

## Effet de l'incorporation de malt sur la fluidité et la densité énergétique des bouillies de maïs-arachide destinées aux nourrissons et aux jeunes enfants

Elenga Michel <sup>1,2,\*</sup>, Massamba Joachim <sup>1,2</sup>, Silou Thomas <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Équipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (Eprancongo)

<sup>2</sup> Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation Humaines BP 69, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo.

\* Auteur correspondant : E-mail : [elengamichel@yahoo.fr](mailto:elengamichel@yahoo.fr) Tél : 00 (242)06-654-38-56

Original submitted in on 18<sup>th</sup> May 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on July 27<sup>th</sup> 2012.

### RESUME

*Objectif* : L'objectif de ce travail est d'améliorer la consistance des bouillies afin de préparer des bouillies de haute densité énergétique par l'incorporation de malt et de carbonate de calcium avant ou après la fermentation. Le carbonate de calcium est incorporé pour élever le pH de la pâte fermentée de maïs-arachide, ce qui permettra à l'amylase contenue dans le malt d'hydrolyser l'amidon afin de réduire son taux de gonflement pendant la cuisson et par conséquent augmenter la fluidité et donc la densité énergétique des bouillies.

*Méthodologie et résultats* : La méthode consiste à étudier l'effet de l'incorporation de malt et de carbonate de calcium sur les bouillies en fonction de leur teneur en matière sèche. Les paramètres déterminés sont la consistance des bouillies (exprimée en mm/30s) réalisée grâce au consistomètre de Bostwick et la densité énergétique déterminée par calcul et exprimée en kcal/100ml de bouillie. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation de malt entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement associée avec une augmentation de la matière sèche et de la densité énergétique des bouillies. L'ajout de malt avant la précuisson donne des bouillies qui ont une consistance presque nulle. Les procédés avec précuisson et ajout de malt simultanément ont donné des bouillies ayant une consistance souhaitée (120mm/30s). Par contre, les procédés de précuisson et d'incorporation de malt testés individuellement, n'ont permis d'obtenir que des bouillies qui, à consistance égale à 120mm/30s ont des teneurs en matière sèche proches de celles des bouillies issues des procédés traditionnels.

*Conclusion et application*: Les modifications du procédé traditionnel de production de la pâte de maïs fermenté et de préparation des bouillies en réalisant la précuisson et en préparant des bouillies en présence de malt et de carbonate avant ou après fermentation ont entraîné une augmentation significative de la fluidité des bouillies. Elles ont permis de préparer des bouillies, de haute densité énergétique, conformes aux normes recommandées par l'OMS relatives aux aliments de complément destinés aux nourrissons et jeunes enfants. Ces résultats paraissent adaptés dans le cadre de la lutte contre la malnutrition infantile dans le contexte des ressources locales disponibles.

**Mots clés** : aliment de complément, nourrisson, densité énergétique, bouillie de maïs fermenté, malt

## Effect of the incorporation of malt on the fluidity and the energy density of porridge made from maize and groundnut intended for infants and young children.

### ABSTRACT

*Objective:* The objective of this work is to improve the consistency of the gruels in order to prepare the gruels of high energy density by incorporation of malt and carbonate before or after the fermentation. Calcium carbonate is incorporated to increase the pH of the fermented maize-groundnut dough, which will allow the amylase contained in malt to hydrolyze starch to reduce its rate of swelling while cooking and therefore increase the fluidity and thus the energy density of porridges.

*Methodology and results:* The method used consisted of studying the effect of the incorporation of malt and carbonate on the gruels according to their content of dry matter. The parameters determined were the consistency of the gruels (expressed in mm/30s) carried out by the viscosimeter of Bostwick and the energy density determined by calculation and expressed in kcal/100ml of porridge.

The results obtained show that the incorporation of malt involves an increase rate of flow associated with an increase of the dry matter and energy density of the porridges. The malt addition before the precooking gives the porridges which have an almost null consistency (0mm/30s). The processes with precooking and malt incorporation simultaneously gave the porridges a desired consistency of 120mm/30s. On the other hand, the processes of precooking and incorporation of malt individually tested, made it possible to obtain only porridges which, with consistency equal to 120mm/30s have dry matter close to that of the porridges resulting from the traditional processes.

*Conclusion and application:* The modifications of the traditional process of production of the fermented dough maize and the preparation of the porridges by carrying out the precooking and by preparing porridges in the presence of malt and of carbonate before or after fermentation, involved a significant growth of the fluidity of the porridges. This made it possible to prepare porridges, of high energy density, in conformity with the standards recommended by WHO relating to complemented food intended for the infants and young children. These results can be adapted within the framework of the fight against infantile malnutrition using the local resources available.

**Key words:** food additional, infant, energy density fermented maize porridge, malt.

### INTRODUCTION

La malnutrition constitue un véritable problème de santé publique dans les pays en voie de développement. Au Congo, près de 4470 enfants sont malnutris dont 26% souffrent de la malnutrition chronique, 6,6% sont émaciés et 14,5% ont une insuffisance pondérale (EDS Congo, 2006). Cette malnutrition infantile apparaît vers l'âge de 3 mois, période qui correspond, dans la majorité des cas, à l'introduction de l'aliment de complément au lait maternel chez le nourrisson (Cornu *et al.*, 1993). Avant 6 mois de naissance, tous les besoins nutritionnels de l'enfant sont couverts par le lait maternel (Akré, 1989 ; WHO, 1989 ; De Zoysa, 1991). Après 6 mois, le lait maternel ne suffit plus à couvrir entièrement les besoins nutritionnels au lait maternel en énergie et en protéines (Société canadienne de pédiatrie,

2004). Il apparaît donc nécessaire d'introduire dans l'alimentation du jeune enfant, des aliments nouveaux sous forme liquide ou semi liquide pour compléter les besoins nutritionnels au lait maternel (Dillon, 1989 ; OMS, 2010). Au Congo, les aliments de complément sont, dans la plupart des cas, préparés à partir des denrées locales, notamment des produits amylicés tels que le manioc et le maïs qui, ne subissent aucun traitement enzymatique préalable et entrent seuls dans la confection des bouillies locales mis à part leur teneur élevée en sucre (Ngoma-Mfoundou, 2001 ; Thomazic, 2003). Le maïs, sous forme fermentée, constitue la denrée la plus fréquemment utilisée dans la préparation des bouillies locales au Congo (Cornu *et al.*, 1993). Pendant la cuisson, ces bouillies s'épaississent très rapidement et par

conséquent l'enfant ne peut pas en consommer davantage (Trèche, 2004) compte tenu de son petit volume de l'estomac de l'ordre de 30g (ml)/kg de poids corporel (Sanchez-Grinan *et al.*, 1992). Ainsi, l'amidon des bouillies doit subir des traitements technologiques conduisant à la rupture des liaisons afin d'en réduire le taux de gonflement et par conséquent à augmenter leur fluidité. Des traitements technologiques susceptibles de modifier les propriétés de gonflement de l'amidon peuvent être utilisés pour améliorer la densité énergétique des bouillies, notamment les amylases industrielles (Tchibindat et Trèche, 1995), les amylases de céréales germées (Elenga *et al.*, 2009), la cuisson-extrusion (Mouquet *et al.*, 2001; Mouquet *et al.*, 2003). L'orge maltée pourrait être une solution adaptée à l'amélioration de la fluidité des bouillies. Mais, l'activité enzymatique peut être

influencée par le caractère acide de pâte de maïs fermenté. L'ajout d'un sel notamment le carbonate de calcium peut être utilisé pour permettre à l'amylase d'agir sur l'amidon.

Les traitements vont consister à améliorer la fluidité des bouillies en mettant en œuvre la précuisson, l'ajout de carbonate de calcium et l'incorporation de malt avant ou après la fermentation de la pâte de maïs fermenté. Les recommandations actuelles concernant la densité énergétique minimale des bouillies sont de 84Kcal/100g de bouillie pour les enfants de 9-11 mois bénéficiant d'un allaitement maternel normal et de deux repas de bouillie par jour (Dewey et Brown, 2003). Ce travail vise à améliorer la fluidité des bouillies et par conséquent à préparer des bouillies de haute densité énergétique à base de maïs fermenté.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Matériel alimentaire :** Le matériel utilisé est constitué par les grains de maïs et les graines d'arachide, tous deux, de variété blanche. Le choix du maïs et de l'arachide se justifie par leur utilisation courante dans la préparation des bouillies au niveau des ménages ruraux congolais (Trèche et Massamba, 1991).

### Méthodes

**Approvisionnement de la matière première alimentaire :** Les graines de maïs et les graines d'arachides sèches ont été achetées dans les dépôts de la gare ferroviaire de Pointe-Noire. Elles ont servies à la production de la pâte de maïs fermenté.

**Production de la pâte :** Les graines d'arachides préalablement séchées et décortiquées ont été trempées une nuit avant le broyage, afin que les graines réabsorbent de l'eau. Elles ont été mélangées avant broyage aux grains de maïs préalablement trempés pendant 4 jours dans les proportions de 25% de graines d'arachides pour 75% de graines de maïs trempé. Le mélange a été remué manuellement afin que les deux ingrédients gardent une distribution homogène qui facilite le broyage. Après broyage au moulin, la farine humide obtenue a été tamisée. Afin de déterminer les conditions d'utilisation de la source enzymatique, deux niveaux d'ajout de malt, de carbonate de calcium dans le procédé ont été répertoriés :

**Procédés I : Ajout de malt après la fermentation.** La farine humide tamisée a été traitée de la même manière que lors du procédé traditionnel de production de la pâte.

Plusieurs points d'ajout de malt et de carbonate ont été identifiés :

**1<sup>er</sup> cas : Ajout de malt après la précuisson.** Une quantité de 200g de pâte de maïs fermenté a subi la précuisson pendant 10mn. Des quantités de 1, 2, 3, 4, 5% de malt d'orge et 0,5% de carbonate de calcium ont été ajoutées, à la pâte ayant subi la précuisson, à différentes températures de refroidissement à 85°C, 80°C, 75°C, 70°C, 65°C, 60°C et 55°C. Chaque mélange a été ensuite malaxé et a servi à la préparation des bouillies ayant environ 20,9g de matière sèche pour 100g de bouillie et une vitesse d'écoulement de 120mm/30s. La préparation de la bouillie a été réalisée selon les procédés décrits par Trèche, 1995 et Elenga, 2012.

**2<sup>ème</sup> cas : Ajout de malt après la cuisson.** Une bouillie ayant 20,9g de MS a été préparée. Après cuisson, des quantités de 0,5% de carbonate de calcium et de 1, 2, 3, 4, 5% de malt ont été ajoutées, à différentes températures de refroidissement de la bouillie : 85°C, 75°C, 65°C, 55°C. Ces 2 points d'ajout de malt et de carbonate figurent dans la **figure 1**.

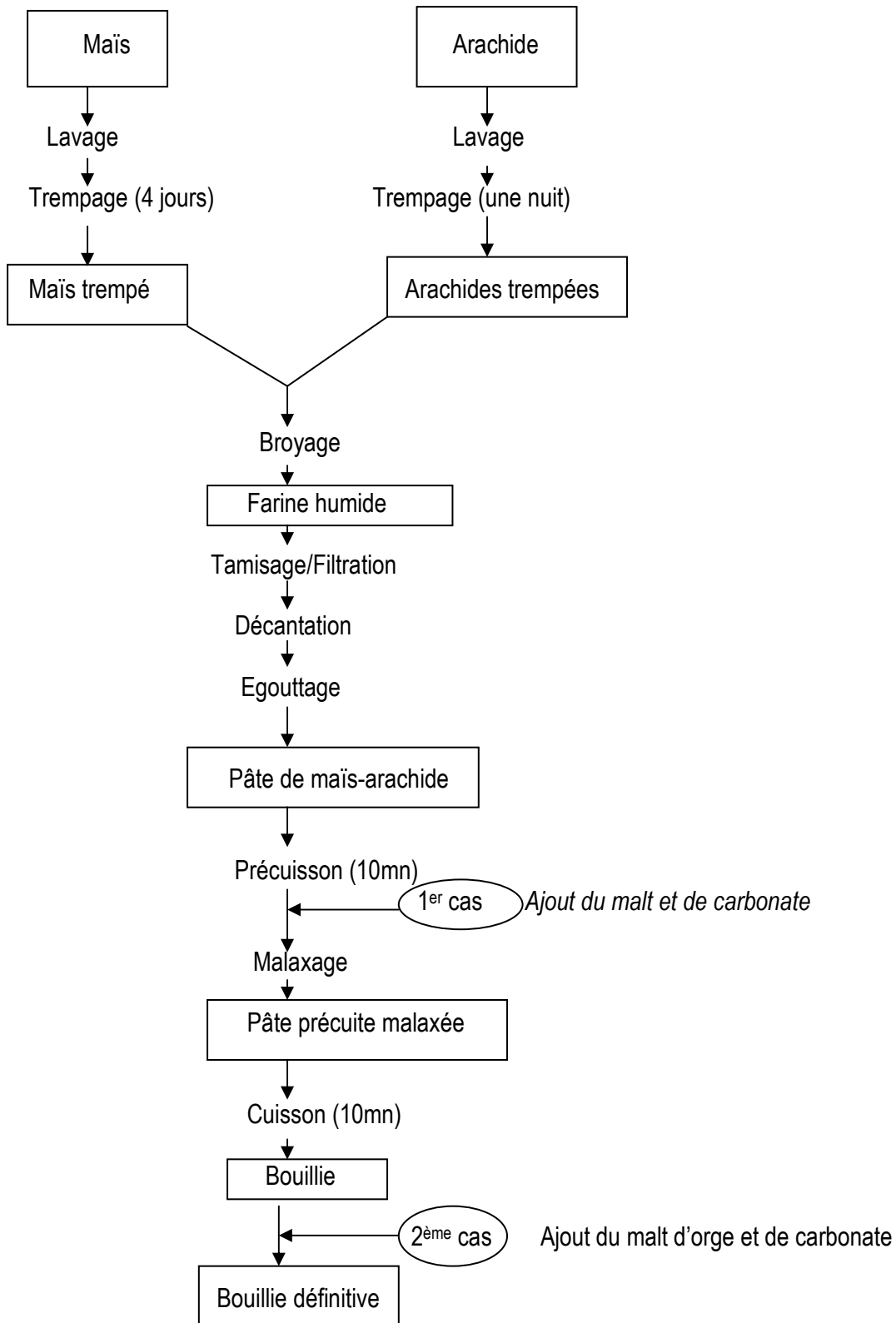
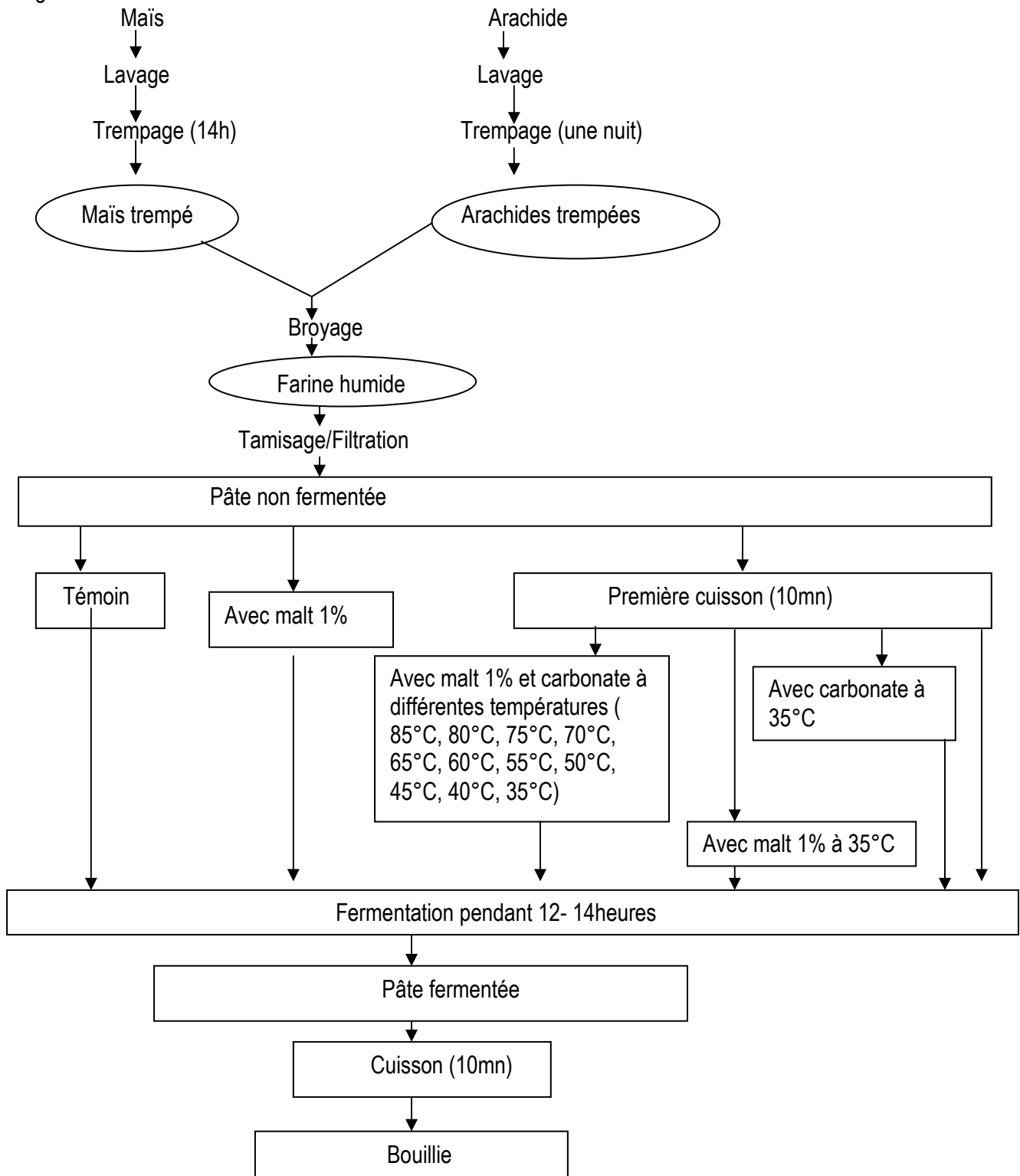


Figure 1 : Schéma de fabrication de pâte de maïs-arachide et les différents points d'incorporation de malt

**Procédés II :** Ajout de malt avant la fermentation. L'ajout de malt avant la fermentation a été fait selon la figure 2.



**Figure 2 :** Schéma modifié du procédé traditionnel de fabrication de la pâte de maïs-arachide

Les graines d'arachide préalablement séchées et décortiquées ont été trempées une nuit avant le broyage afin que les graines réabsorbent de l'eau. Elles ont été mélangées avant broyage aux grains de maïs préalablement trempés pendant 14 h et lavées dans les proportions de 25% de graines d'arachides pour 75% de graines de maïs trempé. Elles ont été broyées et la farine humide obtenue a été tamisée. La solution obtenue après tamisage a subi une précuisson de 10mn après que le mélange ait atteint environ 85°C. La pâte a été laissée se refroidir puis 1, 2, 3, 4, 5% de malt d'orge et 0,5% de carbonate de calcium ont été ajoutées sur la base de la matière sèche, à la pâte ayant subi la précuisson, à différentes températures de son refroidissement à 65°C, 60°C, 55°C, 45°C, 40°C, 35°C. La quantité d'eau évaporée pendant cette précuisson a été rajoutée à la fin. L'ensemble a été alors laissé au repos pendant 12 à 14h, en vue de la fermentation. Après fermentation, la pâte a subi une cuisson en vue de la préparation de la bouillie. La durée de cuisson a été fixée à 10mn après que le mélange ait atteint environ 85°C

**Détermination de la teneur en matière sèche des bouillies :** La teneur en matière sèche est déterminée par dessiccation de 10g de bouillie à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant.

**Méthode de mesure de la consistance des bouillies :** La consistance de la bouillie a été appréciée à travers sa vitesse d'écoulement ; cette vitesse a été évaluée à l'aide de la distance parcourue par 100ml de bouillie en 30s mesurée à l'aide du consistomètre de Bostwick.

**Calcul de la densité énergétique :** La densité énergétique a été déterminée par une méthode précise en associant tous les ingrédients apportant de l'énergie et en utilisant les coefficients de Merrill et Watt, 1955.

$$DE = (G \times 4) + (P \times 4) + (L \times 9)$$

G = masse de glucides

P = masse de protéines

L = masse de lipides

Ces densités sont calculées pour des bouillies ayant une vitesse d'écoulement de 120mm/30s et en utilisant les données de la qualité nutritionnelle des bouillies de maïs-arachide obtenues par Elenga, 2012.

## RESULTATS

### Procédé I

#### 1<sup>er</sup> cas : Ajout de malt après la précuisson à différentes températures de refroidissement de la boule de 200g :

Ajout de malt sans carbonate après la précuisson à différentes températures de refroidissement de la boule

La figure 3 présente les vitesses d'écoulement des bouillies auxquelles le malt a été ajouté sans carbonate à différentes températures de refroidissement de la boule après précuisson.

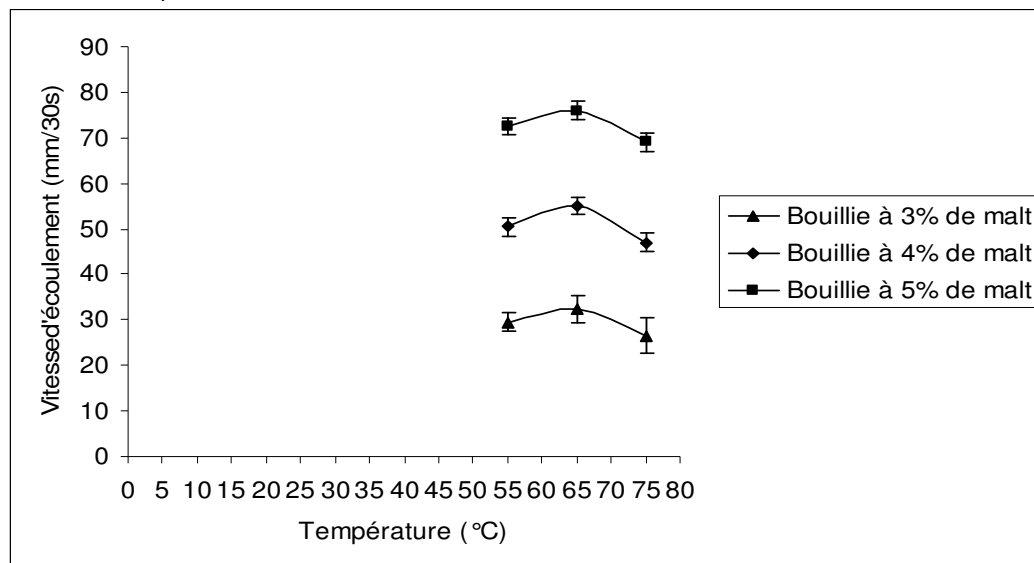


Figure 3 : Évolution de la vitesse d'écoulement des bouillies auxquelles le malt a été ajouté sans carbonate à différentes températures de refroidissement de la boule. Les valeurs sont les moyennes ± écart-type pour n = 3

Cette figure montre que la température influence largement l'activité enzymatique. Ainsi, entre 55 et 75°C, les vitesses d'écoulement varient entre 26,5 et 76mm/30s alors que vers les températures de 85°C, les vitesses d'écoulement sont nulles. Aussi, on constate que le taux de malt influence la vitesse d'écoulement des bouillies. En effet, pour une même température d'ajout de malt, les écoulements diffèrent. En dessous de 3% de malt, les bouillies ont les mêmes

caractéristiques rhéologiques que celles des bouillies traditionnelles.

**Ajout de malt et de carbonate après la précuisson à différentes températures de refroidissement de la boule :** Le tableau 1 suivant présente les variations de vitesse d'écoulement des bouillies auxquelles le malt et le carbonate sont incorporés après la précuisson à différentes températures de refroidissement de la boule de 200g.

**Tableau 1 :** Vitesses d'écoulement des bouillies auxquelles le malt et le carbonate sont ajoutés après la précuisson à différentes températures de refroidissement de la boule.

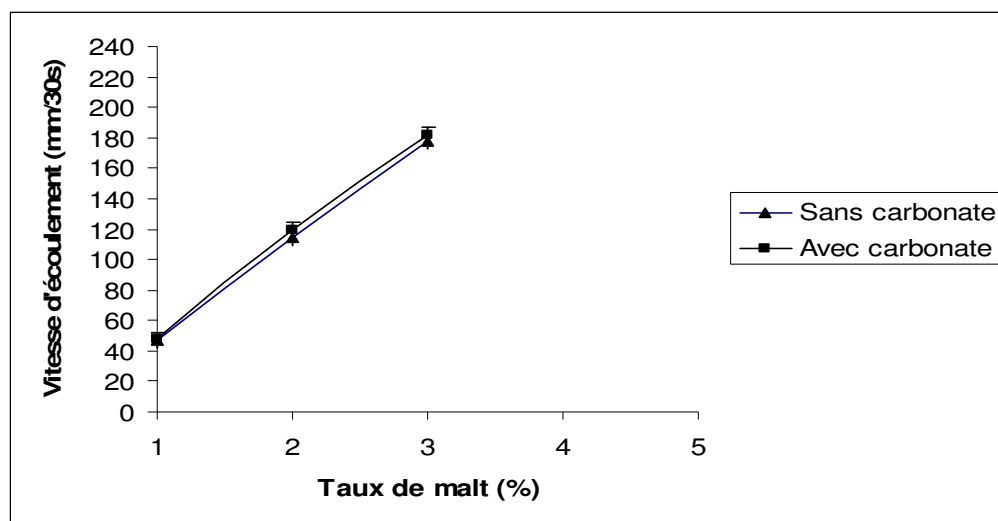
Vitesse d'écoulement / Température d'ajout de malt et de carbonate (°C)	Pour un taux de malt de 1% et carbonate (mm/30s)	Pour un taux de malt de 2% et carbonate (mm/30s)	Pour un taux de malt de 3% et carbonate (mm/30s)	Pour un taux de malt de 4% et carbonate (mm/30s)	Pour un taux de malt de 5% et carbonate (mm/30s)
55	53 ± 2	93,5 ± 1,5	128 ± 3	173 ± 2,5	212 ± 1
65	55,5 ± 1	94 ± 2	129,5 ± 2	174 ± 3	213 ± 2
75	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0

Les valeurs sont les moyennes ± écart-type pour n = 3

Ce tableau 1 montre que l'ajout de carbonate améliore la fluidité des bouillies. En effet, les vitesses d'écoulement varient de 53 à 213 mm/30s pour des températures de 55 à 65°C. Entre 75 et 85°C, les vitesses d'écoulement sont nulles.

**2<sup>ème</sup> cas : Ajout de malt après la cuisson**

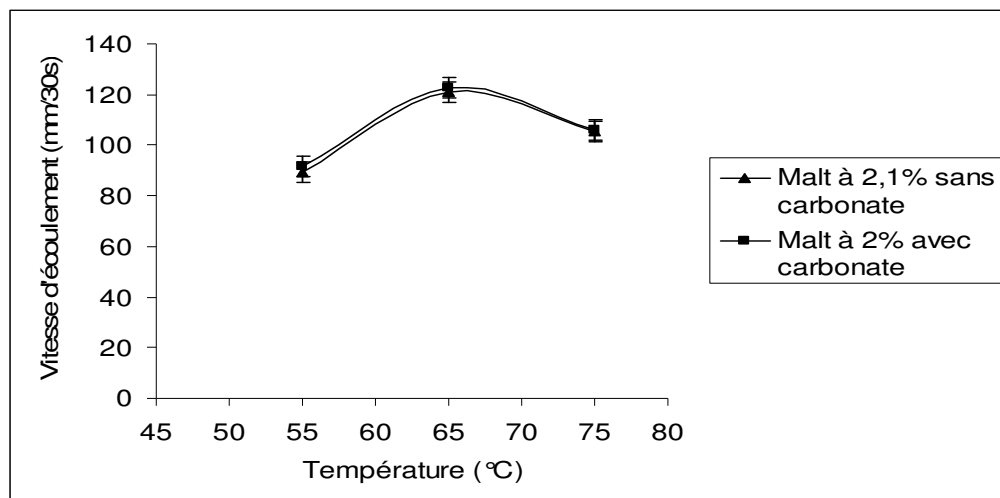
**Évolution de vitesse d'écoulement des bouillies auxquelles le malt est ajouté à 65°C avec ou sans carbonate lors du refroidissement de la bouillie après cuisson en fonction du taux de malt incorporé :** L'évolution de la vitesse d'écoulement des bouillies auxquelles le malt est ajouté après la cuisson avec ou sans carbonate est donnée par la figure 4.



**Figure 4 :** Évolution des vitesses d'écoulement des bouillies auxquelles le malt est ajouté après cuisson avec ou sans carbonate. Les valeurs sont les moyennes ± écart-type pour n = 3

Cette figure montre que l'ajout de malt après cuisson sans ajout de carbonate provoque une dégradation assez importante de l'amidon. Par ailleurs cette figure montre que le carbonate ne semble pas influencer la fluidité des bouillies lorsque le malt est incorporé après la cuisson.

**Évolution de vitesse d'écoulement des bouillies en fonction de la température, avec incorporation de malt et avec ou sans carbonate.** : L'évolution de la vitesse d'écoulement en fonction de la température à laquelle le malt a été incorporé avec ou sans carbonate est donnée par la figure 5.

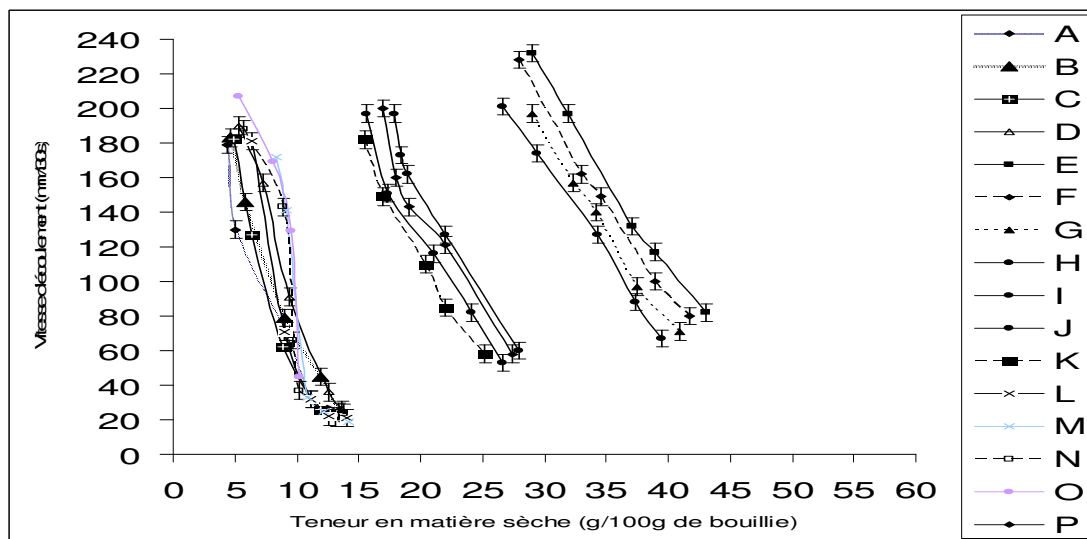


**Figure 5 :** Évolution de la consistance des bouillies en fonction de la température à laquelle le malt est incorporé avec ou sans carbonate. Les valeurs sont les moyennes  $\pm$  écart-type pour  $n = 3$

Cette courbe montre que pour un même taux de malt et de carbonate, les bouillies sont beaucoup fluides à la température de 65°C.

**La consistance des bouillies :** L'évolution de la consistance des bouillies avec incorporation de malt avant la fermentation, est présentée par la figure 6.

**Procédés II : ajout de malt et de carbonate avant la fermentation**



**Figure 6 :** Évolution de la consistance des bouillies avec incorporation du malt avant la fermentation Les valeurs sont les moyennes  $\pm$  écart-type pour  $n = 3$



- A : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 85°C
- B : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 80°C
- C : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 75°C
- D : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 70°C
- E : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 65°C
- F : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 60°C
- G : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 55°C
- H : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 50°C
- I : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 45°C
- J : Précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium à 35°C
- K : Précuisson + ajout de malt à 35°C sans carbonate
- L : Précuisson + ajout de carbonate de calcium sans malt
- M : Précuisson + sans ajout de malt et de carbonate de calcium
- N : Sans précuisson + ajout de malt et de carbonate de calcium
- O : Témoin (Sans précuisson et sans ajout de malt et de carbonate de calcium)
- P : Précuisson + ajout de carbonate et de malt à 40°C.

### L'analyse de ces courbes montre deux faits

- Les procédés ont une influence sur la consistance des bouillies : En effet, les procédés avec précuisson et ajout de malt à 35°C et 45°C avec ou sans carbonate permettent de préparer des bouillies ayant à la fois une consistance appropriée (120mm/30s) et des teneurs en matière sèche variant entre 20 à 23 g de MS /100g de MB. Les procédés avec précuisson et ajout de malt à 50°C, 55°C, 60°C, 65°C avec ou sans carbonate dont les courbes se séparent totalement des autres, permettent de préparer des bouillies ayant à la fois une consistance de 120mm/30s et des teneurs en matière sèche variant entre 34 et 38g de MS /100g de MB de bouillie. Par contre, les procédés de précuisson et d'incorporation de malt testés individuellement, permettent d'obtenir que des bouillies qui, à consistance égale à 120mm/30s, présentent des faibles teneurs en matière sèche autour de 7 à 10g de MS /100g de bouillie.
- La température d'ajout de malt influence considérablement la consistance des bouillies. En effet, les bouillies auxquelles le malt a été incorporé à 50°C, 55°C, 60°C, 65°C ont des teneurs en matière sèche

### DISCUSSION

L'amidon a une structure qui lui confère des propriétés particulières qui se traduisent par un taux de gonflement considérable. En effet, en excès d'eau et à des températures supérieures à 60°C, les grains d'amidon subissent un processus complexe aboutissant à leur solubilisation avec gonflement irréversible et modification de l'organisation moléculaire du grain d'amidon. Il s'ensuit que la densité énergétique des

plus élevées que les bouillies auxquelles le malt est incorporé à des températures de 35 et 40°C, elles mêmes plus importantes que les bouillies dont le malt est incorporé à des températures de 70°C, 75°C, 80°C et 85°C.

**La densité énergétique :** La densité énergétique correspondant à une consistance optimale (vitesse d'écoulement de 120 mm/30s) a été calculée à partir de la figure 6. En effet, les procédés avec précuisson et ajout de malt à 35°C et à 45°C, avec ou sans ajout de carbonate, permettent de préparer des bouillies de densité énergétique élevée variant entre 94,29 Kcal/100ml et 108,43 Kcal/100ml de bouillie. Les procédés avec précuisson et ajout de malt à 50, 55, 60, 65°C, avec ou sans incorporation de carbonate permettent de préparer des bouillies ayant des densités énergétiques variant entre 160,32 à 179,15 Kcal/100ml de bouillie. Cependant ces mêmes étapes prises individuellement donnent des bouillies de faible densité énergétique variant entre 33 à 47,145Kcal/100ml de bouillie. Leurs densités énergétiques sont similaires à la densité énergétique de la bouillie traditionnelle (42,43 Kcal/100ml de bouillie).

bouillies traditionnelles est généralement faible et se situe autour d'une moyenne de 50-60 Kcal/100g de bouillie (Trèche, 1995 ; Elenga *et al.*, 2009, Zannou-Tchoko *et al.*, 2011). De telles bouillies, compte tenu du faible volume de l'estomac de l'ordre de 30g (ml)/kg de poids corporel (Sanchez-Grinan *et al.*, 1992), ne sont pas en mesure de couvrir de manière efficace les besoins nutritionnels du nourrisson et du jeune enfant

en complément du lait maternel surtout que la fréquence de consommation journalière des bouillies est 2 fois/jour. L'incorporation de malt entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement associée avec une augmentation de la matière sèche et de la densité énergétique des bouillies.

L'ajout de malt après cuisson sans ajout de carbonate provoque une dégradation assez importante de l'amidon. Ce résultat pourrait s'expliquer par une modification des propriétés physico-chimiques de l'amidon. La chaleur conférée par la cuisson aurait provoqué une dégradation des acides organiques et augmenté le pH. En conséquence, elle aurait favorisé l'hydrolyse  $\alpha$ -amylasique par dispersion partielle de l'amidon (Amani et al., 1997).

Les procédés avec précuisson et ajout de malt simultanément ont donné des bouillies ayant une consistance souhaitée (120mm/30s). Par contre, les procédés de précuisson et d'incorporation de malt testés individuellement, n'ont permis d'obtenir que des bouillies qui, à consistance égale à 120mm/30s ont des teneurs en matière sèche proches de celles des bouillies issues des procédés traditionnels. Ces valeurs sont analogues à celles des bouillies témoins qui, pour une consistance de 120mm/30s ont une teneur en matière sèche de 9g MS/100g de bouillie. Ces résultats s'expliquent par le fait que la gélatinisation due à la

précuisson de l'amidon de la pâte de maïs non fermenté, est nécessaire pour l'action de l'amylase. Les études de Nguyen et al., (2010) ont montré les effets de l'amidon sur le comportement rhéologique des bouillies. De même, la densité énergétique des bouillies avec précuisson et ajout de malt simultanément est élevée que celle des bouillies avec précuisson et ajout de malt testé individuellement. Les recommandations actuelles concernant la densité énergétique minimale des bouillies sont de 84Kcal/100g de bouillie pour les enfants de 9-11 mois bénéficiant d'un allaitement maternel normal et de deux repas de bouillie par jour (Dewey et al., 2003). La température d'ajout de malt influence considérablement la consistance des bouillies. En effet, les bouillies auxquelles le malt a été incorporé aux températures de 50 à 65°C ont des teneurs en matière sèche plus élevées que les autres bouillies. Ces résultats correspondent à ceux de l'étude de Trèche, 1996. Les alpha-amylases du malt d'orge ont une activité optimale vers une température de 70°C et à un pH de 4,7 et 5,4 même si dans notre cas, nous n'avons pas eu une activité maximale de l'amylase à la température de 70°C. Le carbonate du calcium aurait élevé le pH de la pâte, ce qui favoriserait l'action de l' $\alpha$ -amylase à hydrolyser l'amidon, ce qui expliquerait les consistances obtenues.

## CONCLUSION

Les modifications du procédé traditionnel de production de la pâte de maïs fermenté que nous avons introduites, en réalisant la production de la pâte à base de maïs et d'arachide dans les proportions respectives de 75% et 25%, ont entraîné une augmentation de la consistance des bouillies et de la densité énergétique. L'incorporation de malt et de carbonate de calcium à la pâte ayant subi la précuisson a permis de préparer des bouillies ayant une consistance recommandée

(120mm/30s pour une teneur en matière sèche supérieure à 20g de MS/100g de bouillie). Cette consistance s'est révélée nettement plus importante lorsque le malt est ajouté avant la fermentation que lorsqu'il est incorporé après la fermentation. Ces résultats paraissent adaptés dans le cadre de la lutte contre la malnutrition infantile dans le contexte des ressources locales disponibles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Akré J., L'alimentation infantile. Bases physiologiques. Bulletin de l'Organisation Mondiale de la santé (1989), 67 (suppl.).
- Cornu A., Trèche S., Massamba J.P., Delpuech F., 1993. Alimentation de sevrage et interventions nutritionnelles au Congo. Cahiers Santé 1993; 3: 168-177.
- De Zoysa T., Why promote breastfeeding in diarrheal disease control programmes. Health policy and planning, (1991), p 371-379.
- Dewey KG., Brown KH. 2003. 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.
- Dillon JC, 1989. Les produits céréaliers dans l'alimentation de sevrage du jeune enfant en Afrique. In Michel P., éd Céréales en régions chaudes : conservation et transformation. Paris. Aupelf-Uref. Edition John Libbey. Eurotest, p 299-307.

- EDS-Congo, 2006. Enquête Démographique et de Santé au Congo (EDSC-I). Rapport préliminaire, 35p.
- Elenga M., Massamba J., Kobawila S. C., Makosso V. G., Silou T., 2009. Évaluation et amélioration de la qualité nutritionnelle des pâtes et des bouillies de maïs fermenté au Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(6) : 1274-1285.
- Elenga M., 2012. Amélioration de la qualité nutritionnelle et de la densité énergétique des bouillies de maïs fermenté et de farine d'ignames utilisées comme aliments de complément du nourrisson. Thèse de Doctorat Unique de l'Université Marien Ngouabi, 104p
- Louembé D., Brauman A., Tchicaya F., Kobawila S. C., 1996. Etude microbiologique et biochimique de la bouillie de maïs «poto-poto». *Microbiologie- Aliments Nutrition*, 1996 ; Vol.14, 245-253
- Merrill AL., watt BK., 1955. Energy value of food, Basis, Washington, DC; United States Department of Agriculture, 74p.
- Mouquet C., Salvignol B., Van Hoan N., Monvois J., Trèche S., 2003. Ability of a very low cost extruder to produce instant infant flours at a small scale level in Vietnam. *Food Chemistry* 2003; 82: 249-55.
- Mouquet C., Trèche S., 2001. Viscosity of gruels for infant a comparaison of measurement procedures. *Int J Foo Sci Nutr* 2001; 52: 389-400
- N'goma M'foundou R. S., 2001. Étude des modalités d'utilisation des aliments de complément chez le nourrisson et le jeune enfant de la ville de Pointe-Noire. Mémoire de fin d'études d'ingénieur, I.D.R., Université Marien NGOUABI, 56p
- OMS, 2010. Santé et développement de l'enfant et de l'adolescent. «Alimentation de complément».
- Sanchez-Grinan Mi, Peerson J., Brown Kh, 1992. Effect of dietary energy density on total ad libitum energy consumption by recovering malnourished children. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46, 197-204
- Tchibindat F., Trèche S., 1995. Vitafort : Une farine infantile de haute densité énergétique au Congo. In: Trèche S., De Benoist B., Benbouzid D., Delpuech F., 1995. L'alimentation de complément du jeune enfant. Actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter-pays, du 20 au 24 novembre 1994, à l'université Senghor, Alexandrie : 177-188
- Thomazic M., 2003. Caractérisation de la commercialisation et de la vente de poto-poto. Mémoire de DESS, Université de Montpellier II, 68p.
- Trèche S., Massamba J., 1991. 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 », Brazzaville, avril 1991.
- Trèche S., 1996. Influence de la densité énergétique et de la viscosité sur l'ingéré énergétique des nourrissons. *Cahiers Santé* 6, 237-243
- Trèche, 2004. Les bouillies fluides, bébés bien nourris. In: Information pour le développement agricole des pays ACP, N° 110, avril 2004
- WHO, Minor and trace relevance: why, what and when. Nestlé nutrition serves, 10 Raven Press New York, (1989), p 1-43.
- Zannou-Tchoko V. J., Ahui-Bitty L. B., Kouame K., Bouaffou Kouamé G. M., Dally T., 2011. Utilisation de la farine de maïs germé source d'alpha-amylases pour augmenter la densité énergétique de bouillies de sevrage à base de manioc et de son dérivé, l'attiéké. *Journal of Applied Biosciences* 37 : 2477-2484.