

Transformation agro-alimentaire

**Essai de formulation de la farine infantile instantanée à base de produits locaux
(maïs, patates douces, soja et feuilles d'amarantes)**

BARENKEKE KAHWA Théophile*
BUSHASHIRE MAPENDO Thierry**
KABALA MUBOLO Joseph***
ZAWADI KIVUWAKIHWANA Diane****

Résumé

La valorisation des matières premières locales disponibles mais moins exploitées dans l'industrie agroalimentaire locale à travers un essai de formulation d'une farine infantile instantanée à base du maïs, de la patate douce, de l'amarante et du soja est l'objectif de cette étude. Huit formulations de farines sont établies en utilisant un rapport (céréales ou tubercules / légumineuses) de 2/3 : 1/3. Les échantillons de farines ont été soumis à un test hédonique par 10 mères des nourrices. Ainsi, une forte préférence est-elle remarquée à l'égard de la farine infantile issue de la formulation T7 constituée de 16.5% de patate douce, 49.95% de maïs, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante. La composition de la valeur nutritionnelle ne révèle aucune différence significative avec la farine standard (68% de glucides, 13 % de protéines, 7 % de lipides et 2 % de cendres).

Mots-clés : *Formulation, Maïs, Patate douce, Amarante, Soja, Farine infantile instantanée.*

Abstract

The objective of this study was to make the most of local raw materials that are available but less exploited in the local agri-food industry, by testing the formulation of an instant infant flour based on corn, sweet potato, amaranth and soya. Eight flour formulations were established using a ratio (cereals or tubers/legumes) of 2/3: 1/3. Flour samples were hedonically tested by 10 mothers of the nurses. A strong preference was shown for infant flour from the T7 formulation, made from 16.5% sweet potato, 49.95% corn, 16.7% soy and 16.7% amaranth. The nutritional value composition revealed no significant difference with standard flour (68% carbohydrates, 13% proteins, 7% lipids and 2% ash).

Key words: *Formulation, Corn, Sweet Potatoes, Amaranthus cruentus, Soybeans, Instant infant flour.*

* *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Tél : +243 998 474 69, +243)819 444 90, e-mail : theokahiwa@unigom.ac.cd*

** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Tél : +243971006633, e-mail : thierrybushashure@gmail.com.*

*** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Tél : +243991637116, e-mail : joekabala2015@gmail.com.*

**** *Assistant à l'Université de Goma – UNIGOM –, Domaine des Sciences Agronomiques et Environnement, Tél : +243972492561, e-mail : dianezawadi@gmail.com.*

1. Introduction

L'alimentation de l'enfant participe étroitement aux différents processus de son développement par le choix des aliments progressivement introduits et par des apports qualitativement et quantitativement adaptés à ses besoins évolutifs (Ancellin et Dumas, 2004). Pendant les 6 premiers mois de sa vie, le lait maternel permet de couvrir les besoins nutritionnels du nourrisson. C'est pour cette raison que l'OMS recommande un allaitement maternel exclusif pendant cette période. Toutefois, au-delà de six mois, l'alimentation lactée exclusive ne couvre plus les besoins du nourrisson qui ne cesse d'évoluer. Durant cette période dite de « sevrage », le bébé a besoin d'une nourriture spéciale qui lui fournit suffisamment d'énergie, des protéines et d'autres matières nutritives comme des vitamines, des minéraux et des oligo-éléments (Dupont, 2005).

Dans les pays en développement les mères utilisent le plus souvent comme aliments de sevrage, des bouillies traditionnelles de farines de céréales ou de racines de tubercules, produits riches en amidon (Trêche *et al.*, 1992) mais pauvres en protéines. La malnutrition chez les enfants constitue un problème de santé publique et particulièrement dans les pays en voie de développement (E.H. Tou, C.Mouguet *et al.*, 2010). Elle contribue à 35% des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre (UNICEF, 2010). Parmi les causes de cette situation, on peut citer la pauvreté, le manque de temps des parents ou des personnes en charge de la garde des enfants, le manque de connaissances (S. Van.G et A. Vanden W, 2005) ainsi que des pratiques d'alimentation de complément souvent inappropriées (H.S. Muhimbula, I. Zacharia, 2011). Quoique les aliments commerciaux de haute qualité soient occasionnellement disponibles, ils sont souvent chers et par conséquent inaccessibles aux ménages à faibles revenus. Proposer un produit bon marché, facile à préparer et épargnant le temps des mères est donc une priorité (Sanoogo, 1994).

En République Démocratique du Congo, après trois décennies de crise socio-économique et politique, crise exacerbée par des conflits armés à répétition, la situation nutritionnelle de la population infantile s'est gravement détériorée. Dans la province du Nord Kivu et ses environs, le même problème de la sous-alimentation et de la malnutrition de l'enfant se pose avec autant plus de rigueur qu'il faut trouver dans le plus bref délai le moyen d'arrêter rapidement ces maladies, morbidités et les mortalités infantiles causées par la sous-alimentation et la malnutrition chronique (Kamukenji *et al.*, 2019)

Depuis un certain temps, l'utilisation de soja dans la lutte contre la malnutrition infantile a réussi pendant une certaine période relativement longue, mais le prix du soja sur le marché n'a fait qu'augmenter en suivant la courbe de celui de la viande. Ce qui a rendu

l'utilisation du soja encore plus rare. Cependant, la plupart des aliments protidiques utilisées dans la nutrition des enfants et personnes malnutris, qu'ils soient d'origine animale (viande, poissons, lait ainsi que d'autres produits carnés et laitiers) ou végétale (soja surtout et un peu le haricot) sont souvent très chers et non disponibles pour le petit peuple (Kamukenzi *et al* ,2019). C'est pour cette raison qu'il s'avère indispensable de trouver des produits qui soient disponibles à tout moment, moins chers et à la portée de toute la population.

Les patates douces tout comme les amarantes sont très peu valorisés et leur simple usage ne s'arrête qu'en cuisine dans l'alimentation quotidienne alors que leurs rendements élevés, leurs richesses nutritionnelles et leurs taux de périssabilité élevé prouvent qu'il est important de les valoriser en les affectant directement dans la transformation industrielle et ainsi accroître leur valeur ajoutée sur le plan économique et contribuer à mettre à la disposition de la population urbaine et rurale une farine infantile instantanée à faible cout et facile à préparer.

De ce qui précède, nous émettons les hypothèses selon lesquelles :

- La patate douce et le maïs étant des bonnes sources d'amidon et des fibres permettraient d'améliorer les apports en glucides dans la formulation de la farine infantile instantanée ;
- Le soja étant une bonne source des protéines végétales, son intégration dans la formulation de la farine infantile permettrait d'améliorer le taux des protéines dans cette dernière ;
- L'amarante étant une bonne source en minéraux, son intégration dans la formulation d'une farine infantile permettrait la teneur en minéraux de cette dernière.
- La formulation d'une farine infantile instantanée à partir des produits locaux (patates douces, amarantes, maïs, soja) pourra permettre d'obtenir une farine infantile ayant une bonne acceptabilité sur le plan physicochimique et sensoriel

D'une manière générale cette étude a pour objectif de mettre au point une farine alimentaire infantile améliorée, riche et facile à préparer à partir des produits agricoles disponibles localement, pour notre cas, il s'agit des patates douces, du maïs, du soja et d'amarantes.

Spécifiquement, elle vise à :

- Mettre au point différentes formulations appropriées de farine par mélange de farine de patate douce, de poudre d'amarante, soja et autres produits locaux tel que le maïs.
- Procéder aux analyses physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques afin d'évaluer la qualité et l'acceptabilité de la farine mise au point.

2. Méthodologie

La patate douce (*hypomea batata*) à la peau et à la chair blanche, le soja (*Glycine max*) et le maïs (*zea mays*) aux grains blancs et l'amarante (*amaranthus cruentus.*) ont tous été achetés

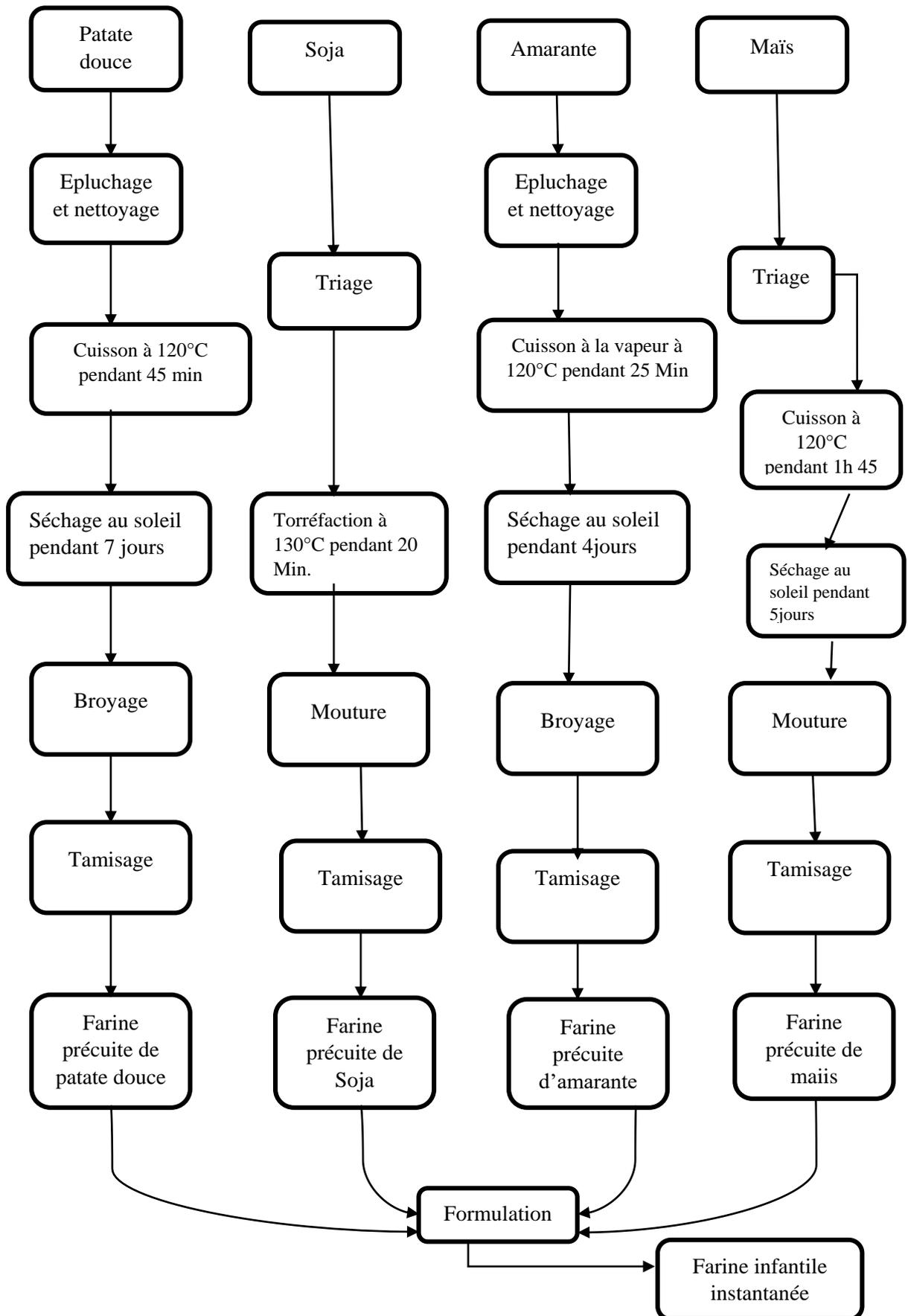
sur les marché Alanine/ Himbi dans la ville de Goma. Le choix de ces matières se justifie par leur disponibilité tout au long de l'année et par leur présence dans les habitudes alimentaires des populations congolaises précisément celles du Nord-Kivu. La patate douce et le maïs sont des sources potentielles des glucides tandis que le soja et l'amarante sont des patrimoines des protéines et des minéraux dans cette farine infantile.

La fabrication et les analyses au laboratoire de ces farines infantiles instantanées fabriquées avait fait recours à plusieurs autres matériels : Séchoir fabriqué à partir des planches et un tissu émaillé, Sacs, Bassins, Couteaux, Marmites, Broyeurs manuelles (mortiers), Tamis, Braseros, Sachets transparents en polyéthylène, Ustensiles, verreries usuelles de laboratoire et différents appareils.

2.1. Description technologique de préparation trois matières premières utilisées

- Les patates douces ont été épluchées, découpées en petits morceaux, lavées à l'eau de robinet puis cuit à l'eau à une température de 120°C pendant 45 minutes. Après refroidissement, elles ont été séchées au soleil pendant 7 jours broyées à l'aide d'un moulin électrique puis tamisées manuellement.
- En ce concerne le maïs, les graines ont été triées à la main ensuite elles ont été cuites à l'eau à une température de 120°C pendant 1 heure et 45 minutes, puis séchées pendant 5 jours enfin moulues et tamisées.
- Le soja a été torréfié à 130°C pendant 20 minutes moulu à l'aide d'un moulin électrique ensuite il a été tamisé manuellement.
- L'amarante quant à elle, a été triée puis séparer la tige aux feuilles ensuite elle a été cuite à la vapeur à une température de 120°C pendant 25 minutes

2.2 Schéma du processus d'obtention de la farine infantile instantanée



2.4 Méthodes de caractérisation des farines

Pour ce qui concerne la caractérisation des échantillons des farines, les analyses physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques ont été effectuées.

Les paramètres physicochimiques suivants ont été analysés : l'humidité par étuvage, les minéraux totaux par calcination au four à moufle, les protéines brutes par Kjeldahl (Salghi, 2010). Les matières grasses ont été effectuées par extraction continue au solvant selon Soxhlet. Les sucres totaux solubles ont été déterminés par la soustraction de la totalité par les valeurs en pourcentage des paramètres précités. Alors que la pH-métrie pour le potentiel d'hydrogène.

L'appréciation de la qualité microbiologique consistait à la détection des germes de contamination représentant les micro-organismes recherchés appartenant à la flore aérobie mésophile totale (FAMT), aux coliformes totaux, *E. coli*, Salmonella et levures et moisissures. La recherche de tous les microorganismes s'est effectuée par dilutions décimales successives, suivi d'un ensemencement en milieux liquides solidifiables. Ces deniers étaient constitués de Plate Count Agar (PCA) pour la Flore Aérobie Mésophile Totale, la gélose EMB (Eosine Bleu de Méthylène) pour *E. coli* et Desoxycholate Citrate lactose Saccharose pour les Salmonella et enfin la Gélose Dichloan Rose Bengal Chloramphénicol Agar (DRBC) pour levures et moisissures.

L'analyse sensorielle sera conduite suivant la méthode modifiée de H. S. Muhimbula *et al* (2011). Les échantillons de farines ont été soumis à un test hédonique par 10 mères et nourrices. Il a été demandé aux mères et nourrices de donner leur appréciation de la couleur, de la texture au toucher, en bouche, de l'odeur, du goût, de l'appréciation globale, de la préférence et de leur intention d'achat. Le choix des femmes adultes plutôt que les enfants ciblés a été nécessaire à cause de la capacité de ces dernières à évaluer objectivement les caractéristiques sensorielles des formulations (H. S. Muhimbula *et al*, 2011).

Les résultats des analyses sont présentés sous forme de moyenne \pm écart-type. Le traitement des résultats a été fait par analyse des variances (ANOVA) au seuil de significativité $P < 0.05$. Ces tests sont effectués à l'aide du logiciel GENSTAT Discovery Edition 4 et EXCEL 2016 pour l'établissement des différents graphiques.

Résultats et discussion

3.1. Caractérisation physicochimique

Le tableau N° 02 présente les caractéristiques physico-chimiques des farines infantiles instantanées formulées lors de cette étude.

Tableau 02 : Caractérisation physicochimique de la farine infantile instantanée formulée

Paramètres	Humidité	Cendres	Matière sèche	pH	Protéine	Matière grasse	Sucres totaux
Traitements							
T1	5.247 ^a ±0,37	1.783 ^c ±0,15	94.753 ^a ± 0,37	6.203 ^b ±0,10	14.333 ^a ±0,30	13.57 ^a ±0,85	64.95 ^c ± 0,28
T2	5.020 ^a ±0,76	1.937 ^b ±0,08	94.980 ^a ± 0,76	5.933 ^c ±0,05	13.667 ^b ±0,15	13.73 ^a ±0,55	65.64 ^a ±0, 17
T3	4.750 ^a ±0,65	1.893 ^b ±0,16	95.250 ^a ±0,65	6.273 ^b ±0,11	13.733 ^b ±0,15	13.87 ^a ±0,611	65.76 ^b ±1, 16
T4	5.213 ^a ±0,22	1.707 ^d ±0,10	94.787 ^a ±0,22	5.833 ^d ±0,25	12.633 ^c ±0,55	12.97 ^a ±0,611	67.48 ^a ±1, 22
T5	5.060 ^a ±0,32	2.257 ^a ±0,04	94.940 ^a ±0,32	6.347 ^b ±0,23	12.400 ^c ±0,26	13.43 ^a ±0,50	66.85 ^a ±0, 16
T6	4.967 ^a ±0,18	2.067 ^b ±0,05	95.020 ^a ±0,17	6.207 ^b ±0,26	12.437 ^c ±0,39	13.70 ^a ±0,45	66.98 ^a ±0, 11
T7	5.560 ^a ±0,36	1.723 ^c ±0,03	94.440 ^a ±0,36	6.783 ^a ±0,18	12.467 ^c ±0,25	12.58 ^b ±0,52	67.67 ^a ±0, 31
T8	4.927 ^a ±0,55	1.890 ^c ±0,09	95.073 ^a ±0,55	6.867 ^a ±0,25	12.167 ^c ±0,30	13.25 ^a ±1,12	67.67 ^a ±1, 06
Moyenne exp.	5.093	1.907	94.905	6.306	12.980	13.39	66.62
%CV	9.3	5.4	0.5	3.2	2,5	1.7	1.1
PPDS	0.8181	0.1769	0.8177	0.3441	0.5572	1.188	1.2626
Décision	NS	HS	NS	HS	HS	NS	S

T1 : Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante, **T2** : Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante, **T3** : Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 22.3% de soja et 11.1% d'amarante, **T4** : Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 22.3% de soja et 11.3% d'amarante, **T5** : Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante, **T6** : Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante, **T7** : Farine infantile contenant 16.5% de patate douce, 49.95% de maïs, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante et **T8** : Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante. Les valeurs présentant des lettres différentes sur une même ligne sont significativement différentes à p

3.1.1. Teneur en eau et matières sèches

Il ressort de ce tableau que les huit traitements présentent des valeurs quasi similaires en termes de teneur en eau, ces valeurs sont de 5.24% pour T1, 5.020% pour T2, 4.70% pour T3, 5.213% pour T4, 5.060% pour T5, 4.967% pour T6, 5.560% pour T7 et 4.927 % pour T8. Une homogénéité de données est remarquée sans différence significative au seuil de 0.05, c'est-à-dire qu'aucune différence significative n'a été observée. Ceci peut s'expliquer du fait que les ingrédients de tous les traitements subissent dans des conditions similaires, les mêmes opérations thermiques. La farine infantile instantanée a une teneur en matière sèche moyenne égale à 94.905%, soit une teneur en eau libre égale à une moyenne expérimentale de 5.093%. Cette dernière valeur est respectivement semblable à celle de la farine Fari Michel-Ange (4,5%) et de la farine standard (5 %) rapporté par Sanogo et al. (1994). Notamment, cette teneur en eau est également comparable à la valeur ($\leq 5\%$) recommandé par la norme codex (CAC/RPC 21-1979, STAN 74-1981, CAC/GL 08-1991).

De l'analyse du tableau ci-dessus, il en ressort que les pH des farines infantiles produites sont respectivement de 6,2 pour T1, 5.9 pour T2, 6.2 pour T3, 5.8 pour T4, 6.3 pour T5, 6.2 pour T6, 6.7 pour T7 et 6.8 pour T8. Ces résultats sont en distribution hétérogène des données formant 3 classes de moyennes et une moyenne expérimentale de 6.3. L'analyse statistique (CV=3.2) avec l'analyse de la variance usant la méthode de la plus petite différence significative au seuil de probabilité de 5% a montré qu'il existe une différence significative entre le pH des farines formulées de T1 à T8, un accroissement de pH se remarque aux traitements T7 (6.7) (*T7 : Farine infantile contenant 16.5% de patate douce, 49.95% de maïs, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*) et T8 (6.8) (*T8 : Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*). En outre aucune différence significative n'a été observée entre les résultats obtenus lors de l'étude de Soro (2013) sur la formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja, pour cette dernière le pH avait varié entre 5,07 et 6,67.

3.1.3. Teneur en cendres

La Teneur en cendres est indicatrice de la teneur totale en minéraux. Elles sont respectivement de 1,783 % pour T1, 1.937% pour T2, 1.893% pour T3, 1.707% pour T4, 2.257% pour T5, 2.067% pour T6, 1.723% pour T7 et 1.890% pour T8. Pour les farines infantiles instantanées produites et d'une moyenne expérimentale de 1.907% et 2% pour la farine standard. L'analyse statistique a montré qu'il existe de différence significative entre la teneur en cendres obtenue et celle de la farine standard. Cette valeur est également inférieure à celle obtenue (2,48 %) par Soro (2013) et (2 %) Tchoko (2011). En outre on remarque également une différence plus significative des teneurs en cendres des différentes farines formulées, une augmentation de la teneur en cendres au traitement T5 : *Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante*.

Nous pouvons donc ainsi dire que l'intégration de l'amarante a amélioré la teneur en minéraux de la farine infantile instantanée.

3.1.4 Teneur en protéines

De l'analyse du tableau ci-dessus (Tableau 02), il en ressort que les teneurs en protéines de farines infantiles formulées sont respectivement de 14.33 pour T1, 13.66 pour T2, 13.733 pour T3, 12.63 pour T4, 12.4 pour T5, 12.43 pour T6, 12.46 pour T7 et 12.167 pour T8. Tenant compte de l'analyse de la teneur en protéines, il ressort que la distribution des données est hétérogène (CV=2.5). L'analyse de la variance usant la méthode de la plus petite différence significative au seuil de probabilité de 5%. On remarque une distribution hétérogène des données se regroupant en 3 classes des moyennes, on remarque également une différence hautement significative de teneur en protéines entre les différentes farines formulées, on remarque un accroissement de teneur en protéines pour les formulations T1 (14.33%) qui est constitué de : *16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*

Barengeke Kahiwa T. et al. , Essai de formulation de la farine infantile instantanée ... 299
et T2 (13.73) qui est constitué de :33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante. À la vue de cette variation de teneur, nous pouvons des ces 2 formulations par rapport aux six autres formulations, nous pouvons ainsi conclure que l'intégration du soja dans la formulation de notre farine infantile a amélioré la teneur en protéines. La comparaison des valeurs nutritives de farines formulées en terme protéines avec la farine standard rapportée par Sanogo *et al.* (1994) montre que les valeurs obtenues (12.980% en moyenne expérimentale) et celle de la farine standard (13%) sont similaires. On peut donc conclure que les farines instantanées formulées respectent la norme d'acceptabilité standard en terme de teneur en protéines. En outre, les valeurs obtenues sont inférieures à celles obtenus par Hodonou (15.5%) dans son étude intitulée « production et évaluation de la qualité d'une farine infantile à base de maïs, sorgho, soja enrichis a la poudre des feuilles de *moringa oléifera* »

3.1.5. Teneur en matières grasses

Les teneurs en lipides des farines infantiles instantanées obtenues est de 13.57 %. Pour T1, 13.73% pour T2, 13.87% pour T3, 12.97% pour T4,13.43 %pour T5, 13.70% pour T6, 12.58% pour T7 et 13.25% pour T8. Tenant compte de l'analyse de la teneur en matières grasses (Tableau 10), il en ressort que la distribution des données est homogène (CV=1.7). L'analyse de la variance usant la méthode de la plus petite différence significative au seuil de probabilité de 5%. De l'analyse du tableau ci-haut (Tableau 10), il en ressort que lesdites teneurs sont inférieures (13.39% de moyenne expérimentale) à celle rapportée par Sanogo *et al.* (1994). Cette valeur est également inférieure à celle mentionnée (15,4 %) par l'AGROTECH sur la farine Fari Mickelange qui, cependant, supérieure à celle obtenue (10 %) par Tchoko (2011) lors de son étude sur l'étude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. Notons également que cette valeur est légèrement proche de celles obtenues (12, 76% à 13,47%) par Soro (2013).

3.1.6. Teneur en sucres totaux

Concernant les sucres totaux, la teneur obtenue pour la farine T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 et T8 produites est d'une moyenne expérimentale de 66.62 %. L'analyse statistique a révélé qu'il existe une différence significative au seuil 5% (CV=5.4) entre la teneur obtenue (66.62% de moyenne expérimentale) et celle obtenue (62 %) par Tchoko (2011) lors de son étude sur la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. Cette valeur est inférieure à la valeur standard (68) rapportée par Sanogo *et al.* (1994) et à la norme (compris entre 60 et 70%) recommandé par l'OMS pour les aliments de sevrage. On peut donc conclure que les farines infantiles instantanées produites sont moins riche en sucres totaux recommandé pour les farines infantiles et que l'intégration des patates douces dans les formulations améliorent considérablement les apports en sucres.

3.2. Caractérisation microbiologique et sanitaire de la farine infantile instantanée

Tableau 03 : Caractérisation microbiologique et sanitaire des farines instantanées formulées

Germes (UFC/G)	FAMT	Coliformes fécaux	Levures et moisissures	Escherichia coli	Salmonella	Décision
Traitements						
T1	3. 10 ²	7	0	0	0	C
T2	49. 10 ²	2	1	0	0	NC
T3	96. 10 ²	17	0	1	0	C
T4	11. 10 ³	37	0	0	0	NC
T5	16. 10 ²	38	1	1	0	NC
T6	6.10 ²	13	0	0	0	C
T7	29.10 ²	7	0	0	0	C
T8	9.10 ²	8	0	0	1	NC
Référence	< 10 ⁴	<20	Absence	<2	Absence	

FAO/OMS(1994),
IRD, GRET et
UNICE, 2020

*C : Conforme, *NC : Non Conforme

De l'analyse des résultats microbiologiques de farines infantiles instantanées formulées à base des produits locaux (tableau 03), il est remarqué que les paramètres étudiés (la flore aérobie mésophile totale, les coliformes fécaux, les levures et moisissures, Escherichia coli et salmonelles en UFC/G) pour les formulations T1, T3, T6 et T7 sont d'une charge microbienne conforme selon la norme Codex Stan 741981 du codex alimentarius (CAC/RCP 21-1979). On en déduit alors que la qualité microbiologique des farines est satisfaisante. Néanmoins, la formulation T4 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 22.3% de soja et 11.3% d'amarante*) semble être plus ou moins contaminée par la flore aérobie mésophile totale (11. 10³ UFC/G supérieur à 10⁴ recommandé pour les farines infantiles instantanées) que les autres farines formulées. Cette valeur est également supérieure à celle obtenue par HODONOU (5,4.10²UFC/G) lors de son étude sur la « production et évaluation de la qualité d'une farine infantile à base de maïs, sorgho, soja enrichis à la poudre des feuilles de *moringa oléifera* »

Les coliformes fécaux n'ont été dénombrés en grand nombre que dans les échantillons issus des farines infantiles des formulations T4 (37 UFC/G) et T5 (38 UFC/G) ces valeurs étant supérieures à 20 qui est le seuil établi par la norme Codex Stan 741981 du codex alimentarius (CAC/RCP 21-1979. En outre, les levures et moisissures n'ont été dénombrées que dans les échantillons issus des formulations T2 et T5 qui sont respectivement de 1 UFC ce qui est supérieur à 0 (Absence) qui est le seuil recommandé pour les farines infantiles instantanées.

En outre, le nombre des levures et moisissures dénombrées lors de notre étude dans les formulations T2 ; 1 UFC/G (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*) et T5 ; 1 UFC/G(*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante*) et aucune levure n'a été dénombré pour les autres Formulations, les valeurs obtenues lors de notre étude ont des valeurs inférieures à celles obtenues par HODONOU (10 UFC/G) dans son étude sur la « production et évaluation de la qualité d'une farine infantile à base de maïs, sorgho, soja enrichis a la poudre des feuilles de *moringa oléifera* ». Cet abaissement des levures et moisissures pourrait être due au traitement thermique appliqué lors du traitement de nos différentes matières premières de formulation .

Des niveaux de contamination par *Escherichia* qui a été dénombré uniquement dans les échantillons des formulations T3 (1 UFC/G) et T5(1UFC/G) sont largement inférieures aux valeurs rapportées par HODONOU, (2015) (2,8 à 7,9). Nos valeurs obtenues pour les formulations T1, T2, T4, T6, T7 et T8 sont conformes à la recommandation de FAO/OMS, (1994) relative à la qualité microbiologique (0 Absence) applicable à la farine infantile instantanée. Enfin, les salmonelles sont absentes de tous les échantillons sauf pour la formulation T8 où on a dénombré 1 UFC de salmonelles, les autres formulations n'ont présenté aucune contamination (0 Absence) et respectent les recommandations de FAO/OMS, (1994).

3.3. Caractérisations sensorielles et organoleptiques des farines infantiles instantanées formulées

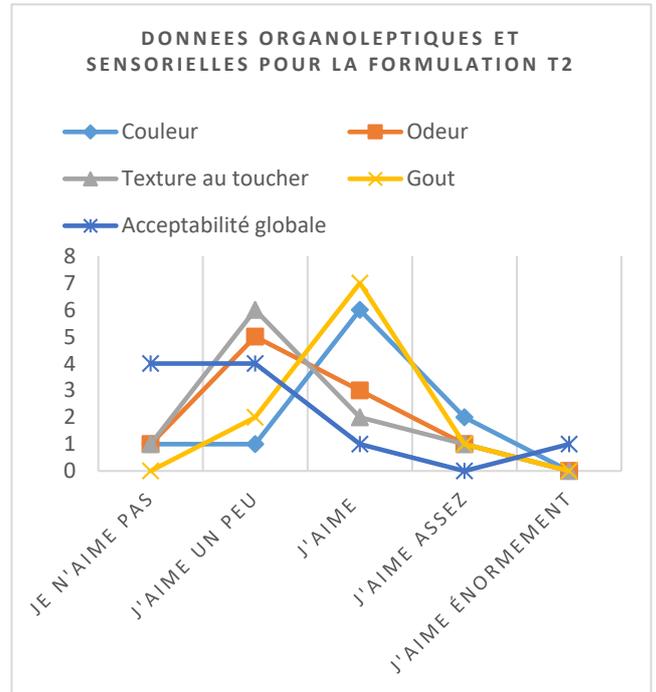
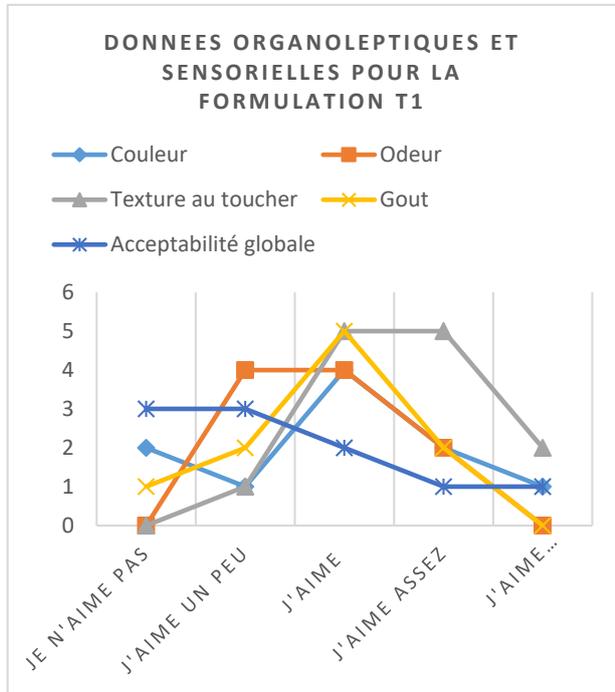


Figure 2 : Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T1 et Figure 3: Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T2

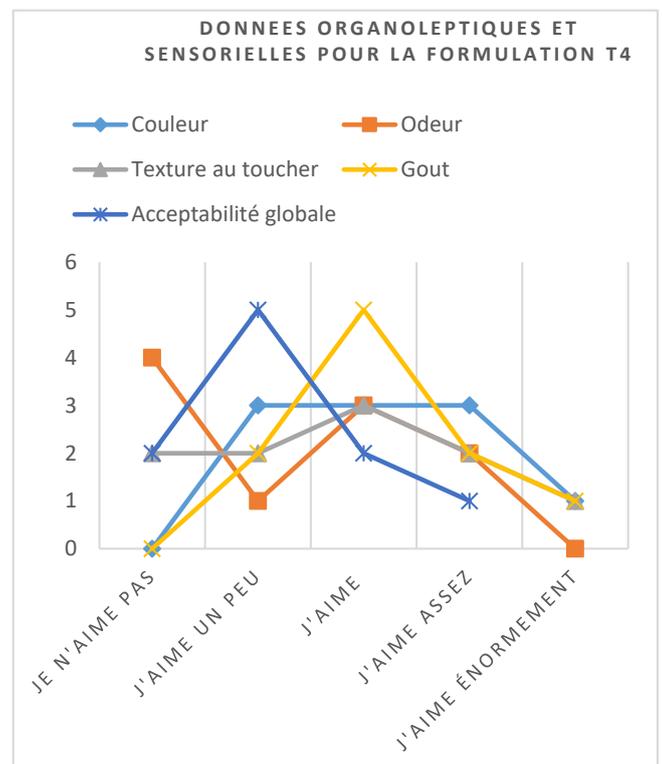
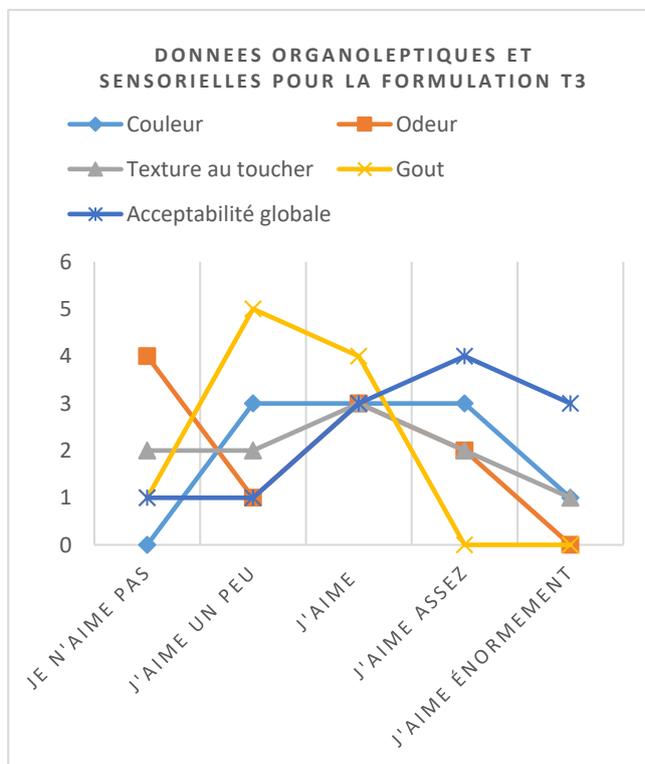


Figure 4: Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T3 et Figure 5 : Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T4

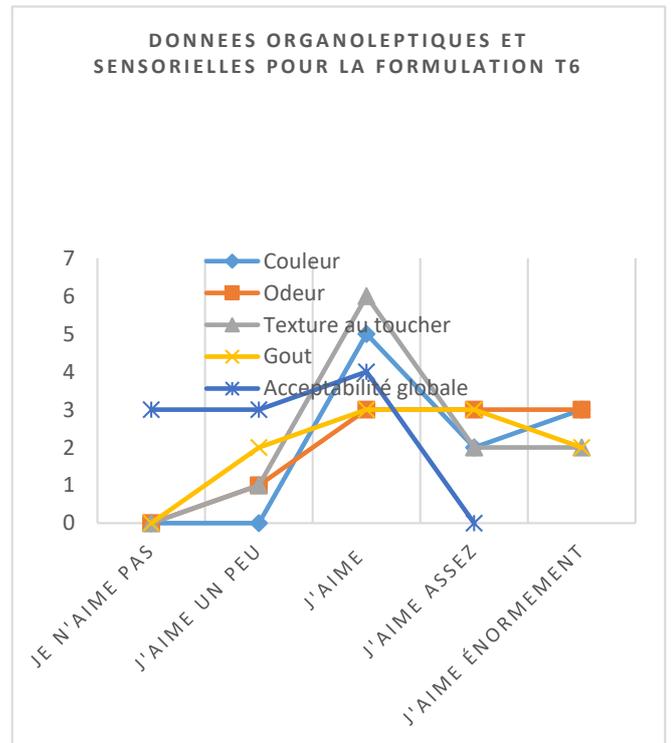
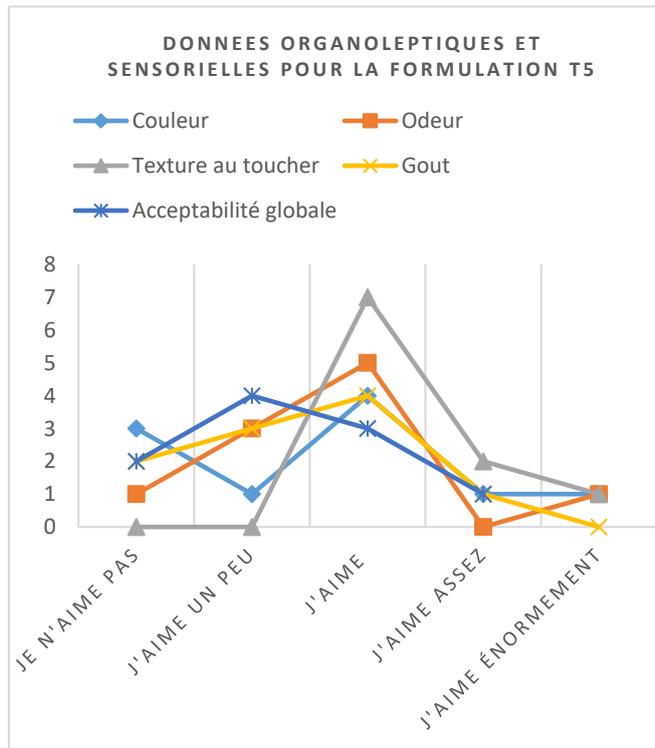


Figure 6: Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T5 et Figure 7: Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T6

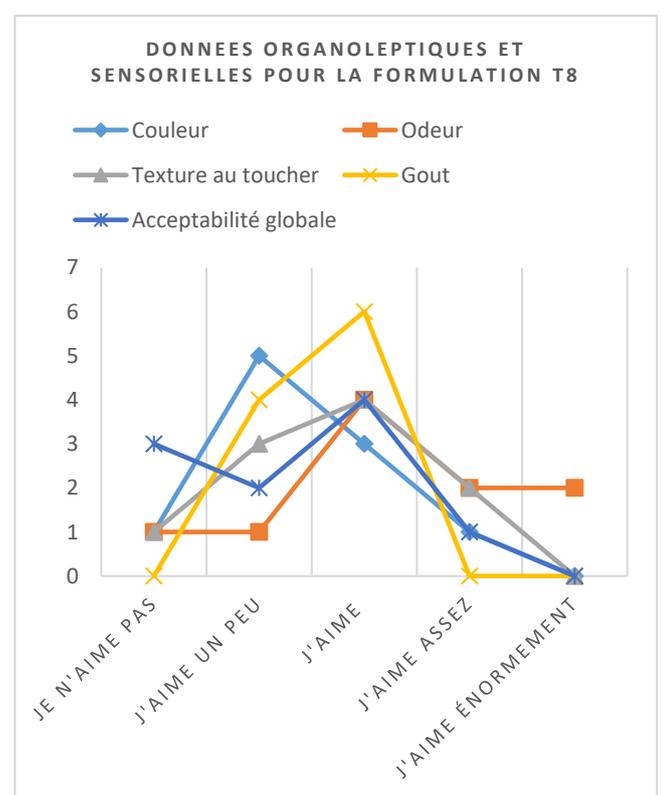
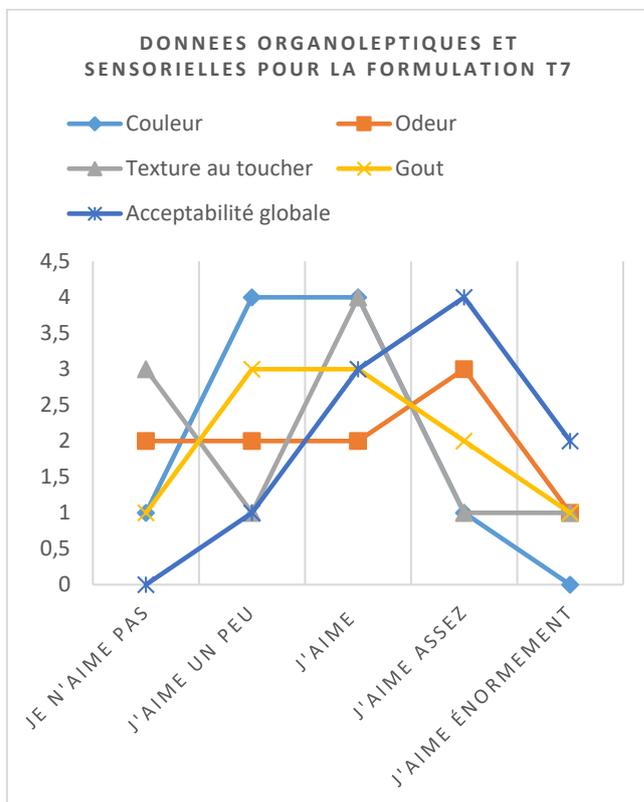


Figure 8 : Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T7 et Figure 9 : Caractérisations organoleptiques et sensorielles de la farine formulée T8

De l'analyse des figures ci-haut il en ressort qu'en terme d'appréciation de la couleur des farines infantiles formulées la majorité des dégustateurs (>50% des dégustateurs) (figure 3, figure 5 et figure7) ont affirmé apprécier la couleur des farines T4 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 22.3% de soja et 11.3% d'amarante*), T6 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante*) et T8 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*).

En outre on remarque qu'en terme de couleur pour les autres formulations T1, T2, T3, T5, et T7 les dégustateurs ayant apprécié la couleur de ces farines sont < à 50%, selon les figures (figure 2, figure 3, figure4, figure 6 et figure 8). On peut ainsi conclure que l'intégration de la patate douce en quantité égale à celle du maïs et l'intégration de l'amarante en quantité plus ou moins égale à celle du soja dans la formulation des farines infantiles est préférable en terme de couleur.

En ce qui concerne l'odeur de l'analyse des figures présentées ci-haut il en ressort que les formulations T1(*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante,*), T2(*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*) et T5 et T8(*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*) (Figure 2, Figure 3, Figure 6 et Figure 9) ont été appréciées par les dégustateurs en terme d'odeur.

Parlant de la texture au toucher, l'analyse des figures ci-haut(Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7) fait apparaître que les dégustateurs(>50%) ont apprécié en terme de textures des farines issues des formulations T1(*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*), T2(*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*), T5 (*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante*) et T6 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 11.1% de soja et 22.3% d'amarante*). On peut ainsi conclure que l'intégration de la patate douce et de l'amarante dans la formulation des farines infantiles n'affecte pas négativement la texture au toucher des farines infantiles.

Des figures ci-haut, il en ressort également qu'en terme de goût, les dégustateurs (>50%) ont affirmé apprécier le goût des farines issues des formulations T1(*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*), T2(*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 33.4% de soja et 0% d'amarante*), T3(*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 22.3% de soja et 11.1% d'amarante*), T4(*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 22.3% de soja et 11.3%*

d'amarante), T8 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*) et beaucoup plus la formulation T7 (*Farine infantile contenant 16.5% de patate douce, 49.95% de maïs, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*). À la vue de ces données, on peut ainsi dire que la patate douce et l'amarante intégrées dans les formulations des farines infantiles en proportion bien déterminée n'influencent en aucun cas négativement le goût de la farine.

Enfin, en ce qui concerne l'acceptabilité globale et l'intention d'achat des farines infantiles formulées, il en ressort de l'analyse des figures ci-dessus (Figure 7, Figure 8 et Figure 9) que les dégustateurs (>50%) ont manifesté une appréciation en terme d'acceptabilité les farines infantiles issues des formulations T3 (*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 22.3% de soja et 11.1% d'amarante*), T4 (*Farine infantile contenant 33.3% de maïs, 33.3% de patate douce, 22.3% de soja et 11.3% d'amarante*) et la farine T7 (*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*). On peut ainsi conclure que l'intégration de la patate douce en même proportion avec le maïs et aussi l'intégration de l'amarante en proportion plus ou moins égale à celle du soja ne joue en aucun cas négativement en terme d'acceptabilité globale et en terme d'intention d'achat des farines infantiles formulées. Par ailleurs, en analysant les tendances des courbes de figures 6 et figures 10 on peut conclure que, sur le plan organoleptique, les dégustateurs ont plus préféré les farines infantiles instantanées issues des Formulations T3 (*Farine infantile contenant 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 22.3% de soja et 11.1% d'amarante*) et T7 (*Farine infantile contenant 16.5% de patate douce, 49.95% de maïs, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante*).

Conclusion

La présente étude apporte des nouvelles connaissances sur la valorisation des produits locaux à travers un essai de formulation d'une farine infantile instantanée à base du maïs, de la patate douce, du soja et de l'amarante. Un essai de formulation constitué de huit traitements (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 et T8) a été réalisé à base de quatre matières disponibles localement. La qualité physico-chimique des farines formulées a été déterminée à travers les paramètres tels que le pH, la teneur en eau, la teneur en protéines, la teneur en cendres, la teneur en sucres totaux et en lipides. Outre la caractérisation physicochimique, une caractérisation microbiologique et une caractérisation organoleptique et sensorielle ont été également effectuées. En ce qui concerne la caractérisation sensorielle, il s'est avéré évident que parmi les huit formulations des farines effectuées uniquement la formulation T3 constitué de 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 22.3% de soja et 11.1% d'amarante et la formulation T7 qui est constituée de 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante ont été plus appréciées par les dégustateurs (Figure 6 et Figure 10). Cependant, l'analyse comparative de la tendance des

courbes de différents paramètres organoleptiques, il s'avère qu'en termes de préférence, les valeurs de la formulation T7 sont plus élevées par rapport à celles de la formulation T3. Parlant de la qualité sanitaire de la farine infantile T7, laisse entrevoir que les paramètres étudiés (la flore aérobie mésophile totale, les coliformes fécaux, les levures et moisissures, *Escherichia coli* et salmonelles en UFC/G) pour la formulation T7 est d'une charge microbienne conforme, selon la norme Codex Stan 741981 du codex alimentarius (CAC/RCP 21-1979). Concernant, la qualité physicochimique de la farine infantile T7, l'analyse du tableau 02 laisse paraître que le pH de la farine infantile produite T7 est respectivement de 6,8. Il ressort également que les teneurs en eau, en lipides, en protéines, en cendres et en sucres totaux de la farine infantile T7 sont respectivement de 5.56 % ; 12.58% ; 12.46% 1.72% et 67.67%. L'étude de la composition chimique a révélé qu'il n'existe aucune différence significative entre les teneurs en éléments nutritifs de la farine infantile T7 obtenue et celles de la farine standard(68% de glucides,13% de protéines, 7% de lipides et 2% de cendres)(Sanogo et al., 1994). Notons également que ces valeurs de la farine infantile T7 sont conformes aux normes recommandées par l'OMS et l'UNICEF. Il serait donc possible de proposer aux ménages africains, généralement de faibles revenus mensuels, d'incorporer, dans l'alimentation infantile de sevrage, une bouillie faite à partir d'une farine infantile instantanée composée de 16.5% de maïs, 49.95% de patate douce, 16.7% de soja et 16.7% d'amarante.

Références bibliographiques

- Ancellin, R. & Dumas C.** (2004). La santé vient en mangeant et en bougeant. Livret d'accompagnement du "Guide nutrition des enfants et ados pour tous les parents" destiné aux professionnels de santé. Programme National Nutrition-Santé. AFSSA, 151p.
- Codex Stan 741981** du codex alimentarius (CAC/RCP 21-1979), 35p
- E.H. Tou, C. Mouquet, I. Rochette, A.S. Traore, S. Trèche and J.P. Guyot**, "Effect of three different process combinations (cooking, addition of malt and inoculation by back slopping) on the fermentation kinetics microflora and energy density of "ben-saalga", a pearl millet based fermented gruel from Burkina Faso," *Food Chemistry*, vol. 100, 935-945,2007.
- H. S. Muhimbula, A. Issa-Zacharia and J. Kinabo**, "Formulation and sensory evaluation of complementary foods from local,cheap and readily available cereals and legumes in Iringa, Tanzania", *African Journal of Food Science* Vol. 5, no.1, pp. 26-31, 2011.
- HODONOU Z. Mouibath**, production et évaluation de la qualité d'une farine infantile à base de maïs, sorgho, soja enrichis a la poudre des feuilles de moringa oleifera, Université d'Abomey Calavi, Departement de genie de technologie alimentaire, 2016, 41p.
- IRD, GRET et UNICE**, (2020). Rapport des farines infantiles produites localement dans six pays sahéliers.
- Kamukenji** , (2019) « Etude comparative des effets de l'alimentation des enfants à base de trois rations différentes (le maïs Qpm, le maïs ordinaire et le maïs ordinaire mélangé au soja), dans la cité de Mwene Ditu en RDC » ;*J.Appl.Biosci*, RDC, 147p.
- Muhimbula S. B., Issa-Zacbaria A. & Kinabo J.**, (2011): Formulation and sensory evaluation of complementary foods from local, cheap and readily available cereals and legumes in Iringa, Tanzania. *African Journal of Food Science*, 5 (1): 26-31.
- OMS**, (2010). Santé et développement de l'enfant et de l'adolescent. « Alimentation de complément ».
- S. Trèche**, *Les bouillies fluides, bébés bien nourris*, In : Information pour le développement agricole des pays ACP, N°110, 2004.
- SANOGO M.**, 1994.Production artisanale de farines infantiles, expériences et procédés, Edition du Gret, Rue la Fayette, 75010 Paris, France, 211-213pp.
- SANOGO M.**,(1995).technologies et équipements utilisables pour la fabrication de farines infantiles: l'alimentation de complément du jeune enfant. Groupe de recherches et d'Echanges Technologiques, Paris(France). 237-247pp.
- Soro SORONIKPOHO** Formulation d'aliments infantiles à base de farine d'igname enrichies au soja 27p
- Tchoko**. l'étude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage, 2011, 41p.
- UNICEF**, "Overview of children in west and central Africa," 2010.
- WHO** , (2002). Global Strategy for Infant and Young Child Feeding. Doc A55/15. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO**, (1998). Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: World Health Organization.