

En résumé, pour que sa croissance soit harmonieuse, l'enfant a besoin de nombreux nutriments : des nutriments énergétiques (sucres ou glucides, matières grasses ou lipides), des nutriments constructeurs (protéines) et de nutriments protecteurs (vitamines et minéraux). car le manque d'un élément pendant une durée prolongée peut être une cause de malnutrition.

Section 2 : la malnutrition de l'enfant

Un enfant ne recevant pas suffisamment de nutriments dans son alimentation quotidienne est exposé à différentes formes de malnutrition.

La malnutrition désigne un état pathologique causé par la déficience ou l'excès d'un ou plusieurs nutriments, ici l'apport alimentaire anormal peut provenir d'une nourriture en quantité inadaptée au besoin (apport calorifique insuffisant ou, au contraire, excessif) ou de mauvaise qualité (carence nutritionnelle ou excès de graisses) elle se traduit donc ainsi, selon *l'Unicef (2011)*, par un déséquilibre entre les apports en éléments nutritifs et les besoins de l'organisme.

La malnutrition intervient dans plus de la moitié des décès d'enfants, bien qu'elle soit rarement citée comme une cause directe. Pour de nombreux enfants, le manque d'accès à la nourriture n'est pas la seule cause de malnutrition, entre autre on peut citer les mauvaises pratiques alimentaires et les infections, voire l'association des deux participent également au phénomène de malnutrition. L'Unicef estime que 852 millions de personnes souffrent de **malnutrition** dans le monde et que la majorité vit en Asie et en Afrique. La dénutrition intervient pour 45% dans la charge de morbidité enregistrée chez les enfants de moins de 5 ans. À l'échelle mondiale, on estime que 161,5 millions d'enfants de moins de 5 ans avaient un retard de croissance en 2013 et que 50,8 millions avaient un faible poids par rapport à leur taille. Ceci est essentiellement dû à une mauvaise alimentation et à des infections à répétition, car peu d'enfants bénéficient d'aliments de

compléments sains et satisfaisants sous l'angle nutritionnel; dans bien des pays. Moins d'un quart des nourrissons de 6 à 23 mois qui sont allaités satisfont aux critères de diversité alimentaire et de fréquence des repas qui conviennent à leur âge (OMS, 2016).

D'après une étude de l'Institut national de la statistique du Cameroun publiée lundi 31 octobre 2011, 33% des enfants de moins de 5 ans sont touchés par la malnutrition chronique et 14% d'entre eux par la malnutrition sévère. Au Cameroun les causes de la malnutrition infantile sont identiques à celles des pays sahéliens. Le manque de nourriture en période de soudure, mais aussi la faible variété des aliments consommés par les populations assez pauvres conduisent à la non-satisfaction des besoins nutritionnels et un manque de soins expliquent le phénomène de malnutrition qui touche les enfants camerounais (RFI, 2011).

1.2.1. Symptômes de la malnutrition chez les enfants

Les symptômes de la malnutrition chez les enfants comprennent :

- Retard de la croissance qui peut se manifester comme une incapacité à croître à un taux normal prévu en termes de poids, hauteur ou les deux.
- Irritabilité, apathie et pleurs excessifs ainsi que les modifications du comportement comme l'anxiété, déficit de l'attention sont courantes chez les enfants souffrant de malnutrition.
- La peau devient sèche et squameuse et cheveux peut tourner à sec, terne et paille comme en apparence. En outre, il peut être aussi bien une perte de cheveux.
- Atrophie musculaire et le manque de force dans les muscles. Membres peuvent apparaître bâton comme.
- Gonflement de l'abdomen et les jambes. L'abdomen est gonflé en raison du manque de force des muscles de l'abdomen. Les Jambes sont gonflées à cause de l'œdème qui est causé par un manque de nutriments

essentiels. Ces deux symptômes sont observés chez les enfants souffrant de malnutrition sévère (Ananay, 2016).

1.2.2. Les causes de la malnutrition

Les deux principales causes immédiates de la malnutrition sont l'inadéquation de la ration alimentaire et la maladie. Leur interaction tend à créer un cercle vicieux : l'enfant malnutri résiste moins bien à la maladie, il tombe malade et de ce fait la malnutrition empire.

Les causes de la malnutrition peuvent être multiples : génétiques, métaboliques ou environnementales (Simnoue, 2009).

La malnutrition est en fait le résultat de toute une combinaison de facteurs sous-jacents parmi lesquels on peut citer selon Simnoue (2009) :

- La famine et les guerres.
- La sécurité alimentaire insuffisante au niveau du foyer : les enfants consomment des aliments ne contenant pas suffisamment d'énergie et de nutriments dont ils ont besoin.
- Le manque d'accès à l'eau et à un environnement satisfaisant : l'insalubrité causant les maladies infectieuses telles que la diarrhée qui à leur tour deviennent cause majeure de malnutrition.
- La mauvaise qualité ou l'inaccessibilité aux services de santé.
- L'inadéquation des soins aux mères et aux enfants : les familles ne consacrent pas le temps et les ressources nécessaires à la prise en charge de leur santé et de leur alimentation.
- La discrimination à l'égard des femmes et des jeunes filles : l'analphabétisme et la place réduite des femmes sur le marché du travail sont des causes fondamentales de la malnutrition, et les enfants nés des femmes n'ayant pas eu accès à l'éducation ont deux fois plus de risque de mourir en bas âge.

I.2.3. Les différentes formes de malnutrition

Il existe deux grandes formes de malnutrition : la malnutrition aiguë et la malnutrition chronique.

- **La malnutrition aiguë**

Selon l'Unicef (2011) 20 millions d'enfants sont atteints par cette forme de malnutrition dans le monde. Elle se détecte lorsqu'on évalue le rapport Poids / Taille et présente comme signe extérieur : «la maigreur ».Elle atteint plus les enfants entre 0 et 24 mois.

La malnutrition aiguë se développe rapidement, en lien avec une situation ponctuelle de manque ou de manques répétés (période de soudure, épidémie sévère, changement soudain ou répété dans le régime alimentaire, conflit...)

Il existe deux types de malnutrition aiguë à savoir : la malnutrition aiguë modérée et la malnutrition aiguë sévère

- **La malnutrition aiguë modérée**

La malnutrition aiguë modérée se caractérise par une perte de poids modérée.

Afin de résoudre ce problème de malnutrition chez les enfants, l'Unicef préconise de leur fournir des aliments à base de produits constitués de céréales et de légumineuses enrichis en minéraux et vitamines (Unicef, 2011).

- **La malnutrition aiguë sévère**

La malnutrition aiguë sévère se caractérise par une perte de poids très importante. Un enfant dont la circonférence du bras est inférieure à 111 mm (mesuré grâce au bracelet brachial) a de fortes chances d'être atteint de malnutrition aiguë sévère. La malnutrition aiguë sévère est responsable de la plupart des décès d'enfants de moins de 5 ans dans le monde. Elle fait l'objet d'une urgence médicale et nécessite une prise en charge rapide et efficace. Comme dans les cas de malnutrition chronique, l'enfant atteint de

malnutrition aiguë est confronté à un très grand risque de maladies (diarrhées, paludisme...) et de mortalité (Unicef, 2011). Parmi les formes de malnutrition aiguë, deux types sont d'une extrême gravité à savoir :

– **Le marasme :**

Il est causé par une insuffisance alimentaire durant une période assez longue entraînant par la suite la contraction des infections. Ici l'enfant paraît très amaigri, sa peau est flétrie, il a une atrophie nette des muscles et une absence de graisses sous-cutanées, un visage émacié avec un faciès de vieillard, et une tendance à se sentir triste et à beaucoup pleurer.

– **Le kwashiorkor :**

D'après (Unicef, 2011) le kwashiorkor est dû à un manque d'apports énergétiques de protéines et de nutriments, mais il implique d'autres facteurs comme une carence sévère en vitamine A et autres micronutriments, il est caractérisé par :

L'apparition d'œdèmes, notamment sur les pieds et le visage, une tristesse ou apathiques (manque d'intérêt pour leur environnement), manque d'appétit, un ventre ballonné, les cheveux se décolorent, se défrisent et tombent, la peau se dépigmente et la diarrhée s'installe en entraînant une déshydratation.

Dans le but de résoudre cette malnutrition aiguë sévère l'Unicef propose des formules à base de lait tel que le F100 ou F75 qui permettent une récupération nutritionnelle efficace grâce à leur forte teneur en protéines et nutriments, l'enfant peut également être pris en charge au sein du foyer familial, en s'alimentant tous les jours d'aliments thérapeutiques prêts à l'emploi, qui permettent de combler les besoins journaliers de l'enfant en micronutriments très rapidement (environ 5 semaines).

- **La malnutrition chronique**

La malnutrition chronique touche près de 55 millions d'enfants dans le monde. Elle est détectée lorsque l'on évalue le rapport Taille / Âge. L'enfant atteint de malnutrition chronique est petit pour son âge ce qui caractérise le signe extérieur de cette malnutrition avec une prévalence importante entre 24 et 36 mois.

La malnutrition chronique se développe lentement, en lien avec une situation de pauvreté structurelle, notamment quand l'alimentation n'est pas équilibrée (exemple : ne manger que des céréales, sans autres aliments, peut provoquer un état de malnutrition chronique).

Si un enfant est atteint de malnutrition chronique pendant une période prolongée, il souffrira rapidement d'un retard de croissance, ses défenses immunitaires seront très affaiblies, et de ce fait, il sera davantage confronté aux risques de maladies (diarrhées, paludisme...) (Unicef, 2011).

Il est important de connaître les besoins nutritionnels des enfants afin de mieux les couvrir et d'éviter les maladies liées à ces carences. Ainsi, pour se faire il est nécessaire d'introduire dans l'alimentation des enfants des aliments de compléments d'où l'alimentation de complément.

CHAPITRE DEUX : ALIMENTATION DE COMPLÉMENT ET PRODUITS LOCAUX

La place de l'aliment de complément dans l'alimentation de l'enfant sera présentée dans la première section de ce chapitre ; puis en section deux, nous présenterons quelques produits locaux utilisés comme aliments de complément.

Section 1: Place de l'aliment de complément dans l'alimentation de l'enfant

II.1.1. Définitions

L'alimentation de complément autre fois appelée sevrage se définit comme étant l'introduction progressive des aliments autres que le lait dans l'alimentation du nourrisson. La période d'alimentation de complément est la période durant laquelle d'autres aliments liquides ou solides sont fournis de pair avec du lait maternel. Ainsi donc les aliments de compléments sont les premiers aliments introduits dans l'alimentation du bébé en addition au lait maternel ou artificiel (Burgess & Glasauer, 2005).

Durant la période d'alimentation de complément, le jeune enfant devient progressivement apte à consommer les aliments du plat familial à la fin de cette période à environ 2ans ; le lait maternel est entièrement remplacé par des aliments familiaux.

II.1.2. Nécessité de l'alimentation de complément

Selon l'OMS (2011), l'alimentation du nourrisson est constituée uniquement de lait maternel ou artificiel. À partir du 6eme mois, le lait doit être progressivement complété (et non arrêté ou remplacé) par d'autres types d'aliments, ceci permet à l'enfant non seulement de recevoir de nouveaux aliments importants pour son développement, mais aussi de découvrir de

nouvelles saveurs et textures à un âge où son palais commence à se définir. Alors cette alimentation passe à travers :

- La quantité d'alimentation de complément nécessaire
- La qualité d'aliment de complément nécessaire
- La préparation et la conservation saine des aliments complémentaires
- La consistance de l'alimentation de complément
- La fréquence des repas et densité énergétique
- Être attentif à l'enfant pendant les repas (OMS, 2001, 2011).

II.1.3. Qualités d'un aliment de complément idéal

L'OMS et l'Unicef recommandent de ne donner rien d'autre que le lait maternel avant l'âge de six mois. Ni eau ni bouillie.

C'est seulement quand les besoins énergétiques, protidiques et minéralo-vitaminiques dépassent les possibilités d'apport par l'allaitement maternel, qu'il devient indispensable d'introduire de nouveaux aliments, en plus du lait maternel, sous une forme adaptée à l'enfant.

C'est donc vers six mois que l'on pourra commencer à introduire des aliments de compléments adaptés à la physiologie du jeune enfant. Ces aliments seront donnés en complément du sein, après la tétée et non à la place d'une tétée, afin de répondre aux capacités physiologiques et aux exigences nutritionnelles du nourrisson et du jeune enfant l'aliment de complément idéal devra avoir les qualités consignées dans le tableau suivant :

Tableau 1.II : Qualités d'un aliment de complément (Mémina.Sanogo, 1994)

	Caractéristiques d'un aliment de complément
Satisfaire l'enfant	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir bon goût, • Être de consistance adaptée (bouillie ou purée), • Être facile à digérer (ne pas donner de troubles digestifs)
Satisfaire la mère	<ul style="list-style-type: none"> • Être bon marché ; • Être facile à préparer ; • Être disponible.
Satisfaire aux exigences nutritionnelles	Avoir un bon équilibre entre protéines, lipides et glucides ; <ul style="list-style-type: none"> • Apporter minéraux et vitamines ; • Avoir une valeur énergétique élevée (100 à 120 kcal/100ml).
Satisfaire aux exigences d'hygiène	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas être contaminé par des bactéries, des toxines ou par les pesticides ; Et si possible <ul style="list-style-type: none"> • Être préparé à partir des ressources agricoles locales.

II.1.4. Composition d'un aliment de complément

Un aliment de sevrage comporte quatre types d'ingrédients

- ❖ un aliment de base : c'est l'ingrédient principal, de préférence une céréale : mil, riz, maïs, sorgho... Mais d'autres produits sont possibles, comme le manioc, l'igname, la banane, la patate ;
- ❖ un complément riche en protéines : lait en poudre, haricots secs, soja, arachides, niébé;
- ❖ un apport en énergie : matière grasse, huile ;
- ❖ un supplément en vitamines et sels minéraux apportés après la cuisson de la bouillie sous forme de jus de fruit Trêche et *al*(1995).

De ce fait nous allons étudier les quelques variétés de produits locaux choisis qui entreront dans la fabrication de l'aliment de complément pour les enfants de 06 à 36 mois pouvant être accessibles à toutes les catégories de femmes pour éviter la malnutrition dans nos localités.

Section 2 : les produits locaux

Cette partie présente la description botanique de quelques produits locaux leurs diverses utilisations ainsi que la valeur nutritionnelle de ces derniers.

II.2.1. Généralité sur les produits locaux

- **Le manioc**

Le manioc (*Manihot esculenta*) est une plante tropicale cultivée essentiellement pour ses racines tubéreuses riches en amidon. Il intervient en Afrique subsaharienne, pour environ un tiers de la production totale, d'aliments de base et produit 2,2 fois plus de calories par hectare que le maïs (FAO, 1986). Il constitue une source énergétique alimentaire abondante reconnue peu coûteuse.

- **Systématique**

Le manioc (*Manihot esculenta*) est une phanérogame angiosperme dicotylédone. Il appartient à la famille des Euphorbiacées de l'ordre des Euphorbiales.

Cette famille compte plus de trois cents genres et huit mille espèces presque toutes tropicales (www.prota4u.org).

- **Origine - Répartition géographique**

Le manioc (*Manihot esculenta*) est originaire d'Amérique du Sud (CRANTZ, 1966 cité par SILVESTRE et ARRAUDEAU, 1983). Il a été introduit en Afrique par les Portugais vers le milieu du 16^e siècle. Diffusé tout d'abord en Afrique Centrale, il n'est signalé en Afrique de l'Ouest que vers la fin du 17^{ième} siècle. La culture du manioc s'étend approximativement entre 30° de latitude Nord et Sud et dans ces limites jusqu'à 2000 m d'altitude au plus (www.prota4u.org).

- **Morphologie**

Le manioc est un arbuste dont la taille varie de 1 à 5 m suivant la variété et les conditions de culture. Il porte une ou plusieurs tiges, ramifiées ou non.

○ **Racines**

Le système racinaire d'un plant issu d'une graine comporte une racine pivotante et des racines secondaires. Par contre lorsque le plant est issu de boutures, ce qui est le cas quasi général, on distingue deux types de racines, les racines nodales : ce sont des racines issues des nœuds en contact avec le sol, les racines basales sont celles issues de la partie basale de la bouture.

On peut citer un troisième type apparenté au premier : ce sont des racines de tige. En cas d'humidité suffisante, la base des tiges principales dont le point d'insertion sur la bouture est sous terre émet des axes racinaires.

Tous ces types de racines traçantes et peuvent s'enfoncer ensuite verticalement dans le sol. Les racines tubérisées constituent la partie utile du manioc. Elles proviennent du gonflement d'une portion de la partie traçante des racines émises par la bouture. Elles peuvent être attachées directement à la bouture qui leur a donné naissance (racines tubéreuses sessiles) ou reliées par un pédoncule (racines tubéreuses pédonculées) (www.prota4u.org).

○ **Tiges**

Une même bouture peut donner naissance à une ou plusieurs tiges. La tige, de couleur variable suivant l'âge et la variété, présente un aspect noueux du fait de la présence de cicatrices pétiolaires proéminentes. Selon la variété, la tige peut donner des ramifications une ou plusieurs fois au cours du cycle. On distingue deux types de ramifications : celles issues de la floraison du développement de 2 à 4 branches et celles issues du développement de bourgeons latéraux par levée de dominance apicale.

○ **Feuilles**

Les feuilles sont alternes, simples et caduques; elles sont disposées en spirales sur la tige. Le limbe membraneux, rattaché à la tige par un pétiole allongé, est divisé en trois à sept lobes (COURS, 1951); on rencontre parfois un seul lobe.

Les colorations vont du vert au rouge pourpre pour les pétioles et du vert au rouge cuivré pour les jeunes feuilles non encore complètement développées.

○ **Fleurs et inflorescences, fruits et graines**

Les fleurs forment une inflorescence qui est composée d'un axe central de deux à dix centimètres de long et de plusieurs axes latéraux constituant une panicule protogyne. Les fleurs femelles, peu nombreuses, sont situées à la base de l'inflorescence et s'ouvrent les premières. Le fruit est une capsule déhiscente à trois loges contenant chacune généralement une graine.

– **Aspects nutritionnels**

La racine tubéreuse du manioc est un aliment essentiellement énergétique riche en amidon, peu encombré de glucides non digestibles. Elle est assez bien pourvue en acide ascorbique (vitamine C), mais pauvre en lipides, en sels minéraux, autres vitamines et surtout en protides.

– **Utilisations industrielles**

L'extraction de la fécule constitue la plus importante en industrie, car elle est utilisée dans les industries alimentaires, textiles, en papeterie ainsi que dans la fabrication des contreplaques des colles, du glucose, de la dextrine des colorants, de médicaments de l'alcool, des produits chimiques divers (www.prota4u.org).

• **Le soja**

Le soja est une plante annuelle de la famille des Fabacées, du genre *Glycine*. Son nom scientifique est *Glycine max*, le soja est une légumineuse

oléagineuse, c'est-à-dire composé d'amidon et de protéines végétales, mais aussi de matières grasses végétales (www.prota4u.org).

– Origine et répartition géographique

Le soja a été domestiqué dans le nord-est de la Chine aux alentours du XI^e siècle avant J.-C. À partir de là, il s'est répandu jusqu'à la Mandchourie, la Corée, le Japon ainsi que dans d'autres parties de l'Asie. Il a été introduit en Corée entre l'an 30 avant J.-C. et l'an 70 après J.-C., et il est mentionné dans la littérature japonaise aux alentours de 712 après J.-C. Il a atteint l'Europe avant 1737. Il a été introduit aux États-Unis en 1765 et au Brésil en 1882. Sa culture a été signalée en Tanzanie en 1907 ainsi qu'au Malawi en 1909, a été introduite au cours du XIX^e siècle par des marchands chinois le long de la côte d'Afrique orientale. De nos jours, le soja est largement cultivé dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde entier (www.prota4u.org).

– Morphologie

○ Tiges

La plante est entièrement revêtue de poils fins, gris ou bruns. Selon qu'elle est grimpante ou rampante, ses tiges peuvent mesurer de 30 cm à 2 m !

○ Feuilles

Les feuilles sont trifoliées et rappellent la forme générale des feuilles de haricot. Les feuilles tombent avant que les gousses ne soient arrivées à maturité.

○ Fleurs

Les fleurs, en forme de papillon et de couleur mauve, blanche ou pourpre, sont discrètes (< 2 mm) et passent presque inaperçues. Elles apparaissent à l'aisselle des feuilles, groupées en grappes de 3 à 5. Elles sont hermaphrodites et autogames. La fécondation se produit avant leur épanouissement, ce qui empêche les échanges de pollen entre plantes.

- **Fruits**

Les fruits sont des gousses velues, de couleur foncée à maturité, longues de 3 à 8 cm. Elles contiennent en général 2 à 4 graines.

- **Graines**

Les graines ont un diamètre de 5 à 11 mm. Ces graines peuvent être petites ou grosses, longues, rondes ou ovales. Leur couleur peut également varier : le plus souvent, elles sont jaunes (d'où l'appellation de « soja jaune »).

- **Aspects nutritionnels**

le soja a une haute qualité nutritive, car il apporte des protéines avec l'ensemble des acides aminés essentiels, des acides gras insaturés dont les oméga 3 , en partie inclus dans la lécithine qui facilite leur assimilation, les glucides sous forme d'amidon, des fibres et oligosaccharides ayant un effet prébiotique, de nombreux minéraux tels que le phosphore, le cuivre, le zinc, le fer, le magnésium faisant défaut dans beaucoup de rations alimentaires et le calcium y est en petite quantité le soja est également riche en vitamines notamment en vitamine E et celles du groupe B(B1, B2, B6, B9)

- **Utilisations industrielles**

Les graines de soja sont utilisées en industrie agro-alimentaire pour la fabrication de l'huile de la farine des saucisses végétariennes, du fromage ...etc (www.prota4u.org).

- **Le maïs**

Le maïs (*zea mays*) est d'une plante herbacée tropicale annuelle de la famille des poacées largement cultivée comme céréale pour ses grains riches en amidon (www.prota4u.org).

- **Origine et répartition géographique**

Le maïs (*zea mays*) a été domestiqué dans le sud du Mexique vers 4000 avant J.-C. puis en Amérique par l'arrivée des Européens, le maïs s'est diffusé

du Chili jusqu'au Canada. Cette céréale fait son apparition en Afrique de l'Ouest en 1498, vers le milieu du XVI^e siècle, il est introduit en Afrique de l'Est par des marchands portugais et arabes, d'où il s'est diffusé vers l'Afrique australe. Enfin, à travers les routes commerciales transsahariennes, les Arabes l'ont introduit en Afrique subsaharienne. Le maïs est devenu un aliment de base en Afrique orientale et australe dans les années 1930. La répartition du maïs est extrêmement étendue. Sa culture s'étend de la latitude 58°N au Canada et en Russie, couvre toutes les régions tropicales, et descend jusqu'à la latitude 42°S en Nouvelle-Zélande et en Amérique du Sud ; et il pousse aussi bien dans les régions situées en dessous du niveau de la mer de la plaine Caspienne que dans les régions de Bolivie et du Pérou où l'altitude atteint 3800 m. Il est produit dans tous les pays d'Afrique, depuis la côte jusque dans les régions semi-arides d'Afrique de l'Ouest en passant par les zones de savane, et du niveau de la mer aux régions de moyenne et haute montagne d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Est (www.prota4u.org).

– **Morphologie**

Le maïs est une plante herbacée annuelle de 40 cm pouvant atteindre 5 m. De nombreuses variétés existent selon les différentes caractéristiques, mais celles couramment cultivées ont une taille variable d'1 à 3 m.

○ **Les racines**

Les racines, du type fasciculé, sont superficielles et ne dépassent pas 50 cm de profondeur. Des racines adventives aériennes ou crampons se forment sur les nœuds de la base des tiges.

○ **La tige**

La tige est longue de 1,5 à 3,5 m et d'un diamètre important, variant de 5 à 6 cm. Elle est lignifiée, remplie d'une moelle sucrée, formée de nœuds et d'entre-nœuds (d'une vingtaine de cm chacune). Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille de façon alternative sur la tige.

○ **Les feuilles**

Les feuilles sont de grande taille (jusqu'à 10 cm de large et 1 m de long) et engainantes (qui collent à la tige par sa base) avec un limbe plat allongé en forme de ruban à nervures parallèles. Entre le limbe et la gaine, on distingue une petite ligule.

○ **Les inflorescences et les fleurs**

On trouve sur un même pied, une inflorescence mâle et des inflorescences femelles séparées.

- L'inflorescence mâle est une panicule terminale composée d'épillets contenant chacun deux fleurs mâles. Les fleurs mâles sont composées de glumes et glumelles entourant trois étamines.
- Une à quatre inflorescences femelles sur chaque pied. Elles sont situées sur l'aisselle des plus grandes feuilles au milieu de la tige. Ce sont des épis enveloppés dans des feuilles modifiées appelées « spathes » qui se dessèchent à maturité. Chaque épi est constitué par une « rafle » sur lequel sont insérés en rangées verticales des centaines d'épillets à deux fleurs femelles dont une seule est fertile. Au moment de la fécondation, les styles des fleurs sortent à l'extrémité supérieure des épis sous forme de stigmates filiformes (partie supérieure du pistil en forme de fil) ou de soies vertes ou rosées. Les fleurs femelles possèdent chacune un ovaire (www.prota4u.org).

○ **Les fruits**

Un pied donne naissance à trois ou quatre épis, mais un seul atteint généralement son développement complet. Selon les variétés, les grains sont disposés en 8 à 20 rangées verticales le long de l'axe de l'épi, appelé rafle.

Ils ont des formes multiples (globulaire, ovoïde, prismatique, etc.), et de différentes couleurs (blanc, jaune roux, doré, violet, noir). Ils sont parfois lisses ou ridés. Un épi peut contenir environ 500 à 1 000 grains avec un poids moyen de 150 g à 330 g à maturité. Chaque grain est composé d'un germe (embryon + cotylédon), d'un albumen et d'un péricarpe qui est une enveloppe

extérieure dure qui empêche l'entrée de champignons et de bactéries (www.prota4u.org).

Tableau N°2.II : Quelques aliments de compléments fabriqués à partir produits locaux

Noms des marques	compositions	Auteurs	pays
Vitafort	-farine de manioc -farine de maïs -farine de soja -sucre -Ban 800 MG	Félicité Tchibindat Serge Trêche	Congo
FMS	-Manioc -soja	-Viviane .J.Zannou-Tchoko -Kouamé Guy Marcel Bouaffou -Koffi Gustave Kouame -Brou André Konan	Cote d'Ivoire
FAS	-Attieké -soja	Viviane .J.Zannou-Tchoko -Kouamé Guy Marcel Bouaffou -Koffi Gustave Kouame -Brou André Konan	Cote d'Ivoire

Source (Treche, Benoist, Benbouzid, & Delpeud, 1995)

II.2.2.Composition nutritionnelle de quelques produits locaux utilisés dans la fabrication des aliments de compléments (farines infantiles)

– *Tableau3.II. Valeur nutritionnelle pour 100g de farine de manioc*

Énergie (kcal)	159 kals
Protéines	1.36 g
Lipides	0.28 g
Glucides	38.06 g
Fibres	1.8 g
Eau	59.68 g
Alcool	0 g
Cendre	0.62 g

Sources : Fichiers canadiens sur les éléments nutritifs 2010. Table de composition Ciqua 2008.

– **Tableau 4.II. Valeur nutritionnelle de 100g de maïs blanc**

Calories	365 cal
Lipides	4.7 mg
Acides gras saturés	0.7 mg
Acides gras poly –insaturés	2.2 g
Acides gras mono-insaturés	1.3 g
Cholestérol	0 mg
Sodium	35 mg
Potassium	287 mg
Glucides	74 mg
Protéines	9 mg
Vitamines A	0 IU
Vitamine C	0 mg
Calcium	7 mg
Fer	2.7 mg
Vitamine D	0 IU
Vitamine B6	0.6 mg
Vitamine B12	0 µg
magnésium	127 mg

Source : USDA(2009)

– **Tableau 5.II. Valeur nutritionnelle de 100g de soja**

Calories	446
Lipides	20g
Acides gras saturés	2.9g
Acides gras poly -insaturés	11 g
Acides gras mono-saturés	4.4 g
Cholestérol	0 mg
Sodium	2 mg
Potassium	1797 mg
Glucides	30 g
Fibres alimentaires	9 g
sucres	7 g
Protéines	36 g
Vitamines A	22 IU
Vitamine C	6 mg
Calcium	277 mg
fer	15.7 mg
Vitamine D	0 IU
Vitamine B6	0.4 mg
Vitamine B12	0 µg
magnésium	280 mg

Sources : USDA(2009)

DEUXIÈME PARTIE : MÉTHODOLOGIE

Cette partie parle au chapitre trois du matériel utilisé pour la transformation des produits en farines, de la formulation de l'aliment de complément et des méthodes utilisées pour la détermination des différentes teneurs en macronutriments et de l'analyse microbiologique le chapitre quatre quant à lui présentera les résultats discussions.

CHAPITRE TROIS : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ce chapitre présente la méthodologie conduisant à l'obtention d'une farine infantile faite à base de produits locaux destinée aux enfants de 06 à 36 mois. Il sera donc question dans la première section d'identifier le cadre spatio-temporel ainsi que le matériel et la procédure de transformation de certains produits en farines ; en seconde section nous présenterons les procédés de déterminations des différentes teneurs en macronutriments.

Section 1 : Identification du cadre spatio-temporel, matériel et procédures de transformation de produits en farines

III.1.1. Identification du cadre spatio-temporel

Notre étude s'est déroulée dans la région du Sud Cameroun, plus précisément dans l'arrondissement de Sangmélima. La commune de Sangmélima (2015) décrit cet arrondissement comme étant situé à 175 km au Sud-Est de la route nationale N°9 après Yaoundé, entre le 2° degré 56 minutes de latitude Nord et le 11° degré 59 minutes de longitude Est. Sangmélima s'étend sur une superficie d'environ 2155 km² et compte environ 115 000 habitants. L'arrondissement de Sangmélima présente dans l'ensemble un relief plus ou moins accidenté, constitué de plaines, de vallées qui s'entremêlent à des collines. L'altitude est comprise entre 600-700m.

La végétation observable est celle de la région Congo-Guinéenne toujours verte caractérisée par sa richesse en essences rares et de valeurs diverses. À côté de cette forêt sempervirente congolaise, il existe aussi des forêts secondaires ou jachères du fait des activités agricoles; on y rencontre également des forêts marécageuses. Sur le plan hydrographique, tous les cours

d'eau de la commune et ruisseaux de la zone participent à l'approvisionnement du principal fleuve du bassin du Congo, le Dja à travers les rivières Lobo, Afamba et So'o.

Sur le plan climatique, c'est une zone à pluviométrie bimodale et à climat subéquatorial de type guinéen classique, avec : une grande saison pluvieuse de mi-août à mi-novembre ; une petite saison des pluies de mi-mars à mi-mai; une grande saison sèche de novembre à mi-mars; une petite saison sèche de juin à mi-août.

Les activités socio-économiques portent sur : la pêche, la chasse, l'agriculture et l'élevage. La pêche est pratiquée dans les principaux cours d'eau. Les femmes pratiquent la pêche au barrage et les jeunes hommes pratiquent la pêche à la ligne à l'aide des cannes. La chasse est pratiquée régulièrement par la population durant toute l'année. La technique la plus utilisée est le piégeage, le fusil étant un luxe. L'activité agricole est basée sur les cultures vivrières et pérennes: le plantain, l'arachide, le manioc, le macabo, le maïs, le concombre. La production est destinée à l'autoconsommation, seulement le cinquième environ est vendu. L'élevage couramment rencontré dans la zone est de type extensif : divagation des bêtes sans enclos (volaille, porcs et chèvres). Les produits de cet élevage sont surtout destinés à l'alimentation familiale et pour satisfaire des besoins socio - culturels (consommé à des occasions spéciales).

Notre étude dans l'arrondissement de Sangmélina s'étendra du mois d'août 2015 au mois de février 2016.

III.1.2. La population de l'étude

Notre étude fait appel à deux types de populations : les femmes et les nourrissons. Dans la catégorie des femmes, nous distinguerons :

- les jeunes mères qui ont des enfants de 06 à 36 mois, qui nous feront part de leurs pratiques actuelles ;

- les vieilles mères, qui ont des enfants de plus de 20 ans et qui nous feront part de leur expérience.

Dans la catégorie des nourrissons, nous nous limiterons aux enfants de 06 à 36 mois, par ce que c'est dès le 6^e mois que les apports nutritionnels du lait maternel deviennent insuffisants et qu'on introduit les aliments de compléments. Par ailleurs, cette tranche d'âge est cruciale pour le développement des enfants dans la mesure où, une alimentation pauvre et les mauvaises pratiques d'alimentation de complément sont à l'origine de la malnutrition et des maladies diarrhéiques, entraînant ainsi une forte mortalité infantile. (PAHO & WHO, 2001).

III.1.3. Objectifs de l'étude

- **Objectif général**

Notre étude vise à formuler un aliment de complément (destinés aux enfants de 06 à 36 mois) à partir des produits locaux.

- **Objectifs spécifiques**

Pour atteindre cet objectif général, nous allons

- Formuler l'aliment de complément;
- Faire une analyse nutritionnelle ;
- Faire une analyse microbiologique.

III.1.4. Matériel utilisé et formulation

Pour réaliser les différentes farines, nous devons apprêter le matériel ci-après :

- Les tubercules de manioc sain ;
- Du soja
- Du maïs
- Des couteaux pour éplucher le manioc ;
- Des bassines propres;
- De l'eau potable,
- La râpe, pour râper le manioc propre

- D'un tissu propre en coton, pour presser le manioc râpé ;
- Le Four pour sécher le manioc pressé ou plateau;
- Passoire, pour égoutter le soja lavé ;
- Plateaux, pour sécher
- Marmite, pour griller le soja ;
- Spatule, qu'on utilise lorsqu'on grille le soja
- Le moulin pour moudre les produits;
- Le tamis pour séparer les grosses particules et obtenir une poudre fine.

- **Étapes de fabrication**

La fabrication de la farine de sevrage comprend quatre phases: la préparation des matières premières, la torréfaction, la mouture et le conditionnement.

- ❖ **La phase de préparation**

- La sélection des matières premières consiste
- L'épluchage consiste à se débarrasser de la partie externe non comestible du tubercule de manioc connu pour contenir la plupart des glycosides cyanogènes
- Le vannage et triage consistent à éliminer les cailloux et les graines endommagées à l'aide d'une passoire et par tri manuel, et d'autres déchets.
- Le lavage consiste à éliminer la poussière et l'insecticide utilisés dans la conservation.
- Le râpage favorise la libération des granules d'amidon auxquels de l'eau est ajoutée pour extraire l'amidon, le râpage est effectué manuellement soit par frottement des racines épluchées et lavées contre une feuille métallique perforée à l'aide d'un clou ou en utilisant mécaniquement un grattoir. Durant le râpage, les glycosides cyanogènes sont hydrolysés par l'enzyme linamarase ;
- La déshydratation ou pressage consiste à l'aide d'un tissu en coton de séparer du manioc râpé sa partie liquide ou en découle l'amidon. Cette

étape consiste à se débarrasser de tout l'amidon soluble de celui non soluble. L'amidon est ainsi séparé de la pulpe et de l'eau par sédimentation ou par centrifugation, ce qui complète le processus d'élimination du cyanure de la pâte de manioc ;

- Le séchage consiste à mettre les matières premières lavées et déshydratées au soleil afin de favoriser une bonne torréfaction.

❖ **La phase de torréfaction**

Le grillage (ou torréfaction) est une étape qui a pour but de diminuer l'humidité des grains en leur faisant perdre leur eau de constitution, d'améliorer les qualités organoleptiques du produit final, de tuer les bactéries, de détruire les facteurs antitrypsiques qui empêchent les enzymes de décomposer les protéines des aliments, elle permet une pré-cuisson de l'aliment et la dégradation partielle de l'amidon et facilite la conservation des grains et leur mouture.

❖ **La phase de mouture ou broyage**

La mouture consiste à éliminer les morceaux ou graines à l'aide d'un moulin ou une pierre à écraser afin d'obtenir des particules ou poudre très fine.

❖ **Conditionnement**

Le conditionnement désigne le ou les emballages dans lequel le produit est conditionné.

- **Formulation des aliments de compléments**

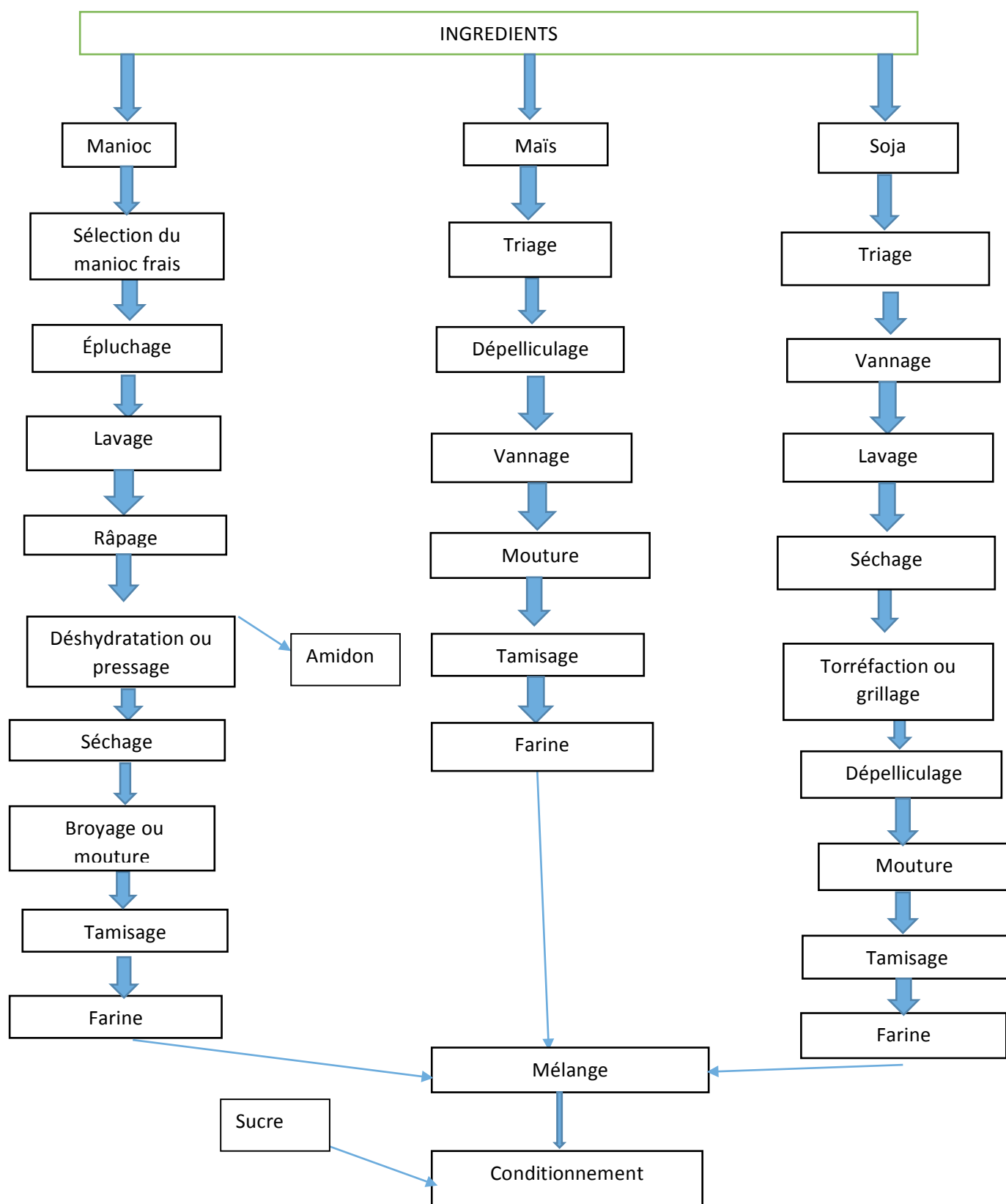


Figure 1 : Schéma montrant les étapes de formulation des aliments de compléments *source* MENGUE ANGO Nelly Flora (2016)

Section 2 : Détermination des teneurs des macronutriments et analyses microbiologiques

Cette partie présentera les différentes méthodes de détermination des teneurs en macronutriments ainsi que les méthodes de dénombrement microbiologique.

III.2.1. Processus de détermination des teneurs des macronutriments

- **Détermination de la teneur en eau et de la matière sèche**

La matière sèche ou un résidu sec total est l'ensemble des substances qui ne se volatilisent pas dans les conditions de dessiccation définies par la méthode utilisée. La détermination de la matière sèche a été effectuée par la méthode AFNOR (1982). une masse M_0 de l'échantillon frais est séchée à 105°C jusqu'à poids constant dans une étuve pendant 24 heures. Le résidu sec total ou matière sèche (MS) est exprimé en pourcentage de matière fraîche selon la formule : $\%MS = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} \times 100$ Avec

M_0 : la masse en gramme de la capsule vide ;

M_1 : la masse en gramme de la capsule contenant la prise d'essai avant étuvage;

M_2 : masse en gramme de la capsule contenant la prise d'essai ;

Les résultats sont la moyenne de 3 déterminations.

La teneur en eau et en matière volatile notée H se réduit au taux de la matière sèche par la formule $H = 100 - MS$

- **Détermination de la teneur en cendres totales**

Les cendres totales sont quantifiées par la méthode décrite dans l'AFNOR (1981). Elle consiste à incinérer complètement un échantillon jusqu'à

obtention des cendres blanches dans un four à moufle réglé à 550°C. Pour cela, des creusets de porcelaine contenant les échantillons issus de l'étuvage à 105 ±2°C (M2) sont placés dans le four. Après incinération pendant 24 heures, les creusets sont retirés du four à l'aide des pinces, puis refroidis dans l'atmosphère d'un dessiccateur et pesés (M3).

Expression des résultats

La teneur en cendres par 100g de MS est calculée par la formule

$\frac{(M3-M1)}{M2} \times 100$, M1 étant la masse de la capsule vide. Les résultats sont la moyenne de trois répétitions.

- **Détermination de la teneur en lipides**

- Méthode 1 : Méthode de référence

La teneur en lipides représente la totalité des corps gras extraite méthode normée. Les lipides sont extraits au Soxhlet AOAC (1980).

Principe

L'extraction est basée sur la solubilité différentielle des lipides dans les solvants organiques (hexane ou éther de pétrole). Elle se fait à chaud pendant une durée de 8 heures environ. Après cette opération, le solvant est éliminé par l'évaporation et l'huile est séchée à l'étuve.

Mode opératoire

- Tarer la capsule ;
- Y introduire la prise d'essai ;
- Introduire la capsule dans l'extracteur ;
- Tarer le ballon contenant les billes et noter la masse m_0° ;

- Verser 200ml d'hexane dans l'extracteur, adapter le ballon au soxhlet et lancer le chauffage en faisant circuler l'eau et laisser fonctionner environ 8 heures ;
- Laisser refroidir après arrêt du chauffage ;
- Enlever le solvant.
- Enlever la capsule et placer dans un courant d'air.
- Placer le ballon contenant l'huile à l'étuve à environ 45°C et laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser et noter la masse m_1 .

La teneur en lipides (h) en de matière sèche est exprimée suivant la formule suivante : $h = \left(\frac{m_1 - m_0}{m_1} \right) \times 100 \times \frac{100}{MS}$ avec : m_1 est la masse du ballon contenant la matière grasse après étuvage ; m_0 est la masse du ballon vide.

En effet, la teneur en huile correspond au rendement d'extraction (rapport de la quantité d'huile extraite sur la quantité de matière sèche de ce produit). Le taux d'extraction quant à lui correspond au rapport du rendement d'extraction de cette huile par une méthode standard qui est celle de l'hexane.

Chaque résultat est la moyenne de trois essais.

• **Détermination des teneurs en azote total et des protéines brutes**

L'azote total est déterminé après minéralisation des échantillons selon la méthode de Kjeldahl et dosage selon la technique colorimétrique AOAC (1980).

Minéralisation

La minéralisation selon Kjeldahl consiste à détruire toute la substance organique contenue dans denrée alimentaire par l'acide sulfurique concentré en présence du catalyseur de minéralisation Dumazert (Merck). Pour l'échantillon, 5ml H_2SO_4 concentré, une pincée du catalyseur de

minéralisation sont introduits successivement dans un matras de minéralisation qui est porté à chaud sur une rampe de minéralisation jusqu'à obtention d'une solution limpide, soit pendant 6 heures. Après refroidissement, le minéralisât est récupéré dans une fiole jaugée et son volume complété à 50ml avec de l'eau distillée.

Dosage

Le dosage colorimétrique de l'azote AOAC (1980) utilise la réaction de Hantzsch. C'est la méthode basée sur la réaction de l'ammoniac avec l'acétylacétone et le formaldéhyde en milieu aqueux pour donner un produit jaune ; le 3,5-diacétyl 1,4- dihydrolutidine (figure1).

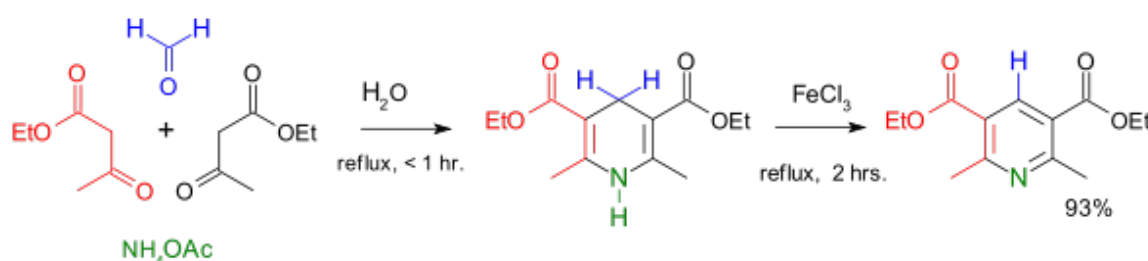


Figure 2 : Réaction de l'ammoniac avec l'acétylacétone et le formaldéhyde en milieu aqueux (réaction de Hantzsch)

Le composé formé présente un maximum d'absorption à 412nm et peut être dosé par spectrophotométrie. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en azote.

Préparation des solutions

- Solution d'acétate de sodium (41g / 500ml) d'eau distillée ;
- Solution réactive (15ml de formaldéhyde de 37% +7,8ml d'acétyl acétone ; compléter le volume à 100ml d'eau distillée) ;
- Solution standard 0,04mg d'azote / ml préparée à partir du $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ (PM=132,14g) de concentration 0,188mg / ml.

Préparation de la gamme d'étalonnage

Dans une série de tubes à essai, introduire les solutions comme indiqué dans le tableau 1.

Expression des résultats

La quantité d'azote dans chaque essai (q) est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage d'équation de régression : $DO = aQ + b$

La formule : $q = \left[\frac{q \times F \times 100}{(MS \times m)} \right] \times 100$ est utilisée pour exprimer les résultats en g/100g MS. Avec F : facteur de dilution, m : masse d'échantillon minéralisé, MS : matière sèche de l'échantillon analysé.

Le coefficient conventionnel de conversion (6,25) de l'azote en protéines est utilisé pour convertir l'azote en protéine (AOAC, 1980). La teneur en protéines brutes totales est donc $6,25 \times Q (g/100 gMS)$. Les résultats sont la moyenne de trois essais

Tableau 1.III : Étalonnage avec la solution d'azote et dosage dans les échantillons.

N°des tubes	1	2	3	4	5	6	7	Inconnu
Échantillon (ml)	/	/	/	/	/	/	/	0,1
Solution standard								
0,04mg de N/ml (ml)	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	
Acétate de sodium (ml)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Solution réactive	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Plonger les tubes dans de l'eau bouillante (97,5°C) pendant 15minutes et puis refroidir dans un courant d'eau froide pour baisser la température à 30°C								
H ₂ O distillée (ml)	7,2	6,95	6,7	6,45	6,2	5,95	5,7	7,1
Quantité d'azote (μg)	0	10	0	30	40	50	60	
DO à 412nm								

- **Détermination des teneurs en sucres solubles et en sucres totaux**

Extraction des sucres

- Extraction des sucres solubles

5g d'échantillon sont introduits dans 50ml d'eau distillée et l'ensemble porté au bain-marie bouillant pendant 15 minutes. Le mélange sera ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre, le résidu sera rincé deux fois avec 2*10ml d'eau distillée. Ajouter au surnageant 1ml d'acétate de zinc (2g /100ml) et 1ml de ferrocyanure de potassium (10,6g/ 100ml) et filtrer de nouveau à l'aide d'un papier dans une fiole de 100ml. Le volume du filtrat est alors complété à 100ml avec de l'eau distillée.

- Détermination des teneurs en fibres brutes

Les fibres brutes ou fibres insolubles regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses, la lignine. La teneur en fibres brutes des échantillons a été déterminée par la méthode de Weende. Cette méthode consiste à traiter l'échantillon à ébullition par l'acide sulfurique et ensuite par la soude. Le résidu obtenu est séché puis calciné et pesé.

Mode opératoire une quantité M d'échantillons sera introduite dans un bécher contenant de l'acide sulfurique 0,255N. Le mélange sera ensuite porté à ébullition pendant 30minutes puis filtré. Au résidu sera ajouté de la soude 0,313N puis le mélange sera à nouveau porté à ébullition pendant 30minutes. Après filtration, le résidu sera lavé 3fois à l'eau distillée chaude et 2fois à l'acétone, l'insoluble obtenu sera séché à 105°C pendant 8 heures et pesé (M₁). Ce résidu sec sera soumis à une incinération à 550°C pendant 3heures et les cendres seront pesées (M₂)

Expression des résultats $\%F = \frac{(M_1 - M_2)(100 - T)}{M}$ T= teneur en lipides M= masse échantillon prélevé.

- Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous la forme de moyenne ± erreur standard sur la moyenne. Le test ANOVA et suivi du post hoc LSD a été utilisé pour comparer les échantillons entre eux.

III.2.2. Normes microbiologiques applicables aux farines infantiles à cuire

- **Qualité sanitaire**

Une farine infantile doit être saine, elle ne doit pas contenir de germes pathogènes, de toxines ou de résidus chimiques toxiques susceptibles d'avoir des répercussions sur la santé du nourrisson : notamment elle ne doit pas être à l'origine des diarrhées.

Tableau 2.III. Normes microbiologiques applicables aux farines infantiles à cuire (en nombre de germes par gramme de farine)

(Codex, 2006)

Bactéries aérobies mésophiles	$< 10^5$
Coliformes fécaux	< 100
<i>Escherichia coli</i>	< 10
Levures et moisissures	$< 10^3$
Il faut également veiller à ce qu'il n'y ait ni salmonelles, ni aflatoxines dans le produit.	
* "Code d'usages en matière d'hygiène pour les aliments pour nourrissons et enfants en bas âge"(CAC/RCP 21-1979)	

- **Normes microbiologiques françaises**

L'établissement des normes microbiologiques répond à un souci de prévention et de protection de la santé du consommateur et de garantir au produit une meilleure compétitivité sur le marché. Cette étude s'appuie sur la norme française utilisée par le centre national d'étude et de recommandations sur la nutrition et l'alimentation pour interpréter les résultats des analyses microbiologiques.

Ces normes servent d'appui au contrôle et sont utiles pour l'application des lois et règlements relatifs au contrôle des aliments. Elles imposent aux industriels une dure contrainte, mais constituent le gage d'assurance qualité hygiénique et commerciale des produits.

Pour obtenir le nombre de germes par gramme de produit on utilise la formule suivante : $N = \frac{\Sigma c}{V(n_1+0,1n_2)d}$ (germe/g)

Σc = somme de colonies des boîtes successivement comptées

V= volume de dilution utilisé

n_1 = nombre de boîtes dans la première dilution

n_2 = volume de boîte dans la seconde dilution

d= dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus (ex: 10^2).

III.2.3. Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé pour les analyses est composé de :

- ✓ Matériel de stérilisation (four pasteur, autoclave) ;
- ✓ Balance de précision ;
- ✓ Verrerie (boîtes de pétri, tubes à essai, pipettes, étaleuse, Ellen Meyer) ;
- ✓ Étuve d'incubation 25–30°C pour les Levures et les moisissures, 45°C pour les Coliformes totaux et Escherichia coli.

- **Milieux de culture et réactifs**

- Diluant pour les analyses microbiologiques

Les dilutions décimales sont réalisées dans une solution d'eau peptonée tamponnée (EPT).

- **Milieux de culture sélective**

Les milieux suivants : Sabouraud Dextrose Agar et Sabouraud Martose Agar (SDA et SMA) pour les levures et les moisissures, Violet Red Bile Latose Agar (VRBLA) pour les *Eschérichia coli* (ST) pour les Coliformes totaux sont utilisés dans cette étude.

III.2.4. Méthodes

- **Protocole d'analyses**

Les techniques utilisées sont des méthodes classiques correspondant aux recommandations de la réglementation française qui donnent le détail de la technique suivie.

- **Préparation des milieux de culture**

En fonction des besoins et des germes à rechercher, les milieux de culture sont préparés suivant le mode opératoire indiqué sur l'étiquette de la boîte de chaque milieu de culture. Pour préparer un milieu, on pèse la quantité voulue qu'on mélange avec de l'eau distillée dans les proportions indiquées sur le protocole de préparation de chaque milieu de culture. Ces mélanges sont chauffés et bien homogénéisés dans chaque Ellen Meyer étiqueté préalablement.

La stérilisation se fait à l'autoclave pour ceux des milieux autoclavables et le milieu ainsi préparé est maintenu en surfusion dans un bain –marie à 45°C.

- **Préparation de l'échantillon**

On procède à des prises d'essai pour différents examens et analyses, tous les échantillons subissent un traitement permettant d'obtenir les dilutions selon la norme AFNOR(1996).

Mode opératoire

Effectuer une dilution en série ,on prélève 1g de farine à l'aide d'une pipette paille puis on la dépose dans un tube contenant 9ml d'eau peptonée ou eau physiologique « 10^{-1} » bien homogénéiser la solution, à l'aide d'une pipette prélever 1ml de ce mélange pour mettre dans un deuxième tube contenant 9 ml d'eau peptonée « 10^{-2} », après homogénéisation effectuer le même procédé jusqu'à « 10^{-4} ».

Prélever 1ml d'inoculum de à répartir dans la boîte vide, utiliser une seule paille en commençant par la dilution 10^{-4} la moins riche en microorganismes et finir par la dilution 10^{-1} la plus riche en microorganismes.

Répartir l'inoculum de 1ml de chaque dilution au fond de la boîte vide préalablement identifiée.

III.2.5. Analyse microbiologique

Elle vise à rechercher et à dénombrer les germes néfastes susceptibles de contaminer les farines infantiles confectionnées, les méthodes horizontales de dénombrement de la norme AFNOR ont été utilisées pour les coliformes totaux, les *Escherichia coli*, les levures et moisissures.

- **Recherche de *Escherichia coli* : ST**

Répartir l'inoculum de 1ml de chaque dilution au fond de la boîte vide préalablement identifiée à l'aide d'une pipette, puis :

- Couler environ 15ml (3mm d'épaisseur) de gélose en surfusion à 45°C ;
- Bien homogénéiser par mouvement de rotation en 8 sur la paillasse ;
- Laisser solidifier sur la paillasse ;
- Retourner les boîtes une fois solidifiées et les incuber à 45°C à l'étuve pendant 24 à 48 heures.

- **Dénombrement des coliformes totaux : Violet Red Bile Lactose Agar**

Il s'effectue sur le milieu solide gélose VRBL selon la norme AFNOR (1996).

Répartir l'inoculum de 1ml de chaque dilution au fond de la boîte vide préalablement identifiée à l'aide d'une pipette puis :

- Couler environ 15ml (3mm d'épaisseur) de gélose en surfusion à 45°C ;
- Bien homogénéiser par mouvement de rotation en 8 sur la paillasse ;
- Laisser solidifier sur la paillasse ;
- Retourner les boîtes une fois solidifiées et les incuber à 45°C à l'étuve pendant 24 à 48 heures.

- **Dénombrement des levures et moisissures : Sabouraud Dextrose Agar et Sabouraud Matrose Agar**

Répartir l'inoculum de 1ml de chaque dilution au fond de la boîte vide préalablement identifiée à l'aide d'une pipette puis :

- Couler environ 15ml (3mm d'épaisseur) de gélose en surfusion à 45°C ;
- Bien homogénéiser par mouvement de rotation en 8 sur la paillasse ;
- Laisser solidifier sur la paillasse ;
- Retourner les boîtes une fois solidifiées et les incuber à 45°C à l'étuve pendant 72 heures.

Le matériel et les méthodes utilisés nous ont permis d'aboutir aux résultats et discussions.

CHAPITRE QUATRE : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le précédent chapitre nous a permis de ressortir les éléments de la méthodologie de l'étude. Ce chapitre quant à lui présentera les résultats tout en mettant en exergue l'aspect nutritif et la qualité microbiologique de l'aliment obtenu. Pour y parvenir il sera question de présenter les résultats obtenus des analyses en macronutriments et ceux de la qualité microbiologique en (section 1), puis la discussion qui en découle en (section2).

Section 1 : Présentation des Résultats

Il s'agit dans cette section de présenter les résultats issus du calcul de l'analyse nutritionnelle suivi de l'interprétation.

IV.1.1.Valeur nutritionnelle de la farine infantile FMSM

Tableau 1.IV. Composition nutritionnelle

ÉCHANTILLON	MS(%)	CT(%)	LT(%)	PB(%)	FB(%)	GT(%)
Mélange 100%	88,16 ± 0,069 ^a	3,39 ± 0,027 ^a	22,690 ± 0,076 ^a	18,217 ± 0,047 ^a	3,595± 0016 ^a	52,110 ± 0080 ^a
Soja 25%	91,29 ± 0,004 ^b	4,060 ± 0,036 ^b	38,370 ± 0,129 ^b	43,675 ± 0,033 ^b	2,655± 0029 ^b	11,240 ± 0157 ^b
Manioc 50%	85,06 ± 0,013 ^c	0,265 ± 0,002 ^c	16,625 ± 0,083 ^c	1,280 ± 0,072 ^c	4,215± 0,060 ^c	77,615 ± 0045 ^c
Maïs 25%	89,08 ± 0,027 ^d	1,310 ± 0022 ^d	15,875 ± 0,025 ^d	9,940 ± 0,049 ^d	2,565± 0,051 ^b	70,310± 0,045 ^d

Pour chaque colonne, les lettres différentes signifient que $P < 0,05$

De ce tableau il en ressort donc des résultats obtenus lors de l'analyse chimique ou macronutriments que le soja à une valeur significativement plus élevée en matière sèche ($P < 0,05$) par rapport aux autres composants soit (91,29%); le soja a également un taux élevé de cendres totales qui est de (4,060%) d'où ($P < 0,05$); sa teneur en lipides est plus significative que celle du reste de composant de (38,370%): Il est à noter que la valeur en protéines

totales est significativement élevée ($P < 0,05$) avec une teneur en protéine brute de (43,675%) ; par ailleurs dans ce même tableau le manioc possède une valeur significativement plus élevée en fibres totales ($P < 0,05$) par rapport au soja et maïs qui ont une valeur peu significative, car la teneur en fibres totales du soja est égale à celle du maïs ; il ressort en définitive de ce tableau que le manioc a une valeur significativement plus élevée en glucide total ($P < 0,05$) dont la valeur est estimée à (77,615%) il revient au manioc d'être une source importante de glucides.

IV.1.2. la détermination de la valeur énergétique

La valeur énergétique d'un composé alimentaire est la somme des produits de chaque aliment majeur (glucides, protéines, lipides) et son coefficient thermique d'atwater correspondant

- **Proportions d'ingrédients de la farine de complément**

La formule MSM est composée de 50% de la farine de manioc, de 25% de farine de soja grillé, et de 25% de farine de maïs.

- **Valeurs nutritives de la farine de complément**

Les résultats de cette étude figurent dans le tableau 2.4 qui indique la composition chimique et la valeur énergétique de la farine MSM. La farine MSM contient 52,110% de glucides, 18,215% de protéines et 22,690% de lipides. La valeur énergétique est égale à 485,51 Kcal.

Tableau 2.IV. : Composition chimique de la farine de complément

Nutriments	FMSM
Matière sèche	88,16
Cendres totales	3,39
Fibres brutes	3,595
Protides brutes	18,215
Lipides totales	22,690
Glucides totaux	52,110
Valeur énergétique Kcal /100g	485,51

IV.1.3. Comparaison des valeurs nutritives de la farine de complément FMSM, FMS, FAS avec la farine standard

La comparaison de la valeur nutritive de la farine de complément MSM avec celles de FMS, FAS et la farine standard figure dans le tableau 3.4. Ces farines sont comparées avec la farine standard rapportée par Sanogo et *al* (1994).

On constate que la farine MSM a un taux de glucides de (52,110%) et celles de FAS, FMS (respectivement de 63% et 61%) inférieur à celui de la farine standard (68%). Par contre le taux des protéines de la FMSM (18,215%) est supérieur à celui de la farine standard (13%), et les taux de protéines de la FAS et FMS (respectivement 13% et 14%) sont presque identiques à celui de la farine standard (13%), tandis que le taux de lipides est de (22,290%) pour la farine MSM et de (10%) pour FAS et pour FMS sont plus élevés que celui de la farine standard (7%). Les valeurs énergétiques sont de 485,51 Kcal pour la farine MSM, 394 Kcal pour FAS et 390 Kcal pour FMS tandis qu'elle est de 400 Kcal pour la farine standard.

Tableau 3.IV. Comparaison des valeurs nutritives des farines de sevrage composées FMSM, FAS, FMS avec une farine standard de Sanogo et *al*, (1994)

Nutriments	Teneur en nutriment (%)		FMS	Farine standard (Sanogo et <i>al</i> . 1994)
	FMSM	FAS		
Glucides totaux	52,110	63	61	68
Protides totales	18,215	13	14	13
Lipides totaux	22,290	10	10	7
Cendres totales	3, 39	7	8	2
Fibres brutes	3,595	2	2	2
Valeur énergétique (Kcal /100g)	485,51	394	390	400

IV.1.4. Analyses microbiologiques des farines infantiles à cuire

Les résultats sont exprimés en unité formant colonie par g (ufc/g) de farine pour la flore d'altération. Cependant pour le cas des germes pathogènes les résultats sont donnés en termes de minimum unité formant de colonie /g et de maximum unité formant colonie/g. Les critères français de référence CNERNA sont utilisés pour interprétations au laboratoire.

Les résultats des dénombrements réalisés et obtenus après 48 heures d'incubation sont donnés par le tableau 4.IV

Tableau 4.IV. Qualité microbiologique de la farine infantile FMSM

Germes recherchés	Nombre d'échantillons	Minimum ufc/g	Norme Codex
Coliformes fécaux	9	70	< 100
Escherichia coli	9	4	< 10
Levures et moisissures	9	2.10^2	< 10^3

Il en ressort du tableau d'analyse microbiologique que les coliformes fécaux ont un taux minimum de 70 ufc/g de farine, pour ce qui est de l'Escherichia coli le minimum dénombré est de 4 ufc/g de farine par contre les levures et moisissures s'élève à 2.10^2 .

Section 2 : Discussion

Cette étude a été réalisée en vue d'apporter notre contribution à la lutte contre la malnutrition en améliorant la qualité nutritive des aliments de complément. Il s'agit donc de proposer à des ménages généralement de faibles revenus mensuels, une farine infantile de bonne qualité provenant de produits locaux disponibles et accessibles. Les aliments associés dans la formulation de la farine de complément MSM indiqué dans le tableau 1.4 sont le manioc (utilisé à 50%) et le maïs (utilisé à 25%) aliments fortement glucidiques

associés à du soja (utilisé à 25%), aliment riche en protéines. Selon Agbo (1996) et Zannou.Tchoko l'avantage de l'incorporation du soja dans les bouillies de sevrage est également justifié par le fait que le soja renferme en proportion équilibrées des protéines de bonnes valeurs biologiques contenant tous les acides aminés essentiels ainsi que des vitamines et des minéraux. Sa teneur importante en lipides lui confère un pouvoir calorique important. Étant donné que les protéines animales sont souvent rares et assez coûteuses dans les pays pauvres, l'incorporation des protéines végétales, particulièrement les protéines du soja est à encourager, car elles sont peu coûteuses et disponibles par rapport aux autres protéines animales, de plus le soja est riche en acides gras essentiels (acide linoléique et linolénique) Agbo (1996)

L'étude de la composition alimentaire montre dans le tableau 2.4 des résultats satisfaisants :

La farine F MSM est riche en protéines (18,215%), lipides (22,290%) et glucides (52,110%). Contrairement à la farine standard, la teneur en glucides totaux de la FMSM est inférieure à la farine standard tout simplement parce que la valeur de sucrage n'est pas comprise dans le mélange. La teneur en énergie (485,51 Kcal) qui a été déterminée est conforme aux normes recommandées par l'OMS pour les aliments de sevrage ; ces taux sont compris entre 11 et 21% pour les protéines et sont supérieurs à 8% pour les lipides, puis compris entre 60 et 70% pour les glucides avec une valeur énergétique de 400 Kcal selon Mouquet-Rivier (2006) et Mouquet et al,(1998).

La comparaison de la valeur nutritive de la farine FMSM avec la farine standard rapportée par Sanogo et al, (1994) dans le tableau 3.4 montre que les composants nutritionnels et la valeur énergétique de la farine FMSM ont des valeurs énergétiques et des teneurs en nutriments compris dans l'intervalle de la norme recommandée par l'OMS.

Pour ce qui est de la qualité microbiologique, la comparaison des valeurs microbiologiques de la farine FMSM avec les valeurs de la norme pour les aliments transformés à base de céréales destinés aux nourrissons et enfants en bas âge (codex stan74-1981 amendée en 1985, 1987, 1991) inscrit dans le tableau IV indique après les analyses microbiologiques que les coliformes fécaux ont une valeur significative de 70 ufc/g inférieure à celle de la norme qui est < 100 . Les teneurs en *Escherichia coli* quant à elles sont de 4 ufc/g (inférieure à la norme), celle des levures et moisissures est de 2.10^2 ufc/g.

Il ressort donc des analyses faites que la farine FMSM répond aux normes établies par le Codex Stan 74-1981, car les valeurs respectives 70, 4 et 2.10^2 des Coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les levures/moisissures sont conformes aux valeurs de la norme.

Toutefois, pour la santé des enfants, une farine dépourvue de microorganismes est nécessaire, car la présence de la flore d'altération en particulier la flore fongique qui concerne les levures et moisissures provoque des ballonnements et des flatulences.

La présence de la flore pathogène entre autres les coliformes fécaux et *Escherichia coli* est responsable des troubles digestifs (diarrhées).

CONCLUSION

Au terme de la rédaction de ce mémoire de fin d'étude portant sur « la fabrication d'un aliment de complément à partir de produits locaux pour enfants de 06 à 36 mois : étude appliquée à l'arrondissement de Sangmélina » dont l'objectif visait à formuler un aliment de complément destiné aux enfants de 06 à 36 mois à partir des produits locaux en tenant compte des savoirs détenus par les femmes de Sangmélina. Les travaux réalisés en vue d'apporter notre contribution à la lutte contre la malnutrition et la valorisation des produits locaux dans l'aliment de complément du jeune enfant en période de sevrage ont permis de mettre au point la farine infantile FMSM pour enfant en âge de (06 à 36 mois) dans les pays en développement. Cette farine est à base de manioc et de maïs, aliments riches en glucides auxquels nous avons associé du soja, produit riche en protéines.

- L'étude de la composition alimentaire révèle que les teneurs en éléments nutritifs et en énergie de la farine FMSM sont significatives, car elles sont voisines de celle de la farine standard Sanogo et *al*, (1994) et sont conformes aux normes recommandées par l'OMS et l'UNICEF (FAO/OMS, 2008 - 2009), car la valeur nutritionnelle de la farine (manioc +soja + maïs) donne les taux de 18,27% de protéines, 22,690% de lipides, et 52,110% de glucides avec une valeur énergétique de 485,51Kcal.
- L'étude microbiologique montre en quantité raisonnable les valeurs en ufc/g des microorganismes que sont les coliformes fécaux à 70ufc/g, *Escherichia coli* à 4ufc/g et les levures et moisissures à 2.10^2 contre les valeurs successives suivantes de la norme coliformes fécaux < 100 *Escherichia coli* < 10 moisissures et levures < 10^2 ufc/g.

Il serait donc possible de proposer aux ménages africains généralement de faibles revenus mensuels, des farines infantiles de bonne qualité provenant de produits locaux disponibles et accessibles aux enfants de 06 à 36 mois. En plus de cette farine, il est important d'introduire dans l'alimentation du tout petit des fruits et légumes en plus des plats familiaux.

PERSPECTIVES

Pour approfondir les résultats de la présente étude, et contribuer à l'amélioration de notre aliment de complément, il convient également de mener des investigations suivantes:

- Analyse de la composition nutritive en termes de micronutriments
- L'analyse du degré de viscosité
- Analyse de la qualité microbiologique et sanitaire en matière de bactéries aérobies mésophiles.

ASPECT DIDACTIQUE

Ce travail rentre dans le programme de puériculture des classes de première ESF des lycées d'enseignement technique.

Bibliographie

A.Briend. (s.d.). *Prévention et traitement de la malnutrition. Guide pratique* .
edition de l'Orstom: Institut Français de recherche scientifique pour le
developpement en cooperation p. 6-7.

Ananay Mandal, M. (2016, Janvier 25). symptomes de la malnutrition. *news
medical*, 1-2.

B.Beaufrière, A.Briend, J.Ghisolfi, O.Goulet, G.Putet, & D.Rieu. (2001).
*Nourrissons, enfantset adolescents.In AFSSA, CNERNA-CNRS Apports
nutritionnels conseillés pour la population française 3ed tec et doc p.
255-291* . ed-londres- paris new-york.

B.Salle. (2009). *Alimentation du nouveau- né et du nourrisson. Rapport
24février 2009. Bulletin Académie Nationale Médicale tome 193 P431-
446.*

Burgess, A., & Glasauer, P. (2005). *Guide de Nutrition Familiale*. Rome:
FAO.

C.Mouquet, O.Bruyeron, & S.Treche. (1998, Mai). Les farines infantiles.
Bulletin du réseau technologie et parternariat en AgroalimentaireN°15
, p. 11.

C.Mouquet-Rivier. (2006, Avril 27). L'alimentation de complément des
jeunes enfants au Burkina Faso. *Journée portes ouvertes du CIRD
centre IRD de Ouagadougou présentation sur power pointe*, pp. 1-59.

- Codex, S. (2006). *Norme du codex pour les aliments transformés à base de céréales destinés aux nourrissons et enfants en bas âge.*
- communautaire, C. e. (2004). *le sevrage de l'allaitement : société canadienne de pédiatrie . Pediatrics and child health.*
- FAO/OMS. (2008 - 2009). *Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires commission du codex alimentarius 32eme session, rapport de la 30eme session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régimes. Le Cap . Rome (Italie), Afrique du Sud.*
- I.D. Bouwer, A. S. (2000). *Activités du 2ème atelier international voies alimentaire d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest .*
- IOM. (2005). *Dietary Intakes for Energy Carbohydrate, Fat, Fatty Acid , Cholesterol, Protein and Amino Acid.* Washington D.C.
- IOM. (2006). *Dietary Reference Intake The Essential Guide to Nutrient Requirements.* Washington D.C: Jennifer J.Otten; Jennifer Pizzi Hellwing; Linda D.Meyers.
- l'enfance, c. i. (1987). *"Les farines de sevrage" de l'enfant en milieu tropical N°167-168.*
- M.Sanogo, C.Mouquet, & S.Treche. (1994). *La production artisanale de farines infantiles expériences et procédés p11.* Gret, PARIS, France: ORSTOM édition.

- Mémina.Sanogo. (1994). *Production artisanale des farines infantiles "guide pratique"*. paris: édition du Gret.
- N.G.Agbo. (1996). *Supplémentation of a traditional Ivorian food (attieké) with soybean.Laboratoire de biochimiesciences des aliments de l'université de cocody* . Cote d'Ivoire: ND.
- OMS. (2016). *Santé de la mère du nouveau-né et de l'adolescent*.
- OPS, O. P. (2003). *Principes directeurs pour l'alimentation de complément de l'enfant allaité au sein. Alimentation et nutrition p.8*.
- P.Gerbouin. (1996). *Comment améliorer les aliments de complément du jeune enfant? tiré à part dans "cahiers santé" p.229-235*. Paris: Centre International de l'Enfance 75016 .
- PAHO, & WHO. (2001). *Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child*. ND: Pan A,erican health organization.
- Phillippe, G. (2009). *Enfant et nutrition: Guide à l'usage des professionnels*. one, 13.
- RFI. (2011). *un enfant sur 3 souffre de malnutrition. Rfi*, 1.
- S.Treche, B.Benoist, D.Benbourzid, & F.Delpeuch. (1995). *"Alimentation de complément du jeune enfant" p39-46*. Orstom.
- Simnoue, D. N. (2009). *Données anthropométrie des enfants d'ages préscolaire à Garoua*. Yaoundé.
- T.De.Zoysa. (1991). *with promote breastfeeding in diarrheal disease control programmes health policy and planning P.371-379*.

Treche, S., Benoist, B., Benbouzid, D., & Delpeud, F. (1995). *Alimentation de complément du jeune enfant*. Paris: ORSTOM édition.

Unicef. (2011). *Differentes formes de malnutrition*. France: ND.

V.J.Zannou.Tchoko. (s.d.). *Stratégies d'amélioration de la farine infantile à base de manioc et de soja de haute densité énergétique par incorporation de la farine de maïs germé*.

Viviane.J.Zannou Tchoko, K. G. (2011). *Etude de la Valeur Nutritionnelle des farines infantiles à base de manioc et soja pour enfant en age de sevrage Bulletin dela Société royale des siences de Liège vol 80 p 748-758* . Cote d'Ivoire.

www.prota4u.org. (s.d.).

ANNEXES



Manioc



Manioc râpe



Manioc séché



Farine de manioc



Graines de soja grillées



Farine de soja



Maïs



Farine de maïs



Farine FMSM « NUTRITILIA »