

# Formulation D'une Farine Infantile A Base d'Ipomeoa Batatas, De Vigna Unguiculata Et De Glycine Max (L.) Merrill

Nathalie Dama Kobbe<sup>13</sup>, Robert Adjia<sup>2\*</sup>, Clément Raël Bagnamack Babagnack<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de Chimie Appliquée, ENSAI, Université de Ngaoundéré BP 454, Ngaoundéré, Cameroon,

<sup>2</sup>Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré BP 454, Ngaoundéré, Cameroon

<sup>3</sup>Département de Génie des Procédés, SJP, IUCSJD, BP 455, Douala, Cameroon

---

## Résumé

La malnutrition infantile est un véritable problème de santé publique car elle contribue au décès de milliers d'enfants camerounais. Celle-ci a pour principale cause l'extrême pauvreté des populations locales vivant pourtant dans un pays où foisonnent de multiples richesses agricoles exploitables. L'objectif de ce travail était de formuler une farine infantile à base d'*Ipomeoa batatas* (patate douce), de *Vigna unguiculata* (niébé) et de *Glycine max* (L.) merill (soja) pour proposer aux ménages des farines à moindre coût permettant de couvrir les besoins nutritionnels des enfants. La méthodologie adoptée a consisté à formuler une farine infantile en recherchant la zone optimale de formulation grâce au plan de mélanges, à analyser sa composition biochimique et microbiologique, à effectuer une analyse sensorielle à l'aide d'un panel de 30 mères pour évaluer son acceptabilité et le coût estimatif de sa production. Les résultats obtenus ont montré que la densité énergétique des farines infantiles formulées est conforme aux exigences de la norme FASO. Des trois formules (FC<sub>5</sub>, FC<sub>8</sub> et FC<sub>9</sub>) retenues sur la base de leur valeur nutritionnelle pour le test de préférence chez les consommateurs, la farine de formule FC<sub>8</sub> a la saveur la plus appréciée avec une cote de 45. Le coût de production de cette farine estimé pour un sachet de 50 g à 118 FCFA était inférieur au prix des farines instantanées vendues sur le marché local.

**Mots clés :** Farine infantile, formulation, composition biochimique et microbiologique, valeurs nutritionnelle

---

Date of Submission: 16-09-2023

Date of Acceptance: 26-09-2023

---

## I. Introduction

Près de 149,2 millions d'enfants de moins de cinq ans souffrent de retard de croissance dans le monde dont 58,7 millions en Afrique en 2017 [OMS, 2019 ; FAO, FIDA, OMS, PAM et UNICEF, 2022]. Au Cameroun, la prévalence des enfants atteints de retard de croissance reste préoccupante surtout dans les zones prioritaires que sont l'Extrême-Nord (41,9%), le Nord (33,8%), l'Adamaoua (37,8%) et l'Est (35,8%) [SMART, 2017].

Par ailleurs à partir de l'âge de six mois, la teneur en nutriments du lait maternel, surtout pour l'énergie et les micronutriments, n'est plus suffisante pour couvrir les besoins de l'enfant ; à ce moment, il est nécessaire d'apporter aux nourrissons une nourriture « spéciale » en complément du lait maternel afin de couvrir les besoins en énergie, mais aussi en micronutriments en diversifiant le repas avec des aliments riches en fer et en vitamine A [IRD et UNICEF, 2020]. Une farine infantile est un aliment que l'on donne sous forme de bouillie aux enfants à partir de l'âge de quatre à six mois en complément du lait maternel [Mouquet et et Trèche, 1998]. Elle doit être spécialement conçue pour couvrir leurs besoins nutritionnels en tenant compte des apports du lait maternel et de la fréquence journalière des repas. La farine infantile fait partie du groupe générique des aliments de compléments qui désignent tout apport alimentaire autre que le lait maternel donné aux nourrissons ou aux jeunes enfants, en vue de satisfaire pleinement leurs besoins nutritionnels [Bruyeron et et Van Hoan, 1998].

Toutefois dans les pays du Sud, les mères, par manque de formation et suite à l'utilisation des farines en vrac en raison du faible pouvoir d'achat donnent généralement à leurs enfants des farines artisanales de qualité moindre [Gbogouri et al, 2019 ; N'zi et al, 2023]. Le Cameroun étant un pays dont l'économie repose essentiellement sur l'agriculture [Awoutcha et al., 2023], il est possible d'offrir aux populations des compléments alimentaires pour bébés présentant une qualité nutritionnelle respectant la norme en vigueur. Pour cela, des cultures comme celles d'*Ipomeoa batatas* (patate douce), de *Vigna unguiculata* (niébé) et de *Glycine max* (L.) merill (soja) dont les productions annuelles sont estimées à 440012t/71889ha, 195408t/14739ha et 24558t/17861ha, respectivement [AGRISTATS, 2017] constitueraient une alternative non négligeable aux

nombreux produits d'importation, non seulement pour leur grande disponibilité locale mais plus encore pour leur richesse en macronutriments essentiels aux nourrissons.

L'objectif principal de ce travail était donc de formuler une farine infantile à base de patate douce, du niébé et du soja pour proposer aux ménages des farines acceptables et à moindre coût permettant de couvrir les besoins nutritionnels des enfants. De manière spécifique, il était question de produire une farine dont la composition nutritionnelle est conforme aux exigences des normes et se rapproche le plus de celle d'une farine infantile commercialisée sur le marché local, d'en déterminer la composition biochimique et microbiologique et le coût de production.

## II. Matériel et Méthodes

### Matériel végétal

Pour la formulation de la farine infantile, des ingrédients locaux utilisables dans l'alimentation de l'enfant et disponibles au moment de l'étude ont été répertoriés. Les matières premières utilisées pour la production des farines sont :

- *Ipomeoa batatas* (patate douce) variété Ubi Cilembu ;
- *Vigna unguiculata* (niébé) variété Espada ;
- *Glycine max (L) Merrill* (soja) variété Doko ;

Ces matières premières ont été achetées au marché central de la ville de Douala dans la région du Littoral du Cameroun.

### Méthodes

#### Production des farines de matières premières

Les farines ont été produites suivant les méthodes de [Ndangui, 2015] pour la patate et de Trèche [1994] pour le niébé et le soja (figure 1).

Les tubercules de patates ont été lavés à l'eau du robinet, épluchés puis découpés en tranches à l'aide d'une trancheuse manuelle. Les tranches obtenues ont ensuite subi un prétraitement au métabisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ ) à 1% pendant 1min [Ahmed et al., 2010] afin de les protéger des altérations microbiennes et du brunissement enzymatique. Par la suite, les tranches de patates prétraitées ont été séchées dans une étuve à 65°C pendant 10 h avant d'être broyées (broyeur de marque Moulinex modèle LM2221-350W).

Les graines de niébé et de soja ont été préalablement triées pour retirer les cailloux et les mauvaises graines puis lavées à l'eau du robinet. Ensuite, les graines lavées ont été séchées dans une étuve à 65°C pendant 8 h avant d'être broyées (broyeur de marque Moulinex modèle LM2221-350W).

La farine de niébé, de soja ont été obtenues après tamisage à l'aide d'un tamis de maille 250 µm et conditionnées dans des bocaux en verre.

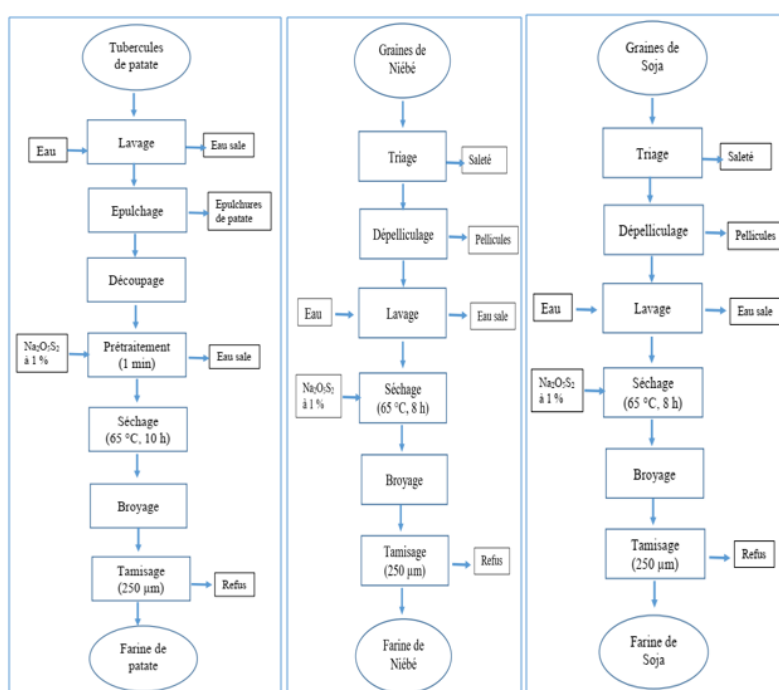


Figure 1: Procédé de fabrication des différentes farines de patate (a), de niébé (b) et soja (c) [Trèche, 1994 ; Ndangui, 2015]

**Calcul des rendements**

Les rendements après les opérations de séchage, de broyage et de tamisage sont déterminés par le rapport des masses avant et après chaque opération selon les formules suivantes:

$\eta_s = \frac{m_{sf}}{m_{si}} \times 100$	$\eta_B = \frac{m_{Bf}}{m_{Bi}} \times 100$	$\eta_T = \frac{m_{Tf}}{m_{Ti}} \times 100$
$\eta_s$ = Rendement du séchage $m_{sf}$ = Masse après séchage $m_{si}$ = Masse avant séchage	$\eta_B$ = Rendement du broyage $m_{Bf}$ = Masse après broyage $m_{Bi}$ = Masse avant broyage	$\eta_T$ = Rendement du Tamisage $m_{Tf}$ = Masse après Tamisage $m_{Ti}$ = Masse avant Tamisage

**Caractérisation biochimique des farines**

**Taux d'humidité**

Le taux d'humidité des farines de patate, niébé et soja a été déterminé par la méthode AOAC 925.10 [AOAC, 1990]. Un bécher à vide a été d'abord nettoyé, séché et pesé ( $M_0$ ). 5 g de farine ont été introduits dans le bécher et l'ensemble a été pesé ( $M_1 = M_0 + 5$  g) puis placé à l'étuve à 105°C pendant 5 heures. Après séchage, le bécher contenant la farine séchée a été refroidi et pesé ( $M_2$ ) à nouveau. Le taux d'humidité TH (%) a été déterminé par la formule suivante :

$$TH (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

**Teneur en cendres**

La teneur en cendres totales des farines de patate, niébé et soja a été déterminée par la méthode AOAC 920.87 [AOAC, 1990]. Le creuset de minéralisation à vide a été d'abord nettoyé, séché et pesé ( $P_0$ ). Le creuset contenant 5 g de farine a été de nouveau pesé ( $P_1$ ) et placé à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Après séchage, les creusets ont été introduits dans le four à 550°C, incinérés pendant environ 6 heures, refroidis et pesés à nouveau ( $P_2$ ). La teneur en cendres TC (%) des farines a été déterminée par la formule suivante :

$$TC (\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

**Teneur en protéines**

La teneur en protéines totales des farines de patate, niébé et soja a été déterminée par la méthode du biuret [Gornall et al., 1949]. Une solution protéique de farine a été préparée en mélangeant 0,1 g de farine dans 20 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% (m/v : 4g de NaOH dans 100mL d'eau distillée). 2 mL de solution protéique de farine ont été prélevés et introduits dans un tube à essai et 4 mL de réactif de Gornall y ont été ajoutés. L'ensemble a été homogénéisé, parafilmé et placé à l'obscurité pendant 30 min. Les absorbances sont lues à la longueur d'ondes de 540 nm. La teneur en protéines est obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de l'ovalbumine comme standard.

**Teneur en lipides**

Les lipides totaux des farines de patate, niébé et soja ont été déterminés par la méthode de Bourelly [1982]. De petites enveloppes en papier filtre ont été préalablement séchées pendant 1 heure à l'étuve à 105 °C et refroidies, puis une prise d'essai de 5 g de farine sèche y a été introduite et l'ensemble a été pesé. Les lipides ont été extraits durant 4 heures dans 250 mL d'hexane. Après extraction, les enveloppes contenant les poudres délipidées ont été séchées pendant 24 heures à l'étuve puis pesées. La teneur en lipides des farines, exprimée en grammes pour 100 g de matière sèche, représente le rapport de la différence de poids du sachet avant et après l'extraction sur la masse sèche de la poudre.

**Teneur en glucides**

La teneur en glucides totaux (TG) des farines de patate, niébé et soja par rapport à la matière sèche a été déterminée par méthode différentielle [Kouada, 2016]. Le calcul est fait avec les valeurs déterminées des teneurs de protéines, de lipides, des cendres et d'humidité suivant la formule :

$$TG (\%) = 100 - [\%TH + \%TC + \%TP + \%TL]$$

Avec %TH, le taux d'humidité ; %TC, la teneur en cendres totales ; %TP, la teneur en protéines totales ; %TL, la teneur en lipides totaux.

### Valeur énergétique des farines

La valeur énergétique (VE) des farines a été déterminée par la somme des produits des constituants majeurs (glucides, protéines, lipides) avec leurs coefficients thermiques d'Atwater selon la formule (Sanou et al., 2017) :

$$VE(\text{kcal}/100\text{g}) = \%TP \times 4\text{kcal} + \%TG \times 4\text{kcal} + \%TL \times 9\text{kcal}$$

Avec %TG, la teneur en glucides totaux ; %TP, la teneur en protéines totales ; %TL, la teneur en lipides totaux.

### Caractérisation microbiologique des farines

Le dénombrement de la flore microbienne dans les farines a consisté à introduire aseptiquement 1 g de farine (2,5 g de farine dans 7,5 mL d'eau physiologique pour la détection des salmonelles) dans 9 mL d'eau physiologique stérile autour d'une flamme. La solution a été laissée au repos afin de se dissoudre et de permettre une revivification des germes à la température ambiante pendant 30 à 45 minutes. À partir de cette suspension, une série de dilutions décimales de  $10^{-1}$  à  $10^{-4}$  a été faite et ensuite ensemencée dans les milieux de culture en boîtes dans des conditions aseptiques autour d'un bec bunsen. Les boîtes de Pétri ensemencées ont été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 h pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale, à 37 °C pendant 24 à 48 h pour les salmonelles, à 30 °C pendant 72 h à 5-6 jrs et à 44 °C pendant 72 h pour *Escherichia coli* et les coliformes fécaux.

La solution physiologique utilisée dans ce travail, était une solution de chlorure de sodium (NaCl) 9 ‰ (m/v : 9g de NaCl dans 1000 mL d'eau distillée). La solution a été répartie dans les différents flacons et stérilisée à l'autoclave à 121°C pendant 15 min [Sanou et al., 2017].

Les bactéries aérobies mésophiles ont été dénombrées sur la gélose Plate Count Agar (PCA), les levures / moisissures sur la gélose Sabouraud et les coliformes fécaux sur le milieu Bile Esculin Agar (BEA). Le milieu Eosine Bleu de Méthylène (EMB) (Biokar, France) a été utilisé pour le dénombrement d'*Escherichia Coli* et les salmonelles ont été dénombrées sur le milieu SS-agar.

Les résultats ont été exprimés en Unité Formant Colonie par gramme d'échantillon (UFC/g). Le nombre N de microorganismes présents dans l'échantillon d'essai sous forme de moyenne pondérée de trois dilutions décimales successives, a été calculé selon l'équation [Sanou et al., 2017] :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2) \times d}$$

Avec  $\Sigma C$ , somme des colonies sur toutes les boîtes comptées et retenues au niveau de deux dilutions successives ;  $d$ , dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus (par exemple  $10^{-2}$ ) ;  $n_1$ , nombre de boîtes comptées et retenues à la première dilution ;  $n_2$ , nombre de boîtes comptées et retenues à la seconde dilution.

### Formulation de la farine infantile

Nous avons déterminé les conditions optimales de formulation de la farine infantile par la méthodologie des plans d'expériences afin de choisir les bonnes proportions de farines de patate, niébé et soja, pour lesquelles la farine infantile composée aura une valeur énergétique supérieure à 400 kcal (teneurs en glucides, protéines et lipides supérieures à 64%, 13% et 8% respectivement), autrement dit d'avoir la meilleure composition nutritionnelle pour la farine infantile. Les proportions en farine de patate ( $X_1$ ), de niébé ( $X_2$ ) et de soja ( $X_3$ ), ont été choisies comme facteurs du plan de mélange (tableau 1). Les teneurs en glucides ( $Y_1$ ), protéines ( $Y_2$ ) et lipides ( $Y_3$ ) et la valeur énergétique ( $Y_4$ ) étaient les réponses choisies pour le plan de mélange. La matrice expérimentale a été développée selon le plan de mélange de type « réseau » à cinq niveaux {3 facteurs ; 5 niveaux} avec 21 essais.

**Tableau 1** : Matrice expérimentale pour le plan de mélange

Variables indépendantes (Facteurs)				Variables dépendantes (Réponses)			
Essais	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
1	0	0,2	0,8	-	-	-	-
2	0,6	0	0,4	-	-	-	-
3	0,2	0,6	0,2	-	-	-	-
4	0	0,6	0,4	-	-	-	-
5	0,6	0,4	0	-	-	-	-
6	0,8	0	0,2	-	-	-	-
7	1	0	0	-	-	-	-
8	0	1	0	-	-	-	-
9	0,8	0,2	0	-	-	-	-
10	0,4	0	0,6	-	-	-	-
11	0	0,4	0,6	-	-	-	-
12	0,4	0,2	0,4	-	-	-	-
13	0,2	0,2	0,6	-	-	-	-

14	0,4	0,6	0	-	-	-	-
15	0,6	0,2	0,2	-	-	-	-
16	0	0,8	0,2	-	-	-	-
17	0,2	0,8	0	-	-	-	-
18	0	0	1	-	-	-	-
19	0,2	0	0,8	-	-	-	-
20	0,2	0,4	0,4	-	-	-	-
21	0,4	0,4	0,2	-	-	-	-

Des expériences ont été effectuées à chaque point du plan expérimental et les valeurs ont été indiquées comme réponses observées. La validation des modèles a été faite en comparant les valeurs du coefficient de régression ( $R^2$ ) et l'analyse absolue de déviation moyenne (AADM) à leur valeur standard ( $R^2 = 100\%$  et l'AADM = 0). Ainsi, un modèle est considéré comme parfait si le coefficient de régression  $R^2$  est égal à 1 et l'AADM égale à 0.

### Analyse sensorielle des bouillies préparées à partir de la farine composée

Des bouillies infantiles ont été préparées à partir de trois formules de farines composées (FC<sub>5</sub>, FC<sub>8</sub>, FC<sub>9</sub>) choisies dans la zone optimale. Ainsi dans une casserole, 50 g de farine ont été délayés dans 100 mL d'eau puis cuites dans 250 mL d'eau. Le mélange a été ensuite maintenu au feu pendant 10 min sous agitation manuelle pour former une bouillie. À la fin de la cuisson, 5 g de sucre de commerce y ont été ajoutés.

Les bouillies obtenues ont été soumises à un test de classement par rang pour obtenir une indication sur la bouillie ayant la saveur la plus acceptable. Pour cela, un panel de 30 mères (dégustateurs amateurs) a été recruté. Par la suite, un total des classements a été attribué à chaque échantillon et les différences entre toutes les paires possibles ont été calculées. Le test statistique de Friedman a été utilisé afin de calculer la valeur critique pour un niveau de signification de  $p = 0,05$ .

### Calcul du coût de production de la farine infantile

Le coût de production a été déterminé selon la démarche adoptée par Eyenga *et al.* [2018]. Ainsi les éléments pris en compte sont la capacité journalière de production fixée à 100 kg de farine, les quantités de matières premières à utiliser obtenues grâce aux rendements de production des farines, les machines utilisées (une casserole, une râpe métallique, un broyeur, une plaque à gaz, une thermo-scelleuse, une étuve) et les consommables (rouleau de polyéthylène d'épaisseur 70µm). Le prix unitaire pour 1 kg de chaque matière première est consigné dans le tableau 2.

Tableau 2 : Prix d'achat des matières premières

Matières premières	Quantités (kg)	Prix (FCFA)
Patate	1	200
Niébé	1	250
Soja	1	250

## III. Résultats et discussions

### Zone optimale de formulation de la farine infantile

Sur la base des résultats obtenus après exécution de la matrice expérimentale à l'aide du logiciel JMP, les modèles mathématiques de formulation étaient des modèles cubiques pour les réponses suivantes :

- **Teneur en glucides**

$$Y_1 = 87,56x_1 + 72,69x_2 + 37,29x_3 + 0,01x_1x_2 + 0,004x_1x_3 + 0,007x_2x_3 - 0,011x_1x_2x_3$$

- **Teneur en protéines**

$$Y_2 = 6,05x_1 + 20,62x_2 + 36,75x_3 + 0,002x_1x_2 - 0,004x_1x_3 + 0,002x_2x_3 + 0,046x_1x_2x_3$$

- **Teneur en lipides**

$$Y_3 = 0,877x_1 + 1,95x_2 + 21,20x_3 + 0,002x_1x_2 + 0,002x_1x_3 - 0,004x_2x_3 + 0,046x_1x_2x_3$$

- **Valeur énergétique**

$$Y_4 = 382,35x_1 + 390,87x_2 + 486,96x_3 - 0,004x_1x_2 - 0,01x_1x_3 - 0,007x_2x_3 + 0,011x_1x_2x_3$$

Avec  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, X_1, X_2$  et  $X_3$ , respectivement, la teneur en glucides totaux, la teneur en protéines totales, la teneur en lipides totaux, la valeur énergétique, la proportion en farine de patate, la proportion en farine de niébé et la proportion en farine de soja.

De cette analyse, les modèles cubiques choisis sont considérés comme valide avec des pourcentages de vérité statistique de 99% pour toutes les réponses. De ces équations de modèles, nous observons que certaines interactions peuvent avoir un effet positif sur une réponse tandis que sur une autre, elles ont un effet négatif.

Les indicateurs de validation (le  $R^2$ , le  $R^2$  ajusté et l'AADM) ont permis de valider le modèle obtenu. Joglekar et May [1987] ont considéré qu'un modèle peut être valide si le modèle explique au moins 80 % de la

variabilité de la réponse ( $R^2$  ajusté). Baş et Boyac [2007] ont jugé également qu'un modèle est valide si l'AADM est compris entre 0 et 0,3.

Le modèle obtenu lié à la teneur en glucides totaux explique 99% du procédé de formulation de la farine infantile, avec un pourcentage d'écart à la réalité de  $2,8.10^{-4}\%$  (Tableau 3). De même, le modèle lié à la teneur en protéines totales explique 99% du procédé de formulation de la farine infantile, avec un écart à la réalité de  $3,08.10^{-3}\%$ . Pareillement, le modèle obtenu lié à la teneur en lipides totaux explique 99% du procédé de formulation de la farine infantile, avec un pourcentage d'écart à la réalité de  $4,5.10^{-3}\%$ . Enfin, le modèle lié à la valeur énergétique explique également 99% du procédé de formulation de la farine infantile, avec un écart à la réalité de  $1,8.10^{-4}\%$ . Les modèles postulés sont considérés comme adéquats pour les données obtenues à un niveau de confiance de 95 %.

La figure 2 représente le profileur de mélange de notre farine infantile, obtenu à partir des formules de prévision (valeurs théoriques) données par le logiciel JMP.

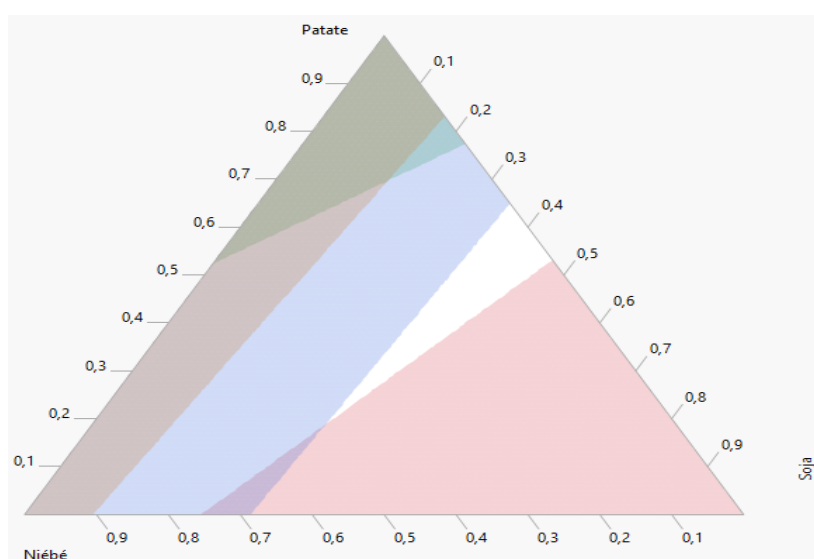


Figure 2 : Profileur de mélange de la farine infantile

La zone blanche observée sur la figure ci-dessus représente la zone optimale de formulation de la farine infantile à l'intérieur de laquelle, tous les points choisis permettront de répondre aux objectifs fixés. En effet dans cette zone, toutes les proportions en farines de patate, niébé et soja données pour une formule, permettront d'avoir une farine infantile qui respecte les valeurs recommandées par la norme FASO (soient 64% ; 13% ; 8% et 400 kcal pour les réponses  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  et  $Y_4$ , respectivement).

Le tableau 3 recense 09 formules de farine infantile choisies dans zone optimale et dont la composition nutritionnelle est comparée à celle d'une farine infantile déjà commercialisée sur le marché.

Tableau 3 : Formules choisies pour 100g de farine infantile

FORMULES	FACTEURS			REPOSES			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
FC <sub>1</sub>	0,53	0,02	0,45	64,65	20,16	10,04	429,56
FC <sub>2</sub>	0,32	0,33	0,35	65,15	21,55	8,31	421,60
FC <sub>3</sub>	0,44	0,15	0,41	64,61	20,87	9,42	426,80
FC <sub>4</sub>	0,28	0,38	0,34	64,71	22,10	8,23	421,34
FC <sub>5</sub>	0,54	0,10	0,36	68,06	18,49	8,27	420,73
FC <sub>6</sub>	0,58	0,02	0,4	67,02	18,7	9,08	424,63
FC <sub>7</sub>	0,38	0,27	0,35	65,80	20,83	8,33	421,54
FC <sub>8</sub>	0,63	0,01	0,36	69,19	17,33	8,24	420,32
FC <sub>9</sub>	0,60	0,05	0,36	68,85	17,75	8,20	420,17
CÉRÉLAC	-	-	-	69	15	9	420

Les résultats obtenus montrent que les formules de farines dont la composition nutritionnelle se rapproche le plus de celle de la farine de marque CÉRÉLAC sont les formules FC<sub>5</sub>, FC<sub>8</sub> et FC<sub>9</sub>. C'est pour cette

raison que nous les avons choisies pour effectuer l'analyse sensorielle afin de déterminer la préférence des consommateurs sur les bouillies préparées.

### Rendements après production des farines

La figure 3 présente les rendements à chaque opération de production des farines de matières premières.

Après séchage, le rendement le plus élevée est celui du soja (70%) suivi de ceux des graines de niébé (63%) et de la patate douce (40%). Ces valeurs s'expliqueraient par la différence de teneur en eau des matières premières. En effet, la patate douce possédait la teneur en eau la plus élevée et le soja, la teneur en eau la plus faible.

Après broyage, le rendement est quasiment le même pour toutes les matières premières (99%). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les quantités de patate, niébé et soja séchées étaient quasiment les mêmes après broyage. Les pertes estimées étaient inférieures à 1%.

Après tamisage à 250 µm, le rendement le plus élevé était celui de la patate (50%), suivie du niébé (40%) et du soja (29%). Cette différence serait due à des transformations de nature physico-chimique qui entraîneraient des modifications de texture, de structure, de forme et de surface [Chamayou et Phage, 2003]. En effet lors du broyage, l'élévation de la température due à l'énergie d'arrachement des molécules entraîne la déstructuration des protéines qui tendent à s'agglomérer et former des agrégats qui ne passent pas à travers les mailles du tamis. C'est pourquoi le soja qui est très riche en protéines présente un fort pourcentage, suivi du niébé (moins riches en protéines que le soja) ; la patate douce beaucoup plus pauvre présentant le rendement le plus bas. Toutefois, il est important de noter que le type de moulin utilisé pourrait aussi avoir un impact majeur sur le rendement des farines produites [Djantou, 2006].

Après production des farines, le niébé présentait le rendement global le plus élevé (33%) suivi du soja (25%) et de la patate douce (17%). Ces rendements sont importants pour la détermination des quantités initiales de matières premières à prélever pour produire une quantité de farine infantile donnée.

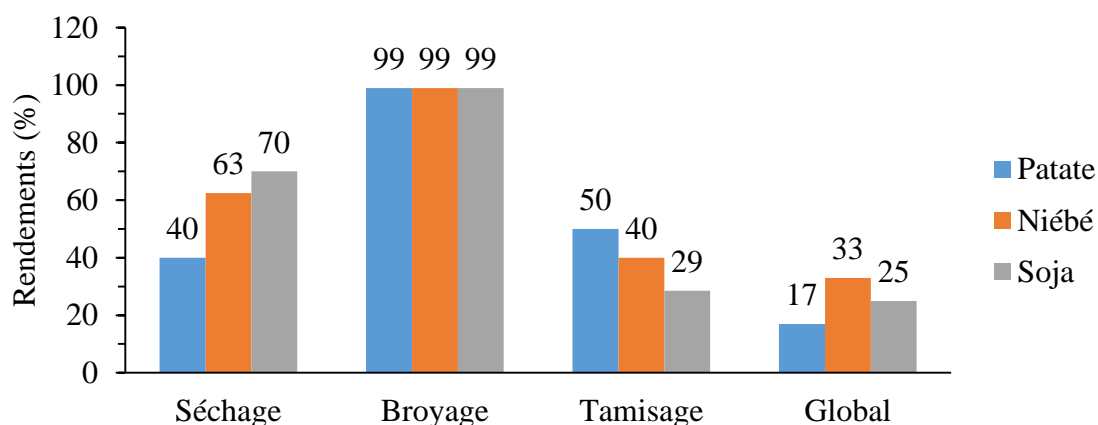


Figure 3: Rendements de production des farines

### Compositions biochimique des farines

#### Composition biochimique des farines de base

Le tableau 4 présente la composition biochimique des farines de patate, du niébé et du soja.

Tableau 4 : Composition biochimique pour 100g de farine

Types de farines	Humidité (%)	Cendres (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Valeur énergétique (kcal/100g)
Patate	4,95	0,56	6,05	0,87	87,56	382,35
Niébé	4,15	0,57	20,63	1,95	72,70	390,87
Soja	3,75	1,01	36,75	21,2	37,29	486,96
FASONORM	≤ 8	≤ 3	> 13	> 8	> 64	> 400

Le taux d'humidité est un paramètre crucial du stockage des farines car si celui-ci est supérieur à 10%, la farine sera favorable au développement des microorganismes. Dans cette étude, le taux d'humidité de toutes les farines est inférieur à 5%. Ces valeurs significativement inférieures au seuil de 8% fixé par la norme FASO indiquent que ces farines auront une bonne tenue lors du stockage.

La teneur en cendres donne un aperçu sur la quantité de minéraux contenue dans les farines. Dans cette étude, la teneur en cendres des farines est inférieure au seuil de 3% fixé par le CODEX. Ces valeurs sont similaires

à celles obtenues par Kouada [2016] lors de ses travaux sur la formulation alimentaire appliquée aux farines infantiles. Toutefois, la différence de teneurs en cendres des farines analysées, témoigne de la différence de composition en minéraux dans les aliments. Par conséquent le soja qui a la teneur en cendres la plus élevée, aura également la teneur en minéraux la plus élevée.

Les teneurs en protéines, lipides et glucides sont des paramètres importants permettant de déterminer la valeur énergétique d'une farine infantile. Les valeurs les plus élevées étaient obtenues dans la farine de soja pour les protéines (36,75%), les lipides (21,2%) et la densité énergétique (486,96 kcal) et dans la farine de la patate pour les glucides (87,56%).

Pour les protéines, seules les farines de soja et de niébé ont des teneurs conformes à la valeur recommandée par FASONORM (> 13%) pour l'alimentation infantile. Pour les lipides, seules les farines de soja est conforme à la valeur recommandée par FASONORM (> 8%). Ces valeurs sont en adéquation avec celles de Kouada [2016] et justifient l'utilisation des graines de soja dans l'alimentation des nourrissons comme source de matières grasses et de réserves d'énergie dans l'organisme. Pour les glucides, seules les farines de patate et de niébé ont des teneurs conformes à la valeur recommandée par FASONORM (> 64%) pour l'alimentation des nourrissons. Ces résultats sont également similaires à ceux de Kouada [2016] et rendent compte de l'importance d'intégrer la patate douce et le niébé dans l'alimentation comme source de glucides indispensables au développement et à la croissance de l'enfant.

Au regard des résultats obtenus sur la composition biochimique des farines de base, il semble évident que les différentes farines prises individuellement ne permettraient pas de couvrir tous les besoins nutritionnels des nourrissons bien que présentant chacune des particularités sur le plan nutritif. C'est pourquoi, il est indispensable de les associer à des proportions bien précises afin d'obtenir une farine infantile de bonne qualité.

### Composition biochimique de la farine infantile

Le tableau 5 présente la composition biochimique de la farine infantile retenue (F<sub>8</sub>). Les résultats obtenus montrent que la composition biochimique de la farine infantile est conforme aux valeurs recommandées par la norme FASO. En effet les taux d'humidité (4,55%) et de cendres (0,69%) sont inférieurs aux valeurs seuils de 8% et 3% fixées par la norme, respectivement. Ces résultats suggèrent que cette farine se conserverait bien. De même, la valeur énergétique de la farine (420 kcals), les teneurs en protéines (17,33%), en lipides (8,24%) et en glucides (69,19%) sont conformes aux valeurs minimales recommandées par la norme FASO. De ce fait, la farine infantile retenue pourrait couvrir les besoins en nutriments et en énergie nécessaires à la croissance des nourrissons.

**Tableau 5** : Composition biochimique pour 100g de farine infantile

Formule	Humidité (%)	Cendres (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Valeur énergétique (kcal/100g)
FC <sub>8</sub>	4,55	0,69	17,33	8,24	69,19	420,32
FASONORM	≤ 8	≤ 3	> 13	> 8	> 64	> 400

### Composition microbiologique des farines

#### Composition microbiologique des farines de base

Le tableau 6 présente la composition microbiologique des farines base. L'analyse des résultats montre que les flores aérobies mésophiles dénombrées dans les farines de patate, de niébé et de soja varient de 16.10<sup>2</sup> à 64.10<sup>2</sup> UFC/g. Ces résultats diffèrent d'une farine à l'autre et cette différence s'expliquerait par l'activité de l'eau [Bolland et Gee, 1946] qui serait plus élevée dans les tubercules de patate douce que dans les graines de niébé et de soja. Par conséquent, la farine de patate serait la plus sensible au développement des bactéries mésophiles que les autres farines. La présence de coliformes fécaux, d'*Escherichia Coli* et de salmonelles n'a pas été mise en évidence dans les farines analysées.

Les levures et les moisissures ont été dénombrées dans les farines de patate, niébé et soja et les valeurs sont comprises entre 15.10<sup>1</sup> et 65.10<sup>1</sup> UFC/g. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues pour la farine de soja. La différence observée entre ces dernières serait due au prétraitement appliqué sur les tranches de patate douce. Ce prétraitement au métabisulfite de sodium aurait pour effet d'inhiber l'action des levures et des moisissures sur l'aliment. C'est pourquoi les graines de niébé et de soja qui n'ont pas subi cette opération seraient plus sensibles au développement de ces derniers.

Les résultats obtenus ont montré que les charges microbiennes sont en dessous des valeurs recommandées par la norme FASO. Par conséquent, la consommation des farines de patate, niébé et soja sera sans danger pour les nourrissons.



**Tableau 6:** Composition microbiologique des farines en UFC/g

Types de farines	Flore mésophile	Coliformes fécaux	Levures et Moisissures	<i>Escherichia Coli</i>	Salmonelles
Patate	64.10 <sup>2</sup>	0	15.10 <sup>1</sup>	0	0
Niébé	42.10 <sup>2</sup>	0	22.10 <sup>1</sup>	0	0
Soja	16.10 <sup>2</sup>	0	65.10 <sup>1</sup>	0	0
FASONORM	< 10 <sup>5</sup>	< 100	< 10 <sup>3</sup>	< 10	0

### Composition microbiologique de la farine infantile

Le tableau 7 présente la composition microbiologique de la farine infantile retenue (F<sub>8</sub>). Les résultats obtenus après analyses montrent que la flore aérobie mésophile et les levures/moisissures ont respectivement été dénombrées à 50.10<sup>2</sup> et 34.10<sup>1</sup> UFC/g. Ces valeurs sont toutes inférieures aux seuils de 10<sup>5</sup> et 10<sup>3</sup> UFC/g fixés par la norme FASO. Par ailleurs ni les coliformes, ni *Escherichia Coli* ou même les salmonelles n'ont été détectés. Par conséquent, la consommation de la farine infantile composée sera sans danger pour les nourrissons.

**Tableau 7:** Composition microbiologique de la farine infantile en UFC/g

Formule	Flore mésophile	Coliformes fécaux	Levures et Moisissures	<i>Escherichia Coli</i>	Salmonelles
FC <sub>8</sub>	50.10 <sup>2</sup>	0	34.10 <sup>1</sup>	0	0
FASONORM	< 10 <sup>5</sup>	< 100	< 10 <sup>3</sup>	< 10	0

### Analyse sensorielle des bouillies préparées à partir de la farine infantile

Le tableau 8 présente les totaux de classement pour toutes les paires possibles des échantillons (bouillies obtenues à partir de trois échantillons). Les résultats obtenus après comparaison des totaux montrent que les différences les plus élevées sont celles des paires FC<sub>5</sub>-FC<sub>8</sub> et FC<sub>9</sub>-FC<sub>8</sub> avec respectivement 21, 24. La valeur critique à p = 0,05 pour 30 mères de nourrissons (dégustateurs amateurs) et 03 échantillons de farine est 19 d'après le tableau statistique de Friedman. Il apparait que la saveur de la bouillie de formule FC<sub>8</sub> est sensiblement différente de la saveur des bouillies FC<sub>5</sub> et FC<sub>9</sub>. Etant donné que les bouillies FC<sub>5</sub> et FC<sub>9</sub> ont les cotes les plus hautes après évaluation (66 et 69, respectivement), il apparait que les dégustateurs amateurs ont trouvé que la saveur de la bouillie FC<sub>8</sub> était plus acceptable que celle des bouillies FC<sub>5</sub> et FC<sub>9</sub>. C'est pour cette raison que la formule FC<sub>8</sub> a été retenue pour la production de la farine infantile.

**Tableau 8 :** Totaux de classement des paires d'échantillons

Paires	FC <sub>5</sub> - FC <sub>8</sub>	FC <sub>9</sub> - FC <sub>8</sub>	FC <sub>9</sub> - FC <sub>5</sub>
Différences	66 - 45	69 - 45	69 - 66
Total	21	24	3

### Estimation du coût de production de la farine infantile

Le tableau 9 présente le calcul des quantités de matières premières nécessaires pour 100kg de farine infantile. Les données obtenues montrent que pour produire 100 kg de farine infantile, il faut 375 kg de tubercules de patate douce, 4 kg de graines de niébé et 36 kg de graines de soja.

Le coût de la production journalière de 100 kg de farine infantile conditionnée dans des sachets en polyéthylène de 50 g est présenté par le tableau 9. Les résultats présentés dans ce tableau montrent que la production journalière de 100 kg de farine infantile coûtera (en termes d'intrants) 234 750 FCFA. Ceci revient à dire que la production journalière d'un sachet de 50 g de farine infantile coûtera 118 FCFA, prix inférieur à celui pratiqué sur le marché local pour la farine instantanée CÉRÉLAC.

**Tableau 9 :** Quantités de matières premières nécessaires pour 100kg de farine infantile

	Quantités de farines (kg)	Rendement après production (%)	Quantités de matières premières (kg)
Tubercules de patate	63	17	375
Graines de niébé	1	33	4
Graines de soja	36	25	145

**Tableau 10 :** Coût de la production journalière de 100 kg de farine

	Quantités	Prix Unitaire (FCFA)	Prix Total (FCFA)
Tubercules de patate (kg)	375	200	75 000
Graines de niébé (kg)	4	250	1 000
Graines de soja (kg)	145	250	36 250

Sucre (kg)	10	750	7 500
Emballage	2000	50	100 000
Opérateurs	10	1500	15 000
<b>TOTAL</b>			<b>234 750</b>

#### IV. Conclusion

L'objectif de ce travail était de formuler une farine infantile à moindre coût à base d'*Ipomeoa batatas* (patate douce), de *Vigna unguiculata* (niébé) et de *Glycine max (L) merill* (soja). Il ressort que les opérations de séchage et de tamisage avaient une influence sur le rendement de production des farines de base et le rendement global le plus élevé était obtenu avec la farine du niébé. Des 03 formules de farine infantile de la zone optimale du plan de mélanges (FC5, FC8 et FC9) dont la composition nutritionnelle se rapproche le plus de celle de la farine de marque CÉRÉLAC commercialisée sur le marché local retenues pour l'analyse sensorielle, la farine de formule FC<sub>8</sub> avait la saveur la plus appréciée. Le coût de production de cette farine pour un sachet de 50 g estimé à 118 FCFA était inférieur au prix pratiqué sur le marché local pour les farines instantanées. Par ailleurs, la valeur énergétique et la qualité microbiologique et biochimique des farines formulées étaient conformes aux exigences de la norme FASO pour les farines infantiles. Toutefois, il serait intéressant de caractériser les farines obtenues afin de déterminer les proportions en minéraux et en vitamines et les comparer à celles exigées par les mêmes normes.

#### Références Bibliographiques

- [1]. Agristats. 2017. Institut National De La Statistique. Annuaire Statistique De Cameroun : 184-207 P.
- [2]. Ahmed M, Akter Ms, Lee Jc, Eun Jb. 2010. Encapsulation By Spray Drying Of Bioactive Components, Physicochemical And Morphological Properties From Purple Sweet Potato. *Lwt - Food Science And Technology*, (43): 1307-1312.
- [3]. Aoac. 1990. Official Methods Of Analysis (13thed.) Washington, D.C: Association Of Official Analytical Chemists.
- [4]. Awoutcha T, Romuald F, Fotsing W, Florent U. 2023. Effets Des Conflits Armés Sur La Production Agricole Dans Les Pays En Développement: Une Vérification Empirique Sur Les Données Du Cameroun. Douala. <https://Nbn-Resolving.Org/Urn:Nbn:De:0168-Ssoar-86467-6>
- [5]. Bas, Boyac. 2007. Méthodologie De La Formulation D'une Forme Orale Solide A Libération Prolongée. Thèse De Doctorat De L'université De Toulouse ; Institut National Polytechnique De Toulouse (Inp Toulouse), P.246.
- [6]. Bolland JI, Gee G. 1946. Kinetic Studies In The Chemistry Of Rubber And Related Material. ii. The Kinetics Of Oxidation Of Unconjugated Olefins. *Transactions Of The Faraday Society*, 42: 236-243. Doi :10.1039/Tf9464200236.
- [7]. Bourely J. 1982. Observation Sur Le Dosage De L'huile Des Graines De Cotonnier. *Cot. Fit. Trop.*, 27(2) : 183-196.
- [8]. Bruyeron O, Van Hoan. 1998. Les Farines Infantiles : Quelle Technologie Retenir ? *Bulletin Du Réseau Tpa*,16-22.
- [9]. Chamayou, Phage. 2003. La Fermentation, In : La Panification Française. Lavoisier-Apria, Tec Et Doc, Paris, 528 : 283-325.
- [10]. Djantou-Njantou Eb. 2006. Optimisation Du Broyage Des Mangues Séchées (*Manguifera Indicavar Kent*) : Influence Sur Les Propriétés Physicochimiques Et Fonctionnelles Des Poudres Obtenues. Thèse Inpl-Nancy, P. 149.
- [11]. Eyenga Snnn, Mukoro M, Yong Nns, Voula Va, Simo Bh, Mounjouenpou P. 2018. Formulation Et Acceptabilité Sensorielle D'une Farine Infantile Instantanée Moins Chère A Partir De Maïs Germé, Riz, Soja Et Sésame. *International Journal Of Innovation And Applied Studies*, 25 (1): 388-397.
- [12]. Fao, Fida, Oms, Pam, Unicef. 2022. L'état De La Sécurité Alimentaire Et De La Nutrition Dans Le Monde 2022. Réorienter Les Politiques Alimentaires Et Agricoles Pour Rendre L'alimentation Saine Plus Abordable, Rome, Fao, P. 285.
- [13]. Gbogouri Ga, Bamba Ms, Digbeu Dy, Brou K. 2019. Elaboration D'une Farine Infantile Composée A Base D'ingrédients Locaux De Côte D'ivoire : Quelles Stratégies D'enrichissement En Acides Gras Polyinsaturés Oméga 3 ? *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13(1): 63-75.
- [14]. Gornall Ag, Bardawill Cj, David Mm. 1949. Determination Of Serum Proteins By Means Of The Biuret Reaction. *Journal Of Biological Chemistry*, (12) : 25-32.
- [15]. Ird, Unicef. 2020. Rapport De L'Etude « La Filière Des Farines Infantiles Produites Localement Dans 6 Pays Sahéliens » Réalisée De Juillet 2019 A Janvier 2020, 164 P.
- [16]. Joglekar, May, 1987. Chemical Structure Of Xylans And Their Interaction In The Plant Cell Walls, *Progress In Biotechnology*, 7(Xylans Xylanases): 1-15.
- [17]. Kouada Hc B. 2016. Développement D'une Base De Calcul De Formulation Alimentaire Appliquée Aux Farines Pâtisseries De Côte D'ivoire. Mémoire De Master Ii En Sciences Et Technologie Des Aliments Option Nutrition Et Sécurité Alimentaire De L'ufr Des Sciences Et Technologie Des Aliments De Côte D'ivoire, P. 47.
- [18]. Mouquet, Trèche S. 1998. Caractéristiques D'une Bonne Farine Infantile. *Bulletin Du Réseau* : 1-11.
- [19]. Ndangui Cb. 2015. Production Et Caractérisation De Farine De Patate Douce (*Ipomoea Batatas. Lam*) : Optimisation De La Technologie De Panification. Nancy : L'université De Lorraine Et L'université Marien Ngouabi. Thèse De Doctorat, P. 134.
- [20]. N'zi Fa-Ja, N'guessan Fk, Kouakou-Kouamé Ca, Teyssier C, Montet D. 2023. Pratiques De Production, De Préparation Et De Stockage Des Farines Infantiles Artisanales En Côte D'ivoire. *J. Appl. Biosci*, 183 : 19212– 19232.
- [21]. Oms. 2019. Plan Stratégique Pour Réduire Le Double Fardeau De La Malnutrition Dans La Région Africaine De L'oms 2019-2025. Rapport Du Secrétariat. *Afr/Rc69/7*, 26 Juin 2019, P16.
- [22]. Sanou A, Tapsoba F, Zongo C, Savadogo A, Traore Y. 2017. Etude De La Qualité Nutritionnelle Et Microbiologique Des Farines Infantiles De Quatre Unités De Production : Cma Saint Camille De Nanoro, Csp Saint Louis De Temnaoré, Cm Saint Camille D'ouagadougou Et Chr De Koudougou. *Nature & Technology Journal*, (B): 25-39.