

Essai de modification du procédé traditionnel de fabrication des bouillies de mil fermenté *ben-saalga* en vue d'augmenter leur densité énergétique

Tou^{1,2*} El Hassane, Mouquet^{1,2} Claire, Guyot² Jean Pierre, Traoré¹ Alfred S, Trèche² Serge

¹ CRSBAN/UFR-SVT/Univ. de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso.

² UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", IRD, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France.

*Auteur correspondant: elassane@yahoo.fr

- Résumé -

Les bouillies de mil fermenté *ben-saalga* ont, comme la plupart des bouillies traditionnelles en Afrique, une faible densité énergétique (DE) (≈ 30 kcal/100 g). Leurs procédés de fabrication consistent en un trempage des grains (première fermentation), un broyage et une filtration de la farine humide, une décantation (seconde fermentation) et une cuisson finale. Cette étude vise à augmenter la DE du *ben-saalga* en modifiant sa préparation à travers l'introduction d'étapes de cuisson et d'incorporation de malt.

Ces modifications, choisies pour leurs potentialités à favoriser une hydrolyse partielle de l'amidon susceptible de rendre les bouillies plus fluides, ont consisté en l'introduction d'une cuisson (10 min) de la pâte après filtration pour gélatiniser l'amidon et le rendre plus sensible aux amylases et/ou en l'ajout de malt d'orge en début de décantation. La consistance des bouillies a été estimée à l'aide d'un consistomètre Bostwick (en mm/30 s). Pendant la décantation, les cinétiques d'acidification des pâtes ont été enregistrées.

Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'ajout de malt ont permis d'obtenir des bouillies ayant à la fois un écoulement approprié (120 mm/30 s) et une DE élevée (152 kcal/100 g). En revanche, ces mêmes étapes mises en œuvre individuellement n'ont permis d'obtenir, pour la même consistance, que des bouillies de faibles DE (< 30 kcal/100 g) similaires à celle de la bouillie traditionnelle. Si l'incorporation de malt n'influe pas sur la cinétique d'acidification de la pâte au cours de la décantation, la cuisson quant à elle, induit, par la destruction de la flore naturelle, une modification caractérisée par un allongement important (jusqu'à 8 h) de la phase du début de fermentation pendant laquelle la pâte pourrait subir des modifications à la fois biochimiques et bactériologiques.

La mise en œuvre combinée des étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C s'est révélée très efficace pour augmenter la DE des bouillies, mais retarde considérablement le démarrage de la fermentation. Une inoculation de la pâte à l'aide d'un pied de cuve pourrait compenser cet inconvénient.

Mots-clés: Aliment de complément – bouillie de mil fermenté – densité énergétique – malt d'orge.

- Abstract -

Attempt of modification of traditional processing of pearl millet into fermented gruel *ben-saalga*, to improve its energy density

The fermented millet gruels, *ben-saalga*, produced and commercialized in Ouagadougou, are widely accepted and consumed by the population, particularly by the young children. However, these gruels, as most of traditional gruels in Africa, have a low energy density (ED) (on average, 30 kcal/100g of gruel). The processing of pearl millet into *ben-saalga* comprises the following successive main steps: soaking the grains (first fermentation), grinding and filtration of humid flour, decanting (second fermentation) and cooking. This study aimed to improve the ED of *ben-saalga* by modifying this traditional processing in introducing intermediary steps of precooking and/or barley malt incorporation.

The modifications (precooking and barley malt incorporation) were chosen because of their potentiality to partially hydrolyse starch, thus allowing the preparation of high ED gruels. The modifications tested were (i) adding a precooking of 10 min after filtration stage to gelatinize the starch in order to enable the amylase attack and/or (ii) incorporate the barley malt (amylase source) at the beginning of decantation step at the rate of 1% of dry matter of the humid flour. The consistency of gruels prepared following the different processes was measured with a Bostwick consistometer in mm/30s at 45°C. During the decantation, the kinetics of acidification of the dough were registered with a pH-meter (WTW 340i).

The process combining both steps of precooking and barley malt incorporation allowed the preparation of high ED gruels (152 kcal/100g of gruel) having an appropriate consistency (Bostwick flow distance of 120mm/30s). On the other hand, each of these steps, tested individually, gave low ED gruels (24 and 30 kcal/100g of gruel, respectively) for the same Bostwick flow distance value, similar to the one of the traditional gruel. Barley malt incorporation did not modify the kinetics of acidification of the dough during decantation. However, the introduction of a precooking step induced a modification of the kinetics of acidification due to the destruction of the natural microflora and characterized by an important extension (up to 8 hours) of latency period. During this long latency period, the dough could undergo biochemical and bacteriological damages

The process combining both steps of modification proved highly efficient to increase the ED of gruels (on average, 440% more than the one of traditional gruel) and considerably delay the start of the fermentation. This disadvantage could be discarded through dough inoculation by the back-slopping technique.

Key words: Complementary food – Pearl millet fermented gruel – Energy density – Barley malt.

INTRODUCTION

Au Burkina, les aliments de complément les plus fréquemment consommés par les nourrissons sont des bouillies à base de céréales locales, pour la plupart fermentées. A Ouagadougou, les bouillies de mil fermenté sont acceptées et largement consommées par la population et en particulier par les jeunes enfants¹. Les bouillies de mil fermenté se caractérisent par leur pH acide ($3,9 \pm 0,1$), leur fluidité (écoulement Bostwick: 133 ± 17 mm/30 s) et leur faible densité énergétique (environ 30 kcal/100 g de bouillie). Si ces bouillies présentent un grand intérêt de par leur bonne acceptabilité sur les plans organoleptique et culturel et leur faible coût qui les rend accessibles aux couches de populations les moins aisées, leur valeur nutritionnelle, quant à elle, reste insuffisante ne permettant pas, dans les conditions habituelles de consommation (deux repas/jour), de compléter de manière adéquate les apports énergétiques du lait maternel. Il faut donc améliorer les procédés traditionnels utilisés pour augmenter la densité énergétique de ces bouillies². L'intérêt d'augmenter la densité énergétique des bouillies a, par ailleurs, été mis en évidence dans plusieurs autres contextes africains à l'occasion d'études réalisées sur les pratiques d'alimentation complémentaire et la valeur nutritionnelle des bouillies traditionnelles^{3,4}.

L'étude visait à améliorer la densité énergétique des bouillies de mil fermenté par la mise en œuvre de procédés (cuisson et incorporation de malt d'orge), seuls ou en combinaison, susceptibles de réduire la viscosité des bouillies.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériels

Mil

Pour éviter la variabilité émanant de la matière première, une quantité suffisante de mil (*Pennisetum glaucum*) a été achetée sur le marché comme le font les productrices pour les ateliers traditionnels.

Malt d'orge

Le malt d'orge utilisé nous a été fourni par la brasserie «Brakina». Le malt a été broyé et tamisé avant d'être utilisé comme source d'amylases.

Méthodes

Les procédés de transformation

Les informations sur les procédés traditionnels de transformation ont été recueillies lors des études préliminaires² et ces procédés ont été standardisés afin d'améliorer leur reproductibilité. L'ensemble des procédés de transformation est représenté sur la figure 1. Les principales étapes sont:

- le lavage: la quantité d'eau de lavage a été fixée au double du poids du mil;
- le trempage: l'eau de trempage a été fixée au double du poids du mil lavé (2/1; p/p). Selon les observations réalisées lors des études préliminaires, pour obtenir une acidification modérée de façon à ce que le pH en début de fermentation soit favorable à une activité optimale des alpha-amylases du malt d'orge ($4,7$ à $5,4$)⁵, il faut de ce fait que la durée de trempage soit comprise entre 5 et 13 heures. La durée de trempage a donc été fixée à 8 h;

- le lavage/égouttage: en fin de trempage, l'eau de trempage est éliminée. Le mil a été lavé avec une quantité d'eau respectant le rapport 3/1 (p/p);
- la mouture: les ingrédients aromatiques ajoutés avant mouture sont la menthe, le piment noir et le gingembre (respectivement 1, 1 et 2 g/100 g de mil trempé), combinaison la plus répandue chez les productrices;
- la filtration: une quantité d'eau égale à 3 fois le poids de la farine humide a été utilisée pour la filtration. Le mélange, eau plus farine, a été filtré sur une mousseline identique à celle utilisée par les productrices (maille de 0,5 mm) et les drêches recueillies ont été éliminées;
- la cuisson après filtration: le mélange, eau/farine, obtenu après filtration a été porté à ébullition pendant 10 min. La durée d'ébullition a été notée après que le mélange ait atteint une température d'environ 85°C. La quantité d'eau évaporée pendant les 10 min de cuisson a été calculée et rajoutée à la fin;
- l'incorporation de malt d'orge: le malt d'orge a été incorporé au taux de 1 % de la matière sèche de la farine humide. La pâte après cuisson est laissée refroidir jusqu'à 35°C ou 65°C puis le malt est incorporé. L'ensemble est laissé au repos pendant 12 h pour fermentation;
- la fermentation: la fermentation ou repos de la pâte après filtration ou cuisson a duré 12 h. La pâte après fermentation a été mélangée avant de préparer la bouillie;
- la cuisson finale: sa durée a été fixée à 5 min à partir d'une température d'environ 85°C. Elle est réalisée sur une plaque électrique de puissance 1000 W. Le temps de cuisson a été largement allongé dans le cas des procédés avec incorporation de malt qui ont donné des bouillies très fluides. Pour chaque procédé, des séries de 5 bouillies ont été préparées à des teneurs en matière sèche croissantes pour obtenir des valeurs permettant de tracer des courbes d'évolution de l'écoulement des bouillies en fonction de leur concentration à l'intérieur de l'intervalle de mesure d'écoulement du consistomètre de Bostwick (10 à 240 mm/30 s).

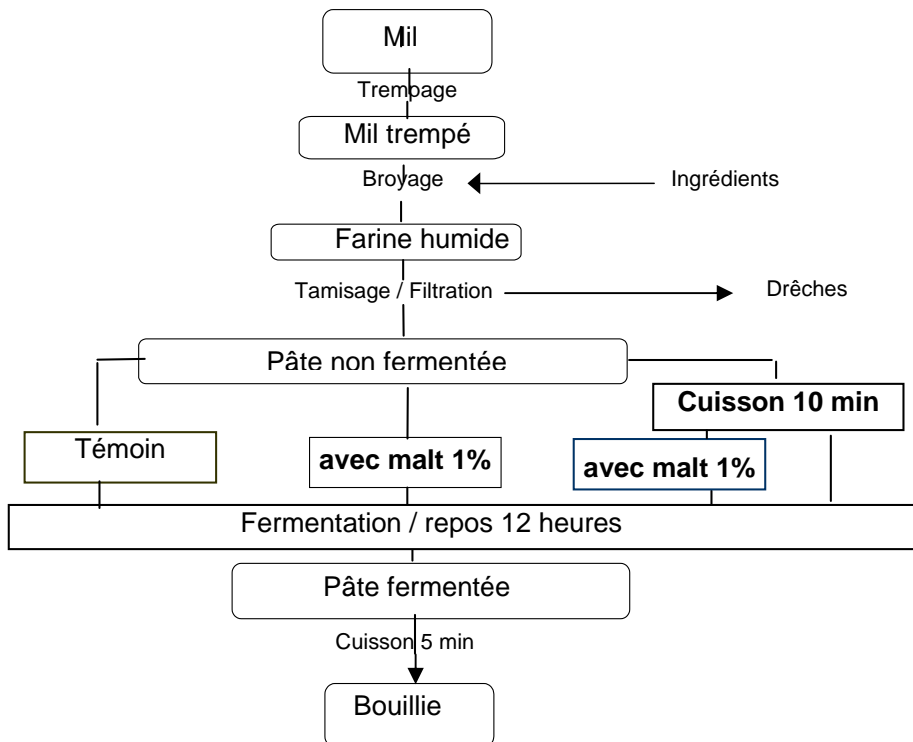


Figure 1: Schéma de préparation des bouillies selon les différents procédés.

Mesure de l'écoulement Bostwick

Le compartiment délimité par un système de type guillotine est rempli avec un volume déterminé (100 ml) de bouillie. A $t=0$, la bouillie est libérée et le paramètre de consistance retenu correspond à la distance parcourue par le «front de bouillie» après 30 secondes d'écoulement. La seule condition de mesure contrôlée a été la température de la bouillie, soit environ 45°C , température proche de celle de la consommation des bouillies.

Densité énergétique

La densité énergétique (DE) des bouillies a été calculée en multipliant par 4 kcal (contenu énergétique moyen d'un g de matière sèche) les teneurs en matière sèche des bouillies. Ces DE ont été calculées pour des consistances jugées comme optimales⁶ compte tenu des habitudes de consommation au Burkina Faso, correspondant à un écoulement Bostwick de 120 mm/30 s.

Enregistrement des cinétiques d'acidification

Les cinétiques d'acidification des pâtes ont été enregistrées au cours des étapes de fermentation dans les différents procédés. L'appareil utilisé a été un collecteur de pH (WTW 340, pH 340/set). Les données ont ensuite été transférées sur un ordinateur grâce au logiciel WTW 340 et les graphes ont été tracés à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2000.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Cinétiques d'acidification des pâtes

Les courbes de cinétiques d'acidification des pâtes présentent une même allure générale et se divisent en 3 phases (figure 2): une phase d'initiation de la fermentation, une phase d'acidification rapide et une phase de stabilisation du pH qui marque la fin de la fermentation. Toutes les cinétiques obtenues pour les pâtes ayant subi une cuisson après filtration ont une phase d'initiation de la fermentation relativement importante (jusqu'à 6-8 h).

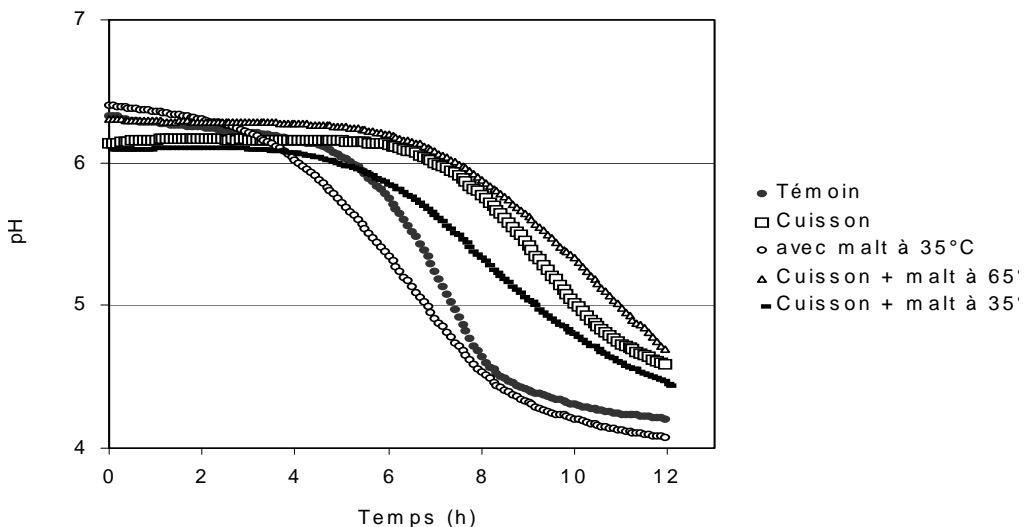


Figure 2: Cinétiques d'acidification des pâtes au cours de la fermentation (étape de repos de la pâte).

Cet allongement important de la phase d'initiation de la fermentation suite à l'introduction d'une étape de cuisson est probablement dû à la destruction de la flore naturelle initiale. Celle-ci contribue à retarder considérablement l'acidification des pâtes: après 12 h de fermentation, la stabilisation du pH est à peine amorcée et le pH est encore autour de 4,5. L'incorporation de malt ne semble pas entraîner de modification majeure de la cinétique d'acidification. Toutefois, la température d'incorporation du malt semble influencer la cinétique d'acidification des pâtes dans les procédés de cuisson et incorporation de malt. En effet, dans ces procédés, on note une acidification un peu plus rapide lorsque le malt est incorporé à 35°C.

Consistance des bouillies

Des séries de 5 bouillies ont été préparées à différentes concentrations à partir des pâtes fermentées obtenues selon les différents procédés. L'évolution de la consistance de ces bouillies en fonction de leur teneur en matière sèche est présentée sur la figure 3.

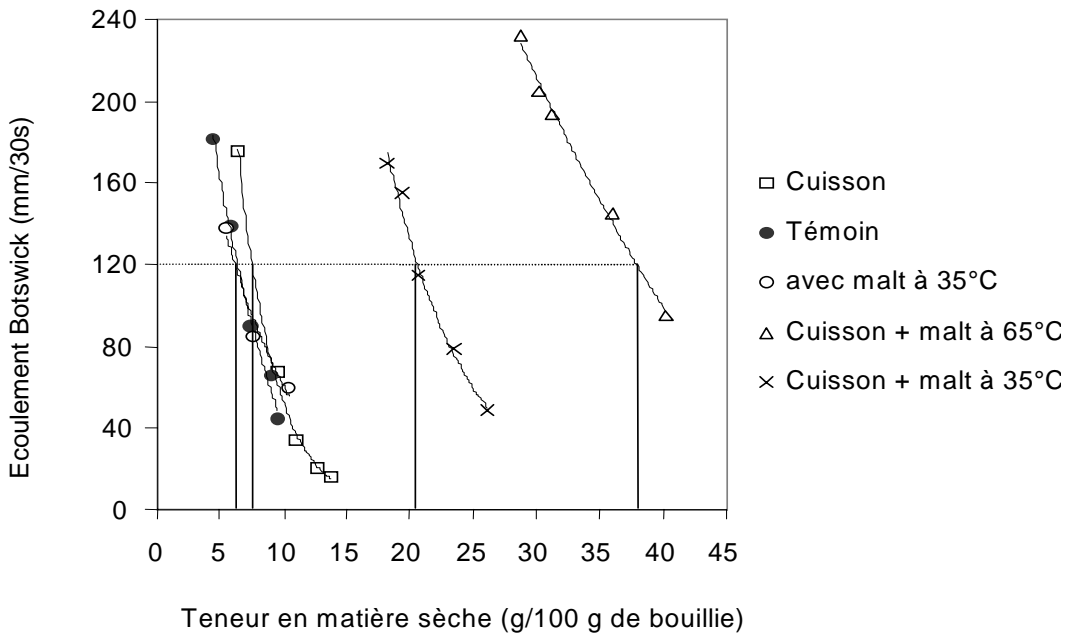


Figure 3: Evolution de la consistance des bouillies en fonction de leurs teneurs en matière sèche.

L'analyse des courbes de consistance obtenues montre que les procédés avec cuisson et incorporation de malt à 35°C et 65°C, dont les courbes se démarquent nettement des autres, ont permis de préparer des bouillies ayant à la fois une consistance appropriée (120 mm/30 s) et des teneurs en matière sèche très élevées (20,8 et 38,0 g/100 g de bouillie, respectivement). En revanche, les procédés (cuisson et incorporation de malt) testés individuellement n'ont permis d'obtenir que des bouillies qui, à consistance égale, n'atteignent que de faibles teneurs en matière sèche, similaires à celles des bouillies obtenues à partir des procédés traditionnels. Ceci met en évidence le fort pouvoir amylolytique du malt sur l'amidon gélatinisé sous l'effet de la cuisson. Cependant, la température d'incorporation de malt influence considérablement la consistance des bouillies. En effet, l'incorporation de malt à 65°C permet de préparer des bouillies, à consistance égale, de teneurs en matière sèche 2 fois supérieures à celles obtenues après incorporation de malt à 35°C. Cela confirme les résultats de l'étude⁵ selon laquelle, les alpha-amylases du malt d'orge ont

une activité optimale à une température autour de 70°C et à un pH entre 4,7 et 5,4. Des études similaires ont mis en évidence la réduction de la viscosité des bouillies traditionnelles fermentées ou non par incorporation de malts d'orge ou de sorgho. En effet, selon Traoré⁷, l'incorporation d'une farine de malt d'orge au taux de 3,8 % a permis d'obtenir des bouillies non fermentées de teneur en matière sèche de 25 g/100 g de bouillie et de consistance appropriée (≈ 120 mm/30 s). Une autre étude⁸, montre que l'incorporation d'une farine de malt de sorgho à un taux de 5 à 15 % et à 35°C permet de réduire la viscosité des bouillies fermentées ou non à des valeurs appropriées. Cependant, notre étude se distingue par l'utilisation d'un taux relativement faible (1 %) de malt d'orge à 65°C qui a permis d'obtenir des bouillies de très forte concentration (38 g/100 g de bouillie) à une consistance appropriée (120 mm/30 s). L'importante fluidification des bouillies fermentées pourrait s'expliquer d'une part, par la température d'incorporation du malt et, d'autre part, par la durée de contact au cours de la fermentation (10 à 12 h) entre les alpha-amylases du malt et l'amidon gélatinisé avant que le pH n'atteigne le seuil critique (4,7) d'inactivation des alpha-amylases.

Densité énergétique des bouillies

La DE des bouillies ayant une consistance optimale⁶ (écoulement de 120 mm/30 s) a été calculée à partir de la figure 3. Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 35°C et à 65°C ont permis d'obtenir des bouillies de DE très élevée (84 et 152 kcal/100 g de bouillie, respectivement). En revanche, ces mêmes étapes mises en œuvre individuellement, ont donné, des bouillies de faible DE (respectivement, 30 et 24 kcal/100 g de bouillie), similaires à celle de la bouillie traditionnelle. Les recommandations actuelles concernant la DE minimale des bouillies sont de 84 kcal/100 g de bouillie pour les enfants de 9 – 11 mois bénéficiant d'un allaitement maternel normal et de deux repas de bouillie par jour⁹. La DE des bouillies (non sucrées) des procédés de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C est nettement supérieure à ces valeurs. Il conviendrait, alors, d'optimiser le taux de malt incorporé, tout en tenant compte du supplément d'énergie apporté par la quantité de sucre habituellement ajoutée (20 g/100 g de matière sèche pour les bouillies fermentées de haute DE), pour obtenir des DE des bouillies proches des valeurs recommandées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les procédés combinant les étapes de cuisson et d'incorporation de malt à 65°C ont permis d'augmenter de façon très importante la densité énergétique des bouillies (+ 440 % par rapport à celle de la bouillie traditionnelle lorsqu'elles sont préparées avec une consistance correspondant à un écoulement Bostwick de 120 mm/30 s). Cependant, ces procédés, du fait de la cuisson, entraînent une destruction de la microflore naturelle de la pâte qui a pour conséquence de retarder considérablement le démarrage de la fermentation et d'aboutir, pour une durée de fermentation identique à celle du procédé traditionnel, à un pH final autour de 4,5 qui correspond à une zone de pH favorable à la prolifération de certains pathogènes. L'inoculation de la pâte à l'aide d'un pied de cuve d'une fabrication précédente pourrait compenser cet inconvénient. En tenant compte des objectifs nutritionnels et sanitaires, la combinaison de procédés la plus prometteuse pour améliorer la DE des bouillies pourrait être la cuisson / inoculation accompagnée d'une incorporation de malt.

La valorisation des ressources alimentaires locales pour une alimentation saine et équilibrée du jeune enfant doit se faire par des technologies simples, peu onéreuses, appropriées et appréciées des populations. Pour ce faire, notre étude qui a pour

avantage de s'appuyer sur des technologies traditionnelles doit être approfondie d'une part, en étudiant la possibilité de substituer le malt d'orge par du malt de céréales locales (mil, sorgho et maïs) et, d'autre part, par des études d'acceptabilité et de transférabilité des procédés modifiés.

RÉFÉRENCES

1. Djossou M, Mouquet C, Trèche S. Les bouillies de petit mil fermenté à Ouagadougou: modes de production, de commercialisation et de consommation. Poster présenté à l'atelier international "Les petites industries agroalimentaires pour une nutrition saine en Afrique de l'Ouest". Ouagadougou, Burkina Faso, 22 – 24 novembre 1999.
2. Tou EH, Mouquet C, Trèche S, Guyot JP, Traoré SA. Caractérisation des procédés traditionnels de fabrication des bouillies de petit mil fermenté dans 24 micro-ateliers de production à Ouagadougou. Communication présentée au Forum national de la Recherche Scientifique et des Innovations Technologiques (FRSIT). Ouagadougou, Burkina Faso, 11 – 18 mai 2002.
3. Trèche S, Giamarchi P, Pezennec S, Gallon G, Massamba J. Les bouillies de sevrage au Congo: composition, valeur nutritionnelle et modalités d'utilisation. Communication présentée aux 5èmes journées internationales du GERM. Balaruc. France, 23 – 27 novembre 1992.
4. Trèche S, Massamba J, Gallon G, Cornu A. Utilization and nutritive value of traditional weaning gruels in rural Congo. Communication affichée présentée au XVème Congrès International de Nutrition. Adelaide, Australie, septembre 1993.
5. Trèche S. Techniques pour augmenter la densité énergétique des bouillies. In: Trèche S, de Benoist B, Benbouzid D, Verster A, Delpeuch F, eds. *l'alimentation de complément du jeune enfant*. Paris: Orstom, 1995: 7–13.
6. Vieu MC, Traoré T, Trèche S. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living conditions. *Int J Food Sci Nutr* 2001;52:213–8.
7. Traoré T. Caractérisation et amélioration de la valeur nutritionnelle et de l'acceptabilité d'une farine infantile produite localement à Ouagadougou. Mémoire de DEA. Ouagadougou : Université de Ouagadougou, 2000:69.
8. Thaoge ML, Adams MR, Sibara MM, Watson TG, Taylor JRN, Goyvaerts EM. Production of improved infant porridges from pearl millet using a lactic acid fermentation step and addition of sorghum malt to reduce viscosity of porridges with high protein, energy and solids (30 %) content. *World J Microbiol Biotechnol* 2003;19:305-10.
9. Dewey KG, Brown KH. Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and applications for intervention programs. *Food Nutr Bull* 2003;24(1):5-28.

Remerciements: Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet "Cerefer" (www.mpl.ird.fr/cerefer/) financé par la Commission Européenne, contrat N°ICA4-CT-2002-10047.