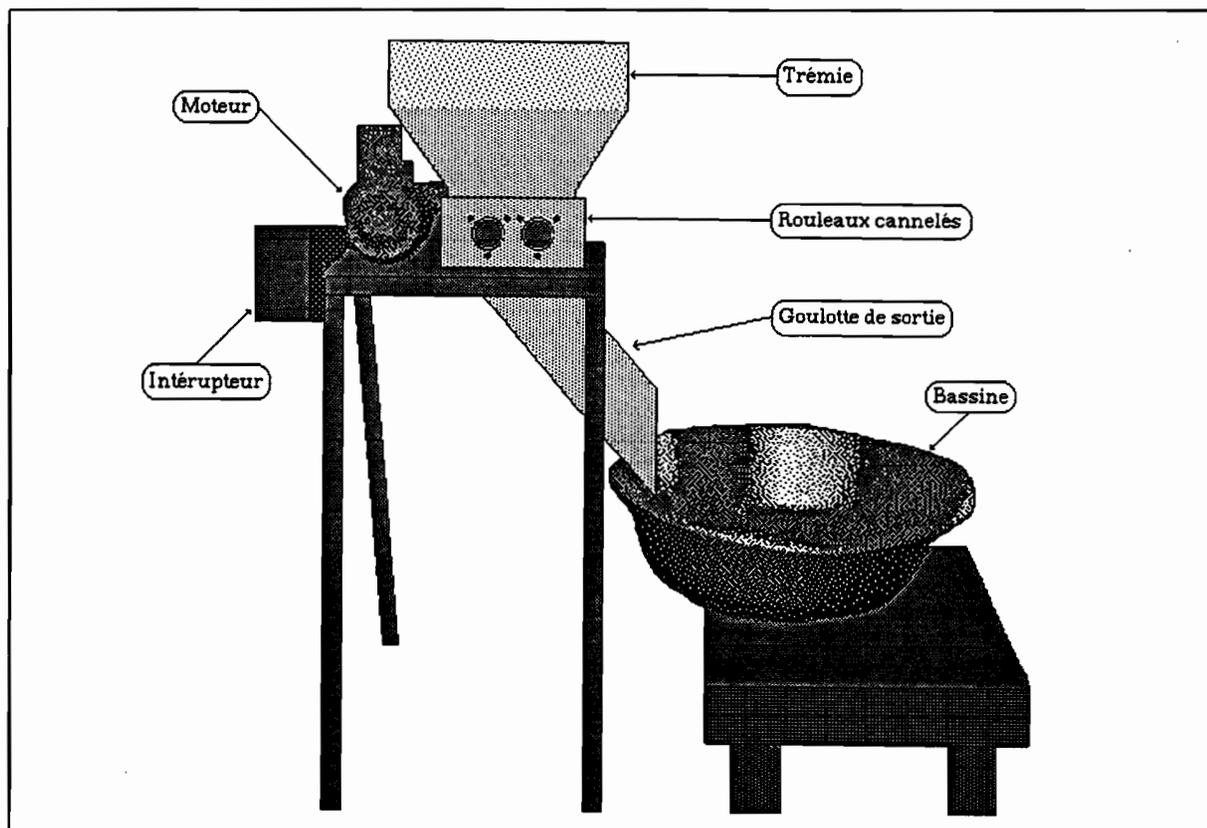


Schéma n°2: Laminoir mécanique.

### 3.3.1.3. Précuisson - malaxage - modelage - emballage.

L'opération de malaxage est pénible à double titre car, d'une part, elle nécessite des efforts importants et, d'autre part, la pâte est chaude ce qui rend le travail manuel douloureux. Les essais de mécanisation de cette étape ont connu de nombreux rebondissements:

- en 1987, un premier essai a consisté à faire passer les racines rouies dans un broyeur à marteaux (vitesse de rotation de 5000 tr/min) en acier inoxydable. La pâte obtenue était conditionnée directement dans une gaine plastique et cuite à l'eau bouillante. Cependant, la cuisson de la pâte n'était pas homogène. Un deuxième essai fut réalisé en effectuant une précuisson de la pâte broyée suivie d'un deuxième passage dans le broyeur, mais le produit obtenu n'était pas conforme au produit traditionnel et ce procédé a été abandonné.
- A la suite de cette expérience, un premier prototype de "machine à chikangue" a été fabriqué. Son principe était le suivant: la pâte défibrée et pétrie transite dans un tube d'acier immergé dans un bain marie à 95°. Tout au long du tube, elle est malaxée par une vis d'Archimède et elle cuit partiellement au contact du tube chaud. A l'extrémité de la machine, la pâte est directement mise en gaine plastique. Le produit fini, après cuisson terminale à l'eau bouillante, se présente sous la forme d'un boudin de couleur blanchâtre emballé dans une gaine de polyéthylène transparente de 6 cm de diamètre et de 25 cm de long fermée aux deux bouts par des clips en aluminium.
- en 1988-89, à la lumière des enseignements tirés des premières expériences, une autre machine a été conçue et réalisée en France et envoyée au Congo pour les essais. Les résultats obtenus avec cette

machine ont permis de conclure que le principe du tube et du bain-marie était bon, mais que l'ensemble était trop court (la précuisson était insuffisante). En outre, cette version tout en acier inoxydable était fort coûteuse et difficilement reproductible avec les matériaux locaux. C'est ainsi qu'une troisième machine, inspirée de cette dernière avec une dimension supérieure, a été construite et a donné des résultats satisfaisants si ce n'est que des colmatages fréquents du tube par de la pâte gélatinisée étaient à l'origine d'un débit insuffisant.

- en 1990, pour trouver une solution au problème de débit de la machine à chikwangu, un autre principe a été essayé. Comme la précuisson et le malaxage consistent à mélanger de la pâte gélatinisée à de la pâte non cuite, l'idée a été de préparer de la pâte gélatinisée à part dans un bac et de l'incorporer à de la pâte crue grâce à un jeu de vis d'Archimède. Ce principe a fonctionné correctement mais le produit obtenu n'était pas apprécié par les consommateurs (consistance peu élastique).
- Finalement, c'est une version de la machine à chikwangu avec un tube en aluminium plus long et plus large et une vis en inox munie de racleurs pour éviter le colmatage qui a été adoptée (schéma 3) après que des essais aient montré que l'on pouvait limiter le colmatage en n'introduisant dans la trémie que de la pâte suffisamment égouttée et que des tests organoleptiques aient permis de vérifier la bonne acceptabilité des produits par rapport aux produits traditionnels.

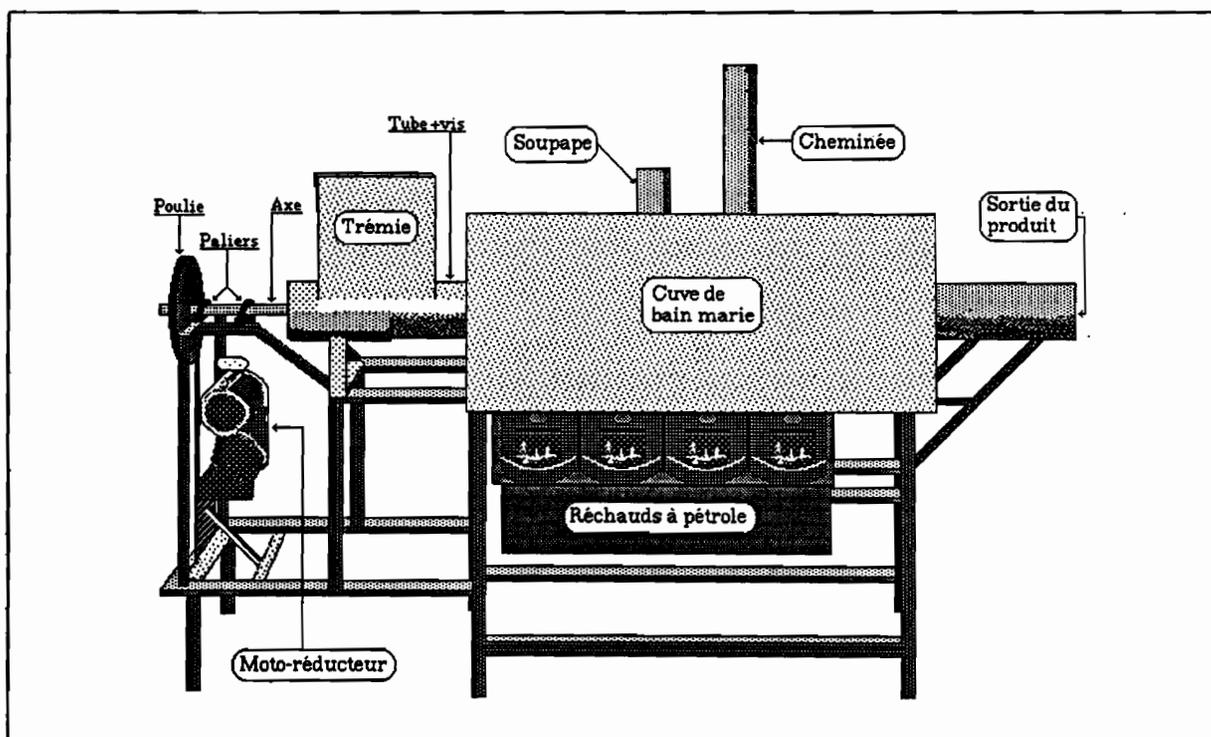


Schéma n°3: Machine à chikwangu assurant la précuisson, le malaxage, le modelage et l'emballage de la pâte.

#### 3.3.1.4. Cuisson terminale.

La cuisson terminale se fait traditionnellement dans une marmite d'eau bouillante posée sur un foyer à trois pierres. Un four de cuisson amélioré a été mis au point pour faciliter cette opération. Il s'agit d'un four en terre cuite qui permet de réduire les consommations en bois et d'augmenter le rendement énergétique. Le four est surmonté d'un demi-fût en acier dans

lequel est plongé un panier métallique d'une capacité de 400 chikwanges. Un système de palan et de treuil manuel permet de charger et de décharger le demi-fût.

### 3.3.2. Le système de production proposé.

Les études réalisées et les prototypes construits ont permis de proposer une ligne de fabrication de chikwange "Agricongo" qui a été transférée en mars 1991 dans un groupement de producteur situé à 45 km de Brazzaville qui réalise la production des racines, leur transformation et leur commercialisation sous forme de chikwange.

#### 3.3.2.1. Les procédés retenus et leurs performances techniques.

L'itinéraire technique définitif pour la fabrication de chikwanges en semi-industriel est le suivant:

- Récolte des racines de manioc.
- Epluchage manuel avant rouissage des racines.
- Immersion dans l'eau pendant 4 à 7 jours dans des fûts ou des bacs en ciment.
- Défibrage mécanique (défibreur à palettes rotatives).
- Laminage mécanique (laminoir à rouleaux cannelés).
- Précuisson - malaxage mécanique - modelage - ensachage en gaine plastique (machine à chikwange).
- clippage des gaines plastiques.
- Cuisson terminale (four de cuisson).

La ligne chikwange dont l'organisation est définie dans le tableau 5 permet de transformer 150 tonnes de manioc par an.

	Ecorçage	Rouissage	Défibrage	Laminage	Précuisson ensachage	clippage Cuisson
Quantité entrée (1)	150.000	120.000	108.000	81.000	80.190	79.388
Rendement pondéral	80 %	90 %	75 %	99 %	99 %	95 %
Quantité sortie (2)	120.000	108.000	81.000	80.190	79.388	75.419
Débit (Kg/h)	30	-	100	150	80	150 / 50
Temps de travail (H)	5000	-	1080	540	1002	1972

Tableau 5: Organisation de la ligne chikwange.

Cette organisation des activités permet une production hebdomadaire d'environ 3000 chikwanges d'environ 600 g. Cette production nécessite l'emploi de trois personnes à temps plein et de travailleurs temporaires pour l'épluchage. Bien que certaines tâches comme l'épluchage restent entièrement manuelles, les temps de travaux sont environ deux fois moins importants que dans le système traditionnel et le travail est beaucoup moins pénible.

### 3.3.2.2. Bilan économique.

#### 3.3.2.2.1. Coût des machines et investissements.

Le coût des machines dépend beaucoup des matériaux utilisés. La valeur réelle des machines en place dans l'atelier du PK 45 est très élevée du fait du choix peu judicieux des matériaux, mais une évaluation peut être faite en remplaçant les matériaux les plus coûteux par des pièces de fabrication ou d'approvisionnement local.

En ce qui concerne le bâtiment et les installations, les coûts retenus sont ceux qui interviendraient si un atelier était monté dans une zone rurale au bord d'une rivière. En effet, l'expérience a montré que les consommations d'eau étaient importantes dans l'atelier et qu'il était donc indispensable que l'atelier soit situé près d'une source d'approvisionnement en eau. L'ensemble des coûts des investissements figure dans le tableau 6.

Désignation	Qté	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL	DUREE amortissement	AMORTIS- -SEMENT
<b>BATIMENTS</b>			2350000		250000
Batiments d'exploitation	1	2000000	2000000	10	200000
Installation électrique	1	200000	200000	7	28571
Installation d'eau	1	150000	150000	7	21429
<b>GROS MATERIEL</b>			2395000		479000
Bacs de rouissage	4	50000	200000	5	40000
Défibreur	1	415000	415000	5	83000
Laminoir	1	400000	400000	5	80000
Machine à chik.	1	800000	800000	5	160000
Clipseur	1	280000	280000	5	56000
Four de cuisson	1	300000	300000	5	60000
<b>MOBILIER</b>			97500		17625
<b>OUTILLAGE</b>			447950		113425
<b>TOTAL</b>			5290450		860050

Tableau 6: Amortissement de l'outil de production.

En tenant compte du coût des machines et de leur débit horaire, il est possible de calculer leur coût d'utilisation. Ce coût qui varie en fonction de la durée d'utilisation de chaque appareil est 287 F cfa / 100 kg pour le défibreur, de 431 F cfa / 100 kg pour le laminoir, de 839 F cfa / 100 kg pour la machine à chikwangu et de 275 F cfa / 100 kg pour le clipseur.

#### 3.3.2.2.2. Coût des matières premières et consommables.

Les coûts unitaires de tous les intrants figurent dans le compte de résultat de l'activité (tableau 7) qui fait ressortir l'importance du coût de la matière première dans le prix de revient du produit. A ce coût, s'ajoute celui du transport si l'atelier est en ville. Pour des raisons économiques, il est donc essentiel que l'atelier de transformation soit situé sur les lieux de production.

#### 3.3.2.2.3. Prix de vente.

Les chikwangu du PK 45 avaient au départ un poids de 600g et étaient vendues 80 F au niveau de la production soit 133 F/kg. Etant donné que le prix de revient est de 155 F/kg, un prix de 80 F pour 600 g ne permettait pas de rentabiliser l'activité. Plusieurs solutions ont été envisagées pour

pallier ce problème, la plus pratique étant celle de diminuer le poids de la chikwangué en le passant à 500 g. L'échelle de prix pour une chikwangué de 500 g est donc le suivant: 80 F pour le prix producteur; 10 F pour le coût du transport; 5 F pour la marge du grossiste; 30 F pour la marge du détaillant; 125 F pour le prix consommateur.

Etant donné l'aspect moderne du produit, et pour ne pas faire concurrence aux produits traditionnels, les chikwangués ont été placés dans des petits commerces d'alimentation générale (épices et conserves) qui ne vendent pas de manioc. Le réseau de distribution est actuellement composé d'une dizaine de revendeurs principaux et d'une quinzaine de revendeurs secondaires qui ne sont livrés qu'en cas de grosse production.

Du fait de la nouveauté du produit et, en l'absence de budget de publicité, la pénétration du produit sur le marché s'est faite par un intéressement des détaillants qui bénéficient aujourd'hui d'une marge importante. Il n'est pas envisageable d'augmenter le prix du produit pour le consommateur mais en revanche, il est peut-être possible de diminuer la marge du détaillant, sachant que les marges courantes sont de 20%. Il serait aisé dans un premier temps de fixer la marge à 25 F et de récupérer ainsi 5 F au profit de la production.

	Unité	Qté	P.U.	P.T.		Qté	P.U.	P.T.
<b>CHARGES VARIABLES</b>								
Racines de manioc	Kg	150000	30	4500000	Ventes de chikwangués	150837	80	12066991
gaine plastique	Kg	932	1500	1398263				
Clips	Nb	301675	2	603350				
Fagots de bois	Nb	4330	50	216513				
Gaz naturel	Kg	1504	340	511211				
Produits entretien	Nb	100	75	7500				
Sacs d'égouttage	Nb	125	200	250000				
Torchons	Nb	50	300	15000				
Gas-oil	L	771	214	165034				
Main d'oeuvre temporaire	H	5000	200	1000000				
Sous total				8442027				
<b>CHARGES FIXES</b>								
Frais de personnel				2160000				
Frais financiers				264523				
Amortissement				860050				
Sous total				3284573				
TOTAL DES CHARGES				11726599	TOTAL DES PRODUITS			12066991
BENEFICE DE L'EXERCICE				340392				

Tableau 7: Compte de résultat de la ligne de fabrication chikwangué.

#### 3.3.2.2.4. Compte de résultat (tableau 7).

Avec les hypothèses retenues qui sont celles observées sur le site de production du PK 45 (transformation de 150 tonnes de racines/an; production de chkwangué de 500g vendues à 80 F cfa), le seuil de rentabilité est atteint pour une production de 136 673 chikwangués et les marges brutes et réelles par chikwangué sont, respectivement, de 24 F cfa et 2 F cfa.

Le seuil de rentabilité est proche du niveau de production standard de 150.800 chikwangués; cela signifie que la marge de sécurité est faible. Il faudrait produire 186.500 unités pour atteindre un résultat de 100.000 F/mois. La faible rentabilité voit ses origines à deux niveaux: tout d'abord la marge brute sur chiffre d'affaires (30,0 %) traduit un coût de production trop élevé (la norme est de 40%) par rapport au prix de vente; ensuite, la marge nette sur chiffre d'affaires (3% au lieu de 10%) montre que les charges fixes sont trop importantes par rapport au niveau d'activité. Le compte de résultat fait donc apparaître un coût de production élevé et la nécessité de poursuivre les efforts en vue de réduire différents coûts (matière première; consommations intermédiaires; machines; distribution) ou augmenter les débits des machines pour réduire la main d'oeuvre ou augmenter sa productivité.

### 3.3.3. Acceptabilité et notoriété des produits à Brazzaville.

#### 3.3.3.1. Comparaison des qualités organoleptiques des chikwangués produites à celles de chikwangués traditionnelles.

Après 6 mois de fonctionnement de la ligne de fabrication au groupement de producteur du PK 45, des tests organoleptiques en unité d'évaluation sensorielle ont été réalisés pour comparer les chikwangués du PK 45 à des chikwangués produites en ateliers urbains traditionnels (fabriqué, mougouélé).

Les résultats (tableau 8) montrent que, quelles que soient les caractéristiques organoleptiques considérées, les chikwangués du PK 45 se sont révélées supérieures ou égales aux meilleures chikwangués traditionnelles.

Type	Matière première	Couleur	Odeur	Collant	Acidité	Impression générale
Mougouélé	Port 1	5.83 <sup>b</sup>	4.92 <sup>ab</sup>	5.14 <sup>a</sup>	5.36 <sup>a</sup>	5.39 <sup>a</sup>
	Port 2	4.72 <sup>d</sup>	3.92 <sup>cd</sup>	4.47 <sup>b</sup>	4.11 <sup>b</sup>	4.36 <sup>bc</sup>
Mougouélé	Gare 1	1.53 <sup>f</sup>	1.92 <sup>g</sup>	3.50 <sup>c</sup>	2.17 <sup>d</sup>	1.72 <sup>e</sup>
	Gare 2	3.42 <sup>e</sup>	2.61 <sup>f</sup>	3.42 <sup>c</sup>	3.47 <sup>c</sup>	2.89 <sup>d</sup>
Fabriqué	Port 1	5.42 <sup>c</sup>	4.14 <sup>c</sup>	4.69 <sup>b</sup>	4.31 <sup>b</sup>	4.58 <sup>b</sup>
	Port 2	3.22 <sup>c</sup>	3.86 <sup>cd</sup>	4.36 <sup>b</sup>	4.44 <sup>b</sup>	4.11 <sup>c</sup>
Fabriqué	Gare 1	5.03 <sup>d</sup>	3.58 <sup>cd</sup>	3.75 <sup>c</sup>	3.56 <sup>c</sup>	3.94 <sup>c</sup>
	Gare 2	4.86 <sup>d</sup>	3.33 <sup>e</sup>	4.28 <sup>b</sup>	3.61 <sup>c</sup>	4.06 <sup>c</sup>
Chikwangué PK 45	1	6.00 <sup>ab</sup>	4.64 <sup>b</sup>	5.28 <sup>a</sup>	5.06 <sup>a</sup>	5.28 <sup>a</sup>
	2	6.31 <sup>a</sup>	5.28 <sup>e</sup>	5.31 <sup>a</sup>	5.03 <sup>a</sup>	5.36 <sup>a</sup>

Dans chaque colonne les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

Tableau 8: Comparaison des caractéristiques organoleptiques des chikwangués du PK 45 à celles de chikwangués produites en ateliers urbains traditionnels.

### 3.3.3.2. Notoriété et image de marque à la mi-1990.

Les informations recueillies concernant la perception de la "chikwangu Agricongo" produite par la ligne de fabrication pilote semi-mécanisée avant son transfert au groupement de producteurs du PK 45 et vendue sous emballage en polyéthylène à un prix comparable aux chikwangu traditionnelles, proviennent de l'enquête effectuée auprès d'un échantillon représentatif de brazzavillois au cours de l'été 1990.

Au moment de l'enquête, 7% des personnes enquêtées ont déclaré avoir déjà goûté cette nouvelle chikwangu qui, depuis son apparition en 1988, n'avait bénéficié que d'une diffusion restreinte; 73% de ceux qui ne l'avaient pas encore goûté ont accepté de le faire; 25% de ces derniers ont déclaré préférer cette nouvelle chikwangu contre 28% qui ont préféré les chikwangu traditionnelles (46% n'ont pas exprimé de préférence).

Par ailleurs, respectivement 91% et 79% des personnes interrogées pensaient que cette nouvelle chikwangu était plus hygiénique et devait mieux se conserver que les chikwangu traditionnelles.

Une enquête identique a été lancée en juillet 92 pour évaluer la progression de la notoriété du produit depuis sa production régulière par le groupement de producteur du PK 45.

## 4. VOLET N°4: FABRICATION DE PRODUITS NOUVEAUX A BASE DE MANIOC.

### 4.1. Fabrication de farine de sevrage à base de manioc.

#### 4.1.1. Valeur nutritionnelle des bouillies utilisées (Trèche et Massamba, 1991c; Trèche, 1991).

Les bouillies de sevrage à base de manioc ne sont pratiquement plus utilisées en ville mais constituent encore 22% des bouillies distribuées par les mères en zones rurales.

Les analyses effectuées sur les bouillies prélevées au cours des enquêtes en zones rurales ont permis de mettre en évidence que:

- la teneur en matière sèche de l'ensemble des bouillies et, par conséquent, leur densité énergétique était faible (figure 12) mais que les bouillies à base de manioc avait une teneur en matière sèche légèrement supérieure à celle des bouillies à base de maïs.

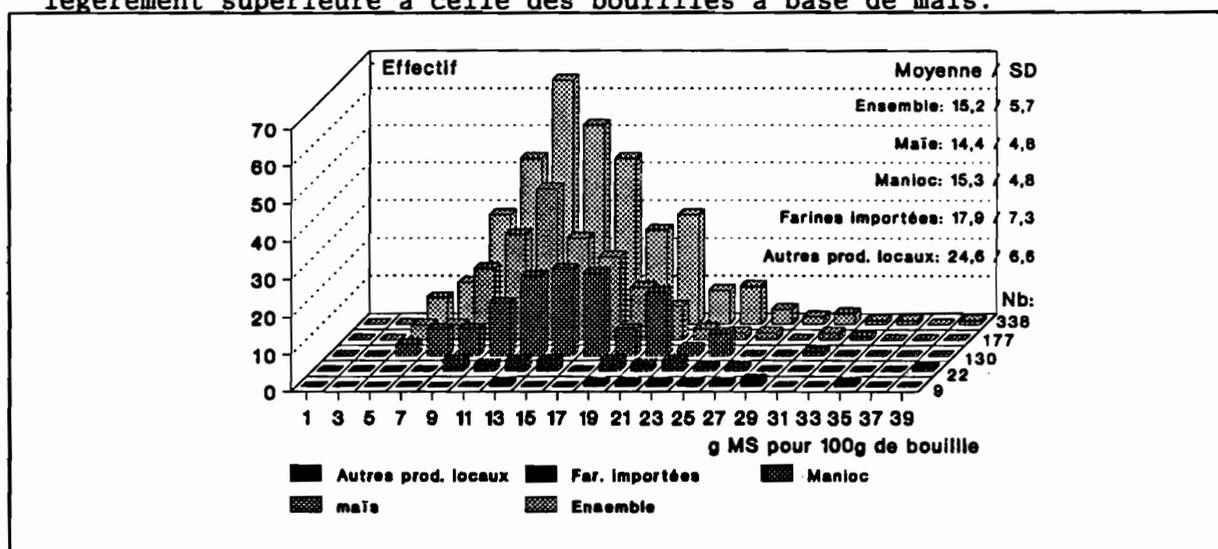


Figure 12: Distribution de la concentration des bouillies en zones rurales.

- leur teneur en protéines était très insuffisante (figure 13), notamment celle des bouillies à base de manioc (le plus souvent inférieures à 1 g / 100 g MS).

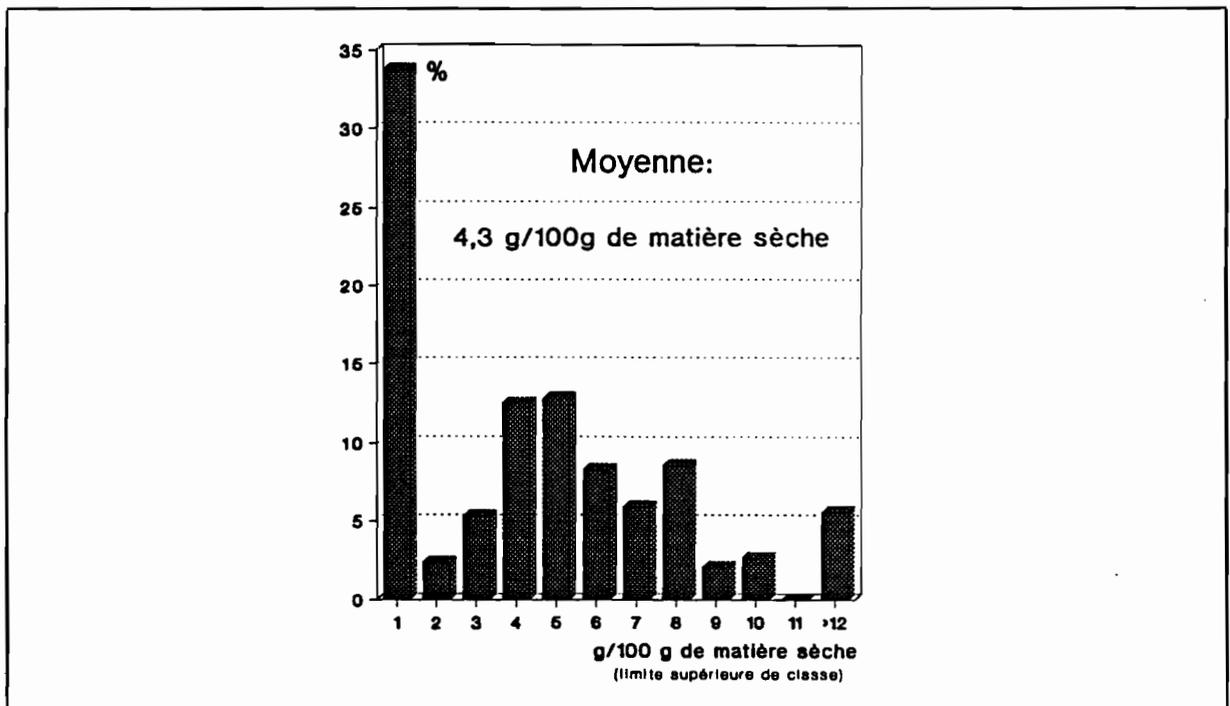


Figure 13: Distribution de fréquence de la teneur en protéines brutes des bouillies de sevrage en zones rurales.

En raison de la mauvaise valeur nutritionnelle des bouillies traditionnelles de sevrage au Congo, quel que soit leur ingrédient de base, et compte tenu de la bonne disponibilité du manioc, un effort particulier a été fait pour mettre au point des procédés permettant la fabrication de bouillies à base de manioc de bonne valeur nutritionnelle.

#### 4.1.2. Mise au point de procédés de fabrication de farines de sevrage (Trèche, Giamarchi et al, 1991).

Des procédés permettant de préparer des bouillies de sevrage de densité énergétique suffisante (120 Kcal / 100 ml) ont été recherchées en distinguant les solutions utilisables dans des ateliers de production et celles transférables au niveau des ménages. Dans tous les cas, il s'est agi de sources d'alpha-amylases capables de limiter le gonflement des amidons en coupant leurs chaînes constitutives au moment de leur préparation ce qui permet de préparer des bouillies de concentration élevée (30 g MS / 100 g) ayant une concentration suffisamment fluide.

##### 4.1.2.1. Procédés utilisables en ateliers (Trèche et Giamarchi, 1991).

Après des études préliminaires, une alpha-amylase produite industriellement (BAN S de NOVO Industries S.A.) a été sélectionnée en raison de sa température optimale d'activité (72°C). Le procédé proposé consiste simplement à mélanger de façon homogène l'enzyme, vendue sous forme de microgranulés, dans la farine. L'enzyme agit alors au moment de la préparation des bouillies par les mères dès que la température du mélange eau/farine dépasse la température de gélatinisation de l'amidon.

En étudiant les conditions d'utilisation du procédé, nous avons notamment montré que:

- pour une concentration donnée, la viscosité des bouillies diminue rapidement avec la quantité d'enzyme introduite;
- l'amidon de manioc est beaucoup plus sensible que les amidons de riz et surtout de maïs ce qui permet d'obtenir avec de la farine de manioc les effets escomptés en incorporant 3 à 5 fois moins d'enzymes qu'avec de la farine de maïs (figure 14);

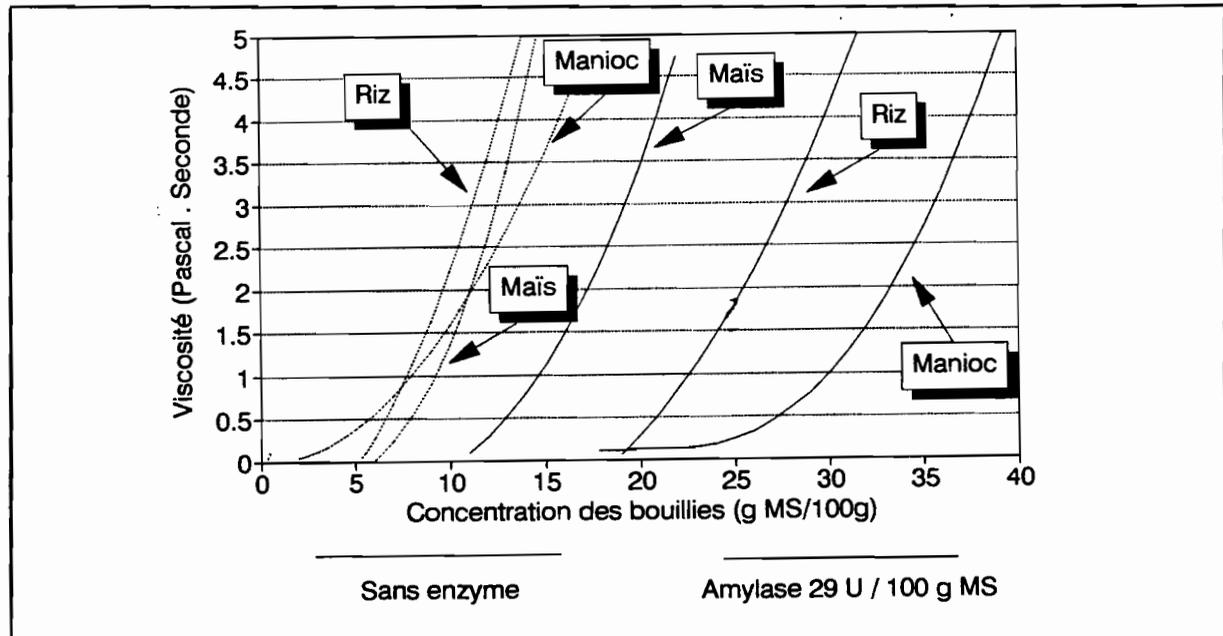


Figure 14: Influence de l'addition d'amylases sur la viscosité de bouillies de manioc, maïs et riz.

- Après action des enzymes, on retrouve dans les bouillies des teneurs en sucres courts ( $DP < 10$ ) inférieures à 10 g /100 g MS et des teneurs en dextrines ( $10 < DP < 50$ ) comprises entre 35 et 40 g /100 g MS. Ces quantités de sucres courts, de loin inférieures à celles qui résultent de l'addition de sucre (saccharose) par les mères, sont suffisamment faibles pour ne pas être à l'origine de problème digestif.
- la vitesse de cuisson, qui dépend de la puissance de la source de chaleur au moment de leur préparation, influe sur la consistance des bouillies préparées à une concentration donnée, mais dans des limites suffisamment étroites pour ne pas constituer un obstacle majeur à l'utilisation du procédé;
- l'effet de l'enzyme sur la consistance des bouillies est pratiquement indépendant du pH lorsque celui-ci se situe entre 5,5 et 9,0;
- l'activité des enzymes incorporées dans une farine de manioc n'est pas modifiée après 6 mois de stockage en sac plastique conservé à température ambiante;
- l'enzyme est inactivée par 5 mn de cuisson à une température au moins égale à 95°C, ce qui fait que la bouillie ne continue pas à se liquéfier au cours de son refroidissement.

- l'utilisation de l'enzyme dans des farines composées où la source glucidique est complétée par une source de protéines (ex: farines de légumineuses) est possible, mais il est nécessaire de tenir compte de la nature de cette dernière, en particulier de son éventuel contenu en amidon.

Le traitement proposé ne s'accompagne d'aucune contrainte technologique majeure au moment de l'incorporation dans les farines et ne pose aucune difficulté aux mères à l'occasion de la préparation des bouillies. Son coût est très faible: moins de 20 F cfa par Kg de farines soit environ 4% du prix de revient. La seule limite à son utilisation est la possibilité de se procurer de l'enzyme auprès du fabriquant européen pour des petites entreprises n'ayant pas de relations commerciales avec l'étranger. A l'heure actuelle, un autre procédé est en cours d'étude: l'incorporation d'orge malté disponible auprès des brasseries présentes dans la plupart des grandes villes africaines.

#### 4.1.2.2. Procédés transférables au niveau des ménages (Giamarchi et Trèche, 1991a).

Pour les mères qui ne peuvent ou ne veulent pas se procurer d'aliments de sevrage par achat, soit plus de 40% des mères en zones rurales, il est nécessaire de proposer des procédés simples permettant de préparer des bouillies de densité énergétique suffisante.

Les travaux effectués dans cette perspective ont mis en évidence:

- la possibilité de mélanger à la farine de manioc, des farines de céréales germées (maïs, sorgho) riches en alpha-amylases;
- que l'activité amylasique de ces farines de céréales germées pouvait varier considérablement avec l'espèce et la variété botanique, la durée de stockage avant germination, les conditions de germination;
- qu'il était possible de réduire les quantités de farines de céréales germées nécessaires en modifiant les conditions de préparation des bouillies, notamment en diluant le mélange de farines dans de l'eau froide, en versant cette solution dans de l'eau bouillante venant d'être retirée du feu et en laissant agir les enzymes pendant 5 à 10 mn avant la cuisson terminale de l'ensemble.

Des recommandations pour l'emploi de céréales germées ont été élaborées en vue de leur vulgarisation en zones rurales.

#### 4.1.3. Mise en oeuvre en atelier pilote (Avouampo et al., 1991; Legros et Trèche, 1992a).

Les procédés mis au point en laboratoire ont été mis en oeuvre dans le cadre du projet Orstom - Agricongo de fabrication d'aliments de sevrage à base de farines de manioc. La première originalité de ce projet est donc l'incorporation dans la farine de quantités infimes d'amylases industrielles pour augmenter la densité énergétique de la bouillie. La seconde originalité réside dans l'utilisation comme source énergétique principale de la farine de manioc, produit local le plus disponible et le moins cher. L'incorporation de quantités suffisantes de graines de légumineuses traitées (27% de soja ou 38 % de haricot) permet l'obtention d'une farine de teneurs en protéines et en acides aminés essentiels suffisantes. L'adjonction de 8% de sucre confère au produit une bonne acceptabilité. Son prix de revient est modéré et se situe en dessous du prix du produit traditionnel.

Un atelier pilote a commencé son activité sur la station expérimentale d'Agricongo après que les modalités d'utilisation d'équipements préexistants (torréfacteur, broyeur à meules, mélangeur rotatif...) aient été déterminées et que les procédés technologiques aient été choisis (schéma n°4). Des contrôles de qualité sont effectués tout au long du processus de fabrication pour garantir au produit final une qualité sanitaire parfaite.

Avec un effectif de trois personnes, l'atelier peut produire jusqu'à deux tonnes par mois et le gestionnaire retirer un bénéfice de 100 à 150 000 F cfa par mois.

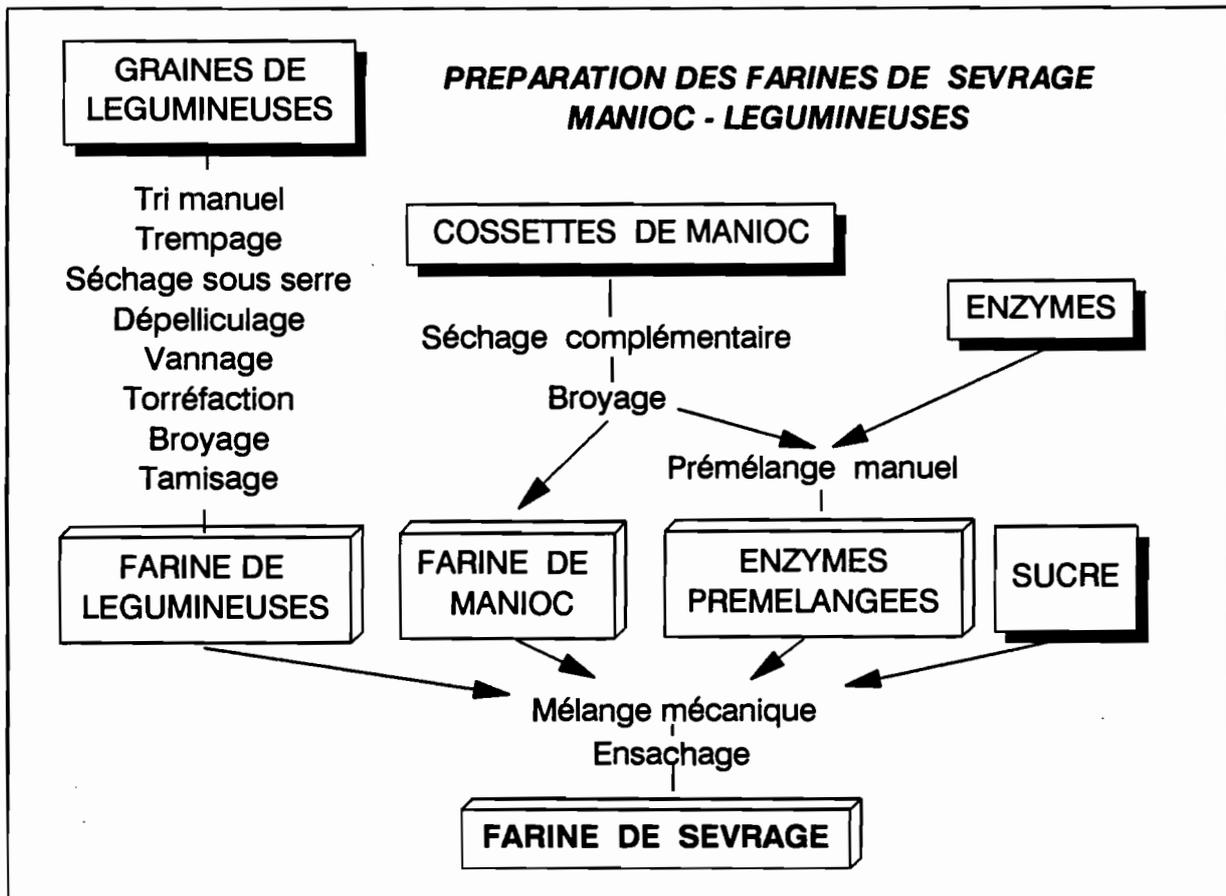


Schéma n°4: Préparation des farines de sevrage manioc- légumineuses.

Des études commerciales ont permis de trouver au produit un nom (Vitafort), une image et un réseau de distribution s'adressant directement à la population cible que sont les mères de famille. Une convention entre Agricongo et le Ministère de la santé Congolais a placé la gestion de cet atelier pilote sous le contrôle d'un groupe d'experts nationaux et expatriés.

#### 4.2. Poufou enrichi.

La comparaison des caractéristiques organoleptiques de poufou de manioc additionnées de quantités croissantes de farines de soja a montré qu'il était possible d'incorporer jusqu'à 6% de farines de soja tout en conservant au produit une bonne acceptabilité. Cette incorporation permet de faire passer la teneur en protéines des poufous de 0,8 à environ 3,5 g / 100 g de matière sèche ce qui n'est pas négligeable étant donné que le poufou est utilisé comme aliment de base par les enfants dès l'âge de 6 mois.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Un peu plus de trois ans après son démarrage effectif, l'opération Congo du programme "amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc" a atteint la plupart de ses objectifs scientifiques et, dans certains domaines, des applications pratiques des travaux effectués ont pu être lancées avec succès.

Les études effectuées en vue de caractériser les modalités de consommation, de transformation et de commercialisation des racines de manioc au Congo ont permis de dresser un état des lieux précis et rigoureux et de définir le cadre écologique, humain et économique dans lequel les améliorations recherchées devaient être proposées. Certaines enquêtes sont encore en cours de réalisation et/ou d'interprétation, mais les travaux déjà interprétés réalisés sur échantillons représentatifs, notamment au niveau des modalités de consommation, des aspirations des consommateurs, des procédés traditionnels de transformation en zones rurales et du fonctionnement des ateliers urbains de fabrication de chikwangué et de fofou, ont permis de réunir ou de confirmer des informations jusqu'à maintenant inexistantes ou incontrôlées sur les modalités d'utilisation du manioc en Afrique centrale, région du monde dans lequel il est le plus consommé.

Les travaux concernant le rouissage ont permis de préciser la cinétique globale du processus, de caractériser la microflore et les enzymes responsables et d'optimiser le procédé à l'échelle pilote. Ils ont en outre permis d'isoler une nouvelle souche de bactérie lactique amylolytique biotechnologiquement performante et de mettre au point un nouveau procédé de rouissage sans eau.

Le laboratoire de Microbiologie ORSTOM et ses partenaires locaux ont acquis une bonne connaissance et une méthodologie performante d'étude des fermentations traditionnelles. Ce savoir-faire pourrait être valorisé dans l'avenir par une extension de ce type d'étude à d'autres types de fermentations traditionnelles des végétaux existant à l'échelle régionale.

Des procédés et des équipements encore susceptibles d'amélioration ont été mis au point pour mécaniser partiellement la fabrication de la chikwangué et obtenir des produits de qualité constante. Un modèle de ligne de fabrication a été mis au point et fonctionne depuis mars 1991 dans un groupement de producteur. Un travail d'optimisation reste cependant à poursuivre pour en garantir la rentabilité.

En raison de leur coût, il est peu probable que les innovations technologiques mises au point puissent être utilisées par les ateliers urbains traditionnels. A l'heure actuelle, compte tenu du coût de la matière première en ville, seule l'installation de la ligne complète de fabrication dans des zones de production semble économiquement viable.

Les travaux réalisés pour la mise au point de produits nouveaux ont permis d'obtenir des résultats très intéressants au niveau de la fabrication d'aliments de sevrage à base de manioc. Les procédés mis au point en laboratoire pour préparer des bouillies de bonne densité énergétique ayant une consistance satisfaisante ont notamment été transférés dans un atelier pilote de fabrication de farines de sevrage qui, suite à la signature d'une convention avec le ministère de la Santé, devrait servir à la formation de jeunes entrepreneurs et contribuer efficacement à la réduction de la malnutrition des jeunes enfants au Congo.

Au delà des résultats scientifiques et de leurs applications, le programme réalisé a permis l'instauration de collaborations pluri-sectorielles et inter-organismes que, sur bien des points, on peut qualifier d'exemplaires. Dans chaque domaine scientifique concerné (sciences des aliments, microbiologie, technologie, sciences sociales, économie), des participants de plusieurs organismes congolais et européens (Orstom, Agricongo, faculté des sciences de l'université Marien Ngouabi, DGRST congolaise) sont intervenus. Les liens ainsi créés, qui se sont concrétisés par la signature en commun de nombreuses publications ou communications, se poursuivent dès maintenant à travers d'autres projets de recherches. Par ailleurs, une quinzaine d'étudiants congolais et français sont venus accomplir leur stage de fin d'études dans le cadre du programme dans les différents laboratoires participants.

La valorisation des travaux effectués va se poursuivre au niveau de la rédaction d'un certain nombre de publications de synthèse et par la prolongation de certaines études sur d'autres crédits, notamment en ce qui concerne les aliments de sevrage à base de manioc. Toutefois, le transfert de certaines technologies mises au point pour le rouissage et la fabrication de la chikwangué ou du fofou nécessitent des aides extérieures.

Le séminaire international intitulé "Cassava traditional processing for use as human staple food" dont nous avons proposé la tenue en mars 93 à Brazzaville devrait permettre, en commun avec les autres participants du programme et les autres spécialistes internationaux de la transformation du manioc de définir les transferts de technologie à entreprendre et de dégager les priorités de recherches pour l'avenir.

## LISTE DE REFERENCES.

### 1. Publications dans des revues scientifiques.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1991a).

Demain, le manioc sera-t-il encore l'aliment de base des congolais?  
Alimentation, Nutrition et Agriculture, volume 1, n°1, pp. 19-26.

GIRAUD E., BRAUMAN A., KELEKE S., LELONG B. et RAIMBAULT M. (1991).

Isolation and physiological study of an amylolytic strain of lactobacillus plantarum.  
Appl. Microbiol. Biotechnol., volume 36, pp 379-383.

LEGROS O. et TRECHE S. (1992a).

Fabrication de farines de sevrage à Brazzaville: Projet Orstom-Agricongo.  
Soumis au Courrier ACP.

AMPE F., BRAUMAN A., TRECHE S. et AGOSSOU A. (1992).

The fermentation of cassava: optimization by the experimental research methodology.  
Soumis à Journal of food technology.

AMPE F. et BRAUMAN A. (1992).

Enzymatic origin of detoxication and root softening in cassava retting.  
Soumis à Applied Microbiol. Biotechnol.

### 2. Participation à des ouvrages.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1989a).

Importance du manioc dans le régime alimentaire congolais.

Dans : 40 ans de Recherche scientifique au Congo, "Hommes et environnement", Actes d'un colloque de scientifique tenu le 23 Novembre 1989 à Brazzaville, éditions de l'ORSTOM, pp. 24-37.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1991b).

Influence de l'environnement sur les modalités de transformation du manioc au Congo.

A paraître dans: Actes du Symposium international Unesco/CNRS "L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et applications au développement", 10-13 Septembre 1991, Paris.

MASSAMBA J. et TRECHE S. (1991a).

Influence de l'environnement sur les modalités de consommation du manioc au Congo.

A paraître dans: Actes du Symposium international Unesco/CNRS "L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et applications au développement", 10-13 Septembre 1991, Paris.

TRECHE S., PEZENNEC S. et GIAMARCHI P. (1992).

Comment améliorer les bouillies de sevrage préparées dans les ménages congolais?

A paraître dans: " le soja: sa culture, sa transformation et sa contribution à la nutrition infantile", KIMBANGA A. éd, USAID, Brazzaville, Congo.

LEGROS O. et TRECHE S. (1992b).

A semi-mechanized production unit of chikwangue: a case study on cassava processing in Congo.

Contribution proposée pour un ouvrage intitulé "Product development: production, processing, and marketing of root and tuber crops", G. SCOTT éd., CIP, Pérou.

### 3. Communications orales.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1989).

L'importance du manioc dans le modèle de consommation alimentaire congolais.

Communication présentée au Colloque Scientifique "40 ans de Recherche scientifique au Congo", 23 Novembre 1989, Brazzaville, Congo.

MASSAMBA J. et TRECHE S. (1989).

Transformations traditionnelles, formes de consommation et formes de commercialisation du manioc en milieu rural congolais.

Communication présentée au 4th triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch, 4-9 Décembre 1989, Kinshasa, Zaïre.

MASSAMBA J., AVOUAMPO E. et TRECHE S. (1990).

Etude et amélioration des modalités d'utilisation du manioc: problématique, méthodologie d'approche et résultats préliminaires.

Communication présentée au Séminaire-atelier sur la mécanisation agricole, 6-8 Juin 90, Brazzaville.

AVOUAMPO E., LEGROS O. et TRECHE S. (1991).

Les farines à base de manioc ORSTOM/AGRICONGO.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

CORNU A., TRECHE S. et DELPEUCH F. (1991).

Les pratiques de sevrage au Congo.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

GIAMARCHI P. et TRECHE S. (1991a).

Utilisation du sorgho malté pour améliorer la densité énergétique des bouillies de sevrage à base de manioc.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

LEGROS O. et TRECHE S. (1991).

Propositions pour la création d'ateliers de production de farines de sevrage au Congo.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

MIAMBI E., TRECHE S. et BRAUMAN A. (1991).

Fermentations traditionnelles des aliments de sevrage au Congo: perspectives d'amélioration.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

TRECHE S. et GIAMARCHI P. (1991).

Utilisation d'enzymes produites industriellement pour l'amélioration de la densité énergétique des bouillies de sevrage.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1991c).

Modes de préparation et valeur nutritionnelle des bouillies de sevrage actuellement consommées au Congo.

Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

AMPE F., TRECHE S., AGOSSOU A. et BRAUMAN A. (1991).

Application of experimental research methodology to the optimization of cassava traditional fermentation.

Communication présentée au séminaire-atelier "Avances sobre almidon de yucca", 17-20 juin 91, CIAT, Cali, Colombie.

BRAUMAN A., MALONGA M., NAVOUNGOU O., KELEKE S., AMPE F., MIAMBI E. et TRECHE S. (1991).

Kinetic study of retting: a cassava traditional fermentation in Central Africa.

Communication présentée au séminaire-atelier "Avances sobre almidon de yucca", 17-20 juin 91, CIAT, Cali, Colombie.

TRECHE S., GIAMARCHI P., MIAMBI E. et BRAUMAN A. (1991).

Use of cassava flour as energy source for weaning foods.

Communication présentée au séminaire-atelier "Avances sobre almidon de yucca", 17-20 juin 91, CIAT, Cali, Colombie.

MASSAMBA J. et TRECHE S. (1991b).

Influence de l'urbanisation sur la consommation de la chikwangue au Congo.

Communication présentée au IXth Symposium of the International society for Tropical Root Crops, 20-26 octobre, Accra, Ghana.

BROCHIER J., BOUKA R., LEGROS O. et BOUKAMBOU G. (1991).

Peri-urban new farming system integrating food processing and traditional food rehabilitation.

Rapport présenté au International workshop on "Product developpement: production, processing, and marketing of root and tuber crops", 26 Octobre au 2 Novembre 1991, IITA, Ibadan, Nigeria.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1991d).

Study and improvement of cassava utilization in Congo.

Country report presented at the International workshop on "Product Developpement: production, processing and marketing, 26/10 au 2/11, IITA, Ibadan, Nigeria.

TRECHE S., BRAUMAN A. et FAVIER J.C. (1991).

Etude et amélioration des modalités d'utilisation du manioc au Congo.

Contribution au Séminaire "La recherche française agroalimentaire tropicale: du laboratoire à l'entreprise", 3-5 décembre 1991, Nantes.

AGOSSOU A., AMPE F. et BRAUMAN A. (1991).

Optimisation de la fermentation du manioc par la méthode de la recherche expérimentale.

Communication présentée au séminaire Biosciences, 5-8 Décembre 1991, Brazzaville.

GIAMARCHI P. et TRECHE S. (1991b).

Pourquoi et comment améliorer la densité énergétique des bouillies de sevrage au Congo?

Communication présentée au séminaire Biosciences, 5-8 Décembre 1991, Brazzaville.

KELEKE S., MALONGA M., MAVOUNGOU O., AMPE F., MIAMBI E. et BRAUMAN A. (1991).

Le rouissage du manioc: aspects microbiologiques et biochimiques.

Communication présentée au séminaire Biosciences, 5-8 Décembre 1991, Brazzaville.

MALONGA M., MAVOUNGOU O., KOBAWILA S.C., LOUMBE D., AVOJAMPO E., GIRAUD E., LELONG B. et BRAUMAN A. (1991).

Les bactéries lactiques du rouissage.

Communication présentée au séminaire Biosciences, 5-8 Décembre 1991, Brazzaville.

TRECHE S. (1991).

Améliorer la valeur nutritionnelle des bouillies de sevrage: une nécessité pour la santé publique au Congo.

Communication présentée au séminaire-atelier sur la préparation de la conférence Internationale sur la nutrition, 9-12/12/1991, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville.

BRAUMAN A et AMPE F. (1992).

Origin of enzymatic activities responsible for detoxication and roots softening in retting: a cassava lactic fermentation.

ASM annual meeting, New Orleans, Louisiana, 20-24 mai, abstract 3230.

#### 4. Communications affichées.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1989b).

Le rouissage du manioc.

Poster présenté au:

- Colloque Scientifique "40 ans de Recherche scientifique au Congo", 23 Novembre 1989, Brazzaville.

- IIème Salon de l'Alimentation et de l'Industrie Agro- alimentaire de Brazzaville, 13 au 20 janvier 1990.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1989c).

Technologies traditionnelles de transformation des racines de manioc.

Poster présenté au:

- Colloque Scientifique "40 ans de Recherche scientifique au Congo", 23 Novembre 1989, Brazzaville.
- IIème Salon de l'Alimentation et de l'Industrie Agro- alimentaire de Brazzaville, 13 au 20 janvier 1990.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1989d).

Formes de consommation du manioc en zones rurales au Congo.

Poster présenté au:

- Colloque Scientifique "40 ans de Recherche scientifique au Congo", 23 Novembre 1989, Brazzaville.
- IIème Salon de l'Alimentation et de l'Industrie Agro- alimentaire de Brazzaville, 13 au 20 janvier 1990.

GIRAUD E., BRAUMAN A., KELEKE S., LELONG B. et RAIMBAULT M. (1990).

Isolement d'une bactérie lactique à forte activité amylolytique à partir de manioc fermenté.

Poster présenté au 5ème Rencontres Internationales AGROPOLIS, Semaine Internationale de l'Alimentation, de la Nutrition et de l'Agro-industrie, 4-7/12/90, Montpellier.

TRECHE S., BRAUMAN A., KELEKE S., AMPE F., MIAMBI E., MALONGA M., MAVOUNGOU O., KOBAWILA S.C., LOUEMBE D., AVOUAMPO E., GIRAUD E., LELONG B. et RAIMBAULT M. (1990).

Le rouissage du manioc: une technique traditionnelle utilisée en Afrique Centrale.

Poster présenté au 5ème Rencontres Internationales AGROPOLIS, Semaine Internationale de l'Alimentation, de la Nutrition et de l'Agro-industrie, 4-7/12/90, Montpellier.

AMPE F., MALONGA M., KELEKE S., MAVOUNGOU O. et BRAUMAN A. (1991).

Retting: a lactic fermentation of cassava.

Poster présenté au Lactic Congress, 11-14 septembre, Caen.

MASSAMBA J. et TRECHE S. (1991a).

Influence de l'environnement sur les modalités de consommation du manioc au Congo.

Poster présenté au Symposium international Unesco/CNRS "L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et applications au développement", 10-13 Septembre 1991, Paris.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1991b).

Influence de l'environnement sur les modalités de transformation du manioc au Congo.

Poster présenté au Symposium international Unesco/CNRS "L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et applications au développement", 10-13 Septembre 1991, Paris.

## 5. Documents multigraphiés.

TRECHE S. (1989).

Problèmes posés par l'utilisation des produits dérivés du manioc dans l'alimentation du jeune enfant.

Document distribué au Séminaire-atelier de formation des formateurs en Nutrition dans les écoles paramédicales, 18-23 Septembre 1989, Brazzaville, 7 pages dont 4 de tableaux et figures.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1990a).

Pour en savoir plus... La consommation du manioc au Congo.

Document distribué au IIème Salon de l'Alimentation et de l'Industrie Agro- alimentaire de Brazzaville (13 au 20 janvier 1990), 8 pages dont 4 de tableaux et figures.

TRECHE S. et MASSAMBA J. (1990b).

Le manioc au Congo: des recherches indispensables pour accompagner les mutations alimentaires.

Document distribué au 5ème Rencontres Internationales AGROPOLIS, Semaine Internationale de l'Alimentation, de la Nutrition et de l'Agro-industrie, 4- 7/12/90, Montpellier, 6 pages + 2 planches de photos.

## 6. Mémoires et thèses effectués dans le cadre du programme.

NOUGAREDE X. (1988). Traitements de la farine de manioc en vue de son incorporation dans des bouillies pour enfants.

Mémoire DEA, USTL, Montpellier.

BUERIG C. (1989). Incidences nutritionnelles de traitements thermique et enzymatique de l'amidon en présence ou non de caséine.

Mémoire DESS, USTL, Montpellier.

de LABBEY, B. (1989). Fermentation et detoxication au cours du rouissage du manioc au Congo.

Mémoire ENS.BANA, Université de Bourgogne.

NGO N'TAMACK S. (1989). Essai de corrélation entre les résultats des préférences de consommateurs congolais obtenus par analyse sensorielle et les résultats obtenus à l'issue de mesures instrumentales.

Mémoire DESS, USTL, Montpellier.

ADAM V. et BOUCQUET I. (1990). Les pratiques de sevrage à Brazzaville.

Mémoire DESS, USTL, Montpellier.

ADOUA-OYILA G. M. (1991). Contribution à l'amélioration des qualités organoleptiques de la chikwangué et du fofou.

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

AGOSSOU A. (1991). Fermentation du manioc: optimisation par la méthodologie de la recherche expérimentale.

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

BOURANGON-DIT-ONTALI C. (1991). Etude des procédés technologiques traditionnels de transformation des racines de manioc en différents types de chikwangué.

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

DINGA D. (1991). Etude des pratiques de sevrage et de la qualité nutritionnelle des bouillies à Brazzaville.

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

FOULER-GUILLY S. (1991). Etude des incidences nutritionnelles de traitement thermique et enzymatique de l'amidon de manioc en vue de son utilisation dans les aliments de sevrage.

Thèse de sciences, USTL, Montpellier.

TEBIB K. (1991). Evolution des facteurs antinutritionnels au cours de la préparation de bouillies de sevrage à base de légumineuses et de tubercules.

Mémoire DESS, USTL, Montpellier.

TCHILOEMBA-POBA R. (1991). Influence des modalités de rouissage des racines de manioc sur les rendements des transformations et la qualité nutritionnelle des produits finis (fofou, chikwangué).

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

GAMI N., (1992). Transformations du système alimentaire des Batéké Kukuya du Congo liées à leur migration du milieu rural au milieu urbain.

Thèse de sciences, Faculté des Sciences et techniques de Saint-Jérôme, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III.

IKAMA R. (1992). Modes de fonctionnement des ateliers de transformation du manioc à Brazzaville.

Mémoire Institut de Développement Rural, Brazzaville.

**ANNEXE :**

**RESSOURCES HUMAINES**

**ET EQUIPEMENTS**

III(a) HUMAN RESOURCES

1. IDENTIFICATION OF INSTITUTION

NAME: Institut français de Recherche scientifique  
pour le développement en coopération  
(ORSTOM)

ADDRESS: 213 rue Lafayette, 75480 Paris cedex 10

Tel: 48 03 77 77 Fax: 48 03 08 29 Telex: 214627F

2. SCIENTIFIC PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT  
ALREADY EMPLOYED BY THE INSTITUTION

a. Scientific personnel having completed full university  
education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT
TRECHE Serge (1)	Responsable du Lab. d'Etudes sur la nutrition et l'Alimentation	Docteur d'Etat Nutritionniste	36
BRAUMAN Alain (1)	Responsable du Lab. de Microbiologie	Docteur microbiologiste	22
GIRAUD Eric (2)	Ingénieur	Microbiologiste	12
GALLON Georges (2)	Ingénieur	Nutritionniste	18

(1) Centre DGRST - ORSTOM de Brazzaville

(2) Centre ORSTOM de Montpellier.

b. Number of technicians (having completed full secondary education/non graduate) in man months 60 Months

3. SCIENTIFIC PERSONNEL SPECIFICALLY EMPLOYED BY THE INSTITUTION TO PARTICIPATE IN THE PROJECT

a. Scientific personnel having completed full university education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT
KAMPE	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
MAMPOUYA	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
NGOULOU	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
LOUBACKI	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
ANDZONO	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
BIDZI	Vacataire	Ingénieur de développement rural	4
ADOUA-OYILA Guy	Vacataire	Ingénieur de développement rural	6
BOURANGON-DIT-ONTALI C.	Vacataire	Ingénieur de développement rural	6
IKAMA Raphaël	Vacataire	Ingénieur de développement rural	6

b. Number of technicians (having completed full secondary education/non graduate) in man months 24 Months

4.

**VISITING PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT**  
**BUT NOT EMPLOYED BY THE INSTITUTION**

(Status: Fellow, stagiaire, student, visiting scientists...)

## a. LONG TERM (more than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project
MIAMBI Edouard	Congolaise	Détaché	DGRST	Chercheur microbiologie	22	non
KELEKE Simon	Congolaise	Détaché	DGRST	Chercheur microbiologie	22	non
AMPE Frédéric	Française	VSN	UTC Compiègne	Biotechnologie	14	non
GIAMARCHI Philippe	Française	VSN	Univ. Marseille II	Nutrition	16	non
PEZENNEC Stéphane	Française	VSN	INA- Paris Grignon	Nutrition	8	non
GAMI Norbert	Congolais	Thésard	Univ. Marseille II	Anthropologie	5	non
de LABBEY Bénédicte	Française	étudiante	ENS.BANA	Nutrition	6	non
NGO N'TAMACK Suzanne	Camerounaise	étudiante	Univ. Montpellier	Nutrition	5	non
ADAM Véronique	Française	étudiante	Univ. Montpellier	Nutrition	6	non
BOUCQUET Isabelle	Française	étudiante	Univ. Montpellier	Nutrition	6	non
BUERIG Catherine	Française	étudiante	Univ. Montpellier	Nutrition	6	non
TEBIB K.	Marocaine	étudiante	Univ. Montpellier	Nutrition	6	non
ADOUA-OYILA Guy-mesmin	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Nutrition	14	non
AGOSSOU Aurélien	Bénoïse	étudiant	Inst. dével. rural	Microbiologie	12	non
BOURANGON-DIT-ONTALI	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Nutrition	14	non
DINGA Diéudonné	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Nutrition	14	non
IKAMA Raphaël	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Nutrition	12	non
KIBANGA Emmanuel	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Agronomie	12	non
MACHICOUT Mathys	Bénoïse	étudiant	Inst. dével. rural	Agronomie	12	non
TCHILOEMBA-POBA Roger	Congolaise	étudiant	Inst. dével. rural	Nutrition	14	non

## b. SHORT TERM (less than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project
NBOME LAPE Israël	Camerounaise	Chercheur	IMPM (Cameroun)	Nutrition	1	Non

IV.(a) DURABLE EQUIPMENT:

<u>TYPE</u>	<u>VALUE</u>	<u>EEC</u> contribution
Lyophilisateur	100 000 FF	0%
Balances	20 000 FF	0%
Etuves	8 000 FF	0%
HPLC	200 000 FF	0%
Fermenteurs	150 000 FF	0%

III (b) HUMAN RESOURCES

1. IDENTIFICATION OF INSTITUTION

**NAME:** Institut de Recherches pour l'appui au  
Développement agricole en zones tropicales  
(AGRICONGO)

**ADDRESS:** BP 14 574                      Brazzaville                      Congo  
Kombé, Km 17, Route nationale 1

Tel: 83 69 96                      Fax: 83 69 95                      Telex: 5384KG

2. SCIENTIFIC PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT  
ALREADY EMPLOYED BY THE INSTITUTION

a. Scientific personnel having completed full university  
education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT
LEGROS Olivier	Responsable du Département des études économiques	Ingénieur agronome	20
BOUKA Richard	Chef du Département Transformation Agro-alimentaire	Ingénieur des industries Agro-alimentaires	24
MABOUNDA Romuald	Responsable du secteur machine	Licencié en construction mécanique	36
AVOUAMPO Etienne	Responsable du secteur recherche-produits	Ingénieur de Développement rural	36

b. Number of technicians (having completed full                      24 Months  
secondary education/non graduate) in man months

3. SCIENTIFIC PERSONNEL SPECIFICALLY EMPLOYED BY THE INSTITUTION TO PARTICIPATE IN THE PROJECT

a. Scientific personnel having completed full university education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT
TCHILOEMBA-POBA	Contractuel	Ingénieur de Développement rural	18

b. Number of technicians (having completed full secondary education/non graduate) in man months Months

4. VISITING PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT  
BUT NOT EMPLOYED BY THE INSTITUTION

(Status: Fellow, stagiaire, student, visiting scientists...)

a. LONG TERM (more than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project

b. SHORT TERM (less than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project

**IV. (b) DURABLE EQUIPMENT:**

<u>TYPE</u>	<u>VALUE</u>	<u>EEC</u> <u>contribution</u>
Broyeur	8 000 FF	60%
Pénétrromètre	15 000 FF	60%
Viscosimètre	40 000 FF	60%
Chromamètre	40 000 FF	20%
Fermenteur	150 000 FF	0%
Etuve	10 000 FF	0%
Unité d'évaluation sensorielle	100 000 FF	0%
Construction prototypes	200 000 FF	0%

III (c) HUMAN RESOURCES

1. IDENTIFICATION OF INSTITUTION

NAME: Faculté des Sciences de l'Université  
Marien Ngouabi

ADDRESS: BP 69, Brazzaville, Congo

Tel:

Fax:

Telex:

2. SCIENTIFIC PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT  
ALREADY EMPLOYED BY THE INSTITUTION

a. Scientific personnel having completed full university  
education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT
MASSAMBA Joachim	Chef du département Biologie et Physiologie animales	Docteur 3ème cycle Nutrition	18
LOUEMBE Delphin	Chef du Laboratoire de Microbiologie	Docteur d'Etat Microbiologie	18
KOBAWILA Simon	Chef du département Biologie cellulaire et moléculaire	Docteur 3ème cycle Microbiologiste	9

b. Number of technicians (having completed full secondary education/non graduate) in man months 36 Months

3. SCIENTIFIC PERSONNEL SPECIFICALLY EMPLOYED BY THE INSTITUTION TO PARTICIPATE IN THE PROJECT

a. Scientific personnel having completed full university education (graduate/post-graduate):

NAME	FUNCTION IN INSTITUTION	QUALIFICATION Scientific Discipline	DURATION IN MAN MONTHS OF TIME SPENT ON PROJECT

b. Number of technicians (having completed full secondary education/non graduate) in man months Months

4. VISITING PERSONNEL PARTICIPATING IN THE PROJECT  
BUT NOT EMPLOYED BY THE INSTITUTION

(Status: Fellow, stagiaire, student, visiting scientists...)

a. LONG TERM (more than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project
SAYA-MABA Marius	Congolaise	Détaché	Ministère agriculture	Ingénieur Nutrition	8	non
MAVOUNGOU Oscar	Congolaise	Détaché	DGRST	Chercheur microbiologie	36	non
MALONGA Maurice	Congolaise	Détaché	DGRST	Chercheur microbiologie	36	non

b. SHORT TERM (less than one month).

NAME	Nationality	Status	Originally attached to which organisation	Qualifications scientific discipline	Duration of time spent on project	Financially supported by the project

IV. (c) DURABLE EQUIPMENT:

<u>TYPE</u>	<u>VALUE</u>	<u>EEC</u> <u>contribution</u>
Etuves	25 000 FF	100%
Distillateur	8 000 FF	100%
Microbroyeur	13 000 FF	100%
Spectrophotomètre	21 000 FF	100%
Ultra-turrax	6 000 FF	100%
Réparation chromatographe	13 000 FF	100%
Congélateurs	15 000 FF	100%
pH mètre	6 000 FF	100%
Bain marie	10 000 FF	100%