

## VALEURS NUTRITIVES DE ONZE METS UTILISÉS POUR LA RÉHABILITATION NUTRITIONNELLE D'ENFANTS MALNUTRIS MODÉRÉS AU NORD ET AU SUD DU BÉNIN

F. A. L. FAGBOHOUN\*, C. E. S. MITCHIKPE\*, P. SABI BOOM\*\* & P. SETONDJI\*\*

\* Ecole de Nutrition et des Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 2819 Jéricho Cotonou, République du Bénin – email : evaristemitchikpe@yahoo.fr

\*\* Plan-International Bénin, Cotonou, Cadjèhoun, Rue 395 Aupiais Carré 647, 03 BP 699 Cotonou

### RÉSUMÉ

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'approche Déviance Positive/Foyer d'Apprentissage et de Réhabilitation Nutritionnelle (DP/FARN) dans les communes d'intervention du Projet de Nutrition Communautaire par l'ONG Plan-International Bénin, des mets ont été proposés pour la réhabilitation nutritionnelle des enfants malnutris modérés. Les valeurs nutritives de onze mets ont été évaluées au cours de cette étude. La matière sèche, les lipides, les protéines et les cendres ont été déterminées avec les méthodes standards d'analyse. Le fer, le zinc et le calcium ont été analysés à l'aide du Spectrophotomètre d'Absorption Atomique. Les teneurs en fibres, glucides, énergie, phytates et la biodisponibilité du fer et du zinc ont été estimées par calcul à l'aide des données de composition alimentaire. Les mets sont constitués d'aliments consommés au petit déjeuner, déjeuner et au dîner. Leurs recettes sont composées de divers groupes d'aliments. Les teneurs en protéines varient de  $9,33 \pm 0,10$  à  $29,79 \pm 3,53$  g, celles de lipides  $3,43 \pm 1,65$  à  $50,97 \pm 0,31$  g et celles des fibres  $0,43 \pm 0,02$  à  $25,32 \pm 0,55$  g. Les compositions en fer, zinc et calcium varient entre  $2,18 \pm 0,15$  et  $97,36 \pm 0,80$  mg ;  $0,16 \pm 0,0$  et  $29,83$  mg et  $27,24 \pm 1,97$  et  $3975,93 \pm 204,95$  mg, respectivement. Les compositions en nutriments varient en fonction des types de mets. Les valeurs nutritives ont été améliorées grâce à la combinaison de divers groupes d'aliments. Cependant, les compositions en nutriments et la biodisponibilité du fer et du zinc peuvent encore être optimisées à travers le choix et la combinaison adéquate d'ingrédients, et l'incorporation d'opérations unitaires appropriées lors de la transformation.

**Mots clés** : Composition proximale, composition en minéraux, recettes de mets, biodisponibilité du fer et du zinc, mets de réhabilitation

### NUTRITIONAL VALUES OF ELEVEN DISHES USED FOR THE NUTRITIONAL REHABILITATION OF MEDERATELY MALNOURISHED CHILDREN IN NORTHERN AND SOUTHERN BENIN

#### SUMMARY

Within the framework of the implementation of the Positive Deviance/Learning and Nutritional Rehabilitation Centers approach in the communes that constitute the intervention area of the community nutrition program, by the international NGO "Plan-International Benin", dishes were proposed for nutritional rehabilitation of moderately malnourished children. The nutritional values of eleven dishes were estimated during this study. Dry matters, lipids, protein and ash were determined by using the standard methods of analysis. Iron, zinc and calcium were analyzed using atomic absorption spectrometry. The contents in fibers, carbohydrates, energy, phytate and the bioavailability of iron and zinc were estimated by calculation using food composition data. The dishes are foods consumed at breakfast, lunch and dinner. Their recipes consist of various food groups. Contents of protein range from  $9,33 \pm 0,10$  to  $29,79 \pm 3,53$  g, that of lipids  $3,43 \pm 1,65$  to  $50,97 \pm 0,31$  g and that of fibers  $0,43 \pm 0,02$  to  $25,32 \pm 0,55$  g. Iron, zinc et calcium contents vary between  $2,18 \pm 0,15$  and  $97,36 \pm 0,80$  mg ;  $0,16 \pm 0,0$  and  $29,83$  mg ;  $27,24 \pm 1,97$  and  $3975,93 \pm 204,95$  mg, respectively. The Nutriments content depend on the type of dish. The nutritional values of the dishes were improved by the combination of various food groups. However, the nutriments content and iron and zinc bioavailability can still be optimized through the choice and adequate combination of ingredients, as well as the incorporation of suited unit operations during the processing.

**Keywords** : Proximate composition, mineral composition, dishes recipes, iron and zinc bioavailability, dish of rehabilitation

## INTRODUCTION

Environ 12,9 % des personnes vivant dans les régions en développement souffrent de la sous-alimentation, avec une prévalence atteignant 23,2% en Afrique subsaharienne (FAO/FIDA/PAM, 2015). Les nourrissons et jeunes enfants constituent le groupe qui paie le plus lourd tribut. Selon le rapport de l'UNICEF sur la situation des enfants dans le monde, l'émaciation, le retard de croissance et l'insuffisance pondérale ont affecté respectivement, 36 %, 8 % et 19 % des enfants de moins de cinq ans en Afrique Subsaharienne (UNICEF, 2016). Par ailleurs, les carences en zinc et en vitamine A sont la cause de 9 % des décès pendant l'enfance (Black *et al.*, 2008).

Au Bénin, les prévalences de l'émaciation, du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale chez les enfants de moins de 5 ans sont de 4,5 %, 34,0% et de 18,0 %, respectivement (INSEA, 2015). Les différents types de malnutrition ont des répercussions négatives significatives sur la santé, le bien-être physique et mental des enfants ainsi que sur la communauté.

Plan-International Bénin est une ONG qui lutte contre la malnutrition au sein des enfants et qui a mis en œuvre le Projet de Nutrition Communautaire (PNC) dans 10 communes réparties dans tout le pays, de septembre 2011 à décembre 2015. Dans ce cadre, elle a utilisé l'approche Déviance Positive/Foyer d'Apprentissage et de Réhabilitation Nutritionnelle (DP/FARN) pour améliorer l'état nutritionnel et réduire les prévalences de la malnutrition au sein des enfants de moins de 5 ans (Plan-International, 2016). Dans la mise en œuvre de cette approche, Plan-International Bénin a aidé à la préparation de divers mets proposés pour la réhabilitation nutritionnelle des enfants malnutris. Les recettes de ces mets sont élaborées sur la base des connaissances empiriques, mais leurs compositions nutritionnelles n'ont pas été documentées.

La présente étude a été initiée afin de décrire les recettes de préparation des mets, de déterminer les teneurs en nutriments et en phytates et d'identifier ceux qui répondent le mieux aux besoins nutritionnels des enfants et qui pourront servir de références dans la récupération/réhabilitation nutritionnelle des enfants malnutris ainsi que pour la promotion de la croissance et le développement des enfants bien portants.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Plan d'étude*

Il s'agit d'une étude transversale qui a consisté à suivre la préparation de onze mets habituellement utilisés pour la réhabilitation nutritionnelle des enfants dans les communes de Lalo (sud bénin), de Cobly et de Ouaké (nord Bénin). Les recettes de préparation de ces mets ont été décrites et des échantillons ont été prélevés, conservés puis analysés au laboratoire de l'École de Nutrition et des

Sciences et Technologies Alimentaires de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi et au laboratoire de l'Institut Régional du Génie Industriel des Biotechnologiques et Sciences Appliquées (IRGIB AFRICA).

## MATÉRIEL

Le matériel d'étude est constitué des mets observés pour la réhabilitation des enfants. Il s'agit de :

- 1- Bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf (BJFO) ;
- 2- Bouillie de maïs enrichie au soja (BSO) ;
- 3- Bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide (BSOA) ;
- 4- Ragoût d'igname enrichi au soja et aux petits poissons (RISO) ;
- 5- Ragoût de manioc enrichi au jus de noix de palme et aux petits poissons (RMJuP) ;
- 6- Atassi + friture d'huile rouge enrichie aux petits poissons ;
- 7- Watché + friture enrichie à la farine de soja (WaFrSo) ;
- 8- Pâte de maïs (échantillonnée au nord et au sud du Bénin) (PMS et PMN) ;
- 9- Sauce de jus de noix de palme au Moringa et aux petits poissons (SJUMP) ;
- 10- Sauce de Niébé au Moringa et aux petits poissons (SNMP) ;
- 11- Sauce de feuilles fraîches de Baobab aux petits poissons (SBa).

Sur les sites de prélèvement, les échantillons de mets ont été conservés au congélateur pendant 1 à 3 jours. Le transport de la zone d'étude à la Faculté des Sciences agronomiques de l'Université d'Abomey Calavi (FSA/UAC), a été fait dans des glacières contenant des accumulateurs de froid et à l'aide d'un véhicule climatisé.

Au laboratoire, les échantillons ont été conservés dans des congélateurs jusqu'aux analyses.

## MÉTHODES

### *Description des recettes de préparation des mets*

Les recettes de préparation des différents mets ont été suivies à domicile, sur les sites de déroulement des FARN. Les observations ont porté sur la liste et l'ordre dans lequel les ingrédients sont utilisés, les opérations unitaires durant la préparation ainsi que la durée de chaque traitement et la durée totale de la préparation, la quantité de chaque ingrédient utilisé (pesée à l'aide d'une balance ayant une précision de 0,1g), et la quantité totale de la préparation.

### *Prélèvement des échantillons de mets*

Les différents échantillons de mets ont été prélevés après refroidissement de la préparation. Pour chaque met, trois échantillons de 250 g ont été prélevés. Les échantillons liquides ou semi-liquides tels que les sauces, les bouillies et les ragoûts ont été conditionnés dans des pots en plastique avec couvercle

tandis que les échantillons solides (pâte de maïs, l'« atassi » et le « watché ») ont été prélevés dans des boîtes plastiques avec couvercle. Ces contenants ont été fermés hermétiquement, étiquetés, codés puis emballés dans du sachet plastique. Au total, 33 échantillons ont été collectés et soumis aux analyses.

#### *Lyophilisation des échantillons*

Les échantillons ont été lyophilisés pour le dosage des protéines et des lipides. Pour cela, environ 100 g d'échantillons de mets ont été prélevés dans des bacs en aluminium puis recouverts de papier aluminium et rangés dans un congélateur à 4°C pendant 24 heures. Ensuite, les échantillons ont été placés dans le lyophilisateur de marque YK-118 Vacuum Freeze Drying pendant 72 heures. Ce dernier était préalablement mis en marche une heure à l'avance. Les échantillons obtenus ont été ensuite réduits en farine avant les analyses.

#### *Composition proximale des mets*

Les compositions proximales concernent les teneurs en matières sèches, lipides, protéine, cendres, fibres, glucides et énergie. Les analyses des matières sèches, lipides, protéines et cendres ont été réalisées en trois répétitions. Les résultats sont exprimés pour 100 g de matière sèche (MS).

#### *Teneur en matière sèche et humidité*

La teneur en matière sèche a été déterminée selon la méthode AACC 44-15A (1984). Les creusets sont lavés puis séchés pendant quelques minutes dans un séchoir. Ils sont ensuite séchés sous vide pendant 30 minutes, refroidis puis pesés. Environ 5g d'échantillons sont pesés dans les creusets à l'aide de la balance et séchés à l'étuve à 105°C pendant 72 heures pour les échantillons humides et à 130°C dans un séchoir Venticell de type LSIS-B2V/VC55 pendant 3 heures pour les échantillons lyophilisés. Les échantillons sont ensuite refroidis au dessiccateur, et pesés à l'aide d'une balance Mettler de type AE 116 et de précision 0,0001 g.

#### *Teneur en lipides*

La méthode utilisée est celle de Soxhlet (AACC,1984). Elle consiste à extraire les lipides libres de l'échantillon avec de l'éther de pétrole, lequel est évaporé par la suite. Le ballon est séché, refroidi et pesé. On y verse environ 200 ml d'éther de pétrole. On introduit ensuite environ 5 g de l'échantillon dans une cartouche refermée avec du coton dégraissé. L'ensemble cartouche et ballon est monté dans l'extracteur de type Soxhlet. L'extraction prend fin au bout de 4 heures environ et le ballon est retiré et évaporé. Ce dernier est ensuite pesé après avoir séché pendant une heure à l'étuve (105°C), puis refroidi au dessiccateur.

#### *Teneur en protéine*

L'analyse des protéines brutes a consisté à doser l'azote total et à multiplier la teneur en azote par un facteur conventionnel ( $N_{\text{total}} \times 6,25$ ), selon la méthode

de Kjeldahl (norme NF V03-050 AFNOR, 1970). La méthode comporte trois étapes : la minéralisation, la distillation et la titration. Environ 1 g d'échantillon est pesé dans un matras qui est minéralisé par voie humide en milieu acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré) ; toute la substance organique est détruite et l'azote lié aux matières organiques est libéré dans une quantité équivalente de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ensuite, la solution obtenue est alcalinisée avec de l'hydroxyde de sodium. La distillation permet de séparer et de piéger l'ammoniac dans une solution d'acide borique. Les ions ammonium contenus dans le distillat sont ensuite titrés avec une solution d'acide chlorhydrique 0,1N.

#### *Cendres totales*

Pour déterminer le taux de cendres, la méthode AACC 08-01 (1984) a été utilisée. Des creusets en porcelaine sont séchés à l'étuve à 105 °C pendant une heure, refroidis au dessiccateur et pesés. Cinq grammes d'échantillon sont introduits dans chaque creuset et sont incinérés à 550°C pendant 24h. L'ensemble est à nouveau pesé après avoir laissé refroidir dans un dessiccateur.

#### *Détermination des fibres, glucides et énergie*

Les teneurs en fibres, glucides et énergie ont été obtenues par calcul en utilisant les tables de composition des aliments (Nordeide *et al.*, 1996 ; Mitchikpe *et al.*, 2008 ; Greffeuille *et al.*, 2010 ; FAO, 2012). Les teneurs en fibres ont été obtenues en additionnant les quantités de fibres contenues dans les différents ingrédients se trouvant dans 100 g de mets préparés.

La teneur en glucides (exprimée en % de la matière sèche) est calculée selon la formule ci-dessous.

*Glucides totaux (g/100 g de MS) = 100 - (% protéines + % lipides + % cendres + % fibres)*

De même, l'énergie totale est calculée en utilisant les coefficients d'Atwater selon la formule suivante :

*Energie totale (Kcal/100 g de MS) = (protéine (g) × 4 Kcal) + (glucides totaux (g) × 4 Kcal) + (lipides (g) × 9 Kcal)*

#### *Composition en micronutriments*

##### *Dosage des minéraux (fer, zinc et calcium)*

Le fer, le zinc et le calcium sont dosés par Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA) après minéralisation humide dans des réacteurs sous pression et à chaud : 0,4 g d'échantillon sont introduits dans un réacteur puis additionnés de 7 ml de HNO<sub>3</sub>, 14N et 1 ml d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Les différents réacteurs sont assemblés et introduits dans un digesteur à micro-ondes Ethos-1 pour la minéralisation. Les minéralisats sont ensuite complétés à 25 ml avec de l'eau milliQ avant dosage au spectromètre. Les résultats sont exprimés en mg/100 g de MS.

*Composition en phytates et biodisponibilité du fer et du zinc*

Les compositions des mets en phytate ont été déterminées en additionnant les quantités de phytate contenues dans les différents ingrédients se trouvant dans 100 g de mets préparés. Les quantités de phytate contenues dans les ingrédients composant les mets ont été déduites des résultats des travaux de Mitchikpè (Mitchikpè *et al.*, 2008).

Les biodisponibilités du fer et du zinc ont été calculées en déterminant les rapports molaires phytate/fer et phytate/zinc selon les formules ci-après :

$$\text{Rapport molaire Phytate/fer} = [IP6 \text{ (mg)}/\text{masse molaire IP6}] : [Fe \text{ (mg)}/\text{masse molaire Fe}]$$

$$\text{Rapport molaire Phytate/zinc} = [IP6 \text{ (mg)}/\text{masse molaire IP6}] : [Zn \text{ (mg)}/\text{masse molaire Zn}]$$

Le rapport molaire phytate/fer >1 indique une faible biodisponibilité du fer et le rapport molaire phytate/zinc >15 est associé à l'absorption limitée du zinc (Turnlund *et al.*, 1984 ; Hallberg *et al.*, 1989).

RÉSULTATS

*Recettes de préparation des mets*

Trente-quatre ingrédients ont été utilisés en quantité variées pour la préparation des mets. La nature et les types varient d'un met à l'autre. La plupart de ces ingrédients sont produits localement et sont disponibles et accessibles à la population. Les ingrédients les plus fréquemment utilisés sont, le sel, l'oignon, les petits poissons (fretins) et le piment. Les recettes de préparation sont décrites dans les Tableaux N°1 à N°11.

Tableau 1. Bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf (2000 g)

| Ingrédients              | Poids (g) |
|--------------------------|-----------|
| Farine de maïs           | 227       |
| Eau de malaxage          | 150       |
| Farine de maïs fermentée | 492g      |
| Eau de cuisson           | 962       |
| Feuille de Moringa       | 34        |
| Citronnelle              | 39        |
| Jaune d'œuf              | 31        |
| Sucre                    | 142       |

Tableau 2. Bouillie de maïs enrichie au soja (2000 g)

| Ingrédients                         | Poids (g) |
|-------------------------------------|-----------|
| Soja, grain entier séché et trié    | 164       |
| Maïs, grain entier séché et trié    | 551       |
| Farine de maïs et de soja torréfiés | 541       |
| Farine utilisée                     | 220       |
| Feuilles de Moringa                 | 31        |
| Feuilles de citronnelle             | 4         |
| Sucre                               | 171       |
| Eau                                 | 1572      |

Tableau 3. Bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide (2000 g)

| Ingrédients                    | Poids (g) |
|--------------------------------|-----------|
| Maïs, grains entiers torréfiés | 562       |
| Soja, grains entiers torréfiés | 131       |
| Arachide torréfiée             | 28        |
| Farine du mélange              | 597       |
| Farine utilisée                | 228       |
| Sucre                          | 44        |
| Eau                            | 2700      |

Tableau 4. Ragoût d'igname enrichi au soja et aux petits poissons (2500 g)

| Ingrédients                    | Poids (g) |
|--------------------------------|-----------|
| Igname crue                    | 969       |
| Farine de soja entier torréfié | 61        |
| Ail                            | 7         |
| Piment                         | 12        |
| Gingembre                      | 2         |
| Poivre                         | 1         |
| Petit poisson                  | 49        |
| Huile de palme rouge           | 102       |
| Tomate fraîche                 | 30        |
| Oignon frais                   | 70        |
| Sel                            | 10        |
| Eau                            | 1650      |

Tableau 5. Ragoût de manioc enrichi au jus de noix de palme et aux petits poissons (2500 g)

| Ingrédients             | Poids (g) |
|-------------------------|-----------|
| Noix de palme           | 2000      |
| Eau d'extraction du jus | 1508      |
| Manioc cru épluché      | 1320      |
| Petit poisson           | 70        |
| Poivre                  | 2         |
| Ail                     | 3         |
| Oignon frais            | 33        |
| Sel                     | 21        |

Tableau 6. Atassi + friture d'huile rouge enrichie aux petits poissons (2500 g + 1000 g)

| Ingrédients      | Poids (g) |
|------------------|-----------|
| Niébé rouge trié | 198       |
| Riz trié         | 562       |
| Eau              | 2190      |
| Sel              | 33        |
| Huile rouge      | 485       |
| Petits poissons  | 246       |

| Ingrédients      | Poids (g) |
|------------------|-----------|
| Oignon écrasé    | 59        |
| Oignon découpé   | 44        |
| Poivre           | 2         |
| Ail              | 5         |
| Piment           | 18        |
| Tomate en boîte  | 79        |
| Bouillon de cube | 10        |
| Sel              | 3         |

Tableau 7. Watché + friture enrichie à la farine de soja (2000 g + 1000 g)

| Ingrédients      | Poids (g) |
|------------------|-----------|
| Niébé blanc trié | 437       |
| Riz trié         | 621       |
| Eau              | 2939      |
| Potasse          | 3         |
| Sel              | 16        |
|                  |           |
| Huile d'arachide | 413       |
| Farine de soja   | 73        |
| Petits poissons  | 51        |
| Tomate fruit     | 463       |
| Oignon           | 110       |
| Ail              | 10        |
| Poivre           | 3         |
| Piment           | 17        |
| Gingembre        | 3         |
| Potasse          | 1         |
| Sel              | 13        |

Tableau 8. Pâte de maïs (2500 g)

| Ingrédients    | Poids (g) |
|----------------|-----------|
| Farine de maïs | 495       |
| Eau            | 1327      |

Tableau 9. Sauce de jus de noix de palme au Moringa et aux petits poissons (2000 g)

| Ingrédients             | Poids (g) |
|-------------------------|-----------|
| Noix de palme           | 1150      |
| Eau d'extraction du jus | 1579      |
| Petits poissons         | 70        |
| Feuille de Moringa      | 238       |
| Tomate fraîche          | 302       |
| Poivre                  | 3         |
| Piment                  | 8         |
| Ail                     | 3         |
| Oignon frais            | 20        |

| Ingrédients                | Poids (g) |
|----------------------------|-----------|
| Egusi (Pistache africaine) | 42        |
| Bouillon cube              | 4         |
| Sel                        | 25        |

Tableau 10. Sauce de niébé au moringa et aux petits poissons (2000 g)

| Ingrédients                                       | Poids (g) |
|---|-----------|
| Niébé blanc                                       | 458       |
| Petit poisson                                     | 45        |
| Feuilles de moringa                               | 230       |
| Beurre de karité                                  | 18        |
| Afitin  | 17        |
| Piment  | 6         |
| « Tissorloté » (ingrédient local en langue Berma) | 22        |
| Potasse   | 4         |
| Eau   | 2442      |
| Sel   | 11        |

Tableau 11. Sauce de feuilles fraîches de Baobab aux petits poissons (2000 g)

| Ingrédients        | Poids (g) |
|--------------------|-----------|
| Feuilles de baobab | 97        |
| Petit poisson      | 13        |
| Huile rouge        | 18        |
| Afitin             | 8         |
| Oignon frais       | 11        |
| Piment             | 1         |
| Eau                | 514       |
| Sel                | 6         |

#### Valeurs nutritives des échantillons de mets

Les Tableaux N°12, N°13 et N°14 montrent les compositions chimiques des échantillons. Parmi les bouillies préparées, la bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide est la plus riche en protéine ( $13,01 \pm 0,22$  g), fer ( $29,85 \pm 1,16$  mg), zinc ( $29,830,37$  mg) et calcium ( $537,16 \pm 11,70$  mg). Elle est également plus riche en fibre ( $25,32 \pm 0,55$  g) et en phytate (956,17 mg) que les autres bouillies. La bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf est plus riche en lipide ( $5,07 \pm 0,52$  g) et en énergie ( $423,32 \pm 2,57$  Kcal).

Concernant les ragoûts, celui d'igname enrichi à la farine de soja et aux petits poissons a les plus fortes teneurs en protéine ( $11,36 \pm 0,60$  g), fer ( $97,36 \pm 0,80$  mg), zinc (9,43 mg), et en calcium ( $420,11 \pm 7,94$  mg), mais également les plus fortes teneurs en énergie ( $489,74 \pm 17,04$  Kcal) et en phytate (103,89 mg). Quant aux plats de légumineuses cuites avec le riz, l'« atassi » est plus riche en protéine ( $14,08 \pm 0,79$  g) et en énergie ( $516,77 \pm 0,46$  Kcal), tandis que le « watché » est plus riche en fer ( $18,58 \pm 0,53$ ), zinc ( $6,16 \pm 0,15$ ) et calcium ( $865,86 \pm 25,19$ ). La teneur en protéine de la pâte de maïs varie entre 9,33 et 10,01 g, celle du fer varie entre 2,18 et 4,24 mg, du zinc entre 5,44 et 6,97 mg,

du calcium entre 27,24 et 40,36 mg et de phytate entre 573,51 et 803,38 mg. Parmi les sauces, celle du jus de noix de palme au moringa et aux petits poissons présente les plus fortes teneurs en fer ( $91,19 \pm 4,70$  mg) et en zinc ( $5,32 \pm 0,27$  mg). La sauce de niébé au moringa et aux petits poissons est plus riche en protéine (29,79 g) et en phytate (1919,40 mg) que les autres sauces.

Tableau 12. Composition en humidité, fibre et cendres des mets

| Code des mets | Humidité   | Fibre* (g)          | Cendres (g) |
|---------------|------------|---------------------|-------------|
| BFJO          | 82,77±0,62 | 0,51 ± 0,01         | 0,05 ± 0,00 |
| BSo           | 84,02±0,99 | 16,48 ± 0,99        | 0,08 ± 0,01 |
| BSoA          | 89,38±0,23 | <b>25,32 ± 0,55</b> | 0,20 ± 0,02 |
| RISoP         | 81,27±0,22 | 2,70 ± 0,03         | 0,31 ± 0,00 |
| RMJuP         | 61,69±1,39 | 8,34 ± 0,29         | 0,11 ± 0,00 |
| AFrP          | 59,02±0,13 | 2,55 ± 0,00         | 0,11 ± 0,00 |
| WaFrSo        | 62,13±1,15 | 5,12 ± 0,15         | 0,09 ± 0,00 |
| PMS           | 72,38±2,02 | 0,43 ± 0,02         | 0,02 ± 0,00 |
| PMN           | 80,36±1,39 | 0,60 ± 0,03         | 0,09 ± 0,00 |
| SJuMP         | 84,95±0,77 | 19,62 ± 1,01        | 1,08 ± 0,09 |
| SNMP          | 78,98±0,20 | 11,80 ± 0,11        | 0,40 ± 0,00 |
| SBa           | 87,13±0,65 | 0,81 ± 0,03         | 1,43 ± 0,11 |

Tableau 13. Composition en macronutriments et en énergie des mets

| Code des mets | Protéine (g) | Lipide (g)   | Glucide* (g) | Energie* (Kcal) |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| BFJO          | 11,32 ± 1,34 | 5,07 ± 0,52  | 83,09 ± 1,88 | 423,3 ± 2,6     |
| BSo           | 11,95 ± 0,54 | 4,03 ± 2,89  | 67,55 ± 2,46 | 354,1 ± 17,6    |
| BSoA          | 13,01 ± 0,22 | 4,31 ± 0,33  | 57,35 ± 0,41 | 320,3 ± 3,7     |
| RISoP         | 11,36 ± 0,60 | 20,11 ± 3,43 | 65,80 ± 2,95 | 489,7 ± 17,0    |
| RMJuP         | 10,22 ± 0,49 | 16,74 ± 0,18 | 64,69 ± 0,83 | 450,3 ± 1,4     |
| AFrP          | 14,08 ± 0,79 | 25,39 ± 0,08 | 57,96 ± 0,72 | 516,8 ± 0,5     |
| WaFrSo        | 12,60 ± 0,99 | 20,56 ± 1,61 | 61,83 ± 2,35 | 481,8 ± 8,3     |
| PMS           | 10,01 ± 0,24 | 3,43 ± 1,65  | 86,12 ± 1,85 | 415,4 ± 8,3     |
| PMN           | 9,33 ± 0,10  | 3,46 ± 0,60  | 86,59 ± 0,73 | 414,9 ± 2,9     |
| SJuMP         | 21,36 ± 0,05 | 50,97 ± 0,31 | 8,04 ± 0,84  | 576,4 ± 5,4     |
| SNMP          | 29,79 ± 3,53 | 6,80 ± 0,15  | 51,59 ± 3,59 | 386,8 ± 0,9     |
| SBa           | 23,65 ± 0,40 | 42,77 ± 0,27 | 32,74 ± 0,25 | 610,6 ± 1,2     |

Tableau 14. Teneurs en micronutriments et en phytates des mets étudiés.

| Code des mets | Fer (mg)     | Zinc (mg)    | Calcium (mg)    | IP6* (mg) |
|---------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
| BFJO          | 21,48 ± 0,76 | 16,26 ± 0,57 | 522,67 ± 18,63  | 53,17     |
| BSo           | 26,97 ± 1,63 | 4,39 ± 0,26  | 370,15 ± 22,37  | 657,35    |
| BSoA          | 29,85 ± 1,16 | 29,83 ± 0,37 | 537,16 ± 11,70  | 956,17    |
| RISoP         | 97,36 ± 0,80 | 9,43 ± 0,30  | 420,11 ± 7,94   | 103,89    |
| RMJuP         | 30,82 ± 1,10 | 1,04 ± 0,037 | 135,85 ± 4,85   | 0,064     |
| AFrP          | 17,08 ± 0,05 | 5,85 ± 0,01  | 719,90 ± 2,36   | 176,44    |
| WaFrSo        | 18,58 ± 0,53 | 6,16 ± 0,15  | 865,86 ± 25,19  | 953,17    |
| PMS           | 2,18 ± 0,15  | 5,44 ± 0,39  | 27,24 ± 1,97    | 573,51    |
| PMN           | 4,24 ± 0,07  | 6,97 ± 0,50  | 40,36 ± 2,77    | 803,38    |
| SJuMP         | 91,19 ± 4,70 | 5,32 ± 0,27  | 1815,84 ± 93,71 | 4,94      |
| SNMP          | 50,91 ± 0,15 | 0,26 ± 0,00  | 1557,78 ± 19,09 | 1919,40   |
| SBa           | 83,83 ± 4,25 | 0,16 ± 0,00  | 3975,9 ± 204,95 | 0         |

L'analyse de ces tableaux montre que les sauces sont les meilleures sources de protéine, de fer et de calcium (21,36 à 29,79 g ; 50,91 à 91,19 g et 1557,78 à 3975,93 mg, respectivement). La meilleure source de fer par rapport à tous les mets est le ragoût d'igname enrichi au soja et aux petits poissons, celle de zinc est la bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide. La sauce de niébé au moringa et aux petits poissons a présenté la plus forte teneur en phytates par rapport à tous les mets.

#### *Biodisponibilité du fer et du zinc dans les échantillons de mets*

La biodisponibilité du fer est faible dans les pâtes de maïs et très bonne dans tous les autres mets (Figure 1). Parmi ces derniers, ceux qui ont les plus fortes biodisponibilités sont la sauce de jus de noix de palme au moringa et aux petits poissons, la sauce de feuilles fraîches de baobab, la bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf et les ragoûts d'igname et de manioc.

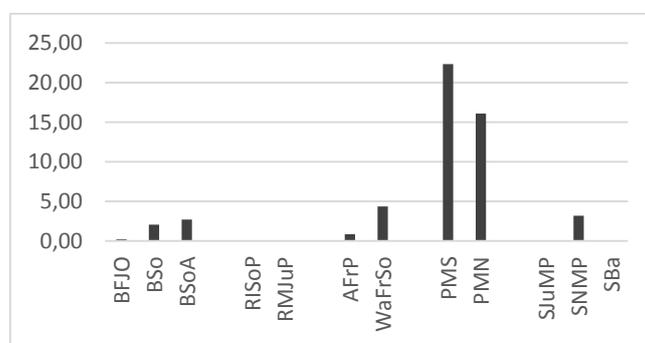


Figure 1. Représentation des rapports molaires Phytate/fer

La sauce de niébé au moringa et aux petits poissons a une biodisponibilité du zinc très très faible (rapport molaire phytate/Zinc = 731) (Figure 2). La biodisponibilité du zinc est également compromise pour le « watché » (rapport molaire phytate/zinc = 15,32) et pour la bouillie de maïs enrichie au soja (rapport molaire phytate/zinc = 14,86). En revanche, les pâtes de maïs ont une biodisponibilité moyenne.

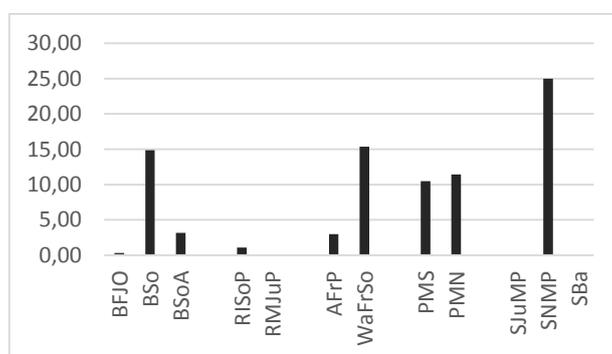


Figure 2. Représentation des rapports molaires Phytate/zinc

Les biodisponibilités du zinc dans les autres mets sont très bonne notamment dans la sauce du jus de noix de palme au moringa et aux petits poissons, la bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf, la sauce de feuilles fraîches de baobab et les ragoûts d'igname et de manioc.

## DISCUSSION

La présente étude a permis de décrire les recettes de préparation et les compositions en nutriments de onze mets habituellement utilisés pour la réhabilitation des enfants malnutris lors de foyer d'apprentissage et de réhabilitation nutritionnelle dans le cadre des activités du programme de nutrition communautaire de l'ONG Plan-International Bénin.

Les mets analysés sont constitués d'aliments généralement consommés au petit déjeuner (bouillies) et d'aliments consommés au déjeuner et au dîner (ragoûts, mélange de riz et haricots cuits, pâtes de maïs accompagnée de sauces). Les compositions nutritionnelles de ces mets sont différentes des aliments habituellement servis aux enfants dans les ménages. En effet, les bouillies préparées dans cette étude ont une composition en matière sèche qui varie entre 10,6 et 17,23 %. Cette composition est légèrement supérieure à celle obtenue dans d'autres bouillies (6,5 à 10,7 %) préparées dans les ménages (Icard-Vernière *et al.*, 2010). Toutefois, des teneurs en matière sèche atteignant 30 % ont été obtenues dans des bouillies en utilisant des farines de céréales germées (Giamarchi & Trèche 1995 ; Zannou-Tchoko *et al.*, 2011). Les teneurs en matière sèche des sauces analysées dans cette étude (12,87 à 21,02 %) sont inférieures à celles obtenues par Amoussa dans différentes sauces préparées pour les enfants de 6 à 35 mois au nord et au sud du Bénin (17,8 à 31,8 %) (Amoussa *et al.*, 2012). La faible teneur en matière sèche est l'une des principales limites des aliments de compléments préparés dans les ménages de façon générale. En effet, la forte teneur en eau de ces aliments a pour conséquence de vite remplir le ventre des enfants tout en réduisant les quantités de nutriments consommés. Ceci expose les enfants aux apports nutritionnels insuffisants, et par conséquent à la malnutrition. Les teneurs en matière sèche des mets proposés dans la présente étude peuvent donc encore être améliorées. Les teneurs en lipide, fer et zinc de la sauce de feuilles fraîches de baobab sont de 42,77 g ; 83,83 mg et 0,16 mg, respectivement. Elles sont différentes de celles obtenues par Amoussa dans le même type de sauce et qui sont de 12,07 g ; 8,37 mg et 5,52 mg, respectivement (Amoussa *et al.*, 2012). Des différences sont également observées dans les teneurs en phytate en comparant les deux études (0 contre 109 mg). Cette observation serait probablement due à la différence dans la maturité des feuilles préparées. Les compositions en nutriments des mets étudiés sont différentes de celles des aliments généralement préparés dans les ménages à cause des différences dans la combinaison, mais aussi probablement dans les parties des ingrédients, utilisés. Des études plus approfondies fondées sur la programmation linéaire

et le choix des ingrédients pourraient permettre une meilleure combinaison des ingrédients et l'optimisation des teneurs en nutriments des mets préparés.

Les mets analysés font intervenir différents groupes alimentaires que sont : les céréales (maïs, riz), les légumineuses et oléagineux (niébé rouge, niébé blanc, soja, arachide,), les racines et tubercules (igname, manioc), les légumes feuilles (moringa, feuilles de baobab), les œufs et poissons (jaune d'œuf, petits poissons), les condiments et assaisonnant (tomate, piment, afitin, gingembre, poivre, oignon, ail, potasse, égoussi, sel), l'huile (jus de noix de palme, huile d'arachide, beurre de karité) et le sucre. La combinaison de différents groupes d'aliments contribue à améliorer la valeur nutritive des mets. En effet, la combinaison des céréales et des légumineuses ou oléagineux dans les bouillies, l'« atassi » et le « watché » montre une amélioration de la teneur en fer et en protéine à cause de la composition élevée des légumineuses et oléagineux en protéine et en fer. Il en est de même pour les mets contenant les petits poissons qui sont également de bonnes sources de protéine et de fer. De nombreuses études ont montré que le fer contenu dans les aliments d'origine animale est plus biodisponible que celui provenant des aliments d'origine végétale (Layrisse, 1990 ; Zimmermann, 2005). Les combinaisons de différentes sources de protéines sont une stratégie pour améliorer la composition en acide aminés des aliments. En effet, l'acide aminé limitant dans les céréales tel que la lysine, est compensé par les légumineuses ou oléagineux. Les résultats montrent aussi que les sauces sont les meilleures sources de calcium à cause des légumes feuilles utilisés. Ces résultats sont conformes aux valeurs élevées en calcium généralement décrites dans les légumes feuilles (Nordeide, 1996 ; Mitchikpè *et al.*, 2008 ; FAO, 2012).

L'estimation des teneurs en phytate des mets ainsi que les rapports molaires phytate/fer et phytate/zinc montrent que les pâtes de maïs seules ne sont pas de bonnes sources de fer et de zinc à cause de la faible biodisponibilité de ces minéraux (Lestienne *et al.*, 2005a ; Kayodé *et al.*, 2007 ; Mitchikpè *et al.*, 2008). La pâte est généralement consommée avec la sauce. Toutefois, avec la faible biodisponibilité du fer et du zinc dans la sauce niébé au moringa et aux petits poissons, la biodisponibilité globale de la pâte de maïs consommée avec cette sauce ne serait probablement pas améliorée. Les bouillies de maïs au soja et le watché ne présentent pas non plus une bonne biodisponibilité du fer et du zinc. La biodisponibilité de ces minéraux peut être améliorée en introduisant les opérations de transformation telles que la fermentation, le décorticage ou le trempage dans la préparation des bouillies, ou en donnant des fruits ou jus de fruits riches en vitamine C à prendre aux enfants pendant ou après la consommation des mets. Les effets positifs des opérations unitaires de transformation ainsi que de la vitamine C sur l'amélioration de la biodisponibilité du fer et du zinc ont été largement documentés (Lestienne *et al.*, 2005b ; Mahgoub and Elhag, 1998 ; Hotz and Gibson, 2001). Toutefois, d'autres études pourraient analyser les conditions optimales d'amélioration de la biodisponibilité de ces minéraux en utilisant différentes stratégies.

Du point de vu de la teneur en protéine, fer et zinc et de la biodisponibilité du fer et du zinc, la bouillie de farine de maïs fermentée enrichie au jaune d'œuf, la bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide, le ragoût d'igname enrichi au soja et aux petits poissons, l'« atassi », la pâte de maïs accompagnée de sauce de jus de noix de palme au moringa et aux petits poissons ou de la sauce de feuilles fraîches de baobab aux petits poissons, sont les meilleurs sources. Toutefois, les teneurs en fibres très élevées de la bouillie de maïs enrichie au soja et à l'arachide et de la sauce de jus de noix de palme au moringa et aux petits poissons n'en font pas de très bons aliments de complément. Les teneurs élevées de fibres dans les aliments de complément peuvent contribuer au durcissement des selles, à la flatulence, à la réduction, de l'appétit, de la densité énergétique de l'aliment et de l'absorption de certains nutriments. La teneur en fibre de l'alimentation complémentaire ne devrait pas dépasser 5 g pour 100 g de matière sèche (OMS/FAO, 2011). Mis à part les petits poissons, la disponibilité et l'accessibilité des autres ingrédients utilisés dans la préparation des mets ne posent généralement pas de problème aux ménages. Compte tenu de leurs teneurs élevées en protéine, fer, zinc ou calcium et faible en fibre et phytate, certaines recettes peuvent être vulgarisées dans les centres de réhabilitation et auprès des ménages afin d'améliorer l'alimentation complémentaire des enfants.

## CONCLUSION

Les mets étudiés sont préparés à partir d'ingrédients localement disponibles et accessibles aux ménages. Leurs valeurs nutritives ont été améliorées grâce à la combinaison de divers groupes d'aliments, sources de nutriments. Certains mets ont une bonne teneur en protéines, fer et zinc ainsi qu'une bonne biodisponibilité en ces nutriments. Toutefois, les teneurs en nutriments et la biodisponibilité du fer et du zinc peuvent encore être optimisées à travers le choix et la combinaison adéquate des ingrédients, ainsi que l'incorporation d'opérations unitaires appropriées au cours de la transformation.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ONG internationale « Plan-International Bénin » qui a apporté son appui financier et logistique pour la réalisation de cette étude.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AACC.1984. Approved methods of the American association of cereal chemists. 8th Edition, St. Paul. MN, USA.
- AFNOR.1970. Dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. Agence Française de Normalisation (AFNOR). Standard NF. V03-050.
- AMOUSSA-HOUNKPATIN W., MOUQUET-RIVIER C., DOSSA RAM., PICQ C. & AVALLONE S. 2012. Contribution of plant-based sauces to the vitamin A intake of young children in Bénin. *Food chemistry*, 131 (2012) 948-955.

- BLACK R. E., ALLEN L. H., BHUTTA Z. A., CAULFIELD L. E., DE ONIS M., EZZATI M., MATHERS & C, RIVERA J. 2008. Maternal and child undernutrition : global and regional exposures and health consequences. *Maternal and Child Undernutrition 1*, Series. *The Lancet* 371, 243–60.
- FAO. 2012. Table de composition des aliments de l'Afrique de l'Ouest. FAO, Rome 2012.
- FAO/FIDA/PAM. 2015. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2015. Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim : des progrès inégaux. Rome, FAO.
- GIAMARCHI P. & TRECHE S. 1995. Fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de manioc. Transformation Alimentaire du Manioc. Agbor Egbe T, Brauman A, Griffon D et Trèche S (éd.). Editions ORSTOM.
- GREFFEUILLE V., MOUQUET-RIVIER C., ICARD-VERNIERE C., AVALLONE S., OUATTARA L, HOUNHOUGAN J., KAYODE P, AMOUSSA, W., HAMA BF (2010) Recettes locales des plats à base de mil, sorgho ou maïs et de leurs sauces fréquemment consommés par les jeunes enfants au Burkina Faso et au Bénin. ISBN 978-90-8585-903-3 Wageningen University Publisher, The Netherlands, 136p.
- HALLBERG L, BRUNE M, ROSSANDER L (1989) Iron absorption in man: ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate. *American Journal of Clinical Nutrition* 49, 140-144.
- HOTZ C, GIBSON RS (2001) Assessment of home-based processing methods to reduce the phytate content and phytate/zinc molar ratio of white maize (*Zea mays*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49, 692-698.
- ICARD-VERNIERE C, GNIMADI M, ROCHETTE I, MOUQUET-RIVIER C, KAYODÉ APP (2010). Changes in iron, zinc and chelating agents during traditional African processing of maize: Effect of iron contamination on bioaccessibility. *Food Chemistry* 126 (2011).
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), 2015, Bénin. Enquête par grappes à indicateurs multiples 2014, Rapport final, Cotonou, Bénin : Institut national de la statistique et de l'analyse économique.
- KAYODÉ A. P., LINNEMANN A. R., NOUT M. J. R. & VAN BOEKEL M. A. J. S. 2007. Impact of sorghum processing on phytate, phenolic compounds and in-vitro solubility of iron and zinc in thick porridges. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 832-838.
- LAYRISSE M. 1990. Relationship between iron bioavailability from diets and the prevalence of iron deficiency. *Food and nutrition bulletin* 12, 301-9.
- LESTIENNE I, ICARD-VERNIERE C, MOUQUET C, PICQ, C, TRECHE S (2005a) *Effets de trempage sur des graines entières de céréales et de légumineuses, sur le fer, le zinc et le contenu en phytates.* *Food Chemistry* 89: 421-425
- LESTIENNE I., BESANCON P., CAPORICCIO B., LULLIEN-PELLERIN V., TRÈCHE S. 2005b. Iron and zinc in vitro availability in pearl millet flours (*Pennisetum Glaucum*) with varying phytate, tannin, and fiber contents. *Journal or Agriculture and Food Chemistry* 53, 3240-3247.
- MAHGOUB S. E. O. & ELHAG S.A. 1998. Effet de la mouture, du trempage, du maltage, du traitement thermique et de la fermentation sur les phytates de quatre cultivars de sorgho soudanais. *Food Chemistry* 61, 77-80.
- MITCHIKPE C. E. S., DOSSA R. A. M., ATEGBO E. A. D., VAN RAAIJ J. M. A., HULSHOF P. J. M., & KOK F. J. The supply of bioavailable iron and zinc may be affected by phytate in Beninese children. *Journal of Food Composition and Analysis* (2008), 21:17-25.
- NORDEIDE M. B., HATLOY A., FOLLING M., LIED E. & OSHAUG A. 1996. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, Southern Mali. *International Journal of Food Science and Nutrition* 47, 455-468.
- OMS/FAO. 2011. Lignes directrices pour la mise au point des préparations alimentaires complémentaires destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas-âge. Codex Alimentarius CAC/GL 08-1991.
- PLAN-INTERNATIONAL. 2016. Projet de nutrition communautaire : Capitalisation des expériences et des savoirs. Plan-International Bénin.

- TURNLUND J. R., KING J. C., KEYES W. R., GONG B. & MICHEL M. C. 1984. A stable isotope study of zinc absorption in young men : effects of phytate and  $\alpha$ -cellulose. *American Journal of Clinical Nutrition* 40, 1071-1077.
- UNICEF. 2016. La situation des enfants dans le monde. *L'égalité des chances pour chaque enfant*. UNICEF, pp172.
- ZANNOU-TCHOKO V. J., AHUI-BITTY L. B., KOUAME K., BOUAFFOU K. 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 son dérivé l'attiéké. *Journal of Applied Biosciences* 37, 2477-2484.
- ZIMMERMANN M. B., CHAOUKI N. & HURELL R. F. 2005. Iron deficiency due to consumption of habitual diet low in bioavailable iron : alongitudinal cohort study in Moroccan children. *American Journal of Clinical Nutrition* 81, 115-21.