

# Farines infantiles améliorées au moringa pour la lutte contre la malnutrition protéino-énergétique au Mali

DAOU Cheickna,<sup>1</sup> COULIBALY Moussa,<sup>1</sup> SAMAKE Fassé,<sup>2</sup> DIALLO Mohamed Lamine Abdoulbaki,<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Technologie alimentaire de l'Institut des Sciences Appliquées (ISA / USTTB)

<sup>2</sup> Laboratoire de microbiologie de l'Institut des Sciences Appliquées (ISA / USTTB)

<sup>3</sup> Laboratoire National de la Santé (LNS) - Ministère de la santé du Mali

**RESUME :** Des farines infantiles, à base de céréales, de légumineuses locaux disponibles facile d'accès incorporant la poudre de *Moringa oleifera* ont été formulées et composées. Leurs teneurs en glucides, lipides, protéines et minéraux ont été déterminées respectivement par les méthodes de Bertrand, de Soxhlet, Kjeldahl et de spectrophotométrie d'absorption atomique. L'humidité a été déterminée par l'humidimètre. La qualité organoleptique des bouillies faites avec ces farines composées a été déterminée par le test de dégustation. Trois types de farines infantiles ont été formulés : la farine F1 (70% de mil, 17% de maïs, 7% de soja, 4,5% de lait, 0,5% de patate et 1% de Moringa), la farine F2 (40% de mil, 40% de maïs, 8% de soja, 7% d'arachide, 3% de lait, 1% de patate et 1% de Moringa) et la farine F3 (40% de maïs, 35% de mil, 10% de soja, 10% d'arachide, 3% de lait, 1% de patate et 1% de Moringa). Les farines ont une teneur moyenne en glucides 55,57 mg / 100g, protéines 14,21 mg / 100g, lipides 8,50 mg / 100g, humidité 7,66%, cendre 1,66 mg / 100g, énergie 365 kcal / 100 g. F2 a donné la plus faible humidité 6,27 %. Tandis que F3 avait la teneur en cendre la plus élevée 1,76 %. F2 et F3 ont donné sensiblement le même taux de protéine 15,75 % et 15,37 %. La qualité organoleptique de la bouillie faite avec la farine F2 a été jugée acceptable par rapport aux deux autres farines.

**Mots clés :** Farines, infantiles, Moringa, bouillie, malnutrition protéino-énergétique, Mali.

## 1. INTRODUCTION

Le lait maternel est considéré comme le meilleur aliment du nouveau-né. Ainsi, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande aux mères de nourrir leurs enfants exclusivement au sein jusqu'à 4-6 mois et de poursuivre l'allaitement, autant que possible jusqu'à deux ans, tout en introduisant peu à peu d'autres aliments y compris ceux du plat familial, [1]. Durant cette période dite de « sevrage » le bébé a besoin d'une nourriture spéciale lui fournissant suffisamment d'énergie, de protéines et d'autres matières nutritives comme des vitamines, des minéraux et des oligo-éléments. Or, dans les pays en développement, beaucoup de mères donnent aux enfants, de 6 à 60 mois, des bouillies qui sont le plus souvent préparées avec de la farine de céréales locaux (maïs, mil, sorgho etc). Ces bouillies remplissent l'estomac de l'enfant et lui coupent momentanément l'appétit, mais elles ne sont pas très nourrissantes car pauvres en protéines, en vitamines, en sels minéraux [2]. Leur densité énergétique est inférieure à 60 kcal pour 100 ml, soit moins que le lait [3]. Cette alimentation a pour conséquence la malnutrition, surtout celle dite protéino-énergétique [4].

La malnutrition protéino-énergétique est un problème majeur, qui affecte plus de 800 millions d'enfants de moins de 5 ans à travers le monde [5] et que plus de 54 % de décès de ces enfants lui sont attribuable. Globalement 1300 000 enfants meurent chaque de malnutrition [6]. Une analyse de 28 études épidémiologiques menée par la FAO [7] a montré que 56% de décès des enfants lui sont attribuable à la malnutrition et que dans 83% des cas il s'agit de la malnutrition légère à modérée. [7]. En effet, la mortalité et la morbidité particulièrement élevées des enfants de six mois à trois ans dans les pays en développement doivent beaucoup à la sous nutrition et à la malnutrition [5].

Au Mali, 30 % des enfants de 0 à 35 mois souffrent de malnutrition chronique. En d'autres termes, les enfants accusent un retard de croissance c'est-à-dire qu'ils sont trop petits pour leur âge [8]. Les régions les plus touchées sont Mopti et Sikasso respectivement avec 15 % et 13 % de cas de malnutrition [9]. Elles sont suivies par les régions de Kayes et Koulikoro (précisément les cercles de Nara et Kolokani) respectivement avec 12,6 % et 12,4 %. [9]. À Ségou, la malnutrition des enfants n'est pas directement liée à un manque de nourriture, mais plutôt du régime alimentaire des familles [10].

La prévalence de la malnutrition aiguë globale dans les régions du nord est de 12,4 % à Tombouctou et 13,5 % pour l'ensemble de la région de Gao caractérisé comme une situation nutritionnelle « sérieuse » selon la classification de l'OMS [11].

D'une manière générale la malnutrition se caractérise par une déficience en protéine et en énergie nécessaire pour assurer le développement l'enfant. Au sud du Sahara en général et au Mali en particulier, la nourriture qu'on donne aux enfants de façon traditionnelle est la bouillie à base de céréales [1]. Cette alimentation est déficiente en protéine à cause des techniques de transformation non appropriées telle que le décorticage.

D'autre part, il existe sur le marché des farines infantiles de bonne qualité comme phosphatine blé d'ina, vita-blé cérélac, etc. Mais, elles sont des produits industriels importés et d'un coût élevé. Par conséquent elles ne sont pas accessibles au plus nombre de mères, qui ont des faibles revenus.

Par, ailleurs le sevrage peut être considéré comme une agression nutritionnelle pour le nourrisson habitué à se nourrir exclusivement au lait maternel. Alors, l'utilisation des farines infantiles de qualité pendant cette période est d'une grande importance. Une farine infantile est une farine composée que l'on donne sous forme de bouillie aux enfants à partir de l'âge de six (6) mois en

complément du lait maternel. Elle doit être spécialement conçue pour couvrir leurs besoins nutritionnels en tenant compte des apports du lait maternel et de la fréquence journalière des repas. Les farines infantiles peuvent être obtenues à partir du mélange de céréales, légumineuses et autres intrants après une préparation minutieuse, qui prises séparément sont incapables de couvrir tous les besoins nutritionnels de l'enfant [12, 13].

Ainsi, plusieurs tentatives de production locale d'aliments de sevrage ont été engagées en Afrique pendant les décennies 50-70 et ont presque toutes échouées. Il a fallu attendre les années 80 pour qu'apparaissent les unités industrielles de production de farines infantiles telles que Misola au Burkina Faso en 1982, Vita fort au Congo à la fin de 1990, Viten au Togo en 1990. [14].

Ainsi, sur la base des travaux menés sur les besoins nutritionnels du nouveau-né, du nourrisson et de l'enfant en bas âge (avant 3 ans) depuis plus de 30 ans et des recommandations de l'OMS [15] que divers types d'aliments infantiles de bonne qualité nutritive ont été proposés [16], telles que la farine infantile à base de manioc et de soja [17], la farine de maïs germé, de sorgho germé et soja germé [18].

Dans le souci toujours d'élargir la gamme des farines infantiles, que nous avons initié cette étude de formulation de farines infantiles sur la base de nos céréales et légumineuses locaux d'accès et disponibilité facile pour toute mère en y incorporant du *Moringa oleifera*, pour la lutte contre la malnutrition protéino-énergétique des enfants au Mali.

*Moringa oleifera*, plante disponible un peu partout au Mali, est riche en nutriments (protéines, minéraux, vitamines ...). La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* a été introduite dans les farines infantiles, afin d'augmenter leur teneur en protéines, vitamines et minéraux [19].

Ainsi, l'objectif de cette étude est de formuler trois types de farines infantiles avec du mil, maïs, soja, arachide, patate, poudre de lait entier et poudre de feuilles de moringa, tout en les caractérisant sur le plan physicochimique, nutritionnel et organoleptique.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal était composé de céréales (mil, maïs), de légumineuses (soja et arachide), de légumes (patate douce) et de moringa (poudre).

### 2.1 Production de farines

#### 2.1.1 Production de farine de mil germé

Le mil, acheté au marché local de Kalaban-coura, a été nettoyé, lavé et trempé dans une bassine contenant de l'eau à la température ordinaire pendant 7 heures. Après trempage, il a été d'abord essoré à l'aide d'un tamis, puis enveloppé dans un tissu en coton et placé dans le germeoir pour une germination de 3 jours.

Les grains germés ont été d'abord séchés à l'ombre avant d'être séparés de leurs plantules pour être finement broyés à l'aide d'un broyeur de céréale type UMC5. Ensuite, elle a été tamisée avec un tamis de maille 1mm.

#### 2.1.2 Production de farine de maïs

Les grains de maïs décortiqués, achetés au marché local de Kalaban-coura, ont été nettoyés, lavés et séchés à 45°C à l'étuve. Ensuite, ils ont été finement broyés avec

le broyeur de céréale type UMC5 et tamisés à l'aide d'un tamis de maille 1mm.

#### 2.1.3 Production de farine de soja

Les grains de soja, achetés au marché local de Bolibana, ont été nettoyés, triés et lavés. Après, essorage et séchage ils ont été broyés et tamisés avec un tamis de maille 1 mm

#### 2.1.4 Production de farine de patate

Les tubercules de patate ont été soigneusement nettoyés et finement découpés (épaisseur 1mm). Les tranches de patate ont été ensuite séchées à l'ombre pendant 48 heures puis broyées finement en poudre (maille 1 mm).

#### 2.1.5 Production de farine d'arachide torréfiée (pâte)

Les grains d'arachides, achetés au marché local ont été triés et torréfiés jusqu'à l'obtention de la coloration dorée. Après torréfaction, ils ont été débarrassés de leurs fines pellicules par vannage afin d'être broyés.

#### 2.1.6 Production de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera*

Les feuilles de *Moringa* ont été lavées avec de l'eau javellisée (10%) et séchées à l'ombre pendant quatre jours avant d'être finement broyées et tamisées (maille 1mm).

Toutes ces farines produites ont été conservées au congélateur en attente des analyses futures.

### 2.2 Formulation de farines composées

Elle a été faite sur la base de la complémentarité de compositions de chaque farine en vue d'obtenir une farine composée ayant une grande valeur énergétique et protéinique.

Ainsi, 3 types de farines composées ont été formulés :

- **La farine composée F1** : farine de soja, farine de mil germé, farine de maïs, farine de patate, poudre de moringa et lait en poudre.
- **La farine composée F2** : farine de soja, farine de mil germé, farine de maïs, farine de patate, pâte d'arachide, poudre de moringa et poudre de lait.
- **La farine composée F3** : farine de soja, farine de mil germé, farine de maïs, farine de patate, pâte d'arachide, poudre de moringa et poudre de lait.

### 2.3 Détermination des propriétés physicochimiques des farines composées

Toutes les déterminations ont été répétées 3 fois.

#### 2.3.1 Détermination de l'humidité et matière sèche des farines composées

L'humidité et la matière sèche ont été déterminées avec l'humidimètre. Ainsi, 1g de chaque type de farine composée a été introduit dans l'appareil puis mis en marche. Leurs valeurs ont été lues sur l'écran à la fin de la déshydratation.

#### 2.3.2 Détermination de la teneur en cendre des farines des farines composées

La teneur en cendre a été déterminée par la méthode d'incinération, ainsi, une prise d'essai de 5 g de chaque type de farine a été incinérée dans un four à moufle à 550 °C pendant 5 à 6 heures.

La teneur en cendre a été calculée par la formule suivante :

$$\% \text{ cendre} = [(P3 - P1) / (P2 - P1)] \times 100$$

Où **P1** = Poids creuset vide, **P2** = Poids creuset + échantillon avant incinération et **P3** = Poids creuset + échantillon après incinération

#### 2.3.3 Dosage des protéines brutes par la méthode kjeldahl

La détermination de la teneur en protéines des farines composées a consisté à faire une minéralisation à chaud

de 0,5 g de chaque farine dans 10 ml d'acide sulfurique et 15 ml de peroxyde d'hydrogène (30 %) jusqu'à ce que la solution devient claire et limpide. Après minéralisation, l'ammoniac a été ensuite distillé dans 40 ml de solution de NaOH à 40 % puis récupéré dans 50 ml d'acide borique. La titration de l'azote a été réalisée par une solution d'acide sulfurique 0,1 N en présence d'indicateur coloré le rouge de méthyle.

Ainsi, la teneur en protéine a été calculée de la façon suivante :

$$\% P = N \times 6,25 = 0,14 \times V \times 25$$

Où **P** : le pourcentage en protéine et **N** : le taux d'azote brute avec

$$\% N = (0,0014 \times V \times 100) / m \quad \text{Où } m : \text{ la masse de l'échantillon}$$

**V** : le volume d'acide sulfurique 0,1N utilisé dans la titration

#### **2.4.4 Dosage des glucides totaux par la méthode de Bertrand**

La détermination des glucides a consisté à mesurer 4g de chaque échantillon dans un ballon, auquel 40 ml d'eau distillée, 1ml d'acétate de zinc [Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>] et 1ml d'acide chlorhydrique (HCL) concentré ont été ajoutés. Le mélange a été porté à l'ébullition pendant 2 h 30 min. Après, refroidissement 3 gouttes de phénolphaléines et 20 ml de NaOH à 27 % ont été ajoutés. Par la suite, le mélange a été transféré dans une fiole de 1000 ml et complété avec de l'eau tiède jusqu'au trait de jauge. Après, filtration, 20 ml de l'échantillon ont été mesurés dans un tube à essai auxquels il a été ajouté 20 ml de solution alcaline (Tartrate double de sodium et de potassium, NaOH et eau distillée) et 20 ml de sulfate de cuivre. Ce mélange a été chauffé jusqu'à l'ébullition et maintenu pendant 3 min. Après refroidissement, la solution a été centrifugée et le résidu lavé avec l'eau chaude puis centrifugée. Le résidu final a été dissout dans 5 ml de solution ferrique dans un erlenmeyer et titré avec la solution de KMnO<sub>4</sub> étalonnée jusqu'à l'obtention d'une coloration rose.

Le taux de glucide total a été calculé par la formule suivante :

$$G = S \times 100 / M \times V$$

Où **S** est la correspondance de **Cu** selon le tableau de Fehling, **M** : la masse de la prise d'essai (g) et **V** : la descende de burette (ml)

Par ailleurs, **Cu** = **X** \* **V**

Où **X** : quantité de Cu (mg) correspondant à 1 ml de KMnO<sub>4</sub>

**Cu** : quantité de cuivre (mg) réduit par les sucres de l'échantillon

#### **2.4.5 Dosage des lipides par la méthode de soxhlet**

Le dosage des lipides a été fait par la méthode de Soxhlet, qui a consisté à mesurer 50 ml d'hexane, dans un ballon de 100 ml de poids (**P<sub>1</sub>**) préalablement défini. Ensuite 5 g de chaque échantillon ont été pesés dans des cartouches à extraction adaptées à l'extracteur (SOXTEC 10461042) et fermées avec des tampons de coton. L'ensemble a été chauffé à 205 °C pendant 90 min. Après chauffage, le ballon a été placé dans un bain-marie

à 60 °C pour évaporer l'hexane et séché dans une étuve réglée à 105°C. Après refroidissement dans le dessiccateur, le ballon et son contenu ont été pesés (**P<sub>2</sub>**). Le taux de lipide a été calculé de la façon suivante :

$$\% L = [(P_2 - P_1) PE] \times 100 \quad \text{avec } PE = \text{ poids de la prise d'essai}$$

#### **2.4.6 Dosage des minéraux par spectrophotométrie d'absorption atomique**

Le dosage des minéraux a été fait à l'aide de la spectrophotométrie d'absorption atomique. Ainsi, 0,5 g de chaque échantillon ont été pesé et placé après dans des matras. Ensuite 10 ml d'acide sulfurique concentré 95% et 15 ml d'eau oxygène ont été ajoutés et l'ensemble a été bien mélangé par le vortex.

Les solutions ont été minéralisées jusqu'à l'obtention de solution claire et limpide. Après refroidissement, elles ont été transférées dans des fioles de 100ml et complétées avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Les solutions ainsi préparées ont été analysées par la spectrophotométrie d'absorption atomique pour la détermination des différents minéraux.

#### **2.5 Calcule de la valeur énergétique**

Les valeurs énergétiques (Kcal) des farines de complément (F1, F2, F3) ont été calculées en utilisant les coefficients d'Atwater et Benedict selon la formule suivante :

$$VE = m \text{ glucides (g)} \times 4 \text{ kcal} + m \text{ protéines (g)} \times 4 \text{ kcal} + m \text{ lipides (g)} \times 9 \text{ kcal}$$

#### **2.6 Tests organoleptiques des bouillies**

Les tests organoleptiques ont été réalisés avec des bouillies préparées en mélangeant 40 g de chaque farine avec 350 ml d'eau, auxquels on a ajouté 0,5 g de NaCl. La cuisson a durée 10 min.

Ainsi, quinze (15) participants (6 hommes et 9 femmes) ont été choisis sur la base de leurs expériences en dégustation pour apprécier la couleur, la saveur, l'odeur et la texture des différentes bouillies en les notant de 1 à 5.

Très mauvais 2- Mauvais 3- Passable 4- Bon 5- Excellent

#### **2.7 Analyses statistiques**

Les résultats des analyses ont été présentés sous forme de moyen ± écart-type de trois (3) répétitions. Le traitement des résultats a été fait par analyse des variances (ANOVA) au seuil de significativité  $P < 0.0001$ . Ces tests ont été effectués à l'aide du logiciel Epi info for Windows version.7.0.

### **3. RÉSULTATS et DISCUSSION**

#### **5.1. Farines composées améliorées préparées**

Le tableau 1 résume la composition qualitative et quantitative des farines composées F1, F2 et F3. Dans la farine F1 le mil représente 70%. Dans la farine F2, le maïs et le mil sont en proportion égale soit 40% par contre dans la farine F3, la proportion du maïs est légèrement supérieure à celui du mil (40% contre 35%).

À la fin du mélange 500g, cinq cents grammes ont été conditionnés pour la préparation des bouillies et analysent.

**Tableau 1:** Formules des farines composées

| MATIERES            | Quantités en pourcentage (%) |          |         |
|---------------------|------------------------------|----------|---------|
|                     | Farines 1                    | Farine 2 | Farine3 |
| Farine de mil germé | 70%                          | 40%      | 35%     |
| Farine maïs         | 17%                          | 40%      | 40%     |
| Farine de soja      | 7%                           | 8%       | 10%     |
| Farine de patate    | 0,5%                         | 1%       | 1%      |
| Pâte d'arachide     | 0                            | 7%       | 10%     |
| Lait de lait        | 4,5%                         | 3%       | 3%      |
| Moringa             | 1%                           | 1%       | 1%      |

### 5.2 Composition physicochimique et nutritionnelle des farines composées

Il ressort de l'analyse du tableau 2 que la teneur en glucide de farine F1 est de  $60,64 \pm 2,03$  mg/100g, suivi de la farine F2 avec  $58,18 \pm 1,45$  mg/100g. Cette teneur en glucide est de  $52,94 \pm 1,05$  par mg/ 100 mg pour la farine Misola. Globalement on peut dire que les teneurs en glucide de la farine F1 et F2 sont supérieures à celle de Misola.

La teneur en protéine de la farine 2 est de  $15,75 \pm 0,60$  mg/100g. Cette valeur est plus élevée que celle de Misola

et de Monibarikama avec respectivement  $12,18 \pm 0,95$  et  $9,71 \pm 1,4$  par mg/ 100 mg. La teneur en lipide de Misola et farine 3 sont presque identiques avec  $10,48 \pm 0,20$  mg/100g et  $10,89 \pm 0,10$  mg/100g, la plus faible teneur en lipide est observée en farine 1 avec  $5,87 \pm 0,62$  mg/100g. La valeur de cendre des farines 1, 2 et 3 est inférieure à la valeur de cendre de Monibarikama et Misola. Les farines 1, 2 et 3 ont une valeur énergétique plus élevée que la farine Monibarikama et Misola, cela nous permet de dire que les farines formulées répondent mieux aux normes alimentaires.

**Tableau 2 :** Composition physico- chimique de la farine composée (mg / 100g de farines)

| Nutriments | Farine 1         | Farine 2         | Farine 3         | Monibarikama    | Misola           | Valeur de p |
|------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Glucide    | $60,64 \pm 2,03$ | $58,18 \pm 1,45$ | $50,51 \pm 0,6$  | $61,74 \pm 0,7$ | $52,94 \pm 1,05$ | 0,0001      |
| Protéine   | $11,52 \pm 0,55$ | $15,75 \pm 0,60$ | $15,37 \pm 1,30$ | $9,71 \pm 1,4$  | $12,18 \pm 0,95$ | 0,0001      |
| Lipide     | $5,87 \pm 0,62$  | $8,73 \pm 0,22$  | $10,89 \pm 0,10$ | $5,60 \pm 0,56$ | $10,48 \pm 0,20$ | 0,0001      |
| Humidité   | $8,32 \pm 0,31$  | $6,27 \pm 0,83$  | $8,39 \pm 0,79$  | $9,58 \pm 0,71$ | $7,25 \pm 2,09$  | 0,0409      |
| Cendre     | $1,60 \pm 0,35$  | $1,63 \pm 0,45$  | $1,76 \pm 0,27$  | $2,30 \pm 0,52$ | $2,8 \pm 0,01$   | 0,0100      |
| Energie    | $350 \pm 0,00$   | $376 \pm 0,00$   | $369 \pm 0,00$   | $344 \pm 0,00$  | $351 \pm 0,23$   | 0,0001      |

### 5.3. Détermination des minéraux

Le tableau 3 présente les teneurs en minéraux des farines. La valeur du Zinc dans la farine F2 est de  $(6,14 \pm 1,06)$  mg) tandis qu'elle est  $(6,85 \pm 1,96)$  mg) dans la farine Misola. Les valeurs du zinc  $(3,44 \pm 0,41)$ ,  $(2,88 \pm 0,52)$  et  $(1,4 \pm 0,50)$  respectivement des farines F1, F3 et MB sont les moins élevés. Quant aux valeurs du cuivre de nos farines  $(0,77 \pm 0,46)$ ,  $(0,80 \pm 0,07)$ ,  $(0,87 \pm 0,80)$  elles sont nettement inférieures à celles des farines témoins  $(0,97 \pm 0,13)$  farine MB. Les valeurs en magnésium varient en fonction des types de farines. Soit  $(97,88 \pm 0,434)$ ,  $(77,38 \pm 1,65)$ , Les teneurs en fer pour la farine MB est de  $(22,64 \pm 4,37)$  mg) cette valeur est nettement supérieure à celles des farines composées F3 :  $(3,61 \pm 0,62)$ , F2 :  $(3,88 \pm 0,85)$ , F1 :  $(5,24 \pm 0,95)$  et également supérieur à la farine Misola  $(6,38 \pm 1,05)$ . Les teneurs en manganèse sont respectivement pour les farines F3  $(0,55 \pm 0,1)$ , F2  $(0,60 \pm 0,08)$ , F1  $(0,65 \pm 0,10)$  et  $(0,54 \pm 0,12)$  pour MB. Cette valeur est nettement élevée  $(2,48 \pm 1,26)$  dans la farine composée de Misola.

$(65,04 \pm 12,81)$ ,  $(80,63 \pm 8,03)$  et  $(55,55 \pm 3,92)$  respectivement F1, F2, F3 MB et Misola. Les valeurs en potassium sont  $373,95 \pm 96,75$  mg pour la farine F3,  $355,75 \pm 115$  pour la farine F2,  $349,75 \pm 104$  pour la farine F1,  $364,22 \pm 14$  sont nettement inférieures  $391,82 \pm 83,8$  à celles de la farine témoin Misola. Les teneurs en sodium, sont de  $36,43 \pm 15,70$  pour la farine F3,  $(42,37 \pm 4,90)$  mg) pour la farine F2,  $(45,54 \pm 10,8)$  pour la farine F1. La valeur pour le Codex Alimentarius est de 24mg. Ces valeurs sont largement inférieures à celle de la farine témoin MB  $(245 \pm 41,40)$  mg) et Misola  $(92,34 \pm 14,3)$ .

En effet, le calcium dans les farines composées F2 est de  $(10,33 \pm 0,81)$ ,  $(14,04 \pm 2,00)$  pour F1 et  $(15,02 \pm 2,42)$  pour F3. ces valeurs sont conformes aux normes du codex alimentarius qui est de 20mg. Mais ces valeurs sont cinq fois plus élevées que dans les farines témoins respectivement  $(3,54 \pm 0,72)$  pour MB et  $(4,33 \pm 1,86)$  pour Misola.

### 5.4. Tests organoleptiques

Le tableau 4 nous donne les résultats du test organoleptique.

**Tableau 3** : Teneurs en minéraux des farines composées (mg / 100 g de farines)

| Minéraux  | Farine 1    | Farine 2   | Farine 3     | Moni Barikama | Misola      | Valeur de p |
|-----------|-------------|------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| Zinc      | 3,44±0,41   | 6,14±1,03  | 2,88±0,52    | 1,4±0,50      | 6,85±1,96   | 0,0004      |
| Cuivre    | 0,87±0,80   | 0,77±0,46  | 0,80±0,07    | 0,97±0,13     | 0,97±0,13   | 0,5315      |
| Magnésium | 97,88±0,434 | 77,38±1,65 | 65,04±12,81  | 80,63±8,03    | 55,55±3,92  | 0,0003      |
| Potassium | 349,75±104  | 355,75±115 | 373,95±96,75 | 364,22±,14    | 391,82±83,8 | 0,084       |
| Sodium    | 45,54 ±10,8 | 42,37±4,90 | 36,43±15,70  | 245±41,40     | 92 ,34±14,3 | 0,0001      |
| Manganèse | 0,65±0,10   | 0,60±0,08  | 0,55±0,11    | 0,54±0,12     | 2,48±1,26   | 0,0071      |
| Fer       | 5 ,24±0,95  | 3,88±0 ,85 | 3,61±0,62    | 22,64±4,37    | 6,38±1,05   | 0,0001      |
| Calcium   | 14,04±2,00  | 10,33±0,81 | 15,02±2,42   | 3 ,54±0,72    | 4,33±1,86   | 0,0001      |

**Tableau 4** : Caractéristique organoleptique des bouillies

| Farines   | Paramètres |        |       |         |               |
|-----------|------------|--------|-------|---------|---------------|
|           | Couleur    | Saveur | Odeur | Texture | Acceptabilité |
| Farine F1 | 3,4        | 2,9    | 3     | 3       | 2,7           |
| Farine F2 | 3,3        | 2,9    | 3,1   | 3,3     | 2,8           |
| Farine F3 | 3,6        | 2,8    | 2,9   | 3,1     | 2,7           |

Tableaux 4 montre que la note de la couleur de bouillie F2 est inférieure aux deux autres bouillies F1 et F3. Les notes de la saveur des bouillies F2 et F3 sont supérieures à la bouillie F1. Les notes de l'odeur de la bouillie F2 sont également supérieures aux bouillies F1 et F3. Les notes de la texture et l'acceptabilité de la bouillie F2 sont nettement supérieures aux deux autres farines.

La saveur et acceptabilité de la bouillie F2 sont supérieures aux deux autres bouillies F1 et F3, parce que le mil et, mais sont à quantité égale.

## 6. DISCUSSION

Trois farines composées ont été formulées. Leurs compositions qualitatives et quantitatives ont été déterminées. Les teneurs en humidité des farines analysées varient de 6,27±0,83 (farine 2) à 8,39±0,79 (Farine 3). Les valeurs de l'humidité normale des farines 6 et 8. Ces farines ont des teneurs en humidité supérieures à celles de la farine de manioc + soja (5 g /100 g) et de la farine d'atchéké + soja (5 g/100 g) obtenu par [17], mais inférieures celles des farines de maïs (12,38g/100 g) et de mil (19,71g/100 g) trouvé par Sall [15]. Une grande quantité d'eau dans ces farines compromettrait leur conservabilité ; en effet l'eau favorise la prolifération des micro-organismes capables à l'aide de leurs amylases d'hydrolyser l'amidon contenu dans les farines et de faciliter ainsi l'acidification de ces dernières

La farine 3 présente une faible teneur (1,60±0,35) en cendre tandis que la farine F3 possède une teneur plus

élevée (1,76±0,27). Ces teneurs sont supérieures à celles trouvées par Ponka et al [20] (0,19±0,01 g / 100 g), et également supérieures à la norme du Codex Alimentarius (1g/100 g) pour les farines céréalières. Cela pourrait s'expliquer par le fait que nos farines présentent beaucoup de minéraux.

La teneur en lipide la plus élevée (10,89±0,10g) se retrouve dans la farine F3 alors que la plus faible teneur (5,87±0,62) se retrouve dans la farine F1. La valeur de la norme Codex Alimentarius est de 5,5. Cette teneur élevée pourrait s'expliquer par l'addition dans la farine F3 d'arachide qui est une oléagineuse. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par Amino et al, [21] 7,5±0,5 dans les farines de maïs préparées. Ces différentes farines ont des teneurs en lipides inférieures à celle proposée par Sanogo et al, [14] (7g/100g).

Les teneurs en protéines des farines analysées varient de 11,52± 0,55g (farine 1) à 15,75±0,60g (farine 2). Ces valeurs sont supérieures aux farines témoins soient environ 9,71±1,4 à 12,18±0,95. Cela se traduit par les farines F2 et F3 présentent une proportion élevée de soja. Cette valeur est conforme à celle trouvée par Amino et al. [21], qui a trouvé (15,80±1,4g), ces teneurs sont également supérieures à celle trouvée par Zannou et al. [17] dans la Farine de Manioc attiéké (13g /100g). La norme du Codex est comprise 12 et 14g/100g cette valeur élevée de protéine permet de mieux palier la malnutrition protéine-énergétique d'où l'objectif de cette étude.

La teneur en glucides de la farine F1 est plus élevée ( $60,64 \pm 2,03$ ) par rapport à la farine F3 et farine F2 ( $50,51 \pm 0,6$ ), ( $58,18 \pm 1,45$ ) respectivement. La valeur de la norme du Codex Alimentarius est comprise entre 62 à 70g/100g. Cette teneur élevée en glucides dans les farines F1 se justifie par la présence du mil à proportion élevée. Car les céréales comme le mil, maïs qui sont des aliments très riches en glucides pouvant contenir 60-70% de glucide. Ces teneurs sont inférieures à la teneur ( $82,10 - 86,85$  g/100 g) trouvée dans farine de bouillie consommée à l'Extrême Nord du Cameroun plus précisément dans la ville de Maroua [20] et à celle de  $73,52$  g/100 g trouvés dans farine de bouillie Akamu consommée à Nsukka localisé dans le nord du Nigeria [20]. Les glucides ont un rôle essentiellement énergétique, ils constituent la source d'énergie rapidement utilisable par l'organisme et sont impliqués dans l'anabolisme des protéines. Certains glucides ont un rôle dit de « constitution », ils rentrent dans la composition de tissus fondamentaux de l'organisme : les cartilages, les acides nucléiques, les mucus, les substances antigéniques [22].

Les valeurs énergétiques des farines analysées varient de  $350 \pm 0,00$  kcal/100g pour la farine 1 à  $376 \pm 0,00$  kcal/100 g pour la farine 2.

Ces résultats sont comparables aux valeurs énergétiques ( $361,39 \pm 1,52$  kcal/100 g) des bouillies à base de farine composée fermentée FB [21]. L'énergie provient des aliments et des boissons que nous consommons. La FAO recommande que les aliments de sevrage soient riches en énergie [23]. Cette recommandation de la FAO est importante, car la faible densité énergétique de certaines bouillies tend à limiter la quantité totale d'énergie consommée nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme du jeune enfant ainsi que l'utilisation des autres nutriments essentiels. Compte tenu de la petite taille de leur estomac (30 à 40 g / kg) de poids corporel soit (150 à 200 ml), les enfants ont besoin d'aliments hautement énergétiques pour couvrir leurs besoins énergétiques [24]. D'où l'importance de l'enrichissement des aliments de sevrage.

Le potassium est le minéral le plus abondant dans les farines. Les teneurs en potassium varient de  $349,75 \pm 104$  pour la farine F1 à  $373,95 \pm 96,75$  mg /100g pour la farine F3, ( $364,22 \pm 14$ ) pour la farine MB et  $391,82 \pm 83,8$  mg/100g pour la farine Misola. La valeur de la norme de Codex Alimentarius est 180 à 230mg/100g [25]. Les teneurs en potassium ( $373,95 \pm 96,75$  mg/100g) sont supérieures à celles du potassium ( $318,81 \pm 6,72$  mg /100g) des bouillies de maïs préparées dans le Maroua, Cameroun [26]. Le potassium est nécessaire pour la régulation de l'équilibre hydrique des cellules, l'utilisation des hydrates de carbone et la construction des protéines. Il agit contre les perturbations du rythme cardiaque et intervient dans la régulation de la pression osmotique de la cellule. Le potassium participe au transport membranaire et à l'activation des enzymes et joue un rôle dans la contraction musculaire (augmentation de l'excitabilité neuromusculaire). La teneur en calcium  $10,33 \pm 0,81$  farine 2 à  $15,02 \pm 2,42$  mg/100g farine 3. La teneur en magnésium,  $65,04 \pm 12,81$  (farine 3) à  $97,88 \pm 0,434$  mg/100g (farine 1) celle de sodium,  $36,43 \pm 15,70$  (farine 3) à  $42,37 \pm 4,90$  mg/100g (farine 2). La teneur en zinc,  $2,88 \pm 0,52$  (farine 3) à  $6,14 \pm 1,03$  mg/100g (farine 2) ; celle

du fer,  $3,61 \pm 0,62$  (farine 3) à  $5,24 \pm 0,95$  mg/100g (farine 5). Celle de la norme de Codex Alimentarius est  $0,5$  mg/100g. Le cuivre et le manganèse, sont les minéraux le moins abondants dans les farines avec les teneurs qui varient de  $0,77 \pm 0,46$  à  $0,87 \pm 0,80$  et  $0,55 \pm 0,11$  (farine 3)  $0,65 \pm 0,10$  mg/100g (farine 1).

Chez l'homme, le calcium a un rôle majeur dans la constitution du squelette, mais aussi dans diverses fonctions métaboliques comme l'activité musculaire, les stimuli nerveux, les activités enzymatiques et hormonales et le transport d'oxygène [27]

Les teneurs en magnésium des farines analysées ( $65,04 \pm 12,81$  mg/100 g) sont comparables aux teneurs de ( $49,35 - 80,56$  mg/100 g) trouvées dans les bouillies consommées à Maroua dans l'extrême Nord du Cameroun [28]. Le magnésium se trouve surtout dans les os, mais aussi dans la majeure partie des tissus de l'organisme. La plupart des régimes alimentaires contiennent suffisamment de magnésium, mais en cas de diarrhée par exemple, les déperditions sont importantes et peuvent induire une faiblesse, des troubles du comportement et parfois des convulsions.

Les teneurs en sodium des farines analysées ( $36,43 \pm 15,70$  mg/100 g) sont inférieures à celles ( $45,54 \pm 10,8$  mg/100 g) trouvées dans farine F1. Le sodium intervient dans l'équilibre acide-base et l'équilibre hydrique de l'organisme. Il favorise la fonction nerveuse et la contraction musculaire. Les sels de sodium sont très communs dans les aliments et sont facilement absorbés par le tube digestif et par les principaux cations des liquides organiques.

Les teneurs en zinc des farines F2 et farines F3 analysées ( $2,88 \pm 0,52$  mg/100 g à  $6,14 \pm 1,03$  mg/100g) sont inférieures à celles ( $6,85 \pm 1,96$  mg/100 g) trouvées dans la farine Misola ces valeurs sont inférieures celles de la Farine composée germée [21].

Les teneurs en manganèse des farines F3 analysées ( $0,55 \pm 0,11$  mg/100 g) sont inférieures à celle farine F1 M ( $0,65 \pm 0,10$  mg/100g) cette dernière est conforme à celle trouvée dans farine de maïs ( $0,64 \pm 0,01$ ) [29]. Le manganèse intervient dans la croissance des os et des tendons, il joue aussi un rôle important pour la synthèse des glucides complexes et des protéines [16].

L'acceptabilité globale des bouillies montre que les bouillies ont été diversement appréciées toutefois la bouillie de farine formulée F2 a été jugée acceptable ensuite vient la bouillie F3 et la bouillie F1.

La bouillie de farine F2 a été mieux acceptée que les autres bouillies F1 et F3. car la moyenne de notes pour l'odeur, la couleur et autre est supérieure aux autres farines. Ce meilleur score s'explique par le fait que les bouillies sont issues des farines de mil et de maïs à proportion égale.

## 7. CONCLUSION

Les études réalisées en vue d'apporter notre contribution à la formulation d'aliment de complément du jeune enfant en période de sevrage ont permis de formuler trois types de farines infantiles : la farine composée F1, F2 et la farine composée F3. C'est la farine composée F1 qui renferme de bonnes teneurs en protéines, en lipides, en glucides et en minéraux, selon les recommandations de la FAO/OMS.

Cependant, le procédé de germination améliorerait donc mieux la qualité des farines. Par ailleurs, la farine composée F1 grâce à sa composition a permis d'améliorer la consistance des bouilles et la densité énergétique. La farine composée F1 permet d'augmenter le potentiel de surmonter la malnutrition protéine-énergétique des

## 8. REFERENCES

- [1] Sanogo Mémina, 1994. La production artisanale de farines infantile. Paris, les éditions du GRET p 80
- [2] Trèche. S, 2005. Augmenter la densité énergétique des bouillies édition Orstom 24p.
- [3] Trèche S et Olivier Legros 1995. L'alimentation de complément du jeune enfant, Paris, Editions Orstom p 85.
- [4] Agbessi et Dos-Santos H., Damon M 1997. Manuel de nutrition africaine 'édition Karthala IPD - ACCT - Paris p16.
- [5] David Pelletier, 1995. Contributions de la malnutrition à la mortalité infant juvénile. American Journal of Public Health, 83: 1130-1133.
- [6] Martine Robert 2013, l'alimentation lactée du nourrisson Comité éditorial pédagogique de l'UVMaF p 21
- [7] FAO, 2015. The varieties of pap commonly consumed in Maroua (Far-North, Cameroon), Polish Journal of Food and Nutrition science, vol 52 pp 120 – 15.
- [8] UNICEF 1996. Nutrition des jeunes enfants au mali. EDS No. 68 Macro Internationale Inc.11785 Beltsville Drive, Calverton, Maryland, U.S.
- [9] Aboubacar A Oumar A Ag Iknane, K Kamian, F Diawara, M Dramé, K Touré, H Konaté, 2013. Pratiques alimentaires et suivies nutritionnelles des enfants malnutris dans deux communes rurales de la région de Sikasso et Mopti au Mali. Mali santé publique Tome III, N°01.
- [10] SMART-2014 Enquête nationale de Nutrition et de Mortalité rétrospective basée sur la Méthodologie UNICEF Quatrième édition
- [11] UNICEF-MALI, 2013. Malnutrition dans le Nord du Mali. United Nations Plaza, New York, NY 10017, États-Unis.
- [12] BRIEND. André, 2006. Guide pratique de prévention et traitement de la malnutrition édition ORSTOM p149.
- [13] FAO/OMS. 2009. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius, 32èmesession Rome (Italie), 29 juin- 4 juillet 2009. Rapport de la 30èmesession du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Le Cap (Afrique du Sud) 3-7 Novembre 2008, 1223 p.
- [14] Sanogo M, Mouquet C., and Trèche. S., 1994. La production artisanale de farines infantiles, expériences et procédés. GRET Paris France P11.
- [15] Sall K. 1998, Contrôle de qualité des farines céréalières mises sur le marché au Sénégal. Thèse pour obtenir le grade de docteur en pharmacie, université Cheikh Anta Diop de Dakar, faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie N° 52 p118.
- [16] FAO/OMS, 2008. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius : Rapport de la 30<sup>e</sup> session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Rome (Italie), p 1-223.
- nourrissons et les jeunes enfants. En perspective nous envisageons d'effectuer les tests microbiologiques afin d'apprécier la qualité des farines composées ainsi que leurs effets secondaires. La bouillie issue de la farine F2 a été jugée acceptable par apport aux deux autres F3 et F1 selon les tests organoleptiques
- [17] ZANNOU-TCHOKO Viviane Jocelyne, AHUI-BITTY Louise Berthe, KOUAME Koffi, BOUAFFOU Kouamé G.M et DALLY Theodore, 2011. Utilisation de la farine de maïs germe source d'alpha amylases pour augmenter la densité énergétique de bouillies de sevrage à base de manioc et son dérivé, l'attiéké Journal of Applied Biosciences 37: 2477 – 2484.
- [18] Adouko Amon Olga Anne, Traoré Souleymane, Adouko Agbo Edith, Kouakou Brou, 2016. Functional Properties and in vitro Digestibility of Cashew Nut Flour Journal of Food and Nutrition Research, , Vol. 4, No. 5, 282-288.
- [19] Armelle Saint Saveur et Mélanie Broin Ghana, 2006. Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel Réseau Moringa news, 211 rue du Fbg St Antoine, 75011 Paris, France p8.
- [20] Ponka R., Abdou Bouba A., Fokou E., Beaucher E., Piot M., Leonil J. and Gaucheron F. 2015 "Nutritional composition of five varieties of pap commonly consumed in Maroua (Far-North, Cameroon)", 5167 2, vol. 65, pp. 183–19
- [21] Amino AKKA, EA Agbo, AG Dago, AG Gbogouri, DK Brou, G Dago, 2015. Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation. International Journal of Biological and Chemical Sciences Vol 9, No 2.
- [22] Henri, Sguera, S. 2008, Spirulina plantes et ses constituants, intérêts nutritionnels et thérapeutiques. Thèse, université Henri Poincaré-Nancy 1. P46
- [23] FAO/WHO, 1985. Energies and protein requirements. WHO Technical Report Series. N °7'24 world health organization Geneva.
- [24] Brown K.H., 1991. "The importance of dietary quality versus quantity for weaning in less developed countries: a Framework for discussion". In 671 (vol 13, n°2, pp.86-94
- [25] Commission du Codex Alimentarius, 32<sup>e</sup> session Rome (Italie), 2009
- [26] Ponka Roger, Nankap Eveline Lina Tchatchoua, Tambe Sylvia Tabot, and Fokou Elie 2016 Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun [Nutritional composition of selected Cameroonian local baby flours] International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 16 No. 2 Jun. 2016, pp. 280-292 ISSN 2028-9324.
- [27] FAO, 2001.The State of Food Insecurity in the World 2001
- [28] Angèle Grodji Gbogouri, André Gnahe Dago, Albarin Koumassi kunimboa Abro Amino, Gnakri Dago 2015. Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies P 8.
- [29] Ponka. R, A. Abdou Bouba, E. Fokou, E. Beaucher, M. Piot, J. Leonil and F. Gaucheron 2016, composition nutritionnelle de quelques farines artisanales au

Cameroun Polish Journal of Food and Nutrition  
Sciences, vol. 65, pp. 183–19.