



## Influence de la substitution du maïs par la poudre des feuilles de *Moringa Oleifera* sur la valeur nutritive des farines infantiles à base d'un mélange de soja, riz et maïs

Kambale Musavandalo Galilée<sup>1</sup>, Kambale Valimunzigha Charles<sup>2</sup> et  
Milando Claudelle Mwenge<sup>3</sup>

### Résumé

*La présente étude a pour objectif de mettre au point une farine infantile à base des céréales (maïs et riz), légumineuse (soja) et la poudre des feuilles de Moringa oleifera et d'évaluer l'influence de la substitution du maïs par Moringa sur sa valeur nutritive. Pour cette fin, des analyses du laboratoire faites sur cinq types de farines (T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub> constituées respectivement de 0 ; 25 ; 50 ; 75 et 100% de substitution) ont porté sur la détermination de leur teneur en protéine, en matières grasses, en amidon, en glucide, en eau, en cendre et sur le calcul de leur valeur énergétique.*

*A l'issue de ces analyses, il est ressorti des différences significatives pour tous les paramètres analysés à l'exception du taux d'humidité. Les valeurs moyennes de 11,75 ; 11,56 ; 11,48 ; 11,29 et 11,25% respectivement pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub> n'ont présenté aucune différence significative au seuil de 5%. Pour le cendre, les valeurs moyennes ont été de 2,65 ; 3,37 ; 4,14 ; 4,82 et 5,45% respectivement pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub> avec une ppds de 0,142%. Les valeurs protéiques ont quant à elle augmenté avec la substitution et sont respectivement de 18,54 ; 20,54 ; 21,45 ; 22,08 et 23,79% pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub>, avec une ppds de 0,61%. S'agissant des valeurs lipidiques des farines, les moyennes ont été de 6,84 ; 7,14 ; 7,37 ; 7,51 et 7,73 respectivement pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub>, avec une ppds de 0,38%. Les valeurs glucidiques*

<sup>1</sup>Assistant à la Faculté des Sciences agronomiques à l'Université Catholique du Graben à Butembo/Nord-Kivu (RDC) : kambalegalilee@gmail.com.

<sup>2</sup>Professeur à la Faculté des Sciences agronomiques à l'Université Catholique du Graben à Butembo/Nord-Kivu (RDC).

<sup>3</sup>Ingénieure en Sciences agronomiques à l'Université Catholique du Graben à Butembo/Nord-Kivu (RDC).

*ont montré une décroissance avec la substitution et se sont situées entre 72 et 63%, soit une diminution de 9% pour une substitution de 100%. Il en est de même pour la teneur en amidon où les valeurs moyennes ont été de 25,5 ; 25,2 ; 24,83 ; 24,64 et 23,86 respectivement pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub>. Les valeurs énergétiques sont restées supérieures au standard de l'OMS pour toutes les formulations faites. Les moyennes sont respectivement de 423,6 ; 422,2 ; 420,3 ; 418,3 et 416,8 pour T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> et T<sub>100</sub>.*

*Il est donc possible d'améliorer la nutrition et la santé du jeune enfant à l'âge de sevrage à partir des matières végétales disponibles sans pour autant dépendre de l'extérieur et de valoriser la culture de Moringa oleifera qui ne trouve pas encore des formes d'utilisation dans le milieu.*

*Mots clés : Substitution, farine infantile, valeur alimentaire, Moringa oleifera*

### **Summary**

*The present study aimed to develop infantile flour at base of the cereals (corn and rice), leguminous plant (soya) and powders it sheets of Moringa will oleifera and to evaluate the influence of the substitution of corn by Moringa on its food value. For this end, analyses of the laboratory made on five types of flours (T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub> respectively made up of 0; 25; 50; 75 and 100 % of substitution) related to the determination of the content of protein, fat content, starch, sugar, water, ash and the calculation of the energy value.*

*With the exit of these analyses, it is arisen from the significant differences for all the parameters analyzed except for the water content. Average values of 11.75; 11.56; 11.48; 11.29 and 11.25% respectively for T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub> did not present any significant difference at the threshold of 5%. For ash, the average values were 2.65; 3.37; 4.14; 4.82 and 5.45% respectively for T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub> with a ppds of 0.142%. The proteinic values as for it increased with substitution and are respectively 18.54; 20.54; 21.45; 22.08 and 23.79% for T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub>, with a ppds of 0.61%. Being the lipidic values of the flours, the averages were 6.84; 7.14; 7.37; 7.51 and 7.73 respectively for T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub>, with a ppds of 0.38%. The glucidic values showed a decrease with substitution and ranged between 72 and 63%, are a reduction of 9% for a substitution of 100%. It is the same for the content of starch where the average values were 25.5; 25.2; 24.83; 24.64 and 23.86 respectively for T<sub>0</sub>, T<sub>25</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>75</sub> and T<sub>100</sub>. The energy values remained higher than the standard of WHO for all the made formulations. The averages*

are respectively 423.6; 422.2; 420.3; 418.3 and 416.8 for  $T_0$ ,  $T_{25}$ ,  $T_{50}$ ,  $T_{75}$  and  $T_{100}$ .

*It is thus possible to improve the nutrition and the health of the young child at the age of weaning starting from vegetable matters available without depending on outside and to develop the culture of Moringa will oleifera which does not find yet forms of use in the area.*

*Key words : Substitution, Infant flour, nutritional value, Moringa oleifera*

## **1. Introduction**

Dans le continent africain, la croissance démographique élevée qui s'observe ces dernières années entraîne une augmentation rapide de la demande alimentaire (MACAULEY, 2015). Les populations demeurent largement exposées aux risques d'insécurité alimentaire, alors que le continent dispose d'énormes potentialités agricoles. C'est souvent le manque de politiques d'investissements dans les divers secteurs du développement rural et la réduction de la pauvreté qui sont à la base de cette situation (SAVE THE CHILDREN, 2010).

Ainsi, la malnutrition surtout infantile se révèle être un sérieux problème de santé publique. Elle joue un rôle dans la moitié au moins des décès d'enfants ; ce qui est plus que n'importe quelle maladie infectieuse et pourtant elle n'est pas une infection (ANDRÉ, 1983). Chez de millions de survivants, des séquelles durables sous forme de vulnérabilité chronique aux maladies, des handicaps intellectuels sont observées (BEAU et *al.*, 1997).

C'est souvent durant la période qui correspond à l'introduction de l'aliment de complément au lait maternel chez le nourrisson, période appelée « *sevrage* » que les formes modérées ou sévères de malnutrition s'observent et résultent en partie d'une mauvaise information des mères sur la façon de nourrir leurs enfants durant cette période (BEAU, et *al.*, 1997). L'alimentation de complément au lait maternel devra donc fournir à l'enfant suffisamment d'énergie, des protéines et d'autres matières nutritives telles que les vitamines, les minéraux et les oligo-éléments (BSANÇON, 2004).

Bien que la production des farines infantiles enrichies ait constitué l'objet de la création de certaines entreprises à travers le monde surtout dans les pays développés, le contexte de malnutrition infantile dans la région de Butembo ne cesse d'être un sujet dans plusieurs débats et interrogations. En ville de Butembo par exemple, certaines recherches ont pu montrer la place des farines infantiles importées des pays développés parmi les articles vendus par les commerçants. En titre illustratif, citons les farines Masoso, Masoriz, New Baby Soya, D'lite, Yum Vita, etc. qui sont importées de la France, de l'Afrique du Sud, du Kenya, de l'Ouganda, etc. Pourquoi l'alimentation du nourrisson demeure encore un grand problème en ville de Butembo en dépit de la disponibilité de toutes ces farines ? Une des réponses est que ces farines sont vendues à des prix parfois élevés par rapport au revenu des ménages souvent pauvres (MUVUNGA, 2017 ; SYAYITSUTSWA, 2017).

Certaines investigations révèlent qu'il est possible de fabriquer des farines de composition similaires à celle de ces farines importées grâce à une combinaison judicieuse des matières premières disponibles dans la région et qui ne trouvent pas encore de forme d'utilisation rentable. C'est le cas des graines d'amarantes qui peuvent enrichir les farines en base de maïs, soja et riz (SYAYITSUTSWA, 2017). Dans ce même cas, la plante *Moringa oleifera*, malgré qu'intégrée dans le système agraire de certains agriculteurs de basses terres du territoire de Beni, ne trouve pas encore de forme d'utilisation et pourtant une plante aux vertus alimentaires et médicinales (BENISSAN, 2012). C'est vers les années 2000-2005 que cette plante a été vulgarisée dans la région avec le vanillier. Selon certains agriculteurs qui détiennent encore quelques pieds dans leurs exploitations, il était toujours dit que les racines et les graines de cette plante avaient une bonne valeur marchande que n'importe quelle autre plante déjà cultivée dans la région. Des investigations basées sur les connaissances scientifiques objectives ne se sont pas encore penchées sur les bienfaits sur la santé et les valeurs alimentaires de *Moringa* dans la région de Butembo.

Tout en focalisant les recherches sur les alternatives dans la lutte contre la malnutrition surtout infantile et dans le souhait de promouvoir les ressources locales, la présente étude s'intéresse à l'intégration (sous forme de

substitution partielle au maïs) de la farine en base des feuilles séchées de *Moringa oleifera* dans une farine composite en base de soja, riz et maïs. L'objectif de cette étude est de déterminer la meilleure proportion de poudre des feuilles séchées de *Moringa oleifera* pour la substitution du maïs dans une farine composite en base du maïs, du riz et du soja tout en préservant les bonnes valeurs nutritives requises pour une farine pour enfant.

En mettant au point cette farine, les productions réalisées à partir des matériels végétaux disponibles localement seront valorisées. Par ailleurs, cette étude constitue une des voies pour lutter contre la malnutrition très manifeste dans la contrée. Les combinaisons qui offriront de bonnes valeurs alimentaires pourront être intégrées dans le programme de lutte contre les maladies nutritionnelles (notamment le Kwashiorkor et le Marasme), tout en palliant la dépendance des produits importés des pays étrangers.

## **2. Cadre d'étude**

### **2.1. Milieu d'étude**

Les investigations réalisées dans cette étude prennent en considération la ville de Butembo. Sa circonscription urbaine est située entre 0°05' et 0°10' de latitude nord et 29°17' et 29°18' de longitude est. L'altitude moyenne est de 1750m. La moyenne des précipitations annuelles est estimée à 1365mm. La température moyenne annuelle se situe aux environs de 18°C (SAHANI, 2011). Avec une superficie d'environ 158 km<sup>2</sup> (SAHANI, 2011), la ville de Butembo est habitée par le peuple *Nande* appelé aussi *Yira*. Ces bantous constituent environ 98% de sa population, les 2% étant formés d'autres ethnies venues de tous les coins de la RDC (MUSYENENE, 2012).

Il sied de souligner que la culture de *Moringa* n'est pas pratiquée dans la ville de Butembo. Pour l'acquisition des feuilles, c'est à partir de la commune rurale d'Oicha, chef-lieu du territoire de Beni, au nord de la province du Nord-Kivu que les feuilles ont été récoltées. Le choix de cette commune rurale d'Oicha a été dicté par la disponibilité et la présence de certains pieds d'arbres de *Moringa* en pleine végétation dans les parcelles. Une fois cueillies, les feuilles ont été séchées à l'air libre au niveau du laboratoire central de l'UCG (Université Catholique du Graben) implanté à

Butembo. Les matières premières (soja, maïs et riz) ont été achetées au marché central de la ville de Butembo. Quant aux analyses, elles ont été effectuées au laboratoire central de recherche de l'Université Catholique du Graben implanté à Butembo.

## **2.2. Matériels**

D'une manière générale, les matériels à utiliser sont dépendants de la nature des informations que l'on recherche. Pour notre cas, nous les avons scindés en deux sortes à savoir : le matériel biologique et le matériel non biologique.

### **2.2.1. Matériel biologique**

Le matériel biologique est constitué de graines de soja et grains de maïs et de riz, mais également de feuilles de *Moringa*. Les graines de soja et les grains du maïs ont été préalablement germés avant d'être réduits en farines, alors que les feuilles de *Moringa* ont été séchées à l'air libre sous ombre avant d'être transformées en poudre.

### **2.2.2. Matériel non biologique**

Cette étude a fait recours à un certain nombre de matériel selon qu'il s'agissait de traitement des matières premières (trempage, germination, séchage et usinage) pour la constitution de farines et d'analyses au laboratoire (appareillage du laboratoire d'analyse chimique des aliments). Les différentes farines constituées et analysées ont fait partie du matériel non biologique.

## **2.3. Méthodes**

### **2.3.1. Préparation de la farine composite**

La farine composite sur laquelle des substitutions ont été réalisées a été constituée de trois composantes à savoir les farines du riz, du maïs et de soja. Le choix de ces trois éléments s'explique différemment : le riz fait partie des céréales les plus consommées, sinon la plus consommée dans la région et de bonne digestibilité que les autres céréales. En plus, comme le maïs, le riz est une céréale disponible en grande quantité et à un prix accessible dans la région. Ces deux céréales sont comestibles et sont acceptées dans les habitudes alimentaires de la population. Quant au soja, c'est surtout son apport protéinique qui a été pris en compte dans le choix des matières

premières. Les feuilles de *Moringa* ont été choisies sur base de leur richesse en plusieurs éléments surtout en protéines. Ces derniers tout comme le soja permettent de corriger l'apport insuffisant des céréales en protéines et en acides aminés.

Avant d'en faire une mouture, les matériels végétaux utilisés ont subi divers prétraitements. Les graines de soja et les grains de maïs, une fois triés, ont été soumis à une étape de germination suivie du séchage. Le riz n'a été soumis à aucun prétraitement avant d'en faire une mouture. Quant aux feuilles de *Moringa*, une fois récoltées, elles ont subi une étape de séchage à l'air libre pendant 10 jours. Pendant cette phase, les feuilles étaient toujours remuées pour permettre à ce que toutes les parties sèchent convenablement. Une fois séchées, elles ont été écrasées dans un mortier en se servant d'un pilon, puis la poudre ainsi obtenue a été tamisée pour en obtenir une farine fine.

LE TABLEAU 1 RÉSUME LES DIFFÉRENTES FORMULATIONS EFFECTUÉES POUR LA CONSTITUTION DE NOS FARINES.

TABLEAU 1 : DIFFÉRENTES PROPORTIONS D'INGRÉDIENTS POUR 100 GRAMMES DES FARINES COMPOSITES

Types de farines	Taux de substitution	Proportions des ingrédients
XY5T <sub>0</sub>	0%	33,33 g de riz, 33,33g de soja et 33,33g de maïs
XY5T <sub>25</sub>	25%	33,3 g de riz, 33,3g de soja, 25 g de maïs et 8,33g de <i>Moringa</i>
XY5T <sub>50</sub>	50%	33,3 g de riz, 33,3g de soja, 16,67 g de maïs et 16,67 g de <i>Moringa</i>
XY5T <sub>75</sub>	75%	33,3 g de riz, 33,3g de soja, 8,33 g de maïs et 25 g de <i>Moringa</i>
XY5T <sub>100</sub>	100%	33,3 g de riz, 33,3g de soja et 33,33 g de <i>Moringa</i>

Source : Nos calculs.

### 2.3.2. Analyses au laboratoire

Les analyses au laboratoire ont été réalisées dans le but d'établir la caractérisation physico-chimique de différentes formulations faites à base de

ces quatre produits agricoles. Pour chacune d'elles, sept paramètres ont été déterminés grâce aux analyses quantitatives. Il s'agit de la teneur des farines en protéines, en lipides, en amidon, en glucides totaux, en humidité, en cendres et leurs valeurs énergétiques.

Le taux d'humidité a été déterminé par gravimétrie selon la méthode décrite par AOAC (1995). Le taux de matière sèche s'est arbitrairement déduit du taux d'humidité. Le taux de protéine a été déterminé par dosage de l'azote total présent dans les échantillons selon la méthode de Kjeldahl (GLOWA, 1974). Le taux de matière grasse a été déterminé selon la méthode de SOXHLET utilisant l'éther de pétrole comme solvant (BIPEA, 1976). Le taux de cendre a été déterminé par gravimétrie (AOAC, 1995).

La teneur en glucides totaux s'est déduit des teneurs en protéine, en cendre, en lipide et en humidité. L'amidon dispersé dans l'eau chaude sous forme d'empois a été complexé par un excès d'iode en solution diluée. L'intensité de la coloration du complexe formé est évaluée au spectrophotomètre contre l'étalon d'amidon en vue d'en déduire la concentration dans les échantillons de différentes formulations faites. La valeur énergétique a été déterminée suivant le coefficient d'ATWATER et ROSA, (1899).

### **3. Résultats et discussions**

#### ***3.1. Teneur en humidité***

Les valeurs moyennes de la teneur en humidité de cinq formules de farine testées sont reprises sur la figure 1.

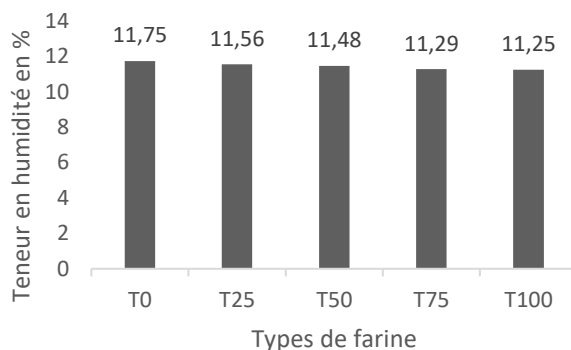


FIGURE 1 : VALEURS MOYENNES DE LA TENEUR EN EAU DANS LES FARINES TESTEES

Comme on peut l'observer sur la figure 1, les valeurs moyennes du taux d'humidité dans les cinq formules de farine testées sont très proches. L'analyse de la variance relative à ce paramètre démontre qu'il n'existe aucune différence significative entre ces formules,  $F_{obs}(2,39) < F_{0.95}(3,48)$ . Ceci veut dire que ces formules de farine ont des teneurs en eau statiquement équivalentes.

### 3.2. Teneur en cendres

L'analyse de la variance relative à la teneur des farines en cendres révèle une différence significative entre les cinq formules de farine testées  $F_{obs}(611) > F_{0.95}(3,48)$ . La comparaison multiple des moyennes par le test de la plus petite différence significative telle que mentionnée sur la figure 2 confirme ces résultats et montre que des substitutions croissantes du maïs par la farine de *Moringa* entraîne une augmentation substantielle du taux des cendres dans les formulations.

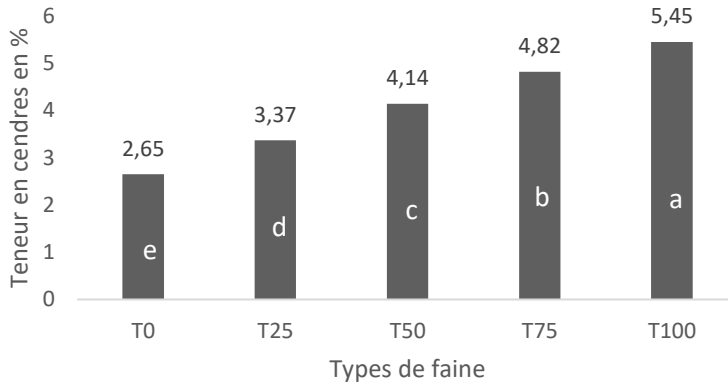


FIGURE 2 : VALEURS MOYENNES EN CENDRES DANS LES FARINES TESTÉES (PPDS = 0,142%).

Les traitements portant des lettres différentes sont significativement différents et sont égaux dans le cas contraire.

### 3.3. *Teneur en protéines*

A l'instar des taux de cendres, les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence significative entre les valeurs moyennes des teneurs en protéines de cinq farines analysées  $F_{obs}(101) > F_{0.95}(3,48)$ . La différence significative révélée par l'analyse de la variance ayant été confirmée par la comparaison multiple des moyennes consignée sur la figure 3, tout laisse croire qu'à fur et à mesure que le maïs est en voie de substitution par des quantités séquentielles de farine de Moringa, la teneur en protéines augmente conséquemment.

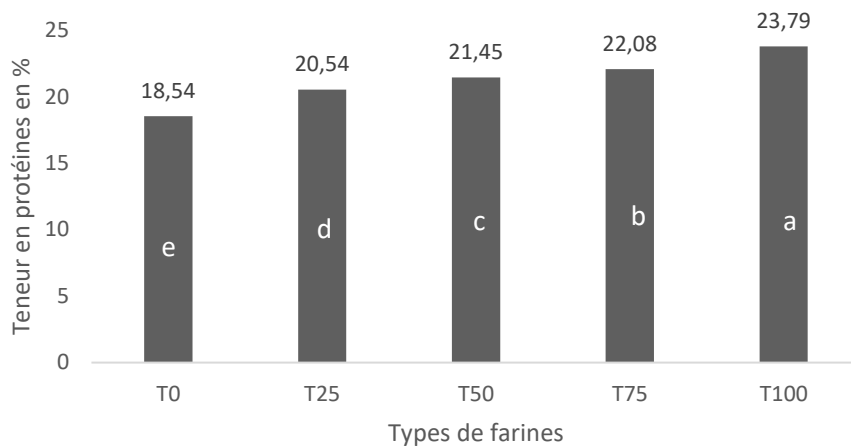


FIGURE 3 : TENEUR EN PROTÉINE DANS LES FAINES TESTÉES (PPDS = 0,61%).

### 3.4. Teneur en matières grasses

Les résultats de l'analyse de la variance des données de la teneur en matières grasses de différentes formulations de farine testées indiquent une différence significative entre les farines testées  $F_{obs} (7,88) > F_{0,95}(3,48)$ . La comparaison multiple des moyennes représentée sur la figure 4 montre que certaines valeurs moyennes sont significativement différentes entre elles tout en étant beaucoup plus égales aux autres. La substitution de 100%, même si significativement différente de 0 et 25%, se trouve plutôt égale à celles de 50 et 75%. Il en est de même de 0 et 25%.

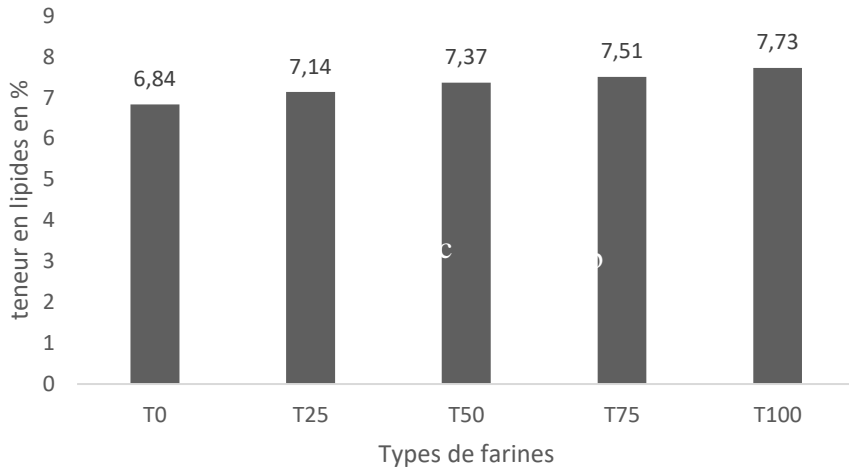


FIGURE 4 : TENEUR EN LIPIDES DANS LES FARINES TESTÉES (PPDS = 0,38%).

### 3.5. Teneur en glucides

Les résultats de l'analyse de la variance relative à la richesse des farines en glucides indiquent une différence significative entre les cinq formules de farine testées  $F_{obs} (335) > F_{0.95}(3,48)$ . La comparaison multiple des moyennes par le test de la plus petite différence significative mentionnée sur la figure 5 confirme cette différence et révèle que la substitution du maïs par des quantités croissantes de la farine des feuilles de *Moringa* entraîne une diminution significative progressive du taux des glucides totaux.

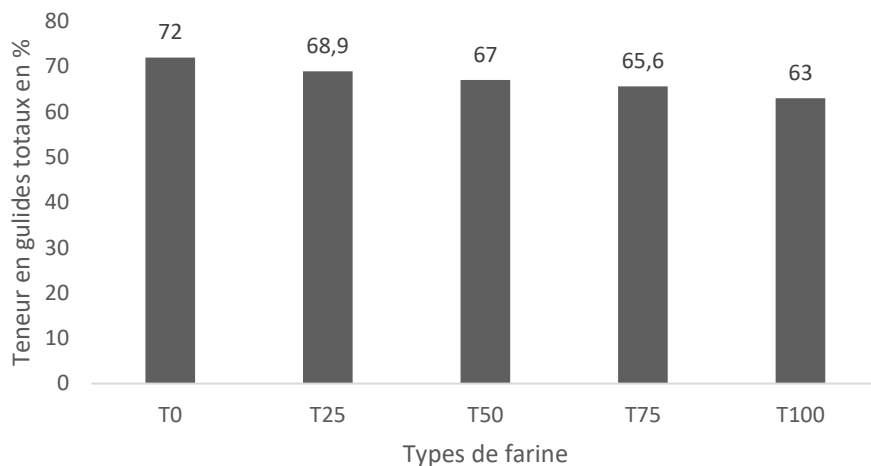


FIGURE 5 : TENEUR EN GLUCIDES DANS LES FARINES TESTÉES (PPDS = 0,58%).

### 3.6. Teneur en amidon

A l'instar de la teneur en glucides totaux, l'analyse de la variance relative à ce paramètre indique une différence significative entre les farines testées  $F_{obs}(58,3) > F_{0.95}(3,48)$ . La comparaison des moyennes (figure 6) a révélé une situation similaire à celle de la teneur en glucides totaux.

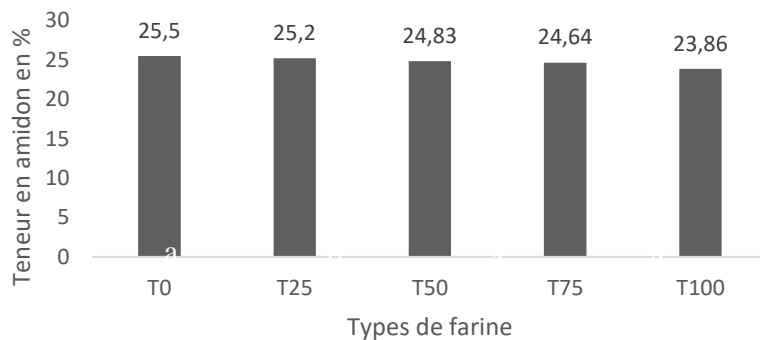


FIGURE 6 : TENEUR EN AMIDON DANS LES FARINES TESTÉES (PPDS = 0,26%).

### 3.7. Valeurs énergétiques

S'agissant de la valeur énergétique des farines fabriquées, une différence significative a été entièrement révélée entre les cinq farines testées  $F_{obs}(18,6) > F_{0.95}(3,48)$  et comme le maïs est progressivement remplacé par la farine des feuilles de *Moringa*, la différence significative entre les farines formulées par substitution du maïs et le témoin ne se fait réellement sentir qu'à partir de la substitution de 50% du maïs (figure 7).

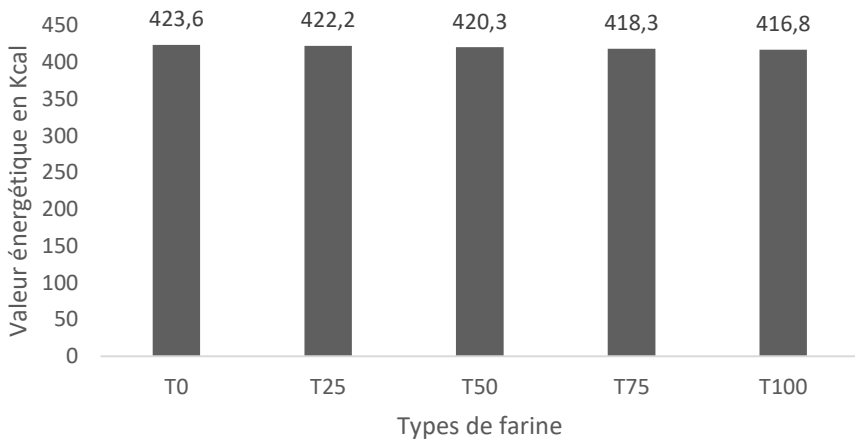


FIGURE 7 : VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES FARINES TESTÉES.

## 4. Discussions

Les taux d'humidité dans les farines analysées ont varié entre 11,3% et 11,8% (figure 1). Ces valeurs sont au-delà de la valeur maximale de 10% exigée pour une bonne conservation des farines (INGE, 2004 ; DECOLE, 1999). A des valeurs supérieures à 10%, l'eau favorise l'activité des réactions chimique et biochimique voire microbienne. Ceci réduit considérablement la durée de conservation (ROBERT *et al.*, 2003). Les taux d'humidité plus élevés obtenus au cours de cette expérimentation seraient imputables au mode de séchage des matières brutes ayant servi à la confection des farines testées. En effet, le séchage au soleil est le mode emprunté dans cette démarche, alors que les fabricants industriels utilisent des résistances électriques pour

atteindre un niveau adéquat de température pouvant permettre d'évacuer une quantité importante d'eau sans empiéter à la qualité nutritionnelle des substrats séchés.

Pour la teneur en cendres, la substitution du maïs par des quantités progressives de la poudre des feuilles de *Moringa* ont révélé des accroissements appréciables de la teneur en cendres dans les formulations testées (figure 2). Ces accroissements seraient dus à la richesse des feuilles de *Moringa* en cendres par rapport au maïs. En effet, il a été révélé que 100g de feuilles séchées contiennent environ 12 g de minéraux (<http://www.moringanews.org>, pdf, consulté le 16/04/2018 ; FOLDL et *al.*, 2001). Ainsi, l'augmentation de la teneur en cendres dans les différentes formules de farine testées due à la substitution du maïs par des quantités progressives de la poudre des feuilles de *moringa* semble être un fait évident. Les résultats sont de loin meilleurs que ceux de MUVUNGA (2017) et SYAYITSUTSWA (2017). Seule la valeur retrouvée pour le traitement témoin sans substitution du maïs par la poudre des feuilles de *moringa* est proche de celle obtenue par MUVUNGA pour la farine en base de maïs, du soja et du riz avec une valeur moyenne de 2,84%. Quant aux résultats de SYAYITSUTSWA, en substituant le maïs par les graines d'amarantes dans une farine Masoriz, les valeurs de la teneur en cendres étaient comprises entre 2,62 et 2,66%, toutes proches de celles du traitement témoin de notre essai. En outre, il est à souligner que la valeur moyenne de la teneur en cendres de notre farine témoin se rapproche de celles retrouvées par ANGÈLE et *al.*, en 2015 et VIVIANE et *al.*, en 2011 qui, respectivement, ont comparé des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation et étudié la valeur nutritive des farines infantiles en base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage.

Les teneurs en protéines des farines testées ont varié dans l'intervalle de 18,54% et 23,79% (figure 3). Une augmentation significative de la teneur en protéines a été observée avec les forts taux de substitution du maïs par la poudre des feuilles de *Moringa*. Comme pour le cas précédent, cette augmentation proviendrait de la richesse des feuilles de *Moringa* en protéine (25% contre 9 à 10% pour le maïs). Ces résultats ne s'écartent pas des

recommandations de l’OMS qui exigent que les teneurs en protéines dans les farines infantiles soient comprises entre 11 et 21% avec un standard de 14% (MOUQUET et *al.*, 1998 ; MOUQUET-RIVIER, 2006 ; FAO/OMS, 1984). Ces différentes valeurs constituent un atout pour les farines fabriquées en ce sens qu’elles peuvent intervenir à faibles quantités pour combler le même besoin que les autres farines moins protéiques. Par ailleurs, toutes nos valeurs sont en dessous de celles obtenue par MUVUNGA (2017) qui, dans son étude, a trouvé une moyenne de 28% soit une augmentation de 10% par rapport à notre témoin. Il convient donc d’examiner davantage les conditions de réalisation de ses analyses au laboratoire par rapport aux nôtres. Les valeurs obtenues se trouvent aussi supérieures à celles obtenues par VIVIANE et *al.*, (2011) lors d’une expérience similaire. De cette dernière, les valeurs protéines de 13 et 14% respectivement pour FAS (Attiéké + Soja) et FMS (Manioc + Soja) avaient été obtenues.

La substitution du maïs par des quantités progressives de la poudre des feuilles de *moringa* a entraîné une augmentation sensible du taux des matières grasses dans les farines analysées dont les valeurs lipidiques ont varié entre 6,8 et 7,7 (figure 4). Dans tous les cas, les valeurs sont en dessous du standard de l’OMS pour une bonne farine pour enfants à l’âge de sevrage, valeurs devant être supérieures à 8% (VIVIANE et *al.*, 2011 ; AKRE, 1989). Des enrichissements par l’huile végétale raffinée devront toujours être faits par les mères pendant la préparation des bouillies pour les enfants.

Contrairement aux paramètres susmentionnés, la substitution du maïs par des quantités progressives de la poudre des feuilles de *moringa* a entraîné une diminution de la teneur en glucides dans les farines testées (figure 5). Ceci proviendrait du faible taux de glucide dans les feuilles de *moringa* comparativement aux grains de maïs. Cette diminution a aussi été observée pour la richesse des farines en amidon (figure 6). Cependant, les valeurs des teneurs en glucides sont pour la plupart de nos farines en deçà des normes recommandées par FAO/OMS, qui exigent une valeur d’environ 68% (FAO/OMS, 2006). Les valeurs énergétiques des farines testées ont été situées dans l’intervalle 423,6 et 416,8 Kcal (figure 7). Malgré la réduction de ces valeurs par la substitution du maïs par la poudre des feuilles de

*moringa*, elles sont restées supérieures aux standards de FAO/OMS qui stipulent qu'une bonne farine doit fournir environs de 400kcal/100g (FAO/OMS, 2006). Ces différentes valeurs retrouvées pour la valeur énergétique des farines analysées montrent une disparité qui serait directement liée aux différences retrouvées pour les macronutriments. Les valeurs énergétiques de nos farines se sont révélées meilleures par rapport à celles trouvées lors des expériences d'ANGÈLE et *al.* en 2015, ( $402,37 \pm 2,63$  kcal), de VIVIANE et *al.*, en 2011 (394 kcal) et 390 kcals pour FMS (Manioc + Soja) et de MUVUNGA en 2017 (391,034 Kcal).

## **Conclusion**

La présente étude réalisée en vue d'apporter notre contribution à l'amélioration de l'aliment de complément du nourrisson en période de sevrage et de valoriser les ressources utiles disponibles dans notre région a permis de mettre au point diverses formulations des farines infantiles à base des céréales (maïs et riz), légumineuses (soja) et les feuilles séchées de *Moringa oleifera*.

Au terme de cette étude, nous constatons qu'il est possible d'améliorer la nutrition du jeune enfant à l'âge de sevrage à partir de nos matières végétales disponibles, mais aussi de valoriser certaines ressources non utilisées dans notre région comme la culture de *Moringa* dont toutes les parties sont comestibles, outre le service rendu comme arbre d'ombrage et culture ornementale dans nos parcelles. En plus du recours à des farines importées des pays voisins, nous pouvons valoriser les céréales et légumineuses disponibles à bas prix dans notre région et ainsi promouvoir l'industrie locale. Au vu de ces résultats, l'hypothèse est confirmée en partie car les substitutions ont donné des valeurs significativement différentes de celle du maïs non substitué et que la substitution de 100% s'est réputée plus protéique que d'autres formulations. Cependant, le taux de glucides et la valeur énergétique ont diminué avec la substitution. En comparant ces résultats avec le standard de l'OMS pour une bonne farine, nous constatons qu'il est possible d'en faire localement et il sera question, pour cette fin, de

changer les proportions des ingrédients afin de répondre aux critères de l’OMS pour les différents composants de la farine.

Néanmoins, d’autres analyses restent encore à faire car la présente étude n’a pas abouti à la détermination des autres éléments indispensables pour l’organisme de l’enfant comme les oligo-éléments contenus dans les cendres totales dosées et les vitamines. Cette étude servirait de base pour la valorisation des matières localement produites. Il serait utile de prendre en compte la question de rentabilité économique des formulations s’il faut que les investissements se penchent aussi vers les questions économiques des farines.

Toutefois, ceci n’empêche pas de recommander aux mères d’adopter ce mode de préparation tout en accordant une attention particulière aux règles d’hygiène depuis la fabrication jusqu’à l’assiette de l’enfant afin de lutter contre les éventuelles contaminations.

### **Bibliographie**

- AKRE J. (1989), *L'alimentation infantile, Bases physiologiques*. Bulletin de l'Organisation Mondiale de la santé, 67 p.
- ANDRÉ A., (1983) *les problèmes de la nutrition et alimentation dans les pays en développement*, Damé, 60 p.
- ANGELE K., EDITH A., ANDRE G., ALBARIN G., DAVID K. et GNAKRI D. (2015), *Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation*, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire, Côte d'Ivoire, 10 p.
- AOAC, (1995), *Official Method of Analysis*, Association of Agricultural Chemist, Washington D.C. 34 p.
- ATWATER W., ROSA E., (1899) A new respiratory calorimeter and the conservation of energy in human body. *II- Physical Rev*, 9, 214-25.
- BEAU J.P., IMBOUA-COULIBALY L., ANDOH J. (1997), Utilisation d'un biscuit enrichi pour la prise en charge d'enfants ivoiriens présentant une malnutrition in *Revue d'Afrique noire*, 364-366 p.

- BENISSAN A., (2012), *Récupération nutritionnelle chez les sujets malnutris VIH positifs et VIH négatifs après utilisation des feuilles de Moringa oleifera*, ISSN, 16 p.
- BESANÇON P., (2004), *Stratégie mondiale pour l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant*, Dunod, Paris, 158 p.
- BIPEA, (1976), Bureau interprofessionnel d'étude analytique, *Recueil des méthodes d'analyses des communautés européennes*. Greenville (France). 160 p.
- DECOLE, S.B. (1999), *Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux*, Cellule Centrale d'Appui Technique PADERII, COOPERATION AUTRICHIENNE POUR LE DEVELOPPEMENT, 61 p.
- FAO/OMS (2006), *Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires*. Rapport de vingt-septième session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. ALINOM 06/29/26, 105 p.
- FAO/OMS, (1984), *Aliments diététiques ou de régime y compris les aliments destinés aux nourrissons et enfants à bas âge*, codex alimentarius, vol 4, 256 p.
- FOIDL F., MAKKAR et BECKER K. (2001), *Potentiel de Moringa oleifera en Agriculture et dans l'industrie*, Tanzanie, 20 p.
- GLOWA W., (1974), Zircomuim dioxide, a new catalyst in the Kjeldahl method for total N determination, *J. Assoc. Anal. Chem.*, vol. 57, p1228-1230.
- INGE, G. (2004), *Protection des céréales et des légumineuses stockées*, Agrodok 18, Fondation Agromisa, Wageningen, 74 p.
- MACAULEY F (2015) *Evaluation finale du projet de réduction de la malnutrition dans les départements d'Abalak, Konni et Tchintabaraden* (Région de Tahoua). Rapport. 33 p.
- MOUQUET C., BRUYERON O., TRECHE S. (1998), *Les farines infantiles*. Bulletin du Réseau. Technologie et partenariat en Agroalimentaire. Numéro du 15 Mai, p. 11.

- MOUQUET-RIVIER C. (2006), *L'alimentation de complément de jeunes enfants au BurkinaFaso*. 27 Avril, journée portes ouvertes du « CIRDA », centre IRD de Ouagadougou. Présentation de power point, pp. 1-59.
- MUSYENENE, K. (2012), *Rapport d'activités économiques*, Mairie de Butembo.
- MUVUNGA K.G (2017), *Essai de fabrication d'une farine infantile à base des céréales (maïs, du riz) et légumineuse (soja) et comparaison de sa valeur nutritive avec trois farines pour enfants en âge de sevrage vendues en ville de Butembo*, Mémoire inédit, Faculté des Sciences Agronomiques, 45 p.
- ROBERT N, JOSEPH D. H. et TINY V.B., (2003), *Les aliments : Transformation, conservation et qualité*, CTA, Wageningen, Pays-Bas, 279 p.
- SAHANI, M. (2011) « Analyse Diachronique du Développement de la ville de Butembo par comparaison d'approches de télédétection de limitant sa trame Urbaine à l'échelle d'un demi-siècle (1957-2008) », *Santé animale et humaine, environnement et pisciculture*, Parcours et Initiatives, vol n°9, Butembo, Centre de Recherches Interdisciplinaires du Graben/UCG, pp. 145-167.
- SAVE THE CHILDREN, (2010), *la malnutrition en terre d'abondance ; principaux résultats d'une étude effectuée dans la province du Kasai-Oriental, République Démocratique du Congo*, Document d'information, Royaume-Uni, 12 p.
- SYAYITSUTSWA B.A. (2017), *Effets de la substitution du Maïs par les grains d'amarante sur les valeurs économique et nutritive d'une farine Masoriz*, TFC inédit, Faculté des Sciences Agronomiques, 43 p.
- VIVIANE. J. ZANNOU T, KOUAME G.M.B, KOFFI G., ET BROU ANDRE K, (2011), *Etude 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, Vol. 80, 2011, Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR-Biosciences, Université de Cocody, Côte-d'Ivoire, pp. 748-758.
- <http://www.moringanews.org>, pdf, consulté le 16/04/2018.