

Soumis le : 01/07/2017

Forme révisée acceptée le : 21/03/2018

Auteur correspondant : [ballogounrande@yahoo.fr](mailto:ballogounrande@yahoo.fr)



**Nature & Technology**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

## Formulation d'aliments de complément à partir du soja et de deux écotypes de fonio

Vénérande Y. BALLOGOU<sup>a,\*</sup>, M. Ella DJIDOHOKPIN<sup>b</sup>, John T. MANFUL<sup>b</sup>, Mohamed M. SOUMANOU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

<sup>b</sup>Africa Rice Center, 01 BP 2031 Cotonou, Benin

### Résumé

La présente étude a permis d'évaluer les qualités nutritionnelles des aliments de complément mis au point à partir du soja et de deux écotypes de fonio. A cet effet, les écotypes de fonio *Pédai* et *Namba* ont été choisis et associés au soja (variété *Jupiter*), pour la formulation de huit farines composées en variant les proportions de fonio (*Pédai* ou *Namba*) et de soja. Les caractéristiques physiques et biochimiques des produits obtenus ont été déterminées. Ainsi, le taux de rétention le plus élevé est obtenu au niveau du tamis 180 µm pour la plupart des farines composées pour les deux écotypes et les couleurs des farines varient en fonction de la quantité de soja incorporée. Les résultats ont aussi montré des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) dans les teneurs en nutriments des différentes farines de complément formulées. Les plus faibles densités énergétiques et teneurs en protéines, lipides et cendres ont été obtenues avec les farines composées de 90% de fonio et 10% de soja tandis que les valeurs les plus élevées ont été observées avec les farines constituées de 60% de fonio et 40% de soja pour les deux écotypes.

Mots-clés: Fonio; soja; farine de complément; formulation; caractéristique physico-chimique.

### Abstract

This study aimed to evaluate nutritional qualities of complementary foods formulated from soyabean and two fonio landraces. *Pédai* and *Namba* fonio landraces have been chosen and associated to soyabean (*Jupiter* variety) for production of eight complementary flours with varied proportions of fonio (*Pédai* or *Namba*) and soyabean. Physico-chemical characteristics of the different flours were determined. Thus, the highest flour percentage is obtained with sieves 180 µm for the most of formulated complementary foods and colors varied according to added soya quantities. The results also showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in nutritional composition of the formulated flours. The lowest energy densities and protein, lipid and ash contents were obtained with flours having 90% of fonio and 10% of soyabean while the highest values were obtained with flours containing 60% of fonio and 40% of soyabean for the two landraces.

Keywords: Fonio; soya; complementary food; formulation; physico-chemical characteristic.

### 1. Introduction

La croissance et le développement normal d'un enfant nécessitent la couverture de ses besoins nutritionnels à travers une alimentation équilibrée [1]. Durant les six premiers mois de la vie, tous les besoins nutritionnels de l'enfant sont parfaitement couverts par le lait maternel [1-2]. Au-delà de cet âge, le lait maternel ne suffit plus à couvrir entièrement les besoins en énergie et en protéines. Il est alors nécessaire de compléter l'alimentation du

nourrisson par certains aliments pour subvenir à l'ensemble de ses besoins à mesure qu'ils augmentent. Les aliments de complément doivent alors apporter en proportions équilibrées, les nutriments majeurs tels que les protéines, les lipides et les glucides [3]. Les aliments initialement reçus par les nourrissons, en complément au lait maternel, sont très souvent des bouillies préparées sous forme fluide. Ainsi, des farines de complément, à base de produits locaux répondant aux habitudes de consommation, ont été développées dans certains pays

africains par des unités de transformation [1, 4]. Les matières premières, généralement utilisées pour ces farines, sont les céréales (riz, mil, sorgho, maïs), les racines (manioc) ou les tubercules (ignames) associées aux légumineuses telles que le soja, le haricot ou le niébé [1]. Parmi ces céréales traditionnelles, le fonio est très peu utilisé dans la production des farines de complément malgré son importance socio-culturelle, nutritionnelle et économique.

En effet, le fonio (*Digitaria exilis*) appartient à la famille des graminées et est considéré comme la céréale traditionnelle la plus ancienne, cultivée en Afrique de l'Ouest [5-6]. Il est principalement cultivé en Guinée, au Nigeria, au Mali, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Bénin, au Niger et au Sénégal [7]. Le fonio est surtout cultivé au Bénin dans la région Nord-Ouest précisément dans le département de l'Atacora, contrairement aux autres céréales telles que le maïs, le sorgho, le mil et le riz, dont les cultures sont répandues un peu partout sur toute l'étendue du territoire national [8]. Le fonio a souvent occupé une position marginale parmi les autres cultures dans la plupart des pays producteurs, en raison de la pénibilité des opérations post-récolte essentiellement le décorticage et le nettoyage des grains [9]. La mécanisation du décorticage a permis de faire connaître le fonio sur les marchés locaux et à l'exportation [5] sous forme de grains décortiqués, blanchis, étuvés, torréfiés et surtout pré-cuits, très appréciés des consommateurs compte tenu de leurs qualités gustatives et nutritionnelles [10, 11]. Le fonio a une composition biochimique globalement comparable à celles des autres céréales [6, 12]. Il présente des teneurs relativement élevées en acides aminés essentiels, notamment la méthionine et la cystine, déficients dans le sorgho, le riz, le blé et l'orge et indispensables à la croissance et à l'équilibre de l'organisme humain [10, 13]. Le fonio est traditionnellement recommandé aux personnes vulnérables, aux femmes enceintes et aux nourrices [14]. Le fonio peut donc valablement substituer les céréales habituellement utilisées dans la formulation d'aliments de sevrage en combinaison avec le soja qui est la source protéique végétale communément utilisée. En effet, le soja (*Glycine max*) renferme en proportions équilibrées, des protéines contenant tous les acides aminés essentiels ainsi que des vitamines et des minéraux indispensables au développement de l'enfant [15]. Ainsi, l'association du soja et du fonio peut permettre de produire des aliments de complément de bonnes qualités nutritionnelles.

La présente étude vise à mettre au point, à partir du soja et de deux écotypes de fonio, des aliments de

complément capables de couvrir les besoins nutritionnels des enfants et des personnes vulnérables.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de cette étude est constitué de fonio (écotypes *Namba* et *Pédai*) en provenance de Boukounbé, et de Natitingou au nord du Bénin, et du soja (variété *Jupiter*) acheté au marché Ouando de Porto-Novo. L'écotype *Pédai* a été choisi parce qu'il présente une teneur en protéines élevée et une viscosité faible par rapport aux autres écotypes connus [16] tandis que l'écotype *Namba* est assez répandu et apprécié des transformatrices. Quant au soja, la variété *Jupiter* a été choisie parce qu'elle est la plus répandue et appréciée des transformatrices.

### 2.2. Méthodes

La présente étude a été réalisée en deux phases notamment la production des différentes farines et leurs caractérisations physico-chimiques.

#### 2.2.1. Méthode de production des farines

Les différentes farines ont été produites à la suite de plusieurs opérations unitaires. Les deux matières premières, fonio (*Namba* et *Pédai*) et soja (*Jupiter*), ont été traitées séparément avant d'être mélangées et transformées en farines composées.

##### 2.2.1.1. Transformation du fonio

Les opérations mises en œuvre au cours de la transformation du fonio sont: le tamisage, le décorticage-vannage, le lavage, le séchage et la torréfaction. Le décorticage-vannage qui consiste à enlever les balles du fonio paddy a été précédé de l'opération de tamisage pour enlever les impuretés (pierres, pailles, etc.). Après décorticage, les grains de fonio ont été tamisés pour enlever le reste des pierres, des pailles, etc. Le fonio décortiqué a été par la suite soigneusement lavé 7 à 8 fois puis dessablé pour obtenir du fonio décortiqué, lavé et bien propre. Le séchage a été effectué au soleil pendant 5 heures où la température variait de 35 à 55°C. La torréfaction des grains séchés a été ensuite réalisée au four à la température de 100°C pendant une durée de 30 min.

### 2.2.1.2. Transformation du soja

Les traitements effectués sur le soja sont essentiellement le tamisage, le triage, le lavage, l'égouttage, le séchage, la torréfaction, le décortilage et le vannage. Toutes ces opérations ont été réalisées manuellement. Le tamisage et le triage consistent à éliminer les impuretés et faciliter les opérations ultérieures. Ces impuretés sont constituées des grains abîmés et des corps étrangers (grains de sable, cailloux...). Le lavage permet de débarrasser les grains de la poussière ou des produits de conservation qui ont pu être utilisés lors du stockage. Après lavage et égouttage dans une passoire, le séchage des grains de soja a été effectué au soleil pendant 4 h 30 min, sur une surface propre (claies en aluminium). La torréfaction des grains préalablement lavés et séchés a été effectuée dans un four à la température de 215°C pendant une durée de 7 min. L'opération de décortilage des grains de soja a été effectuée par un seul passage des grains dans le moulin suivi du vannage qui consiste à débarrasser les grains décortiqués des pellicules.

### 2.2.1.3. Formulation des farines composées

Les grains de fonio et de soja décortiqués et torréfiés ont été mélangés puis moulus. Quatre différentes farines ont été obtenues avec chaque écotype en variant les pourcentages du fonio et du soja dans les mélanges. Le tableau 1 indique les proportions des deux matières premières entrant dans la formulation des farines composées.

Tableau 1  
Proportions des matières premières pour la formulation des farines

Farines	Ingrédients (%)
FS <sub>100</sub>	Soja : 100
FP <sub>100</sub>	Pédai : 100
FN <sub>100</sub>	Namba : 100
FP <sub>90</sub> S <sub>10</sub>	Pédai : 90 ; Soja : 10
FN <sub>90</sub> S <sub>10</sub>	Namba : 90 ; Soja : 10
FP <sub>80</sub> S <sub>20</sub>	Pédai : 80 ; Soja : 20
FN <sub>80</sub> S <sub>20</sub>	Namba : 80 ; Soja : 20
FP <sub>70</sub> S <sub>30</sub>	Pédai : 70 ; Soja : 30
FN <sub>70</sub> S <sub>30</sub>	Namba : 70 ; Soja : 30
FP <sub>60</sub> S <sub>40</sub>	Pédai : 60 ; Soja : 40
FN <sub>60</sub> S <sub>40</sub>	Namba : 60 ; Soja : 40

F : Farine ; P : Pédai ; N : Namba ; S : Soja

Les grains mélangés ont été moulus dans un moulin à disque bien nettoyé. La finesse de la mouture est contrôlée par un tamis de maille 0,6 mm. Les farines sont ensuite refroidies puis conditionnées dans des sachets plastiques. Les différents échantillons obtenus ont été stockés dans un réfrigérateur de marque Bécko RCE 4600 pendant toute la durée de l'étude.

### 2.2.2. Méthodes d'analyses

#### 2.2.2.1. Analyses physiques et biochimiques

Les teneurs en matière sèche, protéines, lipides, fibres et cendres des différents échantillons ont été déterminées suivant les méthodes AACC [17]. La densité énergétique des farines a été calculée, en utilisant les coefficients d'Atwater [18] soit 4 kcal/g pour les protéines, 4 kcal/g pour les glucides et 9 kcal/g pour les lipides.

La granulométrie a été déterminée par la méthode AACC 66-20-01. Un tamiseur à réglage électronique de marque Retsch AS 200 a été utilisé. La méthode consiste à faire passer une prise d'essai de 100 g pendant 20 min à travers une série de tamis de mailles décroissantes (450, 300, 180, 150 et 45 µm). Les refus de chaque tamis sont pesés avec une balance électronique de précision 0,001 g.

La couleur des échantillons a été mesurée avec un chromamètre portable Minolta CR-400/410 étalonné avec une céramique blanche de référence. La théorie des couleurs antagonistes est à la base de la conception de l'appareil. Ainsi, « a » indique la saturation en rouge, « - a » celle en vert, « b » la saturation en jaune et « - b » celle en bleue. La clarté ou la blancheur est représentée par la lettre « L » (luminance) qui constitue la troisième dimension.

#### 2.2.2.2. Analyse statistique

Les résultats des analyses ont été traités au moyen du tableur Excel 2007 afin de déterminer les moyennes et les écart-types. Le logiciel SPSS a été aussi utilisé pour étudier les relations entre les différents paramètres à travers l'analyse de la variance (ANOVA) par le test de Student-Newman-Keuls (SNK).

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Caractéristiques physiques et biochimiques des farines

##### 3.1.1. Répartition granulométrique des farines

Les résultats de l'analyse granulométrique réalisée sur les farines composées sont résumés dans le tableau 2. Toutes les farines présentent des particules de tailles assez variables, et sont retenues par tous les tamis utilisés. Globalement, le taux de rétention le plus élevé est obtenu au niveau du tamis 180  $\mu\text{m}$  pour la plupart des farines

Table 2  
Répartition granulométrique (% retenu par tamis) des farines composées

Farines	Maille des tamis ( $\mu\text{m}$ )					
	450	300	180	150	45	FR*
FS <sub>100</sub>	75,1 $\pm$ 0,71	24,6 $\pm$ 0,28	0,30 $\pm$ 0,14	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
FP <sub>100</sub>	0,7 $\pm$ 0,42	18,8 $\pm$ 0,28	22,50 $\pm$ 0,71	31,00 $\pm$ 0,56	12,6 $\pm$ 0,56	14,30 $\pm$ 0,14
FN <sub>100</sub>	1,3 $\pm$ 0,99	25,7 $\pm$ 0,42	29,69 $\pm$ 0,03	31,45 $\pm$ 0,10	6,88 $\pm$ 0,15	04,49 $\pm$ 0,12
FP <sub>90</sub> S <sub>10</sub>	27,4 $\pm$ 0,56 b	20,0 $\pm$ 0,56 a	36,3 $\pm$ 0,42 a	05,9 $\pm$ 0,71 a	4,4 $\pm$ 0,56 b	5,9 $\pm$ 0,71 c
FP <sub>80</sub> S <sub>20</sub>	22,5 $\pm$ 0,42 a	20,4 $\pm$ 0,56 a	42,4 $\pm$ 0,85 b	09,8 $\pm$ 0,85 b	0,7 $\pm$ 0,14 a	4,1 $\pm$ 0,14 b
FP <sub>70</sub> S <sub>30</sub>	23,2 $\pm$ 0,85 a	23,3 $\pm$ 0,71 b	35,9 $\pm$ 0,42 a	09,0 $\pm$ 0,85 b	4,7 $\pm$ 0,71 b	3,6 $\pm$ 0,28 b
FP <sub>60</sub> S <sub>40</sub>	24,6 $\pm$ 0,85 a	25,0 $\pm$ 0,56 c	36,8 $\pm$ 0,85 a	10,4 $\pm$ 0,28 b	3,1 $\pm$ 0,71 b	0,1 $\pm$ 0,14 a
FN <sub>90</sub> S <sub>10</sub>	28,5 $\pm$ 0,14 b	20,2 $\pm$ 0,56 a	30,9 $\pm$ 0,42 d	06,2 $\pm$ 0,28 a	9,2 $\pm$ 0,85 a	5,0 $\pm$ 0,56 a
FN <sub>80</sub> S <sub>20</sub>	24,9 $\pm$ 0,71 a	22,8 $\pm$ 0,56 b	26,2 $\pm$ 0,56 b	11,5 $\pm$ 0,42 c	10 $\pm$ 0,00 a	4,5 $\pm$ 0,42 a
FN <sub>70</sub> S <sub>30</sub>	25,8 $\pm$ 0,85 a	22,5 $\pm$ 0,42b	28,3 $\pm$ 0,71 c	09,2 $\pm$ 0,28 b	8,6 $\pm$ 0,85 a	5,6 $\pm$ 0,56 a
FN <sub>60</sub> S <sub>40</sub>	24,6 $\pm$ 0,71 a	25,7 $\pm$ 0,71c	22,9 $\pm$ 0,42 a	05,9 $\pm$ 0,71 a	17 $\pm$ 0,28 b	4,2 $\pm$ 0,28 a

Les chiffres portant la même lettre, dans la même colonne pour la même variété de fonio, ne sont pas significativement différents ( $p \leq 0,05$ )

FR\* : Fond Récepteur

##### 3.1.2. Couleur des farines

Les caractéristiques chromatiques des farines composées sont présentées dans le tableau 3. Les valeurs de la luminance montrent qu'il n'y a pas de différence significative ( $P \leq 0,05$ ) au niveau des différents échantillons de farines composées issues de la variété *Namba* d'une part et *Pédai* d'autre part. Les farines composées *Pédai*-soja (luminances variant de 74,30-80,20) présentent les valeurs les plus élevées de la luminance comparativement aux farines composées *Namba*-soja (luminances variant de 73,02-76,79). Cependant, toutes les farines composées ont globalement une blancheur appréciable du fait de la valeur élevée de la luminance. L'indice de rouge montre qu'il y a une différence significative entre les différentes farines

composées quel que soit l'écotype de fonio. L'analyse de variance a montré une différence significative ( $P \leq 0,05$ ) dans la distribution granulométrique des différentes farines composées. Les pourcentages de farines composées *Pédai*-soja retenus par le tamis de maille 180  $\mu\text{m}$  sont plus importants que ceux obtenus au niveau des farines composées *Namba*-soja. Les résultats sont tous conformes à la norme établie sur la granulométrie des farines de complément par le Comité Consultatif du projet PAAN (Projet d'Appui aux Activités de Nutrition) qui stipule que la farine de complément ne doit pas contenir de particules de dimensions supérieures à 500  $\mu\text{m}$  [19].

composées. Les farines composées *Namba*-soja ont les valeurs les plus élevées de l'indice de rouge. L'indice de rouge augmente avec la quantité de soja incorporée dans les farines. Ainsi, la valeur maximale (2,05) de l'indice de rouge au niveau des farines composées *Namba*-soja est observée pour la FN60S40. La même formulation réalisée avec *Pédai* (FP60S40), donne une valeur relativement plus faible, soit 1,64. L'indice de jaune augmente aussi avec la quantité de soja incorporée dans la farine et les résultats varient en fonction de l'écotype utilisé. Les farines composées *Namba*-soja ont les indices de jaune les plus élevés. Ainsi, la couleur des farines composées varie en fonction de la quantité de soja incorporée et de la variété de fonio utilisée.

Tableau 3  
Caractéristiques chromatiques des farines

Farines	Couleur		
	L	a	b
FS <sub>100</sub>	80,42 ± 0,16	-0,89 ± 0,01	19,25 ± 0,56
FP <sub>100</sub>	83,24 ± 1,33	-0,02 ± 0,06	08,33 ± 0,13
FN <sub>100</sub>	80,64 ± 0,81	0,71 ± 0,05	09,89 ± 0,10
FP <sub>90S10</sub>	80,20 ± 0,11 a	0,21 ± 0,09 a	13,27 ± 0,23 a
FP <sub>80S20</sub>	79,83 ± 1,75 a	0,33 ± 0,17 a	14,07 ± 0,10 b
FP <sub>70S30</sub>	74,39 ± 5,22 a	1,33 ± 0,36 b	17,13 ± 0,03 c
FP <sub>60S40</sub>	74,30 ± 0,24 a	1,64 ± 0,29 b	17,38 ± 0,35 c
FN <sub>90S10</sub>	76,79 ± 0,95 a	0,88 ± 0,03 a	14,45 ± 0,16 a
FN <sub>80S20</sub>	76,22 ± 2,58 a	1,00 ± 0,06 a	16,14 ± 0,26 b
FN <sub>70S30</sub>	75,61 ± 1,83 a	1,48 ± 0,30 a	17,45 ± 0,20 c
FN <sub>60S40</sub>	73,02 ± 1,15 a	2,05 ± 0,19 b	18,50 ± 0,00 d

Les chiffres portant la même lettre, dans la même colonne pour la même variété de fonio, ne sont pas significativement différents ( $p \leq 0,05$ )

### 3.1.3. Composition biochimique des farines composées

La composition biochimique des farines composées est présentée dans le tableau 4. Les paramètres déterminés sont: la densité énergétique, la matière sèche, les protéines, les lipides, les glucides, les fibres et les cendres. Les résultats ont montré que les densités énergétiques ne sont pas significativement différentes pour les farines

composées *Pédai*-soja et *Namba*-soja. Les densités énergétiques des farines composées *Namba*-soja sont de 409,46 ; 413,41 ; 417,87 et 425,3 Kcal respectivement pour FN90S10 ; FN80S20 ; FN70S30 et FN60S40. Les valeurs obtenues pour les différentes formulations de *Pédai*-soja, sont de 415,74 Kcal pour FP90S10 ; 418,67 Kcal pour FP80S20 ; 422,26 Kcal pour FP70S30 et 424,38 Kcal pour FP60S40.

Tableau 4  
Composition biochimique des farines composées (pour 100 g en base sèche)

Farines	Densité énergétique (Kcal/100 g)	Matières sèches (%)	Protéines (g/100 g MS)	Lipides (g/100 g MS)	Glucides (g/100 g MS)	Fibres (g/100 g MS)	Cendres (g/100 g MS)
FS <sub>100</sub>	457,71 ± 4,57	92,53 ± 0,20	38,03 ± 0,01	19,63 ± 0,15	32,2 ± 0,54	5,20 ± 0,13	4,92 ± 0,05
FP <sub>100</sub>	398,52 ± 1,68	92,00 ± 0,20	11,39 ± 0,14	1,28 ± 0,08	85,34 ± 0,21	1,39 ± 0,35	0,58 ± 0,10
FN <sub>100</sub>	399,93 ± 0,68	92,27 ± 0,09	10,04 ± 0,13	1,08 ± 0,16	87,49 ± 0,33	0,90 ± 0,14	0,47 ± 0,02
FP <sub>90S10</sub>	415,74 ± 1,93 a	92,94 ± 0,02 a	15,11 ± 0,82 a	4,84 ± 0,24 a	77,94 ± 0,66 a	0,94 ± 0,07 a	1,17 ± 0,04 a
FP <sub>80S20</sub>	418,67 ± 1,18 a	93,19 ± 0,07 b	16,53 ± 0,25 a	6,15 ± 0,26 b	74,31 ± 0,63 b	1,64 ± 0,07 b	1,37 ± 0 b
FP <sub>70S30</sub>	422,26 ± 0,45 a	93,53 ± 0,00 c	19,40 ± 0,50 b	7,48 ± 0,13 c	69,33 ± 0,35 c	1,94 ± 0,07 c	1,84 ± 0,04 c
FP <sub>60S40</sub>	424,38 ± 3,63 a	93,72 ± 0,04 d	21,29 ± 0,48 c	8,27 ± 0,65 c	66,20 ± 0,21d	2,26 ± 0,00 d	1,97 ± 0,01 d
FN <sub>90S10</sub>	409,46 ± 3,29 a	94,01 ± 0,14 a	12,86 ± 0,48 a	3,38 ± 0,51 a	81,88 ± 0 d	0,83 ± 0,07 a	1,03 ± 0,01 a
FN <sub>80S20</sub>	413,41 ± 1,26 a	94,01 ± 0,13 a	15,21 ± 0,18 b	5,03 ± 0,00 b	76,82 ± 0,15 c	1,59 ± 0,28 a	1,34 ± 0,00 b
FN <sub>70S30</sub>	417,87 ± 0,69 a	94,14 ± 0,04 a	18,97 ± 0,18 c	6,37 ± 0,09 c	71,16 ± 0,57 b	1,67 ± 0,42 a	1,82 ± 0,02 c
FN <sub>60S40</sub>	425,3 ± 3,18 b	94,93 ± 0,03 b	20,95 ± 0,44 d	7,39 ± 0,56 c	68,74 ± 0,94 a	1,05 ± 0,07 a	1,86 ± 0,00 c

Les chiffres portant la même lettre, dans la même colonne pour la même variété de fonio, ne sont pas significativement différents ( $p \leq 0,05$ )

Les résultats de la teneur en matière sèche des farines montrent une différence significative entre les farines composées *Pédai*-soja. La plus faible valeur (92,94%) est obtenue avec la FP90S10 et la valeur la plus élevée

(93,72%) avec la FP60S40. Cependant, les teneurs en matières sèches des farines composées *Namba*-soja, sont plus élevées que celles obtenues avec les combinaisons *Pédai*-soja. Ainsi, la teneur en matière sèche (94,93%) de

la FN60S40, est significativement supérieure à celle des autres farines. Les résultats du taux de matière sèche (MS) des farines composées se rapprochent des valeurs trouvées par certains auteurs notamment ZANNOU-TCHOKO et al. [20] pour la farine de manioc enrichie au soja (MS : 95%) ; TCHIBINDAT ET TRECHE [19] pour la farine Vitafort au Congo (MS > 92%) ; IBRAHIM [21] pour la farine Bitamin au Niger (MS : 95%) ; SOUBEIGA [22] pour la farine Misola au Burkina Faso (MS : 92-94%) et DA-GBADJI [23] pour la farine Mickelange (MS : 94,71%). Cependant, les valeurs sont inférieures à celles des farines Rimalait (MS : 91,32%) et Céréso (MS : 90,95%) étudiées par DA-GBADJI [23].

Quant aux teneurs en protéines, on remarque une différence significative entre les valeurs obtenues pour les différentes formulations. Les farines composées *Pédai*-soja, FP90S10 et FP80S20, ont des teneurs en protéines respectivement de 15,11 et 16,53% MS, plus faibles que la FP70S30 et la FP60S40 dont les teneurs en protéines sont 19,4 et 21,29% MS respectivement. Cette différence notée, peut-être expliquée par le pourcentage élevé de soja utilisé pour la production de ces farines (respectivement 30 et 40%). Les mêmes résultats ont été observés avec les farines composées *Namba*-soja dont les teneurs en protéines sont de 12,86 ; 15,21 ; 18,97 et 20,95% MS respectivement pour la FN90S10, FN80S20, FN70S30 et FN60S40. De toutes les farines produites, la FN90S10 a présenté la plus faible teneur en protéines (12,86% MS). De plus, les teneurs en protéines des farines composées *Namba*-soja sont, pour la plupart, plus faibles que celles des farines composées *Pédai*-soja. La différence observée entre les farines composées *Pédai*-soja et *Namba*-soja pour les mêmes formulations, peut-être due à l'influence variétale. TRECHE [24] a aussi observé des variations dans les teneurs en protéines (comprises entre 8,2 et 21,3% MS) de certaines farines de complément produites en Afrique.

Les teneurs en lipides sont significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ) pour les farines composées. Les résultats obtenus ont indiqué également que les farines composées *Pédai*-soja, présentaient des valeurs plus élevées que celles des farines composées *Namba*-soja. Ce résultat confirme la teneur en lipides plus élevée de l'écotype *Pédai*. Le plus faible taux de lipides obtenu au niveau des farines *Pédai*-soja est de 4,84% MS pour la FP90S10 contre 3,38% MS pour la FN90S10 au niveau des farines *Namba*-soja. Les valeurs les plus élevées sont

8,27% MS pour la FP60S40 contre 7,39% MS pour la FN60S40. Ainsi, les taux de lipides augmentent avec la quantité de soja incorporée dans les farines. DA-GBADJI [23] a trouvé des résultats semblables pour les farines Cérélac-maïs et Rimalait dont les teneurs en lipides sont respectivement 3,4% MS et 3,3% MS. Nos résultats sont également comparables à ceux de TRECHE [24] qui a aussi obtenu de faibles teneurs en lipides pour certaines farines produites en Afrique soit 3,1% ; 4,5% ; 5,5% ; 6,3% ; 7,6% et 8,1% MS respectivement pour les farines Ouando 1er âge (Bénin), Supéramine (Algérie), Micaf (Cap Vert), Vitafort (Congo), Musalac (Burundi) et Yéolac (Guinée).

Les teneurs en glucides des farines sont aussi significativement différentes et les valeurs obtenues varient en fonction de la quantité de soja incorporée à chaque variété de fonio. Les teneurs en glucides des farines composées *Namba*-soja sont plus élevées que celles des farines composées *Pédai*-soja. Ainsi, la plus grande valeur (81,88%) est obtenue avec la FN90S10 contre 77,94% pour la FP90S10 tandis que les plus faibles valeurs sont 66,20% pour la FP60S40 et 68,74 % pour la FN60S40.

Les teneurs en fibres des farines augmentent avec le pourcentage de soja apporté pour chaque formulation. La différence observée n'est pas significative au niveau des farines composées *Namba*-soja, qui ont les teneurs en fibres les plus élevées.

Pour la composition en cendres, les valeurs obtenues sont significativement différentes. Les teneurs en cendres varient en fonction de l'écotype et de la quantité de soja utilisée. Cependant, au niveau des farines composées *Namba*-soja, cette différence n'est pas significative entre la FN70S30 (1,82% MS) et la FN60S40 (1,86% MS). Les teneurs en cendres sont plus élevées pour les farines *Pédai*-soja. Globalement, les farines mises au point dans la présente étude, ont leurs compositions en cendres, qui avoisinent celles des farines Rimalait, Beau bébé, Mickelange et Pepite d'or [23] qui sont respectivement de 1,3% ; 1,7% ; 1,7% et 1,8% MS. Les valeurs obtenues sont par contre inférieures à celles de Céréso (2,4% MS) et de Cerelac-maïs (3,5% MS) rapportées par DA-GBADJI [23]. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'absence de complément minéral et/ou vitaminique (CMV) dans les farines produites, comme c'est le cas pour certaines farines rapportées telles que Cérélac-maïs et Céréso [23].

#### 4. Conclusion

Le potentiel technologique du fonio a été évalué à travers la production d'aliments de complément. Ainsi, les écotypes de fonio *Namba* et *Pédai* ont été associés à la variété de soja *Jupiter* pour formuler des farines composées. Les différentes formulations mises au point, présentent pour la plupart de bonnes caractéristiques physiques et biochimiques. Le fonio peut donc, à l'instar des autres céréales, être utilisé pour produire des farines de complément afin de valoriser cette céréale négligée et sous-exploitée malgré son importance socio-culturelle, nutritionnelle et économique dans les pays producteurs.

#### References

- [1] Trèche S., Pezennec S., Giamarchi P., Comment améliorer les bouillies de sevrage préparées dans les ménages Congolais ? Laboratoire d'Etudes sur l'Alimentation et la Nutrition du centre DGRST-ORSTOM de Brazzaville, Congo, 1993, 10 p.
- [2] OMS/UNICEF, Stratégie mondiale pour l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant, Genève, Suisse, 2003, 37 p.
- [3] Mouquet-Rivier C., L'alimentation de complément des jeunes enfants au Burkina Faso, Journée portes ouvertes du «CIRD», Centre IRD de Ouagadougou, 2006, pp. 1-59.
- [4] Salle B., Alimentation du nouveau-né et du nourrisson, Bulletin Académique Nationale de Médecine, 193 (2009) 431-446.
- [5] Cruz J.-F., Drame D., Diallo T.A., Son G., Amélioration des techniques de transformation du fonio en Afrique de l'ouest. Mécanisation du décorticage et du nettoyage, In Maîtrise des Procédés en vue d'améliorer la qualité et la sécurité des aliments, Ouagadougou, Burkina-Faso, 2005, 4 p.
- [6] Cruz J. F., Beavogui F., Drame D., Le fonio, une céréale Africaine. Agricultures tropicales en poche, Quae / Cta / Presses agronomiques de Gembloux, Versailles, France, 2011, 175 p.
- [7] Sylla A., Capitalisation d'informations sur la filière fonio au Mali, Afrique Verte, Bamako, Mali, 2005, 115 p.
- [8] Vodouhe S. R., Zannou A., Achigan Dako E., Actes du Premier Atelier sur la Diversité Génétique du Fonio (*Digitaria exilis*) en Afrique de l'Ouest, Conakry, Guinée, du 04 au 06 Août 1998, Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI), Rome, Italie, 2003.
- [9] Gomis L., Programme agriculture –gestion des ressources naturelles « Wula Nafaa » Cadre de concertation sur les produits du fonio, Rapport des journées de réflexion, International Resources Group (IRG), USAID/Kédougou, Sénégal, 2004, 33 p.
- [10] USAID, La chaîne de valeur de la filière fonio au Sénégal : analyse et cadre stratégique d'initiatives pour la croissance de la filière, Sénégal/Programme Croissance économique, International Resources Group, Washington D.C., 2008, 94 p.
- [11] Ballogou V.Y., Sagbo F.S., Soumanou M.M., Toukourou F., Hounhouigan J.D., Evaluation de la qualité de quelques produits dérivés de deux écotypes de fonio cultivés (*Digitaria exilis*) au Bénin, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), 72 (2012) 27-35.
- [12] Ballogou V.Y., Soumanou M.M., Toukourou F., Hounhouigan J.D., Structure and Nutritional Composition of Fonio (*Digitaria exilis*) Grains: A Review, International Research Journal of Biological Sciences, 2 (2013) 73-79.
- [13] Cruz J.-F., Fonio: a small grain with potential. Leisa (magazine on low external input and sustainable agriculture, Valuing crop diversity), 20 (2004) 16-17.
- [14] Jideani I.A., Traditional and possible technological uses of *Digitaria exilis* (fonio) and *Digitaria iburua* (iburua): a review, Plant Foods for Human Nutrition, 54 (1999) 364 -374.
- [15] Agbo N.G., Supplementation of a traditional Ivorian food (attiéké) with soybean. In Proceeding, The Third International Soybean, Processing and Utilisation Conference, The Japanese Society for Food Sciences and Technology, The organizing committee for ISPU-III, 1996, pp. 5-20.
- [16] Ballogou V.Y., " *Systèmes Post-récolte, transformation, qualité du fonio et produits dérivés au Nord du Bénin* ", Thèse de doctorat, Faculté des sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 2013, 169 p.
- [17] AACC, Approved methods of the American Association of cereal chemistry. In American Association of Cereal Chemistry, 8<sup>th</sup> ed., St. Paul, MN, 1984.
- [18] WHO, Besoins énergétiques et besoins en protéines: Rapport d'une Consultation Conjointe d'Experts FAO / OMS / UNU. Série de Rapports Techniques, Genève, Suisse, 1986, 226 p.
- [19] Tchibindat F., Trèche S., Vitafort : Une farine infantile de haute densité énergétique au Congo, In Trèche S., De Benoist B., Benbouzid D. et Delpuch F. (Ed.), L'alimentation de complément du jeune enfant, ORSTOM, Paris, France, 1995, pp. 177-188.
- [20] Zannou-Tchoko V.J., Ahui-Bitty L.B., Kouame K., Bouaffou K.G.M., Dally T., 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 (2011) 2477–2484.
- [21] Ibrahim H.M., Bitamin : farine de sevrage du Niger. In Trèche S., de Benoist B., Benbouzid D., Delpuch F. (Ed.), L'alimentation de complément du jeune enfant, Actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter-pays, Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 1994, pp. 197-202.
- [22] Soubeiga S., Les Farines Misola au Burkina Faso, In Trèche S., de Benoist B., Benbouzid D., Delpuch F. (Ed.), L'alimentation de complément du jeune enfant, Actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter-pays, Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 1994, pp. 301-312.
- [23] Da-Gbadji R.R., " *Evaluation de la qualité de quelques aliments de complément commercialisés au Bénin* ", Mémoire d'Ingénieur Agronome, FSA, UAC, Bénin, 2003, 90 p.
- [24] Trèche S., Analyse des expériences de production de farines infantiles en Afrique, In Trèche S., de Benoist B., Benbouzid D., Delpuch F., L'alimentation de complément du jeune enfant. ORSTOM (Ed.). Paris, France, 1995, pp. 25-235.