

Evaluation de l'aptitude nutritionnelle des aliments utilisés dans l'alimentation complémentaire du jeune enfant au Burkina Faso

Laurencia Touloumdé Songré-Ouattara,

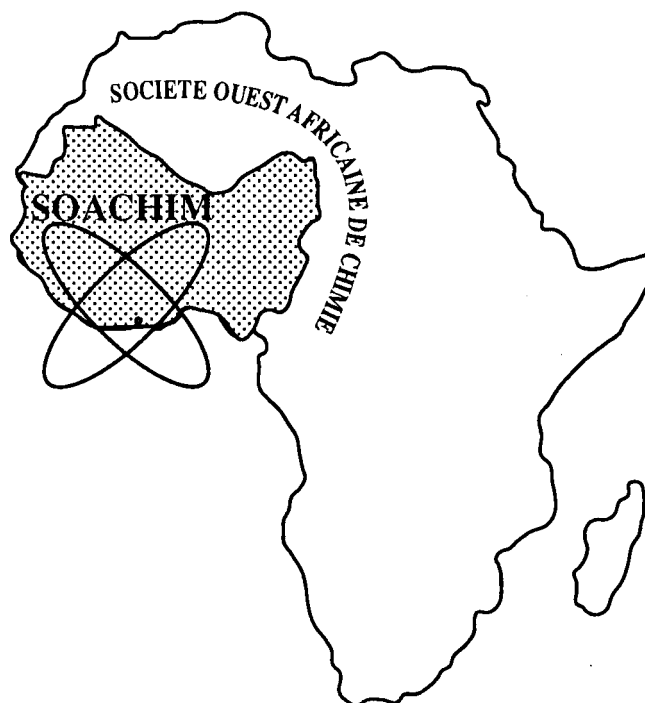
Kourfom Gorga, Aly Savadogo,

Fabrice Bationo, Bréhima Diawara

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2016), 041 : 41 - 50

21^{ème} Année, Juin 2016



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

Evaluation de l'aptitude nutritionnelle des aliments utilisés dans l'alimentation complémentaire du jeune enfant au Burkina Faso

**Laurencia Touloumdé Songré-Ouattara^{1*}, Kourfom Gorga¹, Aly Savadogo²,
Fabrice Bationo¹, Bréhima Diawara¹**

¹*Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Département Technologie Alimentaire (DTA),
03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso, Tél : 0022625363790.*

²*Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO, Unité de formation et Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre
(UFR/SVT), Laboratoire LABIA 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso, Tél : 0022625307064.*

(Reçu le 14/07/2016 – Accepté après corrections le 22/10/ 2016)

Résumé : L'objectif de notre étude était d'évaluer et de comparer la qualité nutritionnelle des aliments de complément localement produits par 9 entreprises avec les recommandations nutritionnelles afin de s'assurer de leur aptitude à répondre aux besoins des jeunes enfants burkinabè. Au total 8 farines infantiles et 4 farines roulées différentes, achetées dans le commerce ont été analysées pour la composition globale et pour les teneurs en phytates et en polyphénols utilisant respectivement les méthodes recommandées par Association of Official Analytical Chemists et les méthodes standards. Les résultats ont montré que pour les farines infantiles, 50% présentent des caractéristiques nutritionnelles en concordance avec la norme burkinabè NBF 01-198 (2014), 62,5% sont en accord avec les recommandations de Lutter et Dewey et 75% en conformité avec celle du Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013. Cependant, aucune farine roulée ne rencontre les spécifications techniques d'une norme quelconque. En outre, les teneurs en phytates sont plus élevées que celles des polyphénols dans les aliments de complément et varient respectivement de $172,50 \pm 9,89$ à $633,20 \pm 24,41$ mg/100 g de MS et de $51,84 \pm 17,92$ à $384 \pm 1,9$ mg/100 g de MS.

Mots clés : farines infantiles, farines roulées, qualité nutritionnelle, phytates, polyphénols

Evaluation of the nutritional ability of foods used in the complementary feeding of young children in Burkina Faso

Abstract: The aim of our study was to evaluate and to compare the nutritional quality of complementary foods locally produced by 9 factories with nutritional recommendations to ensure their ability to address the needs of young children from Burkina Faso. In total, 8 infant and 4 meal rolled flours, purchased in the market were analyzed for the overall composition and the phytate and polyphenols content using methods of Association of Official Analytical Chemists and standard methods respectively.

The results show that for flours infant, 50% have nutritional characteristics in concordance with the Burkina Faso NBF standard 01-198 (2014), 62.5% are in agreement with the recommendations of Lutter and Dewey and 75% in accordance with the CODEX STAN CAC / GL 08-1991, rev. 2013. However, no rolled flour meets the technical specifications of any standard.

Furthermore, phytate contents are higher than those of the polyphenols in complementary foods and vary respectively from $172,50 \pm 9,89$ to $633,20 \pm 24,41$ mg / 100 g of DM and from $51,84 \pm 17,92$ to $384 \pm 1,90$ mg / 100 g of DM.

Keywords: flours infant, rolled flour, nutritional quality, phytates, polyphenols

* **Auteur correspondant:** Laurencia T. Ouattara/Songré, e-mail: laurenciaouattara@yahoo.fr, Tél : 00 226 70278633

1. Introduction

Il est établi que l'alimentation nutritionnellement inadéquate est une cause majeure de risque pour la croissance, le développement et la santé durant les premières années de la vie. En effet, la malnutrition multi-carentielle, notamment protéino-énergétique ou celle due aux déficiences en micronutriments chez les enfants, constitue un problème de santé publique dans le monde et particulièrement dans les pays en développement, se traduisant par une morbidité et une mortalité élevées ^[1]. Au Burkina Faso, l'émaciation, le retard de croissance, l'insuffisance pondérale et l'anémie nutritionnelle touchent respectivement 16%, 35%, 26% et 88% des enfants de moins de 5 ans ^[2]. Celles-ci apparaissent principalement durant la période qui correspond à l'introduction de l'aliment de complément pour compléter le lait maternel, devenu insuffisant pour fournir entièrement les besoins nutritionnels du nourrisson en énergie et en nutriments à partir de 6 mois ^[3 - 5]. Face à cela, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande l'allaitement maternel exclusif sans même l'administration d'eau pour réduire les risques d'infection pendant les six premiers mois de la vie, suivi par l'introduction d'aliments de complément adéquats avec la poursuite de l'allaitement maternel ^[6]. Ceux-ci représentent des mesures préventives pour réduire considérablement la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans. A cet effet, divers aliments de natures variées notamment sous forme liquide, semi-solide ou moût, à base principalement de produits végétaux sont utilisés comme aliments de complément à travers le monde en complément au lait maternel.

Au Burkina Faso, à l'instar de nombreux pays en développement (PED), les enfants reçoivent comme aliment de complément une diversité de bouillies principalement à base de matières amylacées, notamment des céréales ou des racines et tubercules associés ou non avec des légumineuses. Ce sont des bouillies traditionnelles et des bouillies préparées à partir de farines infantiles locales, de farines roulées et ou de farines infantiles importées ^[7].

Les bouillies traditionnelles consommées par les jeunes enfants burkinabè sont des aliments populaires généralement fermentés, connues sous divers noms vernaculaires « *bensaalga* », « *benkida* », « *koko* » ^[8, 9]. Elles sont obtenues de procédés très simples ne modifiant pas la structure de l'amidon et dont les principales étapes de transformation incluent le trempage des grains, le

broyage, la filtration, la fermentation et la cuisson. Plusieurs travaux ont rapporté que les bouillies traditionnelles à base de céréales ont une valeur nutritionnelle très insuffisante pour satisfaire les besoins en nutriments et en énergie recommandés pour les jeunes enfants en raison de leur très faible densité énergétique et de leurs faibles teneurs en protéines, lipides et minéraux essentiels ^[10 - 12].

Les farines infantiles produites au Burkina Faso sont des farines composées à base de céréales et de légumineuses additionnées ou non de source d'amylases et ou de complexes minéraux vitaminiques (CMV). Elles sont élaborées par des unités artisanales ou semi-industrielles et souvent commercialisées dans les boutiques, les alimentations et ou les pharmacies de la place. Leur production s'est intensifiée ces dernières années pour faciliter l'accès du jeune enfant à des aliments de complément de bonne qualité nutritionnelle.

Les farines roulées encore appelés grumeaux de bouillie, sont des produits céréaliers secs obtenus par agglomération des particules de farine ou de semoule hydratée entre elles. Il s'agit de produits prêts à l'emploi pour la préparation rapide des bouillies de type « *benkida* » souvent consommées au petit déjeuner ou le soir par les enfants et les adultes, ou encore comme aliment de complément par les jeunes enfants. La fabrication des grumeaux de céréales pour bouillie a connu une progression importante ces dix dernières années avec le développement des unités artisanales.

Les farines infantiles importées sont généralement obtenues par des procédés impliquant des traitements spécifiques qui leur confèrent des caractéristiques nutritionnelles appropriées.

Plusieurs travaux ont rapporté que la qualité nutritionnelle des aliments de complément est déterminante du statut nutritionnel des jeunes enfants ^[13 - 15]. En effet, elle dépend de la densité en énergie et en nutriments apportés par les matières premières et ingrédients, mais aussi des procédés de production et de la présence des facteurs antinutritionnels, notamment les phytates et les polyphénols qui sont rapportés être des inhibiteurs de l'absorption du fer, du zinc, du calcium, du magnésium et du manganèse ^[16 - 18].

Des travaux sur l'amélioration de la qualité nutritionnelle par complémentation avec des légumineuses, couplée à des modifications de procédés de production et ou à l'utilisation de souches starters de bactéries lactiques à potentiels nutritionnels ont été réalisés sur les bouillies traditionnelles fermentées burkinabè ^[11, 12, 19]. Aussi, des études sur l'amélioration de la biodisponibilité des minéraux essentiels (fer et zinc) par

fermentation et ajout de phytase ont été rapportées pour les aliments de complément céréaliers^[20].

Cependant, peu d'informations sont disponibles sur la qualité nutritionnelle des farines infantiles et les farines roulées produites au Burkina Faso.

La présente étude a pour objectif de faire une étude comparative des caractéristiques nutritionnelles des farines infantiles locales et des farines roulées utilisées dans l'alimentation complémentaire du jeune enfant burkinabè avec les recommandations nutritionnelles en vigueur.

2. Matériel et méthodes

2.1. Collecte des échantillons de farines infantiles et de farines roulées et enquêtes auprès des entreprises de production

Au total, 12 échantillons différents d'aliments de complément, dont 8 types de farines infantiles et 4 types de farines roulées, produits par les entreprises artisanales ou semi-industrielles au Burkina Faso ont été inventoriés dans 15 alimentations, supermarchés et pharmacies de la ville de Ouagadougou en 2011 (**tableau I**). Ces aliments ont été achetés, codifiés et soumis à une caractérisation nutritionnelle. Une enquête a été ensuite conduite auprès des entreprises de production pour recueillir des informations sur leur évolution, la composition de leurs produits et les procédés technologiques de transformation utilisés.

Tableau I : Description et codification des aliments de complément

Nom commercial des produits échantillonnés	Codification des produits	Type de produit
Misola	FI1	Farines infantiles
Bamisa	FI2	
Vitaline instantanée	FI3	
Vita casui	FI4	
Vita casui instantané	FI5	
Céréral Or instantanée	FI6	
Fanutri	FI7	
Natavie	FI8	
Grumeaux de bouillie	FR1	Farines roulées ou grumeaux de bouillie
Grumeaux de bouillie	FR2	
Grumeaux de bouillie	FR3	
Grumeaux de bouillie	FR4	

FI : farine infantile et FR : farine roulée

2.2 Analyses physico-chimiques et nutritionnelles

- **Teneurs en eau**

La teneur en eau des échantillons a été déterminée par pesée différentielle avant et après passage à

l'étuve à 130°C pendant 2h selon la norme française NF V 03-707 : 2000 [21].

- **Teneurs en lipides**

Les teneurs en lipides des échantillons ont été déterminées par la méthode d'extraction au Soxhlet selon la norme internationale ISO 659 : 1998^[22], avec l'hexane comme solvant.

- **Teneurs en protéines totales**

Les teneurs en protéines totales ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl selon la norme française NF V03-050 : 1970^[23].

- **Teneurs en cendres totales**

Les teneurs en cendres ont été déterminées par incinération dans un four à moufle (Nabertherm®) à 550°C pendant 4h selon la norme internationale ISO 2171 : 2007^[24].

- **Teneurs en glucides totaux**

Les teneurs en glucides totaux ont été déterminées par différence par la méthode de Egan *et al.*^[25] selon la formule :

Teneur en glucides totaux (%) = 100 – [teneur en eau (%) + teneur en protéine (%) + teneur en lipide (%) + teneur en cendre (%)].

- **Valeurs énergétiques**

Les valeurs énergétiques des aliments de complément ont été calculées en utilisant les coefficients d'Atwater et Benedict^[26] selon la formule suivante :

Valeur énergétique (Kcal/100g) = teneur en glucides (%) × 4 (Kcal) + teneur en protéines (%) × 4 (Kcal) + teneur en lipides (%) × 9 (Kcal)].

- **Teneurs en phytates**

Les phytates ou myo-inositol-hexaphosphate ont été déterminés par la méthode modifiée de Makower^[27] basée sur la détermination du phosphate inorganique. Les phytates étaient extraits à partir de 500 mg d'échantillon avec de l'acide trichloroacétique (TCA). L'extrait a été précipité sélectivement avec le cerium (IV) et ensuite hydrolysé en présence d'acide sulfurique concentré pour libérer le phosphate inorganique. Un complexe coloré était ensuite formé par addition de molybdate d'ammonium et mesuré à 630 nm.

- **Teneurs en polyphénols**

Le dosage des polyphénols a été effectué par spectrophotométrie selon la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu^[28] par détermination de l'acide gallique équivalent. Les composés phénoliques ont

été extrait des échantillons utilisant le mélange méthanol/eau/acide acétique (70:30:5). Le réactif de Folin-Ciocalteu a été additionné et le Catechin et l'acide gallique équivalent étaient déterminés par mesure de l'absorbance à 765 nm.

• Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été effectuées en double. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur utilisant le logiciel SPSS™ Statistics version 20.0 (IBM, USA). Le test de Student-Newmans Keuls au seuil de 5% a été réalisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives.

3. Résultats

3.1 Informations sur les entreprises de production d'aliments de complément enquêtées

Les résultats de l'enquête montrent que les 12 échantillons de farines infantiles et de farines roulées collectés sont produits par 9 entreprises locales. Par leur statut juridique, quatre catégories d'entreprises sont identifiées. Les plus représentées sont les entreprises individuelles (55,6%), suivies par les sociétés à responsabilité illimités (22,2%), les associations (11,1%) et les sociétés anonymes (11,1%). Elles ont une ancienneté variant entre 2 et 24 ans. Le nombre des employés permanents par entreprise varie de 2 à 41. Elles utilisent principalement des ressources localement disponibles et des procédés simples et ou améliorés de transformation issus des savoirs faire des traditions culinaires locales ou encore provenant de la collaboration avec les structures de recherche et les ONG. Deux types de farines infantiles sont produits par les entreprises locales : les farines infantiles à cuire et les farines infantiles instantanées obtenues par les procédés de cuisson-extrusion ou par cuisson au four.

3.2. Ingrédients et procédés de transformation

Le **tableau II** donne la composition des différents aliments de complément. Sur les 8 échantillons de farines infantiles inventoriés, seulement 2 sont de type instantané soit 25%, fabriqués par deux entreprises distinctes. Pour les farines à cuire, elles sont toutes obtenues après torréfaction des matières premières utilisées. En outre, il ressort de l'enquête que le mil est la céréale la plus utilisée dans les formulations des farines

infantiles soit par 75% des entreprises enquêtées contre 25% pour le maïs, le sorgho et ou le blé. Le soja et l'arachide sont combinés aux céréales dans 75% des formulations et seulement 37,5% et 25% contiennent respectivement la poudre de lait et l'huile de palme rouge. Toutefois, on note que toutes les formulations sont enrichies avec un complexe minéral vitaminique (CMV) et 62,5% contiennent des sources d'amylases locales (malt de céréale) ou industrielles (Ban 800).

Concernant les farines roulées, le mil est la principale céréale utilisée dans les formulations. Les ingrédients associés sont la poudre du fruit du baobab ou le gingembre. Il n'a pas été observé une incorporation de CMV ou de sources d'amylases dans la production des farines roulées.

3.3. Composition globale

Le **tableau III** donne les teneurs des principaux macronutriments des farines infantiles et farines roulées. La comparaison des taux d'humidité montre des variations significatives ($P < 0,05$) pour les farines infantiles et les farines roulées et entre les deux groupes de produit. Le taux d'humidité est compris entre $3,50 \pm 0,27\%$ et $6,23 \pm 0,18\%$ pour les farines infantiles et entre $7,93 \pm 0,33\%$ et $11,74 \pm 0,33\%$ pour les farines roulées.

Les teneurs en matières grasses ou lipides, en protéines, en cendres et en glucides sont significativement ($P < 0,05$) différentes entre les farines infantiles et les farines roulées. Dans les farines infantiles, les teneurs en lipides sont plus élevées et varient de $6,73 \pm 0,12\%$ à $16,15 \pm 0,03\%$ avec les plus faibles teneurs pour les farines Vitaline instantanée (FI3) et Vita casui instantanée (FI5). Par contre dans les farines roulées, elles sont plus faibles comprises entre $4,62 \pm 0,24\%$ et $8,46 \pm 0,33\%$. Les valeurs minimales et maximales pour les taux de protéines sont respectivement de $8,31 \pm 0,12\%$ et $15,25 \pm 0,04\%$ pour les farines infantiles. Pour les farines roulées, ces taux varient de $6,3 \pm 0,0\%$ à $8,66 \pm 0,12\%$ soit environ 1,5 à 2 fois plus faibles comparativement aux farines infantiles. Les teneurs en protéines les plus élevées sont observées avec les farines infantiles Misola (FI1), Céréalor (FI6), Fanutri (FI7) et Natavie (FI8). Les taux de cendres varient entre $1,32 \pm 0,02\%$ et $3,10 \pm 0,0\%$ dans les farines infantiles et entre $0,6 \pm 0,0\%$ et $1,53 \pm 0,03\%$ dans les farines roulées. Les teneurs en cendres les plus élevées sont observées avec les farines infantiles Natavie (FI8), Misola (FI1) et Bamisa (FI2). Les teneurs en glucides sont très peu différentes entre les deux types de produits. Elles se situent entre $64,74 \pm 0,78\%$ et $83,05 \pm 0,03\%$

% pour les farines infantiles et entre 79,75±0,13% et 86,96±0,24% pour les farines roulées. Les valeurs énergétiques des farines infantiles varient significativement (P<0,05) entre 429,40±0,43 et 472,44±1,52 Kcal/100g de MS. Avec les

farines roulées, les valeurs énergétiques sont comprises entre 423,46±1,29 et 439,31±1,79 Kcal/100g et tendent à être peu différentes (P=0,05).

Tableau II : Composition des aliments de complément

Types d'aliments de complément	Code des aliments de complément	Composition en matières premières et ingrédients
Misola	FI1	Mil, soja, arachide, sucre, sel iodé, amylase industrielle, CMV
Bamisa	FI2	Mil, arachide, soja, sucre, sel iodé, malt, CMV
Vitaline instantanée	FI3	Maïs expansés, arachide, poudre de lait écrémé, sucre, CMV
Vita casui	FI4	Mil, blé, huile de palme, poudre de lait écrémé, poudre à lever, CMV.
Vita casui instantané	FI5	Mil, huile de palme, poudre de lait écrémé, CMV.
Céréral Or instantanée	FI6	Mil, soja, arachide, poudre de lait, sucre, sel iodé, BAN, CMV
Fanutri	FI7	Maïs, soja, souchet (pois sucré), arachide, sucre, sel iodé, enzymes BAN, CMV
Natavie	FI8	Mil, sorgho, soja, arachide, fruit du baobab, sel iodé, carbonate de calcium, amylase industrielle, CMV
Grumeaux de bouillie	FR1	Farine de petit mil, gingembre, pain de singe, épice.
Grumeaux de bouillie	FR2	Farine de petit mil.
Grumeaux de bouillie	FR3	Farine de petit mil, gingembre.
Grumeaux de bouillie	FR4	Farine de petit mil

Tableau III : Valeur nutritionnelle des farines infantiles et des farines roulées pour bouillie

	Nom commercial	Composition globale (%MS)					Valeur énergétique (Kcal/100g)
		Humidité	Lipides	Protéines	Cendres	Glucides	
Farines infantiles locales	Misola : FI1	4,44±0,43	16,15±0,03	13,86±0,07	2,99±0,03	65,46±0,13	471,96 ±0,9
	Bamisa : FI2	5,27±0,41	15,50±0,63	15,25±0,04	2,65±0,00	64,74±0,78	470,62±3,64
	Vitaline instantanée :FI3	3,50±0,27	6,73± 0,12	8,31±0,12	1,32± 0,02	83,05±0,03	429,40±0,43
	Vita casui : FI4	4,43±0,07	15,03± 0,3	9,36±0,12	1,47± 0,00	72,95±0,42	472,44±1,52
	Vita casui instantané :FI5	4,99±0,40	7,69± 0,04	9,18±0,12	1,44± 0,02	80,73±0,15	434,39±0,02
	Céréral Or instantanée :FI6	4,07±0,10	12,39± 0,48	13,86±0,12	2,27±0,01	71,86 ±0,59	455,09±2,45
	Fanutri :FI7	6,23±0,18	14,37± 0,58	13,02±0,12	2,39± 0,00	68,24 ±0,42	466,42±2,97
	Natavie :FI8	4,87±0,04	11,29± 0,75	12,55±0,07	3,10±0,00	72,26± 0,83	443,38±3,73
Farines roulées	FR1	7,93± 0,33	8,46± 0,33	8,66± 0,12	1,53±0,03	79,75± 0,13	439,31±1,79
	FR2	9,98± 0,51	7,42± 1,39	7,22± 0,18	1,01±0,01	82,61±1,43	436,76±7,99
	FR3	11,74±0,25	4,62± 0,24	6,3± 0,00	0,60± 0,00	86,96±0,24	423,46±1,29
	FR4	11,74±0,33	5,54±0,20	7,21±0,06	1,29±0,00	84,76±0,14	424,49±1,07
Normes (6 à 23 mois)	Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013		9	6-15			≥400
	Lutter et Dewey, 2003		12,7	6-11			≥440
	NBF 01-198 :2014	≤8	>9,23	>13,8			≥456,5
	P (aliments de complément)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

NBF : Norme burkinabè

3.4. Teneurs en phytates et polyphénols

Les résultats des facteurs antinutritionnels analysés, principalement les phytates et les polyphénols sont donnés par la figure I. L'analyse de variance donne des différences significatives ($P < 0,05$) entre les échantillons de farines infantiles et de farines roulées pour les teneurs en phytates et en polyphénols. Les teneurs en phytates sont plus importantes, et varient entre $104,05 \pm 6,36$ mg/100g de MS et $633,20 \pm 24,41$ mg/100g de MS dans les farines infantiles tandis qu'elles sont comprises entre $218,80 \pm 7,51$ mg/100g de MS et $418,23 \pm 15,64$ mg/100g de MS dans les farines roulées. Cinq farines infantiles sur huit, soit 62,5% présentent des teneurs en phytates élevées. Il s'agit des farines FI1: Misola ($633,20 \pm 24,41$ mg/100g de MS), FI8: Natavie ($632,13 \pm 8,48$ mg/100g de MS), FI2: Bamisa ($583,23 \pm 23,78$ mg/100g de MS), FI6: Céréral Or ($479,87 \pm 18,16$ mg/100g de MS) et FI7: Fanutri ($408,57 \pm 14,33$ mg/100g de MS). Dans les farines roulées, les teneurs en phytates les plus élevées sont observées avec les échantillons FR4 ($418,23 \pm 15,64$ mg/100g de MS) et FR1 ($372,68 \pm 19,59$ mg/100g de MS). Concernant les polyphénols, les teneurs varient entre $51,84 \pm 17,92$ mg/100g de MS et $492,86 \pm 17,19$ mg/100g de MS dans les farines infantiles et entre $104,22 \pm 1,78$ mg/100g de MS et $489,45 \pm 25,52$ mg/100g de MS dans les farines roulées. Les teneurs les plus élevées sont observées avec la farine infantile FI7: Fanutri ($492,86 \pm 17,19$ mg/100g de MS) et la farine roulée FR1 ($489,45 \pm 25,52$ mg/100g de MS).

4. Discussion

Les aliments de complément doivent apporter de l'énergie et des nutriments en qualité et en quantité

suffisante pour compléter ceux du lait maternel dès l'âge de 6 mois et assurer ainsi à l'enfant une croissance optimale, un développement et une bonne santé [29, 6]. Par conséquent, la qualité nutritionnelle des aliments de complément doit être conforme aux recommandations nutritionnelles nationales ou internationales établies pour les nourrissons et les jeunes enfants. La présente étude a consisté à évaluer les principales sources d'énergie et de nutriments des farines infantiles et des farines roulées produites au Burkina Faso et utilisées comme aliments de complément pour les jeunes enfants. Les résultats de l'étude montrent des variations significatives ($P < 0,05$) au sein de chaque groupe de produits et entre les deux groupes de produits pour tous les nutriments analysés et la densité énergétique. Les taux d'humidité des farines infantiles beaucoup plus faibles ($< 7\%$) que celles des farines roulées ($< 12\%$) sont dues à la torréfaction ou à la cuisson-extrusion des matières premières et ingrédients durant le processus de fabrication, qui entraînent la perte en eau de ces produits. Cependant, on note que toutes les farines infantiles ont des taux d'humidité bas en dessous de 8%, en accord avec les spécifications de la norme Burkinabè, référencée NBF 01-198 :2014 [30] sur les farines infantiles, alors que les farines roulées respectent les valeurs limites fixées pour les farines céréalieres par le Codex standard 154 -1985 [31], soit en dessous de 15%, ce qui présage une bonne conservation pour ces produits. Pour les lipides, toutes les farines roulées ont des teneurs insatisfaisantes, soit inférieures à 10%, alors que 75% des farines infantiles ont des teneurs en lipides proches de 9%, en accord avec les recommandations du Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013 [32] et la norme Burkinabè NBF 01-198 :2014 [30] et seulement 62,5% des farines

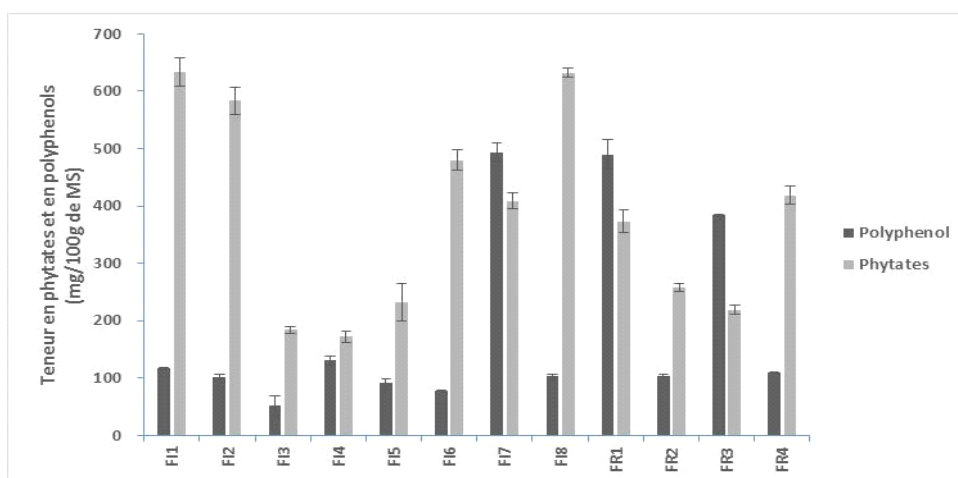


Figure 1 : Teneurs en phytates et en polyphénols dans les farines infantiles et farines roulées pour bouillie

infantiles rencontrent les recommandations proposées par Lutter et Dewey^[33], soit égales ou supérieures à 12,7%. Les teneurs en lipides plus élevées dans les farines infantiles en comparaison avec celles des farines roulées résultent de l'effet et du taux de complémentation avec les légumineuses comme le soja ou l'arachide qui sont d'excellentes sources de lipides et de protéines. Seules les farines infantiles vitaline (6,73± 0,12%) et vitacasui instantané (7,69± 0,04%) présentent des teneurs en lipides insatisfaisantes. Par conséquent, il apparaît important de modifier leur formulation en augmentant les taux de complémentation, respectivement en arachide et en huile de palme rouge ou d'utiliser d'autres sources alimentaires plus riches en matières grasses. Concernant les protéines, toutes les farines infantiles et les farines roulées ont des teneurs supérieures à 6%, qui représentent le minimum de valeur recommandée par Lutter et Dewey^[33] et le Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013^[32], tandis que seules Misola, Bamisa et Céréalor rencontrent les recommandations de la norme Burkinabè NBF 01-198 : 2014^[30]. Ces résultats montrent ainsi que les autres farines infantiles doivent être complémentées avec des ingrédients de bonnes sources en protéines pour être en conformité avec la norme burkinabè. Toutefois, les teneurs en protéines plus élevées dans les farines infantiles sont dues à la complémentation par l'arachide, le soja et ou la poudre de lait. En outre, une comparaison des valeurs de densité énergétique aux valeurs recommandées, montre que toutes les farines infantiles et les farines roulées rencontrent les recommandations du Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013^[32], 75% des farines infantiles et 2% des farines roulées rencontrent celles de Lutter et Dewey^[33], et seulement 62,5% des farines infantiles sont en accord avec la norme Burkinabè NBF 01-198 : 2014^[30]. Par ailleurs, des travaux antérieurs^[34, 35] ont également montré que certaines farines infantiles africaines de mélanges de céréales et de légumineuses possèdent des teneurs en lipides et ou protéines en dessous des normes recommandées. Toutefois, Zannou Tchoko *et al.*^[36] ont mis au point deux types de farines infantiles à partir de produits locaux, notamment à base de manioc et de soja, dont les teneurs en nutriments (13 à 14% de protéines, 10% de lipides) et en énergie (390 à 394 Kcal) sont conformes aux normes fixées par l'OMS. En plus de la densité énergétique et des macronutriments, l'étude révèle à travers l'évaluation des composés antinutritionnels, que les

concentrations en phytates sont significativement ($P < 0,05$) différentes (172,5±9,9 et 633,20±24,41 mg/100g de MS) et élevées et cela d'autant plus quand le soja ou le gingembre sont incorporés dans les formulations, montrant ainsi qu'ils sont de riches sources de phytates. En effet, sur les 12 aliments de complément analysés, 62,5% des farines infantiles, notamment FI1: Misola, FI2: Bamisa, FI6: Céréalor, FI7: Fanutri et FI8: Natavie et 50% des farines roulées, soit FR1 et FR4 contiennent des concentrations importantes en phytates. Des teneurs importantes en phytates d'environ 600 mg/100g de MS ont été également rapportés par Gibson *et al.*^[37] dans des aliments de complément à base de mélange de céréales et de légumineuses. De même, Roos *et al.*^[38] ont trouvé des teneurs en phytates variant entre 68 et 1536 mg/100 g dans 23 aliments de complément produits dans différents pays en développement. Quant aux polyphénols, ils sont de concentration plus faibles que les phytates mais cependant plus importantes dans les formulations associant le souchet ou le gingembre soit supérieures à 489 mg/100g de MS.

Selon Roos *et al.*^[38], les teneurs en composés antinutritionnels dans les aliments transformés dépendent de leurs ingrédients et des procédés de transformation utilisés. Toutefois, ces résultats montrent que la torréfaction, la cuisson extrusion ou la cuisson au four ne permettent pas une réduction considérable des teneurs en phytates. Comme rapporté par de nombreux travaux^[38, 37, 40] les concentrations en phytates et polyphénols élevées dans les aliments de complément pourraient réduire la biodisponibilité du fer, du zinc et du calcium et donc diminuer leur qualité nutritionnelle. Aussi, serait 'il nécessaire de déterminer les rapports molaires phytate/minéral pour estimer la biodisponibilité relative des minéraux de ces aliments. En effet, les valeurs des rapports molaires phytate/minéral désirables pour une bonne absorption des minéraux sont pour les phytates/fer <1 et pour les phytates/zinc <18^[37]. Au regard de ces résultats, il est possible de suggérer d'utiliser des traitements technologiques ou des combinaisons de traitements avec des procédés mécaniques optimisés pour réduire considérablement les concentrations en phytates et en polyphénols afin d'en améliorer leur qualité nutritionnelle^[41]. En effet, des auteurs ont rapporté que les teneurs en phytates des grains de céréales et de légumineuses peuvent être réduites par trempage et ou par cuisson^[42, 43], par germination et ou par fermentation^[41, 44-46]. En outre, l'utilisation de phytases comme additif alimentaire peut également permettre d'améliorer la

valeur nutritionnelle des aliments de complément par hydrolyse des phytates^[47] et diminuer leurs effets inhibiteurs sur l'absorption des minéraux.

Ainsi, l'analyse nutritionnelle de tous les différents aliments de complément échantillonnés dans cette étude montre qu'ils présentent tous des densités en énergie satisfaisantes. Cependant, certains d'entre eux ont des déséquilibres en nutriments par insuffisance de leurs teneurs en lipides et ou en protéines, donc non conformes aux apports en nutriments recommandés.

5. Conclusion

Notre étude a révélé que la qualité nutritionnelle de près de 50% des farines infantiles (Misola, Bamisa, Céréalor, Fanutri) utilisées comme aliments de complément chez les jeunes enfants burkinabè sont conformes à la fois pour l'humidité, les lipides, les protéines et la densité énergétique à la norme burkinabè NBF 01-198 : 2014 [30]. De même, lorsque l'on compare ces résultats à d'autres normes, 62,5% (Misola, Bamisa, Vita casui, Céréalor, Fanutri) rencontrent les recommandations proposées par Lutter et Dewey [33] et 75% (Misola, Bamisa, Vita casui, Céréalor, Fanutri, Natavie) celles de la norme Codex standard CAC/GL 08-1991, rév. 2013 [32], ceux-ci sans considération des teneurs en phytates et polyphénols. Par contre, les farines roulées ont des teneurs en lipides et en protéines inférieures aux recommandations. Ainsi, il apparaît opportun d'améliorer la balance en nutriments des farines infantiles et des farines roulées non conformes aux standards nutritionnels pour leur permettre d'être de véritable aliment de complément pour contribuer à la couverture des besoins nutritionnels des jeunes enfants. Des futures investigations sont suggérées pour augmenter les teneurs en lipides et protéines des aliments de complément tout en réduisant ou en éliminant de manière considérable les teneurs en phytates et polyphénols par l'utilisation d'une combinaison de traitements technologiques. Cette étude permet ainsi de mieux connaître la contribution des aliments de complément pour le développement de stratégies visant à combattre la malnutrition au Burkina Faso.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par le septième programme cadre de l'Union Européenne Fp7/2007-2013 à travers le projet INSTAPA (Novel staple food-based strategies to improve micronutrient status for better health and development in sub-saharan Africa) sous l'agrément N°211484. Les auteurs remercient le Laboratory of

Human Nutrition, Institute of Food, Nutrition and Health, ETH Zurich, Switzerland pour les analyses de phytates et de polyphénols des aliments de complément.

Références bibliographiques

- [1] World Health Organization (WHO). Malnutrition worldwide. Geneva. Switzerland: World health organization. [Http://www.who.int/nut/malnutrition_worldwide.htm.1-13](http://www.who.int/nut/malnutrition_worldwide.htm.1-13) (1999).
- [2] Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD). Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples du Burkina Faso 2011. Calverton, Maryland, USA : INSD. 501p.
- [3] Caulfield LE, Huffman SL, Piwoz EG. Interventions to improve intake of complementary foods by infants 6 to 12 months of age in developing countries: Impact on growth and on the prevalence of malnutrition and potential contribution to child survival. Food Nutr. Bull (1999) 20,183-200.
- [4] Dewey KG, Brown KH. Undated 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.
- [5] Organisation Mondiale de la Santé/Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (OMS/UNICEF). Alimentation complémentaire des jeunes enfants dans les pays en développement. OMS: Genève (2003) 130-131.
- [6] World Health Organization (WHO). Global Strategy for Infant and Young Child Feeding; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2003.
- [7] Trèche S. Complementary foods in developing countries: importance, required characteristics, constraints and potential strategies for improvement. In Kolsteren P, Hoérée T, Perez-Cuetoeds: Proceedings of the International Colloquium promoting growth and development of under fives. Antwerpen: ITG Press: (2002) 132-148.
- [8] Tou E H, Guyot JP, Mouquet-Rivier C, Rochette I, Counil E, Traore AS, Trèche, S. Study through surveys and fermentation kinetics of the traditional processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into "ben-saalga", a millet-based fermented gruel from Burkina Faso used as complementary food. Int J Food Microbiol (2006) 106, 52-60.
- [9] Mouquet-Rivier C, Icard-Vernière C, Guyot JP, Tou EH, Rochette I, Trèche S. Consumption pattern, biochemical composition and nutritional value of fermented pearl millet gruel in Burkina Faso. Int J Food Sci Nutr (2008) 59 (7): 716-729.
- [10] Guyot JP, Mouquet-Rivier C, Tou EH, Counil E, Traoré AS, Trèche S. Study of the processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) into ben-saalga, a fermented gruel from Burkina Faso. In: Brouwer, I., Traoré, A., Trèche, S. (Eds.), Proceedings of the 2nd International Workshop «Food based approaches for a healthy nutrition in West Africa», Ouagadougou November (2003) pp. 437-444.

- [11] Tou EH, Mouquet-Rivier C, Rochette I, Traoré AS, Trèche S, Guyot JP. Effect of different process combinations on the fermentation kinetics, microflora and energy density of ben-saalga, a fermented gruel from Burkina Faso. *Food Chem* (2007a). 100, 935-943.
- [12] Songré-Ouattara LT, Mouquet-Rivier C, Icard-Vernière C, Rochette I, Diawara B, Guyot JP. Potential of amylolytic lactic acid bacteria to replace the use of malt for partial starch hydrolysis to produce African fermented pearl millet gruel fortified with groundnut. *Int J Food Microbiol* (2009) 130, 258-264.
- [13] Shrimpton R, Victora CG, de Onis M, Lima RC, Blossner M, Clugston G. Worldwide timing of growth faltering: implications for nutritional interventions. *Pediatrics* (2001)107:E75.
- [14] Lozoff B, Beard J, Connor J, Barbara F, Georgieff M, Schallert T. Long-lasting neural and behavioral effects of iron deficiency in infancy. *Nutr Rev* (2006) 64:S34-43. discussion S72-91.
- [15] Hernández L, Campos R, Enneman A, Soto-Méndez MJ, Vossenaar M, Solomons NW. Contribution of complementary food nutrients to estimated total nutrient intakes for urban Guatemalan infants in the second semester of life. *Asia Pac J Clin Nutr* (2011) 20 (4):572-583.
- [16] Weaver CM, Kannan S. Phytate and mineral bioavailability. In N. R. Reddy & S. K. Sathe (Eds.), *Food phytates* (2002) 211-224 Boca Raton: CRC Press.
- [17] Bohn T, Davidsson L, Walczyk T, Hurrell RF. Phytic acid added to white-wheat bread inhibits fractional apparent magnesium absorption in humans. *Am J Clin Nutr* (2004) 79:418-423.
- [18] Phillippy BQ Transport of calcium across Caco-2 cells in the presence of inositol hexakis phosphate. *Nutr Res* (2006) 26:146-149.
- [19] Tou EH, Mouquet-Rivier C, Picq C, Traoré AS, Trèche S, Guyot JP. Improving the nutritional quality of ben-saalga, a traditional fermented millet-based gruel, by co-fermenting millet with groundnut and modifying the processing method. *Lebensm. Wiss. Technol* (2007b) 40, 1561-1569.
- [20] Icard-Vernière C, Greffeuille V, Caporiccio B, Trèche S, Besançon P. Influence du Trempage, de la Germination, de la Fermentation et de l'Ajout de Phytases Sur la Biodis-Ponibilité du Fer et du Zinc dans les Farines de Mil," 2nd International Workshop FoodBased-Approaches for a Healthy Nutrition Ouagadougou, 2003, pp. 427-436.
- [21] Association Française de Normalisation (AFNOR). Détermination de la teneur en eau, méthode pratique. Céréales, Légumineuses, Produits Dérivés, NF V 03-707, 2000.
- [22] International Standardization Organization (ISO). Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode d'extraction par Soxhlet. ISO 659, 1998.
- [23] Association Française de Normalisation (AFNOR). Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. Produits Agricoles Alimentaires, NF V 03-050, 1970.
- [24] International Standardization Organization (ISO). Dosage du taux de cendre par incinération à 550°C. Céréales, légumineuses et produits dérivés. ISO 2171, 2007.
- [25] Egan H, Kirk RS, Sawyer R. *Pearson's Chemical Analyses of Food* (8th edition). Churchill. Livingstone : London-UK (1981), 591p.
- [26] Atwater WO, Benedict FG. Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body. US Department of Agriculture. Washington, D.C. Bulletin (1899) 69, 112p.
- [27] Makower RU. Extraction and determination of phytic acid in beans (*Phaseolus vulgaris*). *Cereal Chem* (1970) 47:288-295.
- [28] Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* (1999) 299: 152-178.
- [29] Jones G, Steketee RW, Black RE, Bhutta ZA, Morris SS. How many child deaths can we prevent this year? *Lancet* (2003) 362, 65-71.
- [30] Agence Burkinabè de Normalisation, de la Métrologie et de la Qualité (ABNORM). Normes Burkinabè. Farines infantiles-Spécifications. NBF 01-198 :2014.
- [31] Codex Alimentarius. Norme codex pour la farine complète de maïs. Codex Stan 154 : 1985, rév 1995.
- [32] Codex Alimentarius. Lignes directrices pour la mise au point des préparations alimentaires complémentaires destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge (CAC/GL 08-1991, rév. 2013).
- [33] Lutter CK, Dewey KG. Nutrient composition for fortified complementary foods: proposed nutrient composition for fortified complementary foods. *J. Nutr* (2003)133:3011S-3020S.
- 34 Suri DJ, Tano-Debrah K, Ghosh SA. Optimization of the nutrient content and protein quality of cereal-legume blends for use as complementary foods in Ghana. *Food Nutr Bull* (2014) 35(3):372-81.
- 35 Mosha TCE, Laswai HS, Tetens I. Nutritional composition and micronutrient status of home made and commercial weaning foods consumed in Tanzania. *Plant Foods Hum Nutr* (2000) 55(3):185-205.
- 36 ZannouTchoko VJ, Bouaffou KGM, Kouamé KG, Konan BA. Étude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* (2011) 80 : 748 – 758.
- [37] Gibson RS1, Bailey KB, Gibbs M, Ferguson EL. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-income countries and implications for bioavailability. *Food Nutr Bull* (2010) 31(2):S134-146.
- [38] Roos N, Sørensen JC, Sørensen H, Rasmussen SK, Briend A, Yang Z, Huffman SL. Screening for anti-nutritional compounds in complementary foods and food aid products for infants and young children. *Matern Child Nutr* (2013) 9 (1):47-71. doi: 10.1111/j.1740-8709.2012.00449.x

- [39] Sandberg AS. Bioaccessibility of minerals in legumes. *Br J Nutr* (2002) 343 88(Suppl.): S281-285.
- [40] Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *J Food Sci Technol* (2015) 52(2):676–684. DOI 10.1007/s13197-013-0978-y.
- [41] Coulibaly A, Kouakou B, Chen J. Phytic acid in cereal grains: Healthy or harmful ways to reduce phytic acid in cereal grains and their effects on nutritional quality. *Am J plant Nutr Fert Technol* (2011) 1:1–22.
- [42] Lestienne I, Caporiccio B, Besancon P, Rochette I, Treche S. Relative contribution of phytates, fibers and tannins to low iron and zinc in vitro solubility in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and grain fractions. *J Agric Food Chem* (2005) 53:8342–8348.
- [43] Vellingiri V, Hans KB. Effect of certain indigenous processing methods on the bioactive compounds of ten different wild type legume grains. *J Food Sci Tech* (2010) 49:673–684.
- [44] Makokha AO, Oniango RK, Njoroge SM, Kamar OK. Effect of traditional fermentation and malting on phytic acid and mineral availability from sorghum (*Sorghum bicolor*) and finger millet (*Eleusine caracana*) grain varieties grown in Kenya. *Food Nutr Bull* (2002) 23:241–245.
- [45] Kaur KD, Jha A, Sabikhi L, Singh AK. Significance of coarse cereals in health and nutrition: a review. *J Food Sci Tech* (2011). doi:10.1007/s13197-011-0612-9
- [46] Masud T, Mahmood T, Latif A, Sammi S, Hameed T. Influence of processing and cooking methodologies for reduction of phytic acid content in wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *J Food Process Pres* (2007) 31:583–594.
- [47] Greiner R, Konietzny U. Phytase for food application. *Food Technol Biotechnol* (2006) 44:125–140.