UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Etude de la formulation d'une farine infantile amélorée aux fruits et legumes

Karikera, Béatrice; Sous la direction de : Ir GIKOTA Vénuste; Mme NIMPAGARITSE Angéline

2006

UB, FABI

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1358

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE AGRO-ALIMENTAIRE

ETUDE DE LA FORMULATION D'UNE FARINE INFANTILE AMELIOREE AUX FRUITS ET LEGUMES.

Par

Béatrice KARIKERA

Sous la direction de :

Ir GIKOTA Vénuste

Mme NIMPAGARITSE Angéline, M.Sc

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du grade d'ingénieur Agronome

Bujumbura, Octobre 2006

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant
A mon regretté père ;
A ma tendre et courageuse mère ;
A mes chers frères et sœurs ;
A mes neveux et nièces ;
A tous ceux qui me sont chers ;
Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Ce travail est certes le fruit de nos efforts, mais il n'aurait pas vu le jour sans le concours de plusieurs personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Nos remerciements sont d'abord adressés à l'Ir. Vénuste GIKOTA, promoteur et directeur de ce travail. En dépit de ses nombreuses et lourdes tâches, nous gardons de lui la pertinence de ses remarques, ses conseils judicieux, sa rigueur scientifique et sa simplicité nous ont évité bien des impasses et des erreurs.

Nos sentiments de reconnaissance vont également à Madame Angéline NIMPAGARITSE, M.Sc., professeur à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université du Burundi pour le concours apporté à la réalisation de ce travail. Ses remarques, sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses suggestions nous ont été d'une grande utilité. Qu'elle soit rassurée que sans son concours, ce travail n'aurait pu être ce qu'il est et qu'elle trouve donc ici nos remerciements les plus sincères.

Une mention spéciale est faite à la famille NIKOBAMYE Nicodème, à nos frères et sœurs pour leur soutien tant moral que matériel tout au long de nos études. Nous leur promettons le meilleur de nous même durant notre existence.

A toutes les personnes du CNTA et du LACA, nous disons merci pour l'accueil chaleureux qu'elles nous ont réservé durant notre travail. Nous tenons également à remercier nos camarades de classe pour leur franche collaboration et nos amis pour avoir agrémenté notre séjour au campus universitaire.

A tous ceux qui ont contribué à notre formation tant humaine que scientifique depuis l'école primaire jusqu'à l'Université particulièrement tous les professeurs de la FACAGRO trouvent dans chaque page de ce mémoire le couronnement de leurs efforts.

A vous tous qui, d'une manière ou d'une autre, nous avez prêté main forte, nous disons merci.

KARIKERA Béatrice.

RESUME

Le but de notre travail est de formuler une farine infantile améliorée aux fruits et légumes qui répond mieux aux besoins nutritionnels de l'enfant.
Le point de départ est la farine surnommée farine CNTA composée de 45% maïs, 35% sorgho et 20% soja.
Les fruits et légumes utilisés dans l'amélioration de notre farine sont les bananes mûres (ubumaramasenge) et les carottes. Ces aliments ont été choisis par leur teneur élevée en certains minéraux comme le calcium et le fer pour la carotte et le magnésium et phosphore pour la banane, mais aussi par le fait que leur incorporation est possible dans la farine.
Les proportions retenues après plusieurs essais de mélanges pour la farine infantile formulée sont de 60% farine CNTA, 30% purée de banane mûre, et 10% carotte séchée.
Les analyses nutritionnelles effectuées, nous montrent que la farine infantile formulée présente les caractéristiques d'une bonne farine infantile :

- Les analyses microbiologiques nous révèlent que la farine est saine ;
- Les tests de dégustation nous renseignent que la farine est acceptée par sa saveur sucrée et sa couleur jaune au rose claire. En effet, le goût de sa bouillie est apprécié à 95%, la couleur à 100% et l'odeur à 70% par les dégustateurs;
- Les analyses chimiques montrent la présence d'une quantité non négligeable de glucides et de minéraux essentiels à l'enfant : 72,19% de glucides, 0,0443% de calcium, 0,389% de phosphore, 0,003% de fer et 0,127% de magnésium;

Au vue des résultats des analyses nutritionnelles effectuées, la farine infantile formulée présente une qualité nutritionnelle importante et peut être recommandée aux enfants en âge de sevrage.

KARIKERA Béatrice

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation
BIT : Bureau International du Travail
Ca : Calcium
CNTA : Centre National des Technologies Alimentaires
Da : Dalton
DLA : Deoxycholat-Lactose-Agar
FACAGRO : Faculté des Sciences Agronomiques
FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale
FAO : Food and Agriculture Organization
Fe : Fer
g : gramme
HCN : Cyanure
ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
ISTEEBU : Institut des Statistiques et des Etudes Economiques du Burundi
Jr : Jour
Kcal : Kilocalorie
LACA : Laboratoire de Contrôle et d'Analyses Chimiques
Mg : Magnésium
mg : milligramme
MINAGRI : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
MS : Matière Sèche
N : Azote
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONG d : Organisation Non Gouvernementale
ONUDI : Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
P : Phosphore
PCA : Plat Count Agar
PDA :Patato-Dextrose Agar
Ppm : partie par million
SA : Salmonela-Agar
UFC : Unités formant les colonies

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Composition de la graine de maïs
Tableau n°2 : Principaux acides aminés contenus dans le maïs
Tableau n°3 : Minéraux contenus dans le maïs sec
Tableau n°4 : Vitamines contenues dans le maïs sec
Tableau n°5 : Production mondiale de graines de soja
Tableau n°6 : Composition approximative du grain de soja
Tableau n°7 : Composition en acides aminés des graines de soja
Tableau n°8 : Composition en acides gras d'une huile de soja
Tableau n°9 : Composition chimique moyenne du grain de sorgho
Tableau n°10 : Composition en acides aminés essentiels de la graine de sorgho
Tableau n°11 : Composition minérale du sorgho
Tableau n°12 : La composition en acides aminés du blé
Tableau n° 13 : La composition des tubercules de manioc en % par rapport à la matière sèche.
Tableau n° 14 : La teneur en sels minéraux des tubercules de manioc
Tableau n° 15 : La teneur en vitamine des tubercules de manioc pour 100 g de racines pelées
Tableau no 16 : La composition chimique des différentes types de farines de manioc en grammes par 100 g de MS
Tableau n° 17 : Composition de la banane
Tableau n° 18 : Apport de la carotte pour 100g de portion crue
Tableau n°19 : Apports protéiques liés à l'augmentation de la masse corporelle chez le nourrisson
Tableau n°20 : Apports protéiques conseillés pour l'enfant
Tableau n°21 : Apports conseillés en sels minéraux
Tableau n°22: Apports conseillés en vitamine/24 heures
Tableau n°23 : Récapitulatif des besoins des enfants
Tableau n°24 : Comparaison des traits caractéristiques du marasme et du kwashiorkor
Tableau n°25 : Types de micro-organismes et leurs conditions de culture
Tableau n°26 : Les caractéristiques chimiques de la farine CNTA

Tableau n°27 : Caractéristiques de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Tableau n°28 : Résultats d'analyse microbiologique de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Tableau n°29 : Résultats des tests de dégustation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Tableau n°30: Normes microbiologiques applicables aux farines infantiles

Tableau n°31 : Somme des mentions très bon et bon en pourcentage de la bouillie de la farine infantile formulée

Liste des schémas

Schéma n°1 : Les principales causes influençant la malnutrition infantile

Schéma n°2 : Procédé d'obtention de la farine CNTA

Schéma n°3 : Procédé d'obtention de la farine infantile formulée

Schéma n° 4 : Le mode opératoire pour la détermination de l'humidité

Schéma n° 5 : Mode opératoire pour la détermination de l'acidité.

Schéma n° 6 : Synthèse d'analyse microbiologique

TABLE DES MATIERES

DEDICACE..... I

REMERCIEMENTS..... II

RESUME..... III

SIGLES ET ABREVIATIONS..... IV

LISTE DES TABLEAUX..... V

LISTE DES SCHEMAS..... VI

TABLE DES MATIERES..... VII

CHAPITRE 0 : INTRODUCTION GENERALE..... 1

0.1. Contexte et justification du sujet..... 1

0.2. Problématique..... 2

0.3. Objet de l'étude..... 3

0.4. Méthodologie..... 3

0.5. Articulation..... 3

CHAPITRE I : CONSIDERATIONS GENERALES SUR QUELQUES FARINES..... 4

I.1. Farines simples..... 4

I.1.1. Farine de maïs..... 4

I.1.2. La farine de soja.....8

I.1.3. La farine de sorgho..... 14

I.1.4. La farine de blé.....18

I.1.5. La farine de manioc..... 21

I.2. Les farines composées..... 24

I.2.1. Farines composées fabriquées au Burundi pour le sevrage des enfants....24

I.2.2. Enrichissement des farines de sevrage par les fruits et légumes..... 27

I.2.3. Les caractéristiques d'une bonne farine infantile.....29

CHAPITRE II : LES BESOINS NUTRITIONNELS DES ENFANTS.....32

II.1. Les besoins en protéines 32

II.2. Les besoins en glucides.....35

II.3. Les besoins en lipides.....34

II.4. Les besoins minéraux..... 34

II.5. Les besoins en vitamines.....35

CHAPITRE III : LA MALNUTRITION ET LE SEVRAGE DANS LA VIE DU JEUNE ENFANT..... 37

III.1. La malnutrition infantile..... 37

III.1.1. Introduction..... 37

III.1.2. Les causes et les conséquences de la malnutrition..... 37

III.2. Le sevrage et son importance sur la santé de l'enfant..... 41

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES..... 43

IV.1. Matériels..... 43

IV.1.1. Matériel de production de la farine infantile formulée..... 43

IV.1.2. Les matières premières utilisées..... 44

IV.2 Méthodes..... 45

IV.2.1 Méthodes de préparation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes..... 45

IV.2.2. Les analyses nutritionnelles de la farine fabriquée..... 47

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS..... 68

V.1. Présentation des résultats..... 68
V.1.1. Résultats d'analyse biochimiques de la farine CNTA..... 68
V.1.2. Formulation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes : mise au point des proportions..... 68
V.1.3. Les caractéristiques biochimiques de la farine infantile obtenue..... 70

V.1.4. Les résultats d'analyses microbiologiques..... 70
V.1.5. Les résultats de la dégustation..... 71
V.2. Discussion et interprétation des résultats..... 72
V.2.1. Teneur en eau..... 72
V.2.2. Teneur en sucres..... 73
V.2.3. La teneur en éléments minéraux..... 73
V.2.4. Interprétation des résultats d'analyse microbiologiques..... 74
V.2.5. Interprétation des résultats de la dégustation..... 76

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....78

BIBLIOGRAPHIE.....80

CHAPITRE 0 : INTRODUCTION GENERALE

0.1. Contexte et justification du sujet

La production nationale vivrière dans les pays du Tiers-Monde et en particulier au Burundi est insuffisante. Ces pays doivent recourir aux dons et aides pour pouvoir nourrir leur population. Ils sont obligés de recourir à l'étranger pour importer des produits qu'ils pourraient eux-mêmes produire s'ils étaient dotés d'une politique agricole cohérente (NKURUNZIZA, 1999).

Malgré cette faible production vivrière, nous remarquons que notre pays vit essentiellement de l'agriculture. Plus de 90% de la population œuvre dans le secteur agro-pastoral d'où il tire l'essentiel de ses ressources économiques (MINAGRI, 2002). Malheureusement, le peu de production obtenue n'est pas profité au maximum dans leur alimentation du fait du manque de connaissance sur la manière de faire les préparations culinaires ou encore par manque de connaissance sur la valeur nutritive des aliments ou tout simplement par ignorance.

D'après Josué 1964, « la vérité vraie est qu'aucun facteur du milieu n'agit sur l'homme d'une manière aussi dispotique aussi marquant que le facteur alimentation ».

En effet, l'alimentation joue un grand rôle dans la croissance, le développement intégral du corps et dans la défense de l'organisme contre les maladies. Ceci est plus marquant chez les enfants en bas âge où les effets de la malnutrition sont nombreux.

Pour être actif et en bonne santé, nous devons disposer d'une nourriture adéquate en quantité et qualité permettant de répondre à nos besoins énergétiques et nutritionnels. Sans une nutrition adéquate les enfants ne pourront pas développer tout leur potentiel physique et intellectuel (www.feedingminds. Org /info/background_fr.htm).

C'est donc dans cette optique que nous avons pensé à faire une formulation d'une farine infantile améliorée.

Cette dernière est une farine composée de céréales et de légumineuses enrichie aux fruits et légumes. L'amélioration par les fruits et légumes est faite dans le souci de supplémenter notre farine en sels minéraux et vitamines.

Le présent travail intitulé « ETUDE DE LA FORMULATION D'UNE FARINE INFANTILE AMELIOREE AUX FRUITS ET LEGUMES » se propose d'étudier dans quelle proportion il faudra mélanger la farine composée avec les fruits et légumes. Quelle quantité de fruits et légumes à mélanger avec la farine composée afin d'en obtenir une farine infantile fiable ayant une réponse adéquate aux besoins nutritionnels des enfants ?

0.2. Problématique

Il y a dans le monde des millions de gens pauvres et particulièrement d'enfants dont la santé pâtit de l'insuffisance d'aliments appropriés (FAO, 1988). L'alimentation des enfants dans les pays du Tiers-monde pose des problèmes à la fois quantitatifs et qualitatifs.

Les farines infantiles (ou de sevrage) disponibles au Burundi sont des farines importées, extrêmement chères, donc non accessibles par nos populations sauf les plus aisées. Les populations font recours à des mélanges de céréales et de légumineuses, chacun comme il l'entend. On remarque qu'il y a tant de formulations de mélanges de farines infantiles qu'il y a de ménages. Le problème crucial est que ces mélanges ne répondent pas aux besoins nutritionnels des enfants. D'une autre part, ces mélanges de farines manifestent une insuffisance en sels minéraux et vitamines.

Dans notre travail, nous allons essayer de formuler une farine avec des normes précises. L'ajout de fruits et légumes améliore le mélange en vitamines et sels minéraux.

0.3. Objet de l'étude

Notre étude a pour objectif de faire une formulation d'une farine infantile améliorée aux fruits et légumes, qui répond mieux aux besoins nutritionnels de l'enfant, tout en assurant le rapport qualité / prix.

0.4. Méthodologie

Pour mener à bien notre travail intitulé « ETUDE DE LA FORMULATION D'UNE FARINE INFANTILE AMELIOREE AUX FRUITS ET LEGUMES », les étapes ont été les suivantes :

- documentation livresque et sur Internet, rapports, mémoires, publications, notes de cours, échanges et contacts avec d'autres personnes et nos propres connaissances ;
- visites et échantillonnages dans les magasins et au marché central où on vend des farines infantiles ;
- procédés expérimentaux en matières de formulation d'une farine améliorée aux fruits et légumes
- analyses de laboratoire ;
- présentations, appréciations, interprétations et comparaison des résultats;
- conclusion et recommandations.

0.5. Articulation

Ce travail est subdivisé en deux principales parties en plus de l'introduction générale.

La première partie est une revue bibliographique. Elle comporte les considérations générales sur quelques farines, émet un petit aperçu sur les besoins nutritionnels ainsi que la malnutrition et le sevrage dans la vie du jeune enfant.
La deuxième partie est expérimentale. Après une brève description du matériel et des méthodes utilisés, nous présentons des résultats et faisons des discussions sur les méthodes utilisées et les analyses faites.
Enfin, une conclusion générale et quelques recommandations mettront fin à notre travail.

Deuxième partie

CHAPITRE I : CONSIDERATIONS GENERALES SUR QUELQUES FARINES

I.1. Farines simples

Dans cette section nous présentons certains aspects des farines simples suivants : farine de maïs, farine de blé, farine de sorgho, farine de soja, farine de manioc.

I.1.1. Farine de maïs

Caractérisation de la matière première

Sur le plan botanique, le maïs (zea mays), de la famille des graminées, est une haute plante annuelle au système radiculaire fibreux abondant. Il s'agit d'une espèce à pollinisation croisée, où les inflorescences femelles (épis) et mâles (panicules) occupent des endroits distincts sur la plante.

Le grain représente environ 42% du poids sec de la plante. La plante de maïs peut être définie comme un système métabolique dont le produit final est principalement l'amidon déposé dans les organes spécialisés, les grains de maïs. Ces derniers se développent sur l'inflorescence femelle appelée épi. L'épi peut contenir de 300 à 1.000 grains. Pendant la récolte, les épis de maïs sont enlevés à la main ou mécaniquement (FAO, 1993).

Le grain de maïs fait également apparaître les quatre structures principales du grain à savoir : le péricarpe, le germe ou embryon, l'albumen et le coiffe.

a) Composition chimique du grain de maïs

Les principaux éléments nutritifs qui entrent dans sa composition présente une très grande variabilité. La variabilité constatée est à la fois d'ordre génétique et environnemental. Elle peut influer sur la distribution du poids et la composition chimique de l'albumen, du germe et du tégument des grains (FAO, 1993).

Tableau n°1 : Composition de la graine de maïs (poids sec)

Constituants	Composition (%)
Hydrates de carbone	80,0
Protéines	10,0
Lipides	4,5
Fibres	3,5
Minéraux	2,0

Source : KARTHALA, 1991

La graine de maïs est constituée en grande partie d'hydrates de carbone (80%), d'une petite quantité de protéines, de lipides et d'éléments minéraux.

- *Teneur en glucides*

Le principal composant du grain de maïs est l'amidon qui constitue de 72 à 73% de son poids. Les autres glucides sont des sucres simples présents sous forme de glucose, de saccharose et de fructose variant de 1 à 3% du grain (FAO, 1993).

- *Teneur en protéines*

Après l'amidon, le composant chimique le plus important du grain est constitué par les protéines. Dans les variétés courantes, la teneur en protéines varie d'environ 8 à 11% du poids du grain. La plus grande partie des protéines se trouve dans l'albumen. Ces protéines des grains de maïs ont fait l'objet d'études très nombreuses. Selon Landry et Moureaux (1970, 1982), elles sont composées d'au moins cinq fractions différentes : Albumine (7%), de globuline (10%), de prolamine ou zéine (39%) et de glutéline (35%). L'albumine, la globuline et la glutéline sont concentrées dans l'endosperme.

Les protéines de maïs sont déficitaires en lysine et en tryptophane avec une forte teneur en leucine comme le montre le tableau suivant :

Tableau n°2 : Principaux acides aminés contenus dans le maïs (mg/gN)

Acide aminé	**Graine entière**	**Gluten du maïs**	**Germe de maïs**	**Protéines de maïs (ou zéine)**
Arginine	300	194	506	113
Histidine	156	131	188	106
Isoleucine	400	319	263	465
Leucine	938	1.000	444	1.481
Lysine	144	94	363	-
Tryptophane	38	38	81	6
Phénylalanine	313	413	313	400
Tyrosine	375	394	313-375	-
Cystéine	94	94	75	63
Méthionine	194	156	100	144
Thréonine	231	250	275	188
Valine	331	356	188	188

Source : KARTHALA, 1991.

- *Teneur en sels minéraux*

Les facteurs environnementaux influent sur la teneur en sels minéraux du maïs avec une valeur moyenne de 11% contre moins de 1% dans l'albumen.
Dans le grain de maïs, c'est le phosphore qui vient en tête suivi du magnésium. Le phosphore est entièrement contenu dans l'embryon. Comme dans la plupart des céréales, le maïs a une faible teneur en calcium et oligoéléments.

Tableau n°3 : Minéraux contenus dans le maïs sec

Minéraux	Composition (mg /100g)
Ca	6,0
P	300,0
Mg	98,5
Fe	2,5

Source : BRESSANI et al, 1989 cité par la FAO,1993

- *Teneur en lipides*

La teneur en huiles du grain de maïs provient essentiellement du germe. L'huile de maïs a une faible teneur en acides gras saturés, à savoir 11% d'acide palmitique et 2% d'acides gras insaturés, essentiellement d'acide linoléique, avec une valeur moyenne d'environ 24% (FAO,1993)

- *Teneur en vitamines*

Le grain de maïs contient deux vitamines liposolubles : la provitamine A, ou caroténoïdes et la vitamine E. Les caroténoïdes se trouvent principalement dans le maïs jaune, à des teneurs pouvant être génétiquement contrôlées tandis que le maïs blanc ne contient que peu ou pas de caroténoïdes. Le bêta-carotène est source importante de vitamine A. Les caroténoïdes du maïs jaune sont sujets à destruction après le stockage (FAO, 1986)

Les vitamines hydrosolubles se trouvent dans la couche à aleurone du grain de maïs, suivi du germe et de l'albumen. Des quantités variables de thiamine et de riboflavine ont été observées. La teneur est sensible davantage à l'environnement et aux pratiques culturales qu'à la structure génétique.

Le maïs ne contient pas de vitamines B_{12} et le grain mûr ne contient au mieux que de faibles quantités d'acide ascorbique.

Les autres vitamines, qu'il s'agisse de la choline, de l'acide folique ou de l'acide pantothénique ne se trouvent qu'à de faibles concentrations.

Tableau n°4 : Vitamines contenues dans le maïs sec

Constituants	**Composition (mg/100g)**
Carotène ou vitamine A	0,015
Acide ascorbique	11,40
Thiamine	0,50
Riboflavine	0,08
Niacine	2,0
Vitamine E	0,013

Source : KARTHALA, 1991.

b) Valeur nutritionnelle du maïs

Le maïs est un élément important du régime alimentaire des populations des pays en développement, en particulier en Afrique et en Amérique Latine. Il a une faible concentration en protéines comme tous les autres céréales. La qualité de ces protéines est limitée par des carences en certains acides amines essentiels comme la lysine et la tryptophane (ONUDI, 1990)

Le germe ou l'embryon renferme la plus grande partie de l'huile contenue dans le maïs et possède une haute valeur nutritive puisqu'il est riche en protéines, en sels minéraux et en substances solubles.

I.1.2. La farine de soja

Caractérisation de la matière première

Le soja est une légumineuse à grains cultivée dans plusieurs régions du globe, des tropiques aux zones tempérées.

La graine comprend trois parties principales : l'enveloppe externe ou pellicule, les cotylédons et l'hypocotyle. Les cotylédons représentent 90% de la masse de la graine. Ils contiennent dans leurs cellules palissadiques la quasi-totalité de l'huile et des protéines. La pellicule qui représente environ 8% de la masse de la graine, tient ensemble les deux cotylédons et forme une couche protectrice efficace (ZEKI, 1993).

Le soja est avant tout une production agricole industrielle, cultivée pour l'huile et les protéines. Malgré leur teneur en huile relativement faible (environ 20% de matière sèche), les graines de soja constituent la principale source d'huile alimentaire et représente 5% de la production mondiale d'huile issue de graines oléagineuses (ZEKI, 1993).

Tableau n°5 : Production mondiale de graines de soja

Pays	Production (millions de tonnes)				Rendement (kg/ha	
	1976	1986	1987	1988	1976	1988
Etats Unis	34,4	52,8	52,3	41,9	1.721	2.270
Brésil	11,2	13,3	17,0	18,0	1.750	1.859
Chine	12,1	16,6	12,2	10,9	855	1.443
Monde	62,1	94,4	100,2	92,3	1.384	1.909

Source : FAO, 1995

Le tableau nous montre que les Etats- Unis restent les producteurs les plus importants du soja entre les années 1976 à 1988 tandis que le Brésil vient en second lieu.

a) Composition chimique du grain de soja

La composition des graines de soja peut varier légèrement selon les variétés et les conditions de culture (FAO, 1986). Les constituants d'intérêt majeur, l'huile et les protéines constituent environ 55% de la graine mais se composent pour plus d'un quart, d'hydrates de carbone, y compris les polysaccharides, le stachyose (3,8%), le raffinose (1,1%) et le sucrose (5,0%). L'huile de soja fait partie du groupe d'huiles à valeur très appréciable dans l'alimentation humaine et offre la plus haute teneur en acide gras.

Tableau n°6 : Composition approximative du grain de soja

Constituants	**Composition par 100g**
Humidité	10%
Protéines	38g
Hydrates de carbone	26g
Lipides	17g
Substances minérales	7g
Phosphatides	2g
Calcium	250mg
Phosphore	700mg
Fer	7mg
Potassium	1.553mg
Acide nicotinique	2,1mg
Thiamine (vit. B1)	1.000µg
Riboflavine (vit. B2)	310µg
Pyridoxine (vit. B6)	1.180µg
Acide pantothénique	2.150µg
Biotine (vit. H)	80µg
Vitamine E (d-tocophérol)	140µg
Vitamine K	100µg

Source : FAO, 1995

- *Teneur en glucides*

Les graines de soja contiennent environ 30% de glucides. On peut les diviser en deux groupes : les sucres solubles (glucoses : 5%), stachyose (4%), raftinose (1%) et les fibres insolubles (20%).

La fraction insoluble est un mélange complexe de polysaccharides et de leurs dérivés. Les polysaccharides des parois cellulaires (cellulose, hémi-cellulose et substances pectiques) en constituent la fraction majeure. Les polysaccharides insolubles ne sont pas digérés par les enzymes du tractus gastro-intestinal. Ils peuvent donc être considérés comme des fibres alimentaires.
A la différence des autres légumineuses, le soja ne contient que très peu d'amidon (moins de 1%) (ZEKI, 1993).

- *Teneur en protéine*

Quatre fractions majeures nommées 2s, 7s, 11s et 15s ont été particulièrement étudiées (s rappelle les unités sveberg). Les fractions 11s et 7s représentent environ 70% des protéines totales de la graine de soja. Le rapport 11s/7s est une caractéristique variétale, il peut varier entre 0,5 et 3. La fraction 7s est très hétérogène (35%). Elle contient l'autre globuline la conglycinine, en proportion comparable et les substances biologiquement actives ; enzyme (Bêta- amylase, lipoxygénase, cytochrome) et hémaglutinine ayant une spécificité envers la D-galactosamine N acetylée (c'est une « lectine »).

Les fractions mineures (10 à 15% chacune) contiennent pour 2s, les inhibiteurs trypsiques de faible masse moléculaire et, pour 15s, des polymères lourds de masse moléculaire de 500.000 Da et plus (ZEKI, 1993) . La qualité nutritionnelle d'une protéine s'évalue à partir de sa composition en acides aminés. La composition en acides aminés essentiels des protéines de soja est présentée dans le tableau suivant:

Tableau n°7 : Composition en acides aminés des graines de soja

I. Acides aminés essentiels	**Graine de soja**	
	A	**B**
Isoleucine	4,54	114
Leucine	7,78	110
Lysine	6,38	118
Méthionine	1,26	
Cystine	1,33	
Méthionine + cystine	2,59	74
Phénylalanine	4,34	
Tyrosine	3,14	
PH. Ala + Tyr	8,04	133
Thréonine	3,86	96
Tryptophane	1,28	133
Valine	4,80	97
II. Acides aminés non essentiels		
Arginine	7,23	
Histidine	2,53	
Alanine	4,26	
Acide aspartique	11,70	
Acide glutamique	4,18	
Proline	5,49	
Sérine	5,12	

Source : ZEKI, 1993

Note: A: g/16g d'azote
B : pourcentage de la valeur calculée provisoire de l'acide aminé.

Les acides aminés limitants sont ceux contenant du soufre (méthionine et cystéine). Leur pourcentage dans les protéines de soja représente environ 70% de celui de la protéine d'œuf entier.

Les protéines de soja sont exceptionnellement riches en lysine et peuvent constituer un supplément intéressant pour les aliments à base de céréales où la lysine est un facteur limitant. La composition en acides aminés essentiels du soja ne varie pas beaucoup d'une variété à une autre.

- *Teneur en lipides*

Les lipides des graines de soja (l'huile de soja crue) sont constitués typiquement de 96% de triglycérides, 2% de phospholipides, 1,6% d'insaponifiable, 0,5% d'acides gras libre ainsi que de faibles quantités de pigments caroténoïdes (ZEKI, 1993).

Tableau n°8 : Composition en acides gras d'une huile de soja

Acides gras	Symbole	% en poids
Laurique	12 ;0	4,5
Myristique	14 ;0	4,5
Palmitique	16 ;0	11,6
Stéarique	18 ;0	2,5
Oléique	18 ;1	21,1
Linoléique	18 ;2	52,4
Linolénique	18 ;3	7,1

Source : WAHNON et al. (1988) cité par ZEKI, 1993

Les acides gras dominants sont l'acide linoléique et l'acide oléique. L'huile de soja est plutôt conseillée à l'assaisonnement. Sa richesse en acide linoléique peu stable au cours du chauffage, la fait déconseiller pour la cuisson. Cette forte insaturation est la cause d'une difficulté en pratique de l'apparition d'une saveur rance au cours du stockage de soja (CHARLES et LINDEN, 1997).

- *Teneur en éléments minéraux*

La teneur en éléments minéraux des graines de soja, déterminés en tant que cendres est d'environ 5%. Les principaux éléments minéraux sont le potassium, le calcium et le magnésium. On trouve parmi les constituants mineurs quelques traces d'éléments nutritionnellement importants comme le fer, le zinc, le cuivre,... La disponibilité biologique des éléments minéraux peut parfois être diminuée par la présence de phylates dans les graines de soja et leurs produits.
La composition en éléments minéraux des graines de soja est affectée par la composition du sol (FAO, 1995).

- *Teneur en vitamines*

La graine de soja contient des vitamines du groupe B en quantités non négligeables. La vitamine B6 se retrouve au premier rang dans ce groupe. D'autres vitamines comme acide pantothénique, vitamine H, vitamine E, vitamine K sont sous forme de traces (FAO,1995).

b) Valeur nutritionnelle de la farine de soja

Indépendamment de sa valeur nutritive, le recours fréquent à la farine de soja dans les produits alimentaires est due à ses propriétés spécifiques telles que la grande capacité de rétention et d'absorption d'eau de ses protéines, les propriétés émulsifiantes et anti-oxydantes de lécithine et la teneur relativement basse en hydrates de carbone de la farine.

Elle ne présente cependant pas les propriétés de viscoélasticité propres aux protéines de la farine de blé. Il existe trois types de farines de soja. Ils se distinguent essentiellement par leur teneur en matières grasses et en protéines : la farine entièrement grasse, la farine légèrement grasse et la farine non grasse (ASSIEDU, 1991).

I.1.3. La farine de sorgho

Caractérisation de la matière première

Le grain de sorgho est un caryopse constitué d'un péricarpe, d'un albumen et d'un germe. Le grain de sorgho se caractérise notamment par la présence d'un germe important, d'un albumen externe constitué de protéines et d'amidon étroitement lié les uns des autres, d'une partie cornée et d'une partie farineuse dans l'albumen amylacé ainsi que d'un tégument séminal appelé « testa » situé immédiatement à la périphérie de la couche à aleurone, mais qui n'est pas toujours présent en totalité. Le testa peut parfois être très fortement pigmentée. Il faut également noter à la base du grain, le point d'attache de celui-ci sur la panicule, le hile, également très souvent pigmenté (ALTERSIAL, 1981).

a) Composition chimique du grain de sorgho

La composition du grain de sorgho est fortement dépendante des facteurs génétiques, les facteurs environnementaux y compris les pratiques

agronomiques. Les principaux constituants des grains de sorgho sont les hydrates de carbone, les protéines et les lipides. On retrouve également mais en moindre quantité, des fibres, des vitamines et des sels minéraux.

Tableau n°9 : Composition chimique moyenne du grain de sorgho

Composants	Sorgho
Humidité (%)	10,6
Protéines (%)	12,5
Hydrates de carbone totaux (%)	79,9
Gras (%)	3,4
Fibres (%)	2,0
Cendres (%)	4,6
Thiamine (mg/kg)	48,4
Niacine (mg/kg)	1,0
Riboflavine (mg/kg)	1,5
Acide pantothénique (mg/kg)	12,5

Source : FAO, 1990

- *Teneur en glucides*

L'amidon est la principale forme de stockage des hydrates de carbone dans le sorgho. L'amidon du sorgho est constitué par 70 à 80% environ d'amylopectine, les 20% à 30% restants sont de l'amylase (CHATEREAU et NICOUR, 1991).

La petite dimension des particules et donc la plus grande surface facilitent l'action des enzymes et améliorent ainsi la digestibilité de l'amidon. La nature chimique de l'amidon, en particulier la teneur amylose et en amylopectine, est autre facteur qui influe sur sa digestibilité. La présence du tannin dans le grain contribue à la mauvaise digestibilité de l'amidon dans certaines variétés du sorgho (FAO, 1995)

- *Teneur en protéines*

La deuxième composante principale des grains de sorgho est la protéine. La teneur en protéine du sorgho est influencée par les facteurs génétiques et environnementaux. Les fluctuations de la teneur en protéines s'accompagnent

généralement de changement de la composition en acide aminé des protéines (FAO, 1995).

La qualité d'une protéine est essentiellement fonction de sa composition en acides aminés essentiels. La caractéristique la plus courante est que la lysine se révèle toujours être l'acide aminé le plus limitant. Les protéines de grain sont classées en quatre grandes fractions selon leurs caractéristiques de solubilité :

- l'albumine (soluble dans l'eau) ;
- la globuline (soluble dans une solution de sel dilué) ;
- la prolamine (soluble dans l'alcool) ;
- la glutéline (extractible dans des solutions d'alcaline ou d'acides dilués).

Tableau n°10 : Composition en acides aminés essentiels de la graine de sorgho (mg/g)

Composants	mg/g
Isoleucine	245
Leucine	832
Lysine	126
Méthionine	87
Cystine	94
Phénylalanine	306
Tyrosine	167
Thréonine	189
Trypsine	63
Valine	313

Source : FAO, 1986.

- *Teneur en lipides*

La teneur en matière grasse du sorgho est de 3% plus que celle du blé et du riz mais moins que celle du maïs. Les éléments qui contribuent le plus à la fraction lipidique sont le germe et l'albumen. Le germe lui-même contient environ 80% de la quantité totale de la matière grasse. Les acides linoléiques et oléiques, acides gras polyinsaturés portant plusieurs doubles liaisons, sont au même titre que l'acide arachidonique, des acides gras indispensables à l'homme comme

dans les autres végétaux, ces acides gras sont très abondants dans les huiles de sorgho. La haute teneur en acides gras insaturés ne peut permettre d'utiliser ces huiles en fritures (www-org/docrep/to818f/0818fo8.htm-23k)

- *Teneur en éléments minéraux*

La composition en sels minéraux des graines de sorgho est extrêmement variable. Plus que les facteurs génétiques, ce sont les conditions écologiques des régions de cultures qui ont une incidence sur la teneur en sels minéraux du sorgho.

Tableau n°11 : Composition minérale du sorgho (mg %)[a]

Graine de sorgho	Nombre de cultivars	P	Mg	Ca	Fe	Zn	Cu	Mn	Mo	Cr
	6	352	171	15	4,2	2,5	1,44	1,15	0,06	0,017

Source: FAO, 1995

a : sur la base de la matière sèche du sorgho.

Dans la graine de sorgho, les sels minéraux sont inégalement réparties et leur concentration est surtout forte dans le germe et le spermaderme (FAO, 1995).
Plus de 68% de la matière minérale totale se situe dans la fraction du germe. L'endosperme, partie la plus importante du grain est relativement pauvre en matière minérale.

- *Teneur en vitamines*

Le sorgho constitue en général une riche source de vitamines du complexe B. L'endosperme qui est la partie la plus importante du grain contient 50 à 75% des vitamines du complexe B.

Certaines variétés à endosperme jaune contiennent du bêta-carotène qui pourrait être transformé en vitamine A par le corps humain. On peut trouver également dans la graine de sorgho des quantités détectables d'autres vitamines solubles dans la matière grasse, à savoir D, E et K. Le sorgho tel qu'il est généralement consommé n'est pas source de vitamine C.

b) La valeur nutritionnelle de la farine de sorgho

La valeur nutritionnelle de la farine de sorgho ne dépend pas seulement de la proportion relative des constituants : protéines, glucides, lipides mais également de la qualité de ses protéines et de la composition en vitamines.

En effet les protéines de sorgho sont comme dans toutes les céréales déficientes en lysine. Par contre et contrairement au maïs, le sorgho contient suffisamment de tryptophane et d'acides aminés souffrés. De même, le sorgho a une teneur suffisante en thréonine, acide aminé limitant chez le blé (ALTERSIAL, 1981).

Comme toutes les céréales, le sorgho est une source de thiamine, de riboflavine, niacine, vitamine B6, acide folique, acide pantothénique et biotine. La majorité de ces vitamines est concentrée dans les parties externes du grain de sorte que les teneurs dans les farines sont bien inférieurs à celles du grain entier.

I.1.4. La farine de blé

Caractérisation de la matière première

Le blé est une plante annuelle appartenant à la famille des graminacées. Elle fait partie du groupe des monocotylédones (plantes dont la graine est entière). Il existe plusieurs catégories de blé :

- les blés tendres ;
- les blés durs ;
- les blés mutadins.

Le grain de blé comprend trois parties principales : l'enveloppe (14 à 16% du poids du grain), le germe (2,5 à 3% du poids du grain) et l'amande farineuse ou albumen (81 à 88% du poids du grain).
L'amande farineuse ou albumen est la partie du grain qui donne la farine. Elle est blanche dans les blés tendres et dans les blés durs, sa couleur tire davantage sur le jaune.

a) Composition chimique du grain de blé

La composition chimique du grain de blé est la suivante :

- eau : 12 à 18% ;
- glucides (amidon et sucres : 63 à 74,5%) ;
- protéines (gluten) : 8 à 12% ;
- lipides : 1,5 à 2% ;
- cellulose : 2,5 à 3% ;
- matières minérales : 1,5 à 2%.

La répartition dans le grain de blé de ces composantes est la suivante :

- Péricarpe ou enveloppe = cellulose + matières minérales.
- Assise protéique = protéine (gluten) + lipides + matières minérales + vitamines.
- Albumen amylacé ou amande = glucides + protéines + lipides + matières grasses + vitamines.
- Germe = protéines (gluten) + lipides + matières minérales + vitamines.

(**www.dietobio.com/dossiers/fr/cereales/intro.html-15k**)

- *Teneur en glucides*

Le principal composant du grain de blé est l'amidon. Ce dernier se retrouve dans la partie farineuse du grain qui est l'albumen. Les glucides composés par l'amidon et les sucres sont en proportion de 63 à 74,5%.

- *Teneur en protéines*

Les protéines se trouvent surtout dans l'embryon, la couche à aleurone et l'endosperme amylacé où elles forment le deuxième constituant le plus important du grain. Environ 70% des protéines se trouvent dans l'endosperme (CLAUDE et al, 1982).

La composition en acide aminé du blé est représentée dans le tableau suivant :

Tableau n°12 : La composition en acides aminés du blé

Acide aminé	Composition (mg/g N)
Isoleucine	2,8
Tryptophane	1,2
Thréonine	2,9
Méthionine	3,9
Cystine	-

Source: FAO, 1990.

- *Teneur en lipides*

Les matières grasses n'entrent que pour une très faible part dans la composition du grain de blé (1,5 à 2%) de la matière sèche du grain.

- *Teneur en sels minéraux*

Selon la table de composition des aliments du Burundi, les sels minéraux représentés dans le grain de blé sont le calcium et le fer dans les proportions respectives de 54mg et 6,1mg pour 100grammes de partie comestible. Cette teneur diminue jusqu'à 36 mg pour le calcium et à 3,6mg pour le fer.

- *Teneur en vitamines*

La vitamine la plus représentée dans le grain de blé est l'acide pantothénique environ 13,6mg/kg. D'autres vitamines comme la Niacine, la Thiamine, le riboflavine se retrouvent en très faibles quantités.

b) Valeur nutritionnelle du blé

La composition biochimique influe sur la qualité nutritionnelle et les caractéristiques de l'aliment. Le blé de part sa composition en nutriment est la céréale la plus riche en protéines de qualité (NYANDWI, 2003).

Les protéines de la farine de blé ou gluten ont la particularité lorsqu'elles sont suffisamment hydratées ou malaxées. Ces caractéristiques du gluten transmettent à la pâte l'extensibilité, l'élasticité, la ténacité, la cohésion et la rétention gazeuse.

I.1.5. La farine de manioc

Caractérisation de la matière première

Le manioc connu botaniquement sous le nom de *Manihot esculenta*, est une euphorbiacée qui présente plus de 300 variétés. On distingue les variétés de manioc amer teneur élevée en HCN. En fait, la distinction n'est pas évidente et la teneur en HCN varie selon les conditions de culture. C'est une plante semi-arbustive, vivace, pouvant atteindre de 2 à 4 mètres. La dimension et la forme des tubercules varient beaucoup selon la variété, les conditions climatiques, édaphiques et culturales. Le poids peut atteindre 8 kg avec une moyenne située autour de 1kg (MUCHNIK et VIMCK, 1984).

a) Composition chimique du manioc

Les tubercules de manioc sont essentiellement constituées par de l'eau (65 à 70%) et des hydrates de carbone (90%) de la matière sèche. Ils ne contiennent pratiquement pas de protéines (2%), ni de lipides (0,5%), ni des vitamines.

La teneur élevée en eau ne permet pas une longue conservation dans les conditions climatiques de la région (température et humidité élevées). Les fibres brutes se situent essentiellement dans l'écorce interne. Leur teneur varie en fonction de la variété et de l'âge du tubercule. Ce sont essentiellement de la cellulose et de la lignine (MUCHNIK et al, 1984).

Tableau n° 13 : La composition des tubercules de manioc en % par rapport à la matière sèche

Constituants	Manioc amer		Manioc doux	
	Non pelé	pelé	Non pelé	pelé
Matière sèche	31.9	28.9	31.9	28.5
Protéines brutes	2.71	2.58	2.38	1.66
Lipides	0.53	0.46	0.65	0.65
Hydrates de carbone	91.0	94.1	92.1	90.8

Source : JOSIS et al, 1987

- *Teneur en protéines*

Les tubercules de manioc sont très pauvres en protéines. Les principaux acides aminés contenus dans les protéines de manioc sont l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine et la lysine. En revanche, les acides aminés soufrés sont limitants.

- *Teneur en glucides*

Les hydrates de carbone représentent 88 à 91% de la matière sèche dont 84 à 87% d'amidon et 4% de sucres (MUCHNIK et VINCK, 1984). Par sa haute valeur calorique, l'amidon fait du tubercule un aliment très énergétique. La teneur en amidon varie selon les variétés et selon l'âge des tubercules.

- *Teneur en sels minéraux*

Tableau n° 14 : La teneur en sels minéraux des tubercules de manioc

Minéraux	% M.S
N	0.84
P	0.15
K	0.38
Ca	0.13
Mg	0.04

Source : WEST, 1988

Le calcium et le phosphore se représentent avec un rapport Ca/P égal à 0,86 qui est mauvais pour une bonne utilisation du calcium. Il faudrait un rapport de 1 à 2.

Les tubercules contiennent également des oxalates (0,32% MS). Ceux-ci se combinent avec le calcium et le magnésium, forment un sel insoluble qui n'est pas absorbé par l'individu.

- *Teneur en vitamines*

Tableau n° 15 : La teneur en vitamine des tubercules de manioc pour 100 g de racines pelées

Vitamines	mg
Thiamine (vitamine B1)	0.046
Riboflavine (vitamine B2)	0.019
Niacine (vitamine PP)	0.6
Acide ascorbique (vitamine C)	20

Source : MUCHNIK, J. et al., 1984

Les tubercules de manioc sont généralement pauvres en vitamines. La vitamine C ou acide ascorbique est la seule qui est bien représentée.

b) La valeur nutritionnelle du manioc

Le manioc étant très pauvre en protéines, le « kwashiorkor » est très répandu dans les zones où il représente la nourriture de base. La farine de manioc n'est pas très utilisée dans la préparation de bouillies infantiles.
Le dérivé du manioc le plus consommé en Afrique est le gari. Ce dernier est une semoule finement granulée obtenu à partir de la pulpe de manioc fermentée, écrasée, tamisée puis desséchée au feu.
Les procédés traditionnels de transformation du manioc en farine (« inyange » ou « ikivunde ») comportent une phase de rouissage ou de fermentation. Au cours de cette étape, des modifications de la composition chimique du manioc ont lieu mais le pourcentage en protéines des farines ainsi obtenues reste néanmoins très faibles (KARTHALA, 1991).
Le service de biotechnologie alimentaire de l'ISABU a essayé d'enrichir la farine de manioc en protéines par fermentation fongique.
La farine de manioc enrichie par fermentation fongique présente donc un enrichissement important en protéines, en sucres réducteurs, en lipides et en cendres (ISABU, 1987), comme le montre le tableau suivant :

Tableau n° 16 : La composition chimique des différentes types de farines de manioc en grammes par 100 g de MS(sauf pour l'acide cyanhydrique, dont les teneurs sont exprimées en ppm).

Composant	Type de farine			
	Non-rouie	Ikivunde	Inyange	Enrichie
Matières grasses	0.26	0.24	0.25	1.79
Sucres totaux	4.2	0.0	0.9	8.1
Amidon (+cellulose)	91.9	97.4	95.3	68.2
Acide cyanhydrique	30	10	15	9

Source : ISABU, 1987.

I.2. Les farines composées

Le programme des farines composées a pour but principal l'utilisation des matières locales pour fabriquer des produits alimentaires de haute qualité par des moyens économiques.

Ces farines composées sont fabriquées généralement à base de céréales et de légumineuses. Les farines de graines oléagineuses (légumineuses) sont souvent utilisées comme source protéique dans les farines composées : la farine de soja, entière ou délipidée a été très largement utilisée (http://www.danone-institute.be/communication/pdf/mono06/mono6.part9.pdf).

I.2.1. Farines composées fabriquées au Burundi pour le sevrage des enfants

- *MASOJA :*

Cette farine composée a été initiée par la coopérative de Rugombo. Elle était formulée à base de maïs, soja et de sorgho. Malheureusement, avec la crise, les activités n'ont pas pu continuer et elle a disparu complètement.

- *CEREMEL :*

Cette farine composée a été initiée par un promoteur industriel. Elle était composée par le blé, le maïs et le sorgho blanc. Contrairement à la MUSALAC, elle tendait à être claire grâce à la présence du sorgho blanc.

Le promoteur industriel n'a pas pu continuer suite à une concurrence déloyale de la part de MUSALAC qui bénéficiait des publicités gratuitement à la Radio Télévision Nationale du Burundi.

- *NEW TOMIX:*

Le magasin de MUTOYI de JABE vend deux farines de sevrage : New Tomix 6 et New Tomix 4. Ces deux farines sont conseillées pour les enfants à partir de l'âge de 6 mois et même aux adultes. Le New Tomix 6 est composé de soja, maïs, sarrasin, lait et le sucre et se vend à 630 F/kg. Le New Tomix 4 est composé de soja, maïs, riz, lait et le sucre et se vend à 720 F/kg.

- *MUSALAC :*

Le MUSALAC a été initié par un nutritionniste hollandais : Dr Emert BRANDERHORST en 1985 dans le cadre du projet nutrition du Centre de Santé de MUSAGA.

Cette farine était composée de soja, maïs, sorgho, lait de vache et du sucre. Les objectifs du projet nutrition MUSALAC étaient définis comme suit durant la première année de fonctionnement :

- disposer d'une farine pour préparer une bouillie d'une valeur nutritive suffisamment bonne pour la réhabilitation des malnutris et pour la prévention de la malnutrition en général ;
- améliorer les conditions socio-économiques de la population en stimulant les cultures (surtout le soja) sous contrat, ce qui garantit les prix des deux côtés, en créant une unité de production (création d'emploi) et en stimulant la consommation par les démonstrations culinaires, l'éducation nutritionnelle, la publicité et la commercialisation ;
- utiliser les excédants dégagés pour aider au développement d'un système d'autofinancement des soins de santé pour la population ;

- développer d'autres industries alimentaires à partir des produits agricoles, du Burundi en se basant sur les expériences acquises ;
- stimuler la coopération entre les différents groupes et institutions qui s'occupent de l'alimentation et de la production des aliments par voie de l'échange des idées et des expériences et en s'aidant mutuellement dans l'approvisionnement en produits de base.

Durant ces quatre années d'existence, le MUSALAC a connu pas mal de succès. Il était consommé par les personnes de toute catégorie : bébés, enfants et adultes.

- *MUSAGARI :*

Initiée par les responsables du CNTA et du MUSALAC, cette farine était fabriquée dans le souci d'obtenir une farine moins chère que le MUSALAC. On a essayé d'améliorer la MUSALAC au gari (farine de manioc). Malheureusement, la farine fabriquée est restée dans les recherches.

- *FARINE CNTA :*

Cette farine est fabriquée au CNTA. C'est une farine composée à base de céréales et de légumineuses. Elle est obtenue par mélange des grains de céréales et du soja dans des proportions de :

* 40% maïs		* 45% maïs
* 30% sorgho	ou	* 35% sorgho
* 10% blé		* 0% blé
* 20% soja		* 20% soja

La mouture de ce mélange donne la farine composée. La farine CNTA sera donc l'objet de notre travail. C'est cette farine composée que nous allons essayer d'améliorer aux fruits et légumes au cours de notre recherche.

I.2.2. Enrichissement des farines de sevrage par les fruits et légumes

Les farines de sevrage sont des aliments qu'on donne sous forme de bouillie aux enfants à partir de l'âge de 4 à 6 mois en complément du lait maternel. Ces farines sont généralement déficientes en sels minéraux et en vitamines. Les fruits et légumes sont riches en sels minéraux et vitamines. L'amélioration des farines de sevrage par les fruits et légumes est une voie qui pourrait contribuer à enrichir ces farines en sels minéraux et en vitamines.

Aussi, les fruits et légumes connaissent des surproductions pour une période donnée, si on parvient à incorporer les fruits et légumes dans la farine, cela devient un moyen sûr de valoriser les excédents de production.

I.2.2.1. Les fruits et légumes utilisés dans l'amélioration de notre farine de sevrage

a) La banane

* *La valeur nutritionnelle*

La banane est une source de glucides. Elle est riche en hydrates de carbone (±27% de glucides et 70% d'eau), en vitamine C, B et A et en sels minéraux comme le potassium, le calcium (8 à 9 mg par proportion de 100g de produit comestible). La banane contient environ 1% de protéines et entre 11 et 20% d'amidon (RAEMACKERS, 2001).

Tableau n° 17 : Composition de la banane

Composé	Par portion de 100g comestible
Eau (g)	67.00
Energie (kcal)	128.00
Proteines (g)	1.00
Graisses (g)	0.20
Glucides (g)	31.00
Fibres (g)	0.30
Calcium (mg)	7.00
Fer (mg)	0.50
Vitamine B1 (mg)	30.00
Vitamine B2 (mg)	0.05
Vitamine C (mg)	20.00
Niacine (mg)	0.70
Vitamine A (mg)	30.00

Source : HENDERICKS, 1991

** L'utilisation*

Le bananier est avant tout une plante alimentaire cultivée pour son fruit consommable frais (banane plantain) qui constitue une source importante d'hydrates de carbone. La banane est un fruit hautement énergétique.

Plus rarement, on consomme la pulpe séchée et réduite en farine ou fermentée comme boisson (bière de banane). Les fruits verts et les gaines foliaires servent parfois pour l'alimentation du bétail. Les feuilles et les longues fibres des gaines foliaires sont utilisées pour l'emballage et la fabrication des produits artisanaux (MEMENTO de l'agronome, 2002).

b) La carotte

Composition et valeur nutritionnelle

La carotte présente des qualités nutritionnelles élevées, en raison surtout de la teneur élevée de ses racines en bêta-carotène. Le tableau suivant nous montre l'apport de la carotte pour 100g de partie comestible.

Tableau n° 18 : Apport de la carotte pour 100g de partie comestible

Carotte	Par portion crue de 100 g
Eau (g)	89,6
Protéines (g)	1,1
Glucides totaux (g)	9,6
Calcium (mg)	36
Fer (mg)	1,2
Magnésium (mg)	18
Carotène (mg)	4,2
Thiamine (mg)	0,06
Riboflavine (mg)	0,05
Niacine (mg)	0,7
Vitamine C (mg)	8
Enérgie (Kcal)	37

Source : RAEMACKERS, 2001

Le Ca est l'élément minéral le plus représenté suivi du magnésium et enfin du fer.

Usage

En Afrique tropicale, la carotte qui surtout consommée à l'état cuit, joue un rôle non négligeable dans la préparation de certains plats traditionnels. On utilise parfois les racines sous forme de rondelles séchées au soleil.

I.2.3. Les caractéristiques d'une bonne farine infantile (farine de sevrage)

Une farine infantile est un aliment donné aux jeunes enfants en complément du lait maternel. Elle doit répondre à certains critères pour couvrir leurs besoins nutritionnels : elle doit être salubre, accessible au plus grand nombre d'enfants et avoir une bonne valeur nutritionnelle.

I.2.3.1. Une farine saine

Une farine infantile doit être salubre. 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 de diarrhées.

Selon la norme Codex Stan 74-1981 du codex alimentarius, les farines infantiles doivent être emballées et conservées dans des conditions compatibles avec l'hygiène. Elles devraient respecter les dispositions du « code d'usages en matière d'hygiène pour les aliments pour nourrissons et enfants en bas âge ». Ce code donne des spécifications microbiologiques à caractère consultatif, différentes selon qu'il s'agit de farines à cuire ou de farines instantanées **(http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm).**

I.2.3.2. Une farine accessible et acceptée

Une farine infantile doit pouvoir être effectivement consommée par le plus grand nombre d'enfants. Elle doit donc être de prix modéré, disponible en permanence aux endroits appropriés, considérée comme facile à préparer par les mères et acceptables d'un point de vue culturel et organoleptique, c'est-à-dire au niveau de son aspect, sa texture, son odeur et son goût **(http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm).**

I.2.3.3. Une farine nutritive

Une farine infantile doit avoir une bonne valeur nutritionnelle. Sa composition et ses caractéristiques doivent être telles que les quantités de bouillie ingérées par les enfants, leur fournissent suffisamment d'énergie et de nutriments indispensables pour couvrir leurs besoins nutritionnels en complément du lait maternel.

La valeur nutritionnelle d'une bouillie dépend de sa densité énergétique (énergie contenue dans un volume donné de bouillie, exprimée généralement en kilocalories (Kcal) pour 100g de bouillie), de sa composition en nutriments essentiels et de la biodisponibilité de ces nutriments, c'est-à-dire de leur aptitude à être réellement libérés au cours des processus digestifs et à être absorbés correctement puis utilisés efficacement au niveau métabolique **(http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm**

I.2.3.4. Couvrir les besoins en nutriments

Les besoins en nutriments essentiels des enfants doivent également être couverts par les farines en complément du lait maternel.

La composition souhaitable en nutriments des farines doit être définie par rapport à leur contenu énergétique et être exprimée en grammes, milligrammes ou microgrammes pour 100 Kcal. Elle dépend du niveau des besoins de l'enfant et des autres aliments ingérés
(http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm).

CHAPITRE II : LES BESOINS NUTRITIONNELS DES ENFANTS

Les besoins énergétiques d'un enfant sont très différents en fonction de son âge. Ils vont doubler entre 2 à 10 ans, en passant de 1.000Kcal à 2.000Kcal par jour. Les besoins en nutriments, en vitamines et en minéraux vont augmenter progressivement pour atteindre ceux d'un adulte.

De 11 à 12 ans, l'enfant continue d'évoluer notamment de grandir. Ses besoins en nutriments, en vitamines et en minéraux s'élèvent progressivement pour atteindre leur apogée à l'adolescence, période caractérisée par une poussée de croissance remarquable et où le calcium va jouer un rôle particulièrement important pour assurer à l'enfant une bonne croissance (http://www.danone.com/wps/portal/-pagr/115/-pa.115/946).

II.1. Les besoins en protéines

Les besoins protéiques de l'enfant sont liés à la croissance, c'est-à-dire à l'augmentation de la masse corporelle. Les besoins en acides aminés essentiels du nourrisson sont plus élevés que ceux de l'adulte.
L'apport protéique par le lait maternel permet une croissance et un développement normal de l'enfant jusqu'au sixième mois. Les protéines du lait maternel sont d'excellente valeur biologique (APFELBAUM et al., 1989).

Tableau n°19 : Apports protéiques liés à l'augmentation de la masse corporelle chez le nourrisson

Age	Gain de poids (en g)	Protéines (en g/24h) correspondant au gain de poids (en g)
De 0 à 2 mois	30	6
De 3 à 6 mois	25	5
De 7 à 12 mois	15	3

Source : APFELBAUM et al., 1989

Ce tableau montre que les besoins protéiques de l'enfant sont fonction de l'augmentation de la masse corporelle.

Tableau n°20 : Apports protéiques conseillés pour l'enfant (en mg/24h)

Age	Protéines
Enfant de 1 an	20-22
Enfant de 2 à 3 ans	40
Enfant de 4 à 6 ans	55
Enfant de 7 à 9 ans	66
Garçon de 10 à 12 ans	78
Fille de 10 à 12 ans	71

Source : APFELBAUM et al., 1989

Les apports protéiques journaliers conseillés pour l'enfant augmentent avec l'âge. Plus l'enfant est âgé, plus importants sont ses besoins en protéines.

II.2. Les besoins en glucides

Il existe un besoin minimal en glucides de l'ordre de 150g/24h pour assurer le glucose nécessaire aux organes glucodépendants (en particulier au cerveau, les globules rouges, la médullaire rénale) ; faute d'un tel apport, la quantité de glucides nécessaires sera fabriquée par néoglucogenèse à partir des protéines ou une cétogenèse prolongée provoquera une adéquation enzymatique du cerveau (APFELBAUM et al., 1989).

Les glucides ont un rôle essentiellement énergétique en nutrition. En effet, 1g de glucides apporte 4 calories (ou 17 KJ). Ils représentent en général 50 à 60% de la valeur énergétique de l'alimentation.
Il existe chez le nouveau-né un besoin qualitatif de galactose (sucre provenant de la digestion du lactose contenu dans le lait dégradé en galactose et glucose). Le galactose est utilisé préférentiellement au glucose pour entrer dans la synthèse des galactocérébrosides du cerveau.

Chez l'enfant plus grand (12 ans et plus), l'alimentation doit fournir tous les autres glucides (tels que le saccharose, le fructose, l'amidon, le lactose et le glucose) (BELLIOT et al., 1986).

II.3. Les besoins en lipides

Les lipides indispensables pour l'enfant sont ceux dont l'organisme ne peut faire la synthèse. Ces acides gras essentiels sont représentés par l'acide arachidonique et l'acide linoléique.

Les acides gras essentiels sont des éléments essentiels à la constitution des phospholipides, des membranes cellulaires et sont les précurseurs des dérivés biologiquement actifs dont les mieux connus sont les prostaglandines. Les acides gras essentiels à la croissance, à l'intégrité de la peau, à la régénération des tissus lésés.

Une carence d'apport alimentaire en ces acides gras essentiels principalement en acide linoléique provoque chez le jeune enfant des perturbations métaboliques. La carence en acide linoléique a été décrite chez les enfants nourris pendant plus d'un an exclusivement au lait de vache.
Le besoin est provisoirement fixé à 3 ou 4g/jour. Une valeur inférieure à 0,4 est certainement un signe de carence (BELLIOT et al., 1986).

II.4. Les besoins minéraux

Les principaux minéraux nécessaires à la croissance de l'organisme sont le calcium, le phosphore et le fer. 99% de calcium se trouve dans le squelette qui renferme aussi 90% de phosphore.

Le besoin de calcium est important au cours de la première année de la vie. Le nourrisson fixe environ 150 mg/jour. Le besoin dépend du coefficient d'absorption et de l'apport suffisant en vitamine D nécessaire à son absorption intestinale et à sa fixation sur l'os.

Pour le nourrisson, durant les premiers mois de la vie, les apports en phosphore doivent être nettement inférieurs à ceux en calcium. Le fer entre dans la constitution de l'hémoglobine et assure le transport de l'oxygène depuis les poumons vers tous les organes.

Chez l'enfant, à partir de l'âge d'1 an, une alimentation variée et diversifiée a toutes les chances de couvrir les besoins en sels minéraux.

Tableau n°21 : Apports conseillés en sels minéraux

Age	Ca	Mg	Fe	Iode	unités
Nourrisson	1.000	-	1,5	80	mg/jr
Enfant de 1 à 3 ans	600	100	10	0,07	mg/jr
Enfant de 4 à 9ans	700	150	10	0,09	mg/jr
Garçon ou fille de 10 à 12 ans	900	200	10	0,09	mg/jr

Source : BELLIOT et al., 1986

II.5. Les besoins en vitamines

Les vitamines sont des substances chimiques que l'organisme n'est pas capable de synthétiser, qui sont nécessaires à sa croissance et à son fonctionnement et qui doivent donc lui être apportés de façon régulière et harmonieuse par le régime alimentaire. Elles appartiennent à des groupes chimiques très variés. On les classe artificiellement selon leur solubilité dans l'eau (vitamines hydrosolubles) ou dans les lipides (vitamines liposolubles) (CHARLES et al., 1997).

Les vitamines les plus importantes intervenant dans la croissance de l'enfant sont les vitamines A, D et C. La carence en vitamine A se traduit par la cécité crépusculaire et une tendance accrue à l'éblouissement. Les lésions cutanées, altération de la cornée, sécheresse et desquamation de la peau dénotent un grave manque de la vitamine A. On trouve la vitamine A dans le foie, le jaune de l'œuf, dans le beurre, les fruits et légumes.
La vitamine D joue un rôle essentiel dans la régulation du métabolisme de calcium et du phosphore : sa présence est capitale dans l'alimentation du nourrisson, de l'enfant et de l'adolescent. Elle intervient contre l'apparition du rachitisme surtout dans les pays où l'ensoleillement est peu fréquent.

Dans les pays à faible ensoleillement, un complément en vitamine D s'avère nécessaire chez les enfants jusqu'à l'âge de 3-5 ans. La vitamine C est importante pour le développement de certains tissus (ostéoblastes, odonablastes et fibroblastes) et interviennent dans le métabolisme intermédiaire de la proline, du tryptophane, de la tyrosine, de l'adrénaline et des stéroïdes surrénaliens.
C'est une vitamine indispensable car l'homme ne peut la synthétiser, d'où l'intérêt capital de l'apport alimentaire (BELLIOT et al., 1986).

Tableau n°22: Apports conseillés en vitamine/24 heures

Age	Vitamines hydrosolubles						Vitamines liposolubles			
	B1 (mg)	B2 (mg)	PP (mg)	B6 (mg)	Acide folique (µg)	B12 (µg)	C (mg)	A (µg)	D (µg)	E (mg)
Nourrisson	0,33	0,6	7	0,6	-	-	25	400	10	-
Enfant de 1 à 3 ans	0,7	0,8	9	0,8	100	1	35	400	10	6
Enfant de 4 à 9 ans	0,8	1	12	1,4	300	2	50	600	10	10
Enfant de 10 à 12 ans	1,2	1,2	12	1,6	300	3	60	800	10	15

Source : APFELBAUM,et al., 1989.

Tableau n°23 : Récapitulatif des besoins des enfants

Composant	Unité/jour	0-6 mois	6-12 mois	1-3 ans
Eau	m/kg	150-200	120-100	100-80
Energie	KCal/kg	115	105	13-60
Protéines	g/kg	2-2,2	2	22-40
Lipides	g/kg	4-6	4	30-45
Glucides	mmol/kg	10-15	14-15	201-238
Na	mg/kg	1,7-2	1,7-15	1,7-2
Ca	mg/kg	360	540	700
P	mg/kg	100-120	<100	-
Fe	mg/kg	10	7-9	10-15
Zn	mg/kg	0,3	-	-
Mg	mg/kg	6	50	100

Source : DUPIN et al., 1992

CHAPITRE III : LA MALNUTRITION ET LE SEVRAGE DANS LA VIE DU JEUNE ENFANT

III.1. La malnutrition infantile

III.1.1. Introduction

La malnutrition est l'état dans lequel un individu voit sa croissance, sa santé et ses fonctions physiques perturbées suite au manque de consommation de manière équilibrée de quantités adéquates des divers nutriments dont l'organisme a besoin (FAO, 1986).

La malnutrition constitue un sérieux problème de santé publique dans les pays en développement. Selon les estimations, la malnutrition chronique frappe un habitant sur cinq au moins dans ces pays, où 56% des décès chez les enfants d'âge pré-scolaire sont imputables aux effets sous-jacents de la malnutrition sur les maladies. Or, le développement social et économique d'un pays peut être entravé par des effets fonctionnels négatifs de la malnutrition notamment les faibles résultats scolaires, la réduction de la capacité de travail physique et l'impact nocif sur la procréation (BASICS, 1997).

Les groupes les plus frappés par la malnutrition sont les nourrissons, les jeunes enfants, les femmes enceintes et les mères allaitantes car ce sont eux qui ont relativement plus besoin de croissance et de protection.

III.1.2. Les causes et les conséquences de la malnutrition

III.1.2.1. Les causes

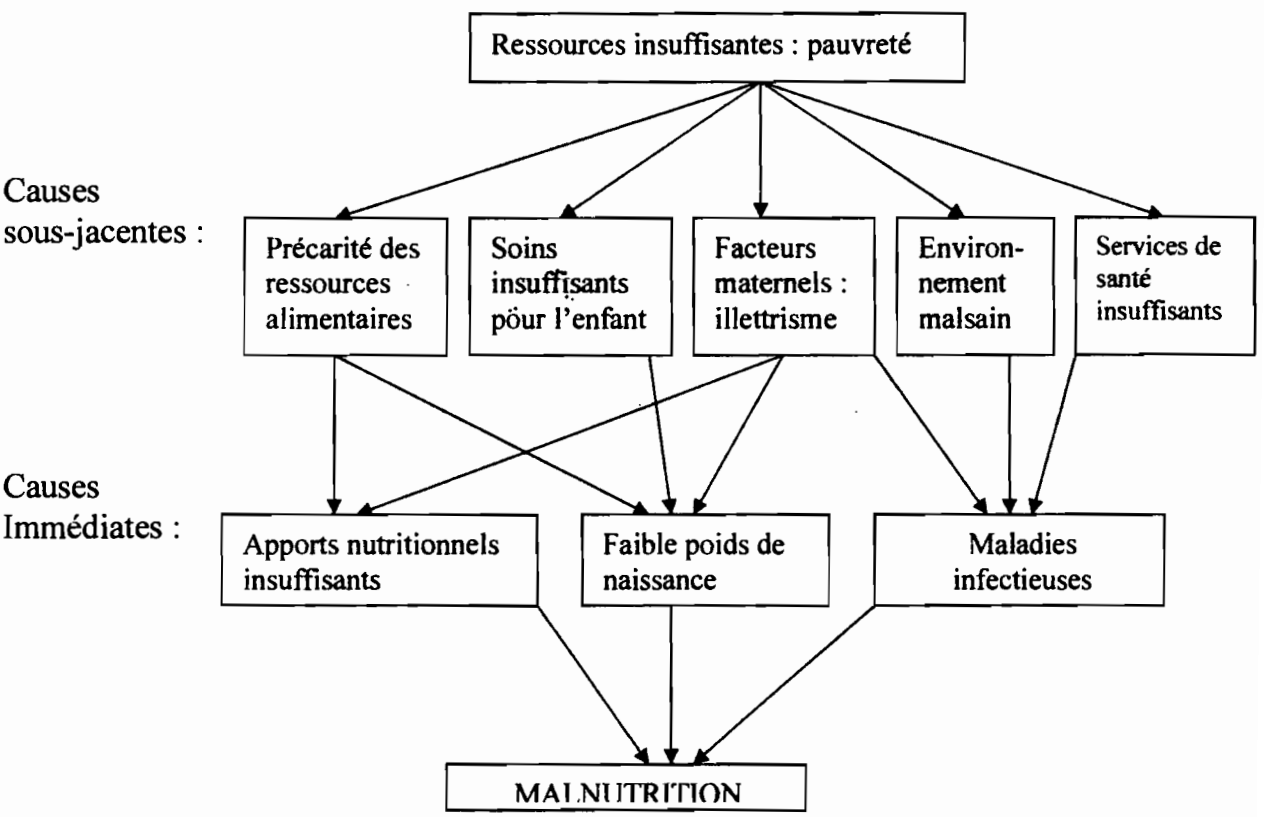
Au Burundi comme dans d'autres pays en développement, les régimes inadéquats sont dus à l'intervention des différents facteurs dont les principaux sont :

- la non disponibilité des aliments dont faute de production ou de revenus insuffisants ;
- les problèmes liés à la commercialisation, au transport et à la conservation des aliments ;

- la modification brutale des habitudes alimentaires du fait de l'exode rural ;
- le sevrage précoce ou brutal ;
- les maladies infectieuses et parasitaires tels que le paludisme, la rougeole et les diarrhées.

D'après ABDULLAH, H.B. et al. (2001), cité par RUBUKA, Jeanne (2005), les principales causes qui peuvent influencer la malnutrition infantile sont les causes sous-jacentes et les causes immédiates. Ces auteurs ont résumé ces causes dans la figure suivante :

Schéma n°1 : Les principales causes influençant la malnutrition infantile



Source : RUBUKA, 2005

III.1.2.2. Les conséquences de la malnutrition

Selon GENTILLINI, M. et DUFLOB (1993), cité par RUBUKA, J. (2003), comme conséquence de la malnutrition les affections carentielles restent au premier rang dans tous les pays en développement : malnutrition protéino-calorique de la première enfance, anémie carentielle, avitaminose, crétinisme

endémique et goitre. Enfin, les affections favorisées ou provoquées par la suralimentation comme l'obésité, diabète, goutte semblent de plus en plus courantes dans les classes sociales les plus aisées.

III.1.2.3. Les formes de malnutrition

La malnutrition protéino-énergétique (MPE) également connue sous le nom de malnutrition protéino-calorique est à l'heure actuelle le plus grave problème nutritionnel auquel se heurte l'Afrique et d'autres pays en développement. Ses deux formes les plus importantes sont le kwashiorkor et le marasme nutritionnel. Dans le premier cas, il s'agit surtout d'une carence protéique et dans le second d'une carence énergétique (calories). Il existe beaucoup de cas intermédiaires qu'il est difficile de ranger dans l'une ou l'autre catégorie. On sait aussi que de nombreux enfants dont le régime alimentaire ne contient pas suffisamment de protéines et d'énergie subissent un arrêt de croissance et sont sujet à ces maladies, mais ne présente aucun signe ou symptôme annonciateur évident autre que l'arrêt de croissance.

III.1.2.3.1. Le kwashiorkor

Dans la forme grave de malnutrition protéino-énergétique connue sous le nom de kwashiorkor, le régime peut être insuffisant pour calmer la faim, mais en général très déficient en protéines et en énergie. Il se compose donc presque essentiellement d'hydrates de carbone et ce en trop faible quantité pour satisfaire les besoins de l'enfant. Cet état est aussi lié à une maladie infectieuse. Le kwashiorkor atteint le plus souvent les enfants d'un à trois ans, après le sevrage.
D'autres maladies peuvent jouer un rôle important en précipitant l'installation du kwashiorkor chez l'enfant mal nourri. Les plus importantes sont les infections gastro-intestinales qui provoquent des diarrhées susceptibles d'entraver l'absorption normale, et parfois aussi des vomissements, d'où perte de nourriture. Les vers intestinaux et d'autres parasites peuvent être d'importants agents. La maladie se caractérise par :

- l'arrêt de croissance ;
- l'atrophie musculaire ;
- les modifications du comportement ;
- l'altération des cheveux ;

- l'altération de la peau ;
- les diarrhées ;
- l'anémie ;
- l'hépatomégalie ;
- les œdèmes du visage.

(AGBESSI et al.,1987)

III.1.2.3.2. Le marasme nutritionnel

Le marasme est une autre forme de malnutrition protéino-énergétique. Le marasme tient principalement au manque de nourriture et par conséquent d'énergie. Il peut se manifester à n'importe quel âge jusqu'à trois ans et demi environ mais contrairement au kwashiorkor, c'est au cours de la première année qu'il est le plus fréquent. C'est en fait une forme d'inanition qui peut tenir à maintes causes. Pour une raison ou pour une autre, l'enfant ne reçoit pas de quantités suffisantes de lait maternel ou d'un autre aliment qui lui convienne.

- *Description de la maladie*

On constate toujours un arrêt de croissance. Si l'on connaît l'âge de l'enfant, on remarquera que son poids est très en dessous de la normale (moins de 60%). Dans les cas graves, l'amaigrissement est évident, les côtes sont saillantes, l'abdomen est parfois protubérant, le visage a un aspect sismique, caractéristique, les membres sont très émaciés.

Les muscles sont toujours atrophiés à l'extrême. S'il existe un peu de graisse sous-cutanée, son épaisseur est très faible. Si l'on prend entre le pouce et l'index la peau qui pend, toute ridée (particulièrement autour des fesses et des cuisses), on constate l'absence de la couche normale de tissus adipeux.

La plupart des enfants atteints du marasme ne sont pas apathiques comme ceux qui souffrent du kwashiorkor. Les yeux profondément enfoncés semblent au contraire bien éveillés. De même, l'enfant est moins irritable, moins triste. L'enfant a généralement bon appétit. En fait, comme tout être affamé, il peut être vorace. Il tête violemment ses mains, ses vêtements ou tout ce qu'il peut trouver. Il émet parfois des bruits de succion. Des diarrhées d'origine infectieuse précipite souvent l'évolution. Il y a presque toujours anémie due à une carence en fer, protéines et autres éléments nutritifs.

Contrairement au kwashiorkor, il n'y a ni œdème, ni dermatose avec peau craquelée. Les altérations des cheveux identiques à celles que l'on constate chez le kwashiorkor peuvent se produire mais il s'agit le plus souvent d'un changement de texture que de couleur (AGBESSI et al,1987).

Tableau n°24 : Comparaison des traits caractéristiques du marasme et du kwashiorkor

Traits	Kwashiorkor	Marasme
Arrêt de croissance	Présent	Présent
Amyotrophie	Présente (quelquefois légère)	Présente
Œdème	Présent	Absent
Altération des cheveux	Fréquente	Moins fréquentes
Modification du comportement	Très fréquente	Rares
Dermatose (peau sèche et craquelée)	Fréquente	Absente
Appétit	Diminué	Bon
Anémie	Grave (quelquefois)	Présente mais moins grave
Couche de graisse sous-cutanée	Réduite mais existante	Inexistante
Visage	Possibilité d'œdème	Creusé, sismique

Source : AGBESSI et al., 1987

III.2. Le sevrage et son importance sur la santé de l'enfant

A un certain moment de la vie du nourrisson, le lait maternel ne suffit plus pour couvrir ses besoins alimentaires. Dans ce cas, commence une longue période pendant laquelle le bébé reçoit un autre aliment en plus du lait maternel jusqu'au jour où l'enfant est en mesure de consommer sans risque la même nourriture que les adultes, le changement brutal étant à éviter.

Dans de nombreux pays y compris le Burundi, cette période appelée aussi « période transitoire » correspond en général à l'âge de six mois à deux ans et demi, période durant laquelle l'incidence de la malnutrition protéino-énergétique et les autres maladies carentielles atteignent l'enfant.

Ainsi, au moment du sevrage, le bien-être de l'enfant est fonction de la période durant laquelle il a été nourri exclusivement au sein, de la qualité et de la quantité des aliments de sevrage et en partie de l'environnement dans lequel il

vit. L'une des plus grave conséquences ou danger du sevrage peut provenir du remplacement du lait maternel (stérile et contenant des facteurs anti-infectieux) par le lait animal ou les aliments solides ou semi-solides, souvent achetés et consommés dans des conditions peu hygiéniques. A leur tour, les infections ouvrent la voie à la malnutrition et intensifient les effets néfastes de la carence alimentaire. Ceci est souvent le cas chez de nombreux pays où l'hygiène n'est pas rigoureusement respectée.

Le sevrage n'est pas seulement une adaptation physiologique. C'est aussi une adaptation psychologique car c'est à ce moment que l'enfant est lentement amené à réaliser de nouvelles expériences dans son environnement et connaît une indépendance grandissante vis-à-vis de sa mère

(www.feadingminds.org/info/info/background_fr.htm).

Deuxième partie

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

IV.1. Matériels

IV.1.1. Matériel de production de la farine infantile formulée

a) Le moulin électrique

C'est un appareil réduisant les grains de farine. Il dispose d'un entonnoir à grains. La farine passe au tamis selon le degré de broyage voulu. La farine est recueillie dans un sac de réception.

b) Bac ou casserole

Un bac ou une casserole sert à laver les grains à l'eau.

c) Natte ou claies de séchage

Après le lavage, on doit sécher les grains. L'humidité des grains doit arriver à 12%. Dans le cas contraire, le séchage peut être complété par la torréfaction.

d) Torréfacteur

Il sert à griller les grains. C'est une sorte de cuisinière sur laquelle on met une casserole. On remue sans cesse les grains jusqu'à ce qu'ils soient bien grillés. L'appréciation de la torréfaction se fait à l'œil nu. On regarde la couleur et l'odeur qui sont caractéristiques.

e) Van ou vannes

C'est un instrument qui sert au nettoyage à sec. Il élimine les cailloux, les mottes de terre ou tout autre particule pouvant se trouver en mélange avec les grains.

f) Couteaux inoxydables

Ils servent à l'épluchage ou à couper les fruits et légumes.

g) Etuve

C'est un appareil utilisé dans le séchage rapide et chronométré. L'étuve a été utilisée dans le séchage de la purée de banane et des carottes.

h) Rape électrique

C'est un équipement qui sert à râper des fruits et légumes à l'état frais

i) Mesurette (balance)

Elle est utilisée pour effectuer les mesures des quantités de denrées utilisées.

j) Sachets en plastiques

Ces sachets servent d'emballage de la farine fabriquée.

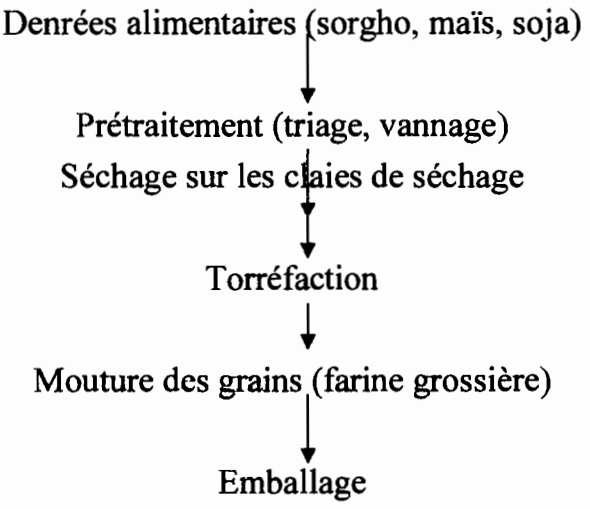
IV.1.2. Les matières premières utilisées

Les matières premières utilisées sont : le maïs, le sorgho, le soja, la carotte et la banane mûre (ubumaramasenge). Avec le maïs, le sorgho, le soja, nous avons formulé une farine composée appelée farine CNTA. Les proportions utilisées étaient déjà connues : on ajoute de la carotte séchée et banane broyée et séchée. Le mélange après mouture fine nous donne une farine composée améliorée aux fruits et légumes.

Préparation de la farine CNTA

Pour préparer cette farine, nous avons pris les trois composantes de la farine en proportions bien définies (45% maïs, 35% sorgho blanc, 20% soja). Nous avons mélangé et fait passer dans un broyeur électrique (moulin). La farine obtenue est celle utilisée pour la formulation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes.

Schéma n°2 : Procédé d'obtention de la farine CNTA



Source : AUTEUR

IV.2 Méthodes

IV.2.1 Méthodes de préparation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

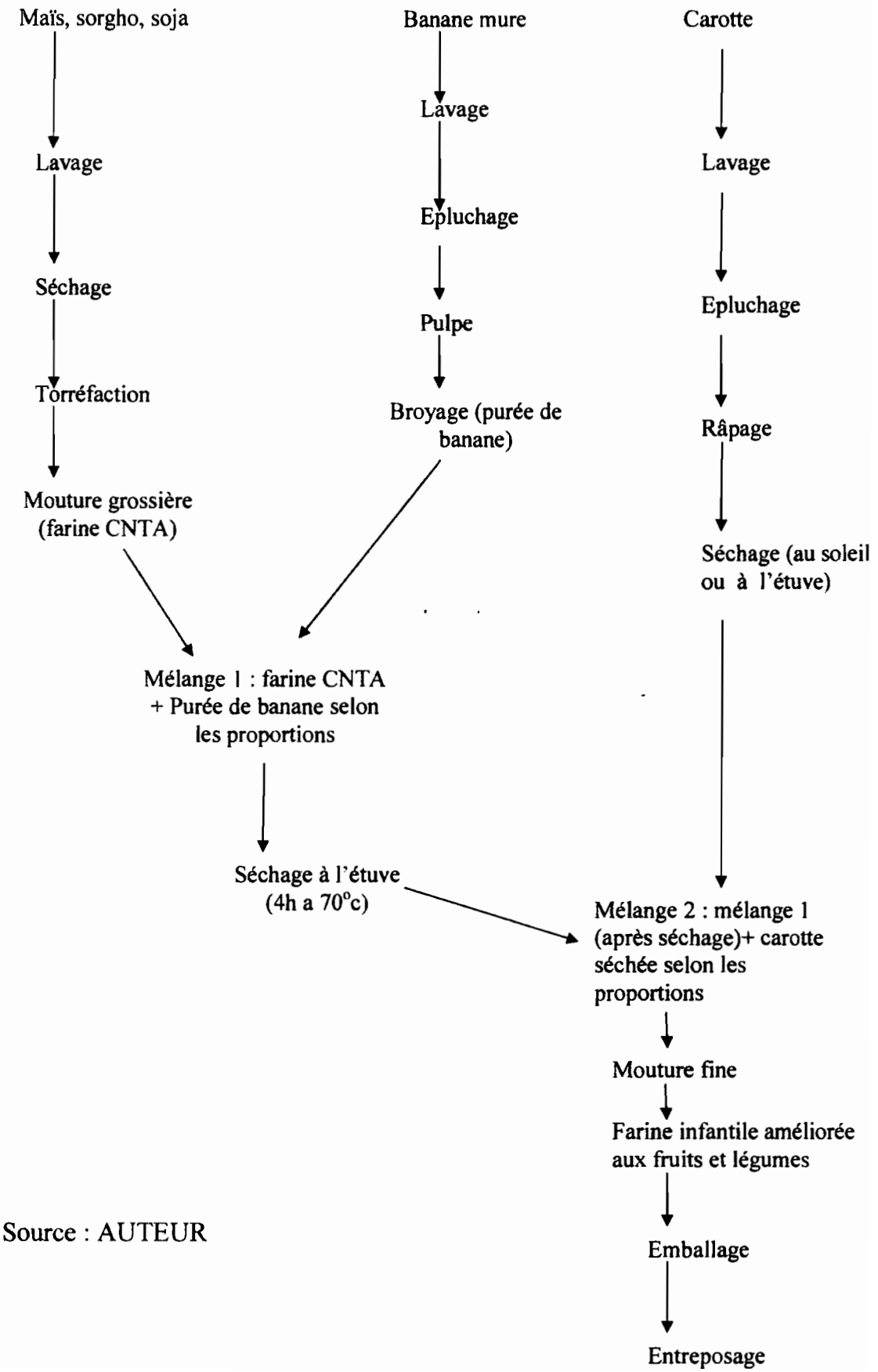
IV.2.1.1 Le choix des fruits et légumes á utiliser

Le choix dépend de la richesse de ces fruits et légumes en certains minéraux les plus essentiels a l'enfant comme le Ca, le P, le Fe, et le Mg, mais aussi de leur possibilité d'être incorporés dans la farine.

IV.2.1.2 préparation de la farine infantile formulée

Cette farine est préparée à partir de la farine CNTA obtenue ci-haut. A cette dernière, on ajoute les bananes mûres broyées. On sèche le mélange dans l'étuve à 70°C pendant quatre heures. La carotte râpée étant séchée à part au soleil ou à l'étuve suivant les moyens disponibles. Au mélange farine CNTA et banane bien séchée, on ajoute les carottes séchées dans des proportions bien définies. Les proportions ont été formulées sur base de la composition de chaque denrée alimentaire et des besoins nutritionnels des enfants.

Schéma n° 3: Procédé d'obtention de la farine infantile formulée



Source : AUTEUR

IV.2.2. Les analyses nutritionnelles de la farine fabriquée

Ces analyses comprennent :

(i) les analyses biochimiques de la farine CNTA (base de l'amélioration) et de la farine infantile formulée ;

(ii) les analyses microbiologiques et la dégustation de la farine fabriquée

IV.2.2.1 Les analyses biochimiques de la farine CNTA

Les analyses porteront sur l'humidité, la matière sèche, les minéraux et les glucides. L'humidité et la matière sèche ont été analysées dans le laboratoire de la Faculté des Sciences ainsi que l'analyse des glucides. L'analyse des minéraux a été faite au LACA (Laboratoire de Contrôle et d'Analyses Chimiques).

IV. 2.2.1.1 Détermination de la matière sèche et de l'humidité

L'humidité et la matière sèche sont déterminées selon la méthode de dessiccation à l'étuve ventilée et réglée à 105°C pendant 24 heures.
Déterminer l'humidité permet de connaître la teneur en eau de l'échantillon, et la matière sèche est le résultat de la différence entre l'échantillon et son humidité.

La détermination de la teneur en eau de l'échantillon va nous permettre d'apprécier la conservabilité de notre farine étant donné que les normes exigées pour une conservation prolongée, une teneur en eau allant de 5 à 15,5% (BIT, 1990).

a) Mode opératoire

Schéma n°4: Le mode opératoire pour la détermination de l'humidité

Sécher la capsule et son couvercle à l'étuve (à 102°C)

↓

Laisser refroidir la capsule au dessiccateur

Peser exactement 2g de farine de la capsule refroidie

↓

Sécher l'échantillon contenu dans la capsule à l'étuve à 102°C pendant 24 heures

↓

Recouvrir la capsule avec son couvercle et transporter le tout dans un dessiccateur

↓

Quand la capsule est refroidie, peser directement à l'aide d'une balance analytique

Source : CNTA, 1993

b) Expression des résultats

% humidité = (poids perdu x 100)/P.E

P.E. = poids de l'échantillon

% matière sèche = 100 - % humidité

IV.2.2.1.2 Le dosage des sucres

L'analyse des sucres se subdivise en sucres totaux et sucres réducteurs, les sucres non-réducteurs étant obtenus par la différence des deux.

Les sucres réducteurs sont dosés chimiquement en se basant sur leurs propriétés de réduire le sulfate de cuivre. Le dosage se fait par la méthode titrimétrique de Luff Schoorl.

A. Matériels et réactifs

a) Matériels

- échantillons (farine CNTA)
- erlermeyers de 250 ml
- réfrigérant
- bêcher
- pipettes
- papiers filtre
- balance analytique ;
- entonnoir ;
- ballons rodés ;
- burettes ;
- ballons jaugés de 100 et 250 ml ;
- bain-marie.

b) Préparation des réactifs

* Une solution de Carrez A

Dissoudre 14,4 g de Zn SO_4. $7H_2O$ et 3 ml de CH_3COOH dans 100 ml d'eau distillée.

* Une solution de Carrez B

Prendre 10,8g de ferrocyanure de potassium $K_4F(CN)_6$. $3H_2O$ que l'on fait dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.

* Une solution de Luff-Schoorl

Prendre 250g d'acide citrique que l'on met dans 250ml d'eau distillée, 125g de sulfate de cuivre ($CuSO_4$. $5H_2O$) dans 500ml d'eau distillée, 1940g de carbonate de sodium (Na_2CO_3 . $10H_2O$) dans 200ml d'eau distillée et porter le tout à un volume de 5000ml après agitation.

* Une solution de d'acide sulfurique à 25%

Mettre 250ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré dans un ballon contenant 500ml d'eau distillée et porter à un volume de 1000ml après refroidissement.

* Une solution de thiosulfate de sodium 0,1N

Dissoudre 24,82g de thiosulfate de sodium ($Na_2 S_2O_3$. $5H_2O$) dans un jaugé d' 1l et porter la solution à volume avec de l'eau distillée.

* Une solution d'empois d'amidon 1%

Elle se prépare en mettant 2,5g d'amidon dans 25ml d'eau distillée chaude.

* Une solution de méthylorange

Elle est obtenue en dissolvant 0,1 g de méthylorange dans 100ml d'eau distillée.

B. Protocole d'analyse

Nous avons pesé exactement 12,5g de l'échantillon à analyser dans un jaugé de 250ml. Nous avons ajouté 150ml d'eau distillée pour la solubilisation des sucres. Nous avons agité sur agitateur magnétique pendant trente minutes. A cette dernière, nous avons ajouté successivement 1ml de la solution de Carrez A et 1ml de la solution de Carrez B. L'agitation était chaque fois nécessaire. Nous avons porté à 50ml et nous avons vigoureusement agité puis nous avons filtré sur papier wattman. Nous avons pipeté 5ml du filtrat que nous avons porté à 50ml à l'aide d'eau distillée. C'est cette dernière solution que nous avons utilisé pour le dosage des sucres réducteurs et des sucres totaux.

C. Dosage des sucres réducteurs

Les sucres réducteurs sont dosés sur base de leur action réductrice sur la solution cupro-alcaline.

Dans un erlenmeyer de 250ml, mettons les 25ml de la solution préparée, ajoutons 25ml de Luff-schoorl et trois morceaux de pierres ponces. Porter l'ensemble à l'ébullition sous réfrigérant à reflux pendant 10 minutes et cela après deux minutes au plus. Refroidir immédiatement et ajouter 3g de KI et ensuite verser très lentement 25ml de H_2SO_4 à 25% ; il se développe une coloration brune due à la mise en liberté d'iode.
Titrer l'iode libéré par $Na_2\ S_2O_3$ 0,1N en présence d'empois d'amidon comme indicateur. Les réactions mises en jeu sont :

$$2CuSO_4 + 4NH_4I \longrightarrow 2(NH_4)_2SO_4 + 2CUI + I_2$$

$$I_2 + 2S_2O^-_3 \xrightarrow{\text{empois d'amidon}} 2I + S_4O^-_6$$

NB: Un essai à blanc a été aussi effectué.

D. Dosage des sucres totaux

Le dosage des sucres totaux doit d'abord passer par l' « inversion » qui les transforme en sucres simples, donc réducteurs.

Pour ce fait, nous avons pipeté 25ml de la solution à analyser dans un erlenmeyer de 50ml. Nous avons ajouté quelques gouttes de méthylorange et d'acide chlorhydrique 3,7N (HCl 3,7N) ainsi que 10ml de l'acide chlorhydrique 0,1N (HCl 0,1N). nous avons chauffé pendant trente minutes au bain-marie à 90°C. Après, nous avons laissé refroidir et ajouter 10ml d'hydroxyde de sodium 0,1N (NaOH 0,1N), puis nous avons porté à volume à l'aide de l'eau distillée. De cela, nous avons prélevé 25ml de cette solution et nous avons fait le dosage comme pour les sucres réducteurs.

E. Expression des résultats

Soient V1 : le volume de $Na_2 S_2O_5$ 0,1N utilisé pour titrer l'échantillon

V2 : le volume de $Na_2 S_2O_3$ 0,1N utilisé pour titrer le témoin

X : (V2 – V1) f est la quantité de $Na_2 S_2O_3$ utilisé pour doser les sucres réducteurs avec f facteur de correction.

Sachant que la table de Luff-Schoorl donne la correspondance entre le nombre de ml de $Na_2 S_2O_3$ utilisé et la quantité de sucres réducteurs présents en solution, nous avons cherché à l'aide de celle-ci la quantité (en mg) de sucres réducteurs présents. La teneur en sucres réducteurs est donnée par la relation suivante :

$$\%\ \text{de sucres réducteurs sur la matière fraîche} = \frac{\text{mg de sucre x dilution x quantité d'eau ajouté x 100}}{\text{volume de la prise d'essai x masse de l'échantillon x 100}}$$

$$\%\ \text{de sucres réducteurs sur la matière sèche} = \frac{\%\ \text{de sucres sur matière fraîche x 100}}{\text{matière sèche (\%)}}$$

La teneur en sucres totaux est donnée par la même relation. Seulement, les sucres changent car les sucres totaux sont exprimés conventionnellement en

saccharose. Pour ce faire, on multiplie par 0,95. Signalons que la dilution change et que la masse de l'échantillon est 12,5g.

Remarque : Le facteur de correction ***f*** est déterminé de la façon suivante :
10ml de $K_2 Cr_2O_7$ 0,2N, 10ml de KI 10% et 25ml de H_2SO_4 25% sont mélangés et la solution est filtrée puis titrer avec $Na_2 S_2O_3$ 0,1N en présence d'empois d'amidon. La fin du titrage est indiquée par un changement de coloration.

$$f = \frac{\text{Volume } K_2 Cr_2O_7 \text{ x concentration de } K_2 Cr_2O_7 \text{ (en normalité)}}{\text{volume de } Na_2 S_2O_3 \text{ x concentration de } Na_2 S_2O_3 \text{ (en normalité)}}$$

Pour notre cas, f = 0,95 ± 1.

IV.2.2.1.3 L'analyse des minéraux

Pour le dosage des minéraux contenus dans les farines (farine CNTA et farine améliorée aux fruits et légumes), nous nous sommes intéressés à certains éléments minéraux comme le Ca, Fe, Mg et P qui figurent parmi les plus importants du point de vue biologique.

IV.2.2.1.3.1. Dosage du Ca, Fe et Mg

Le dosage de ces minéraux est fait par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Une fois l'échantillon préparé, l'analyse des minéraux ne comportait que deux étapes essentielles : la minéralisation et l'analyse cationique.

a) La minéralisation et la préparation des solutions mères

La minéralisation

Elle consiste en une incinération directe d'un échantillon au four à moufle réglé à 450°C pour la détermination des cendres totaux, suivi d'une attaque à l'acide chlorhydrique concentré afin de dissoudre les différents composants minéraux de l'échantillon (cendres solubles).
Les réactifs : acide chlorhydrique concentré et eau distillée.

Matériels : creusets en porcelaine (pour les échantillons ; balance analytique ; four à moufle réglé à 450°C ; ballon jaugé de 200, 100 et 50ml ; papiers filtre wattman ; dessiccateur ; burettes ; hotte ; entonnoirs.

Préparation des solutions mères

Nous avons dissous dans un peu d'eau distillée les échantillons calcinées. Ensuite, nous avons ajouté dans chaque espèce d'échantillon une solution d'acide chlorhydrique concentré (3,5ml/g d'échantillon). Placées sous une hotte, les solutions sont portées à l'ébullition pendant 20 à 30 minutes. Nous avons laissé ensuite refroidir à température ambiante. Nous avons filtré à l'aide du papier filtre wattman. Nous avons transvasé les filtrants dans deux ballons jaugés de 200ml et nous avons porté à volume jusqu'au trait de jauge. Les solutions ainsi obtenues constituent des solutions mères.

Analyse cationique

Principe :

Le principe consiste en une mesure de l'intensité de la lumière d'une raie ou groupe de raies spectrales. On pulvérise une solution et on introduit le brouillard obtenu dans une flamme de deux gaz (air-acétylène). Le brouillard s'évapore et libère les sels qu'il contient à l'état solide, se volatilisant et se dissociant en atomes libres. La vapeur atomique est portée à un état excité par la chaleur de la flamme et émet un rayonnement électromagnétique qui caractérise le spectre de l'atome présent dans l'échantillon.

Les réactifs :

Le chlorure de lanthane 10% ($LaCl_3$ 10%) c'est-à-dire 10g de chlorure de lanthane sont dissous dans 100ml d'eau distillée. En cas de présence de troubles dans la solution, on ajoute quelques gouttes de HCl concentré jusqu'à la disparition complète des troubles.

Dilution des échantillons à analyser :

Avant de commencer l'analyse des minéraux, nous avons effectué des dilutions à partir de la solution-mère. Deux dilutions différentes ont été effectuées en ajoutant 10ml de solution de chlorure de lanthane à 10% à chaque dilution.

- Dilution 1/25 : 2ml de la solution-mère sont transférée dans un ballon jaugé de 50ml et on ajoute 10ml de la solution de $LaCl_3$ 10%, puis on porte à volume en agitant jusqu'au trait de jauge.
- Dilution 1/50 : on prélève 1ml de la solution $LaCl_3$ 10%, puis on porte à volume en agitant jusqu'au trait de jauge.

Analyse proprement dite :

Les éléments Ca, Mg et Fe ont été analysés à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique connecté à un ordinateur programmeur ainsi que des lampes à cathodes creuses spécifiques ou mixtes selon l'élément à doser, ont été utilisés.

Toutes les dilutions effectuées à partir de la solution-mère ainsi que la masse de la prise d'essai de l'échantillon seront programmées à l'ordinateur afin d'avoir des résultats exacts et raisonnables. On a mis sous tension l'appareil, le compresseur à air et on a ouvert la bouteille contenant le gaz (air-acétylène). On a fait entrer respectivement les standards et les échantillons dans le passeur automatique de l'appareil. On a commencé d'abord par analyser les standards et l'ordinateur affichait sur l'écran la courbe d'étalonnage. On a mis à 0 l'appareil au moyen de l'eau distillée puis on est passé à la mesure des échantillons. La teneur en pourcentage de l'élément par rapport à la matière sèche s'affichait sur l'écran de l'ordinateur.

IV.2.2.1.3.2. Dosage du phosphore

Le dosage se fait à l'aide d'un colorimètre à 420nm.

Préparation des solutions

- Réactifs vanado-molybdique

Solution molybdique d'ammonium (10%) :

On pèse 100g de $(NH_4)6\ MO_7O_{24}$, et on dissout dans un jauge de 1*l* avec de l'eau distillée (800ml). On ajoute 10ml de NH_4OH pour la conservation. On porte à volume. On bouche et on agite.

Solution de méta-vanadate d'ammonium :

On pèse 2,350g de méta-vanadate d'ammonium 10%, 400ml de la solution de méta-vanadate d'ammonium, 268ml d'acide nitrique concentré (HNO_3 conc.). On les mélange dans un jaugé de 200ml. On porte à volume avec de l'eau distillée.

Solution de vanado-molybdique :

On prélève 400ml de la solution molybdate d'ammonium 10%, 400ml de la solution de méta-vanadate d'ammonium, 268ml d'acide nitrique concentré (HNO_3 conc.). On les mélange dans un jaugé de 200ml. On porte à volume avec de l'eau distillée.

- Les standards

Les standars à 1000ppm:

On pèse 4,3937 de KH_2PO_4 et on dissout dans un jaugé de 1000ml. On ajoute 10ml de HNO_3 conc. pour conservation. On les mélange dans un jaugé de 200ml. On porte à volume avec de l'eau distillée. On bouche et on agite.

Les standars à 100ppm:

On pipette 10ml de solution à 1000ppm. On porte à volume dans une jauge de 100 ml, on bouche et on agite.

Analyse proprement dite

On pèse 2g de l'échantillon dans un creuset en porcelaine. On porte le creuset au four pendant 24 heures. On fait sortir l'échantillon du four et laisser refroidir. On verse dans le creuset 7ml de HNO_3 conc. et on ajoute 15ml d'eau distillée. Ensuite, on laisse digérer au bain de sable pendant une demi-heure. Enfin, on l'enlève et on filtre sur le filtre wattman n°42 dans une jauge de 100 ml. On porte à volume sec de l'eau distillée. De cette solution, on prélève 10ml qu'on porte dans une jauge de 100 ml dans lequel on ajoute 10 ml de la solution molybdo-vanadate d'ammonium et porte à volume avec de l'eau distillée. On mesure l'absorbance au colorimètre à 420mm après un repos d'une demi-heure.

IV.2.2.2 Analyse de la qualité de la farine fabriquée (farine infantile améliorée aux fruits et légumes)

L'analyse de la qualité de la farine améliorée aux fruits et légumes comporte les analyses biochimiques, les analyses microbiologiques ainsi que la dégustation.

Les analyses biochimiques sont les mêmes que celles de la farine CNTA base de l'amélioration à l'exception de l'acidité. Cette dernière a été faite pour la seule farine formulée car c'est elle qui est destinée à la consommation. L'analyse de l'acidité a été faite au laboratoire du CNTA. Les analyses microbiologiques se sont réalisées au Laboratoire de Biologie de la FACAGRO.

IV.2.2.2.1. Analyse de l'acidité

La détermination de l'acidité se fait par titrage de 50ml du filtrat avec NaOH 0,1N provenant d'un échantillon de 18g de farine.

a) Le matériel utilisé

- balance analytique
- bain-marie.
- erlenmeyers
- entonnoir ;
- agitateur magnétique
- éprouvettes graduées ;
- papiers filtre
- burettes ;
- supports métalliques.

b) Les réactifs

- NaOH 0,1N (hydroxyde de sodium)
- Phénolphtaleine (indicateur)
- Eau distillée.

c) Protocole expérimentale

Schéma n° 5 : Mode opératoire pour la détermination de l'acidité

18g de l'échantillon (farine formulée) + 200ml d'eau distillée dans un erlenmeyer de 500ml

↓

mettre l'erlenmeyer dans un bain-marie pendant une heure à 40°C. après s'être assuré que le niveau de l'eau dans le bain-marie coïncide avec le niveau du liquide dans l'erlenmeyer

↓

agiter de temps en temps la solution pour assurer un mélange complet

↓

filtrer après une heure

↓

ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine au filtrat

↓

filtrer 50ml du filtrat avec NaOH + 0,1N

Source :CNTA, 1993

d) Expression des résultats

$$\% \text{ acidité} = \frac{\text{x ml de NaOH 0,1N x 100 x 200}}{\text{10 x 18 x 50}} = \frac{\text{4ml NaOH 0,1N x 100}}{\text{10 x 18}}$$

$$\% \text{ acidité lactique} = \% \text{ acidité x } 90/1000 = \frac{\text{x ml de NaOH 0,1N}}{5}$$

(90/1000 = poids équivalent de l'acide lactique)

IV.2. 2. 2. 2 Analyses microbiologiques

1) Le matériel utilisé

Le matériel utilisé pour les analyses microbiologiques doit être propre et stérilisé pour pouvoir aboutir à des résultats fiables. De plus, ce matériel doit être mis à côté de la flamme pour éviter toutes les contaminations ultérieures. Le matériel utilisé est le suivant :

- Agitateur de type Vortex : pour l'homogénéisation des différentes dilutions et milieux de culture contenant l'inoculum.
- Autoclave : l'une de marque japonaise HIRAYAMA et l'autre de marque italienne PEDEGARI : appareils utilisés pour la stérilisation en chaleur humide des milieux de culture, de l'eau peptonée, des embouts et des pipettes.
- Boîtes de pétri : de type stériphan, servant à contenir des milieux de culture après ensemencement à l'inoculum et homogénéisation dans des tubes à essai.
- Bec-Bünsen : en liaison avec la bonbonne à gaz par un conduit plastique, il sert à brûler le gaz méthane et à créer une zone de conversion stérile.
- Broyeur de type stomacker ou broyeur à palette : instrument utilisé pour le broyage du mélange échantillon-diluant afin d'obtenir la suspension-mère.
- Erlenmeyers : bocaux destinés à contenir les milieux de culture ou de l'eau peptonée.
- Etuve : appareil destiné à la stérilisation des boîtes de pétri. Cette stérilisation se déroule pendant deux heures à 220°C.
- Hotte à flux laminaire : de type minuflux et de marque française, elle est constituée d'un ventilateur, d'une gaine de filtres et d'une hotte.
- Homogénéisateur magnétique : permet d'homogénéiser l'eau distillée et les milieux de culture en assurant un chauffage.
- Incubateur : appareil permettant de porter le mélange de culture-inoculant à une température exigée par la flore microbienne recherchée pour sa croissance.
- Capuchons et papier aluminium : ils permettent de boucher respectivement les tubes à essai et les erlenmeyers.

- Compteur des colonies : appareil permettant de comptabiliser les unités formant les colonies (UFC).
- Montre : elle sert à estimer le temps.
- Ouate : il est utilisé pour le nettoyage de la paillasse et pour le bouchage des erlenmeyers pendant la stérilisation des milieux de culture.
- Pastules ou embouts : permettent le prélèvement de l'inoculum.
- Plaque chauffante magnétique (aimantée) : permet de chauffer les milieux de culture et de l'eau peptonée en cours de préparation.
- Sachets stériles : servent à contenir le mélange échantillon diluant lors de la préparation de la solution-mère.
- Seringue : distribue de l'inoculum dans les boîtes de pétri.
- Stylo marqueur : utilisé pour le marquage sur les boîtes de pétri, les erlenmeyers contenant les mileux de culture, les tubes à essai et sur les sachets contenant les échantillons. Il est aussi utilisé par le comptage des unités formant les colonies (UFC) par pointage.
- Tephron : permet l'homogénéisation continuelle des milieux de culture et de l'eau déminéralisée au cours du chauffage.
- Tubes à essai : ce sont des tubes en verre sous forme de culot dans lesquels on prépare des dilutions.
- Ballon jaugé à fond plat : pour contenir l'eau déminéralisée.
- Eau peptonée : sert à préparer la solution-mère et les dilutions décimales.
- Alcool dénaturé : pour nettoyer la paillasse de travail.
- Les échantillons : pour notre cas, farine composée améliorée aux fruits et légumes.
- Milieux de culture : source de nutriment pour la croissance des microorganismes contenus dans les échantillons.

2) Méthodes

A. Préparation des milieux de culture

La recommandation de Merck (1983) stipule que :

1) L'eau distillée doit toujours être fraîchement distillée ou totalement déminéralisée, à réaction neutre pratiquement exempt de germes.
2) Pour obtenir une dissolution complète des milieux sous forme de poudre ou de granulés et contenant donc de la gélose, le chauffage est inévitable pour l'homogénéisation totale du mélange (eau distillée – milieux de culture distillée considéré).
3) Les milieux de culture ne doivent pas être trop chaud lorsqu'ils sont coulés en boîtes de pétri pour ne pas tuer les germes sensibles à la chaleur. Ils doivent être refroidis au préalable à 40-45°C au bain-marie. Après, nous passons au renversement des boîtes de pétri pendant l'incubation.

Considérant les analyses effectuées pour chaque échantillon, nous présentons ci-dessous la liste des milieux de culture utilisées, leur compositions ainsi que la méthode de préparation.

1°) Desoxycholat-lactose-Agar ou Agar lactosé au désoxycholate (DLA)

Ce milieu est utilisé pour la recherche d'Escherchia coli et des coliformes totaux. La préparation se fait en dissolvant 40g/l dans l'eau déminéralisée en chauffant au bain-marie bouillant ou dans un courant de vapeur. Le milieu ne s'autoclave pas.

2°) Potato-Dextrose Agar (PDA)

Ce milieu est utilisé pour la recherche des levures et des moisissures.

* Composition : g/l
- Extrait de pomme de terre : 4,0
- Agar-agar : 20,0
- Glucose : 20,0
- Chloramphénicol :0,008

* Préparation :

- Dissoudre 33,6g dans un litre d'eau distillée ;
- Ajouter 0,3g de chloramphénicol qui favorise la croissance des champignons et chauffer pour dissoudre complètement ;
- Stériliser à l'autoclave pendant 15 minutes à 121°C.

3°) Plate Count Agar (PCA)

C'est un milieu de culture utilisé pour la recherche et la numération de la flore aérobie mésophile totale (FAMT).

* Composition : g/l

- Peptone de caséine : 5,0
- Extrait de levure : 2,5
- D(+) – Glucose : 1,0
- Agar – agar : 14

* Préparation :

Dissoudre 22,5g de poudre déshydratée dans 1000ml de l'eau distillée. Chauffer le mélange sur une plaque magnétique jusqu'à l'homogénéisation du mélange. Passer à l'autoclave 15 minutes à 121°C.

4°) Salmonella-Agar (SA)

Ce milieu permet de mettre en évidence des colonies de salmonelles dans l'échantillon mais ne renseigne pas sur les espèces de salmonelles.

* Préparation :

La préparation du Salmonella-Agar se fait en dissolvant 80,5g de poudre déshydratée dans un litre d'eau distillée. On chauffe le mélange sur un agitateur magnétique jusqu'à l'homogénéisation du mélange et on fait couler en boîtes. Le milieu ne s'autoclave pas.

B. Préparation de l'eau peptonée

L'eau peptonée est utilisée comme diluant pour diminuer la charge microbienne des échantillons au cours des analyses microbiennes. La préparation se fait comme suit :

- dissoudre 1g de peptone universel, poudre déshydratée dans un litre d'eau distillée ;
- chauffer jusqu'à l'homogénéisation complète ;
- répartir en tubes à essai à raison de 9 ml par tube ;
- fermer les tubes à l'aide des bouchons métalliques ;
- stériliser à l'autoclave pendant 15 minutes à 121°C.

C. Préparation de l'échantillon

On pèse de façon aseptique 5g de farine qu'on met dans un sachet contenant 100ml de diluant. Ce mélange constitue la suspension-mère, diluée ensuite à volonté. L'homogénéisation étant une étape, elle doit être suffisamment efficace. Cependant, il est fondamental qu'elle n'est pas destructive sur les micro-organismes présents. Pour notre farine, la durée d'homogénéisation varie de 10 à 20 secondes.

D. Préparation des dilutions décimales

La suspension-mère est homogénéisée par une simple agitation sur un agitateur de type Vortex. La plupart des solutions-mères ont un nombre élevé de micro-organismes qu'il est presque impossible de visualiser le nombre de colonies d'où la nécessité d'effectuer des dilutions décimales successives dont cette suspension-mère est la même. Le diluant utilisé pour préparer les suspensions-mères est le même que celui utilisé pour effectuer les dilutions décimales.

La dilution s'effectue de la façon suivante : répartir stérilement 9ml de diluant dans une série de tubes à essai. Après avoir homogénéisé le contenu du tube n°1, transfère 1 ml de la solution dans le tube n°2, la solution obtenue est de concentration 10^{-2}, etc.

E. Ensemencement

C'est une opération qui s'effectue dans un hotte à flux laminaire à proximité de la flamme bleue du brûleur Bünsen afin d'éviter les contaminations éventuelles. Pour un milieu de culture donné, on ensemence pour chaque dilution deux tubes à essais, par 1 ml de l'inoculum. On utilise à ce stade une seule pipette sur les deux tubes. Après avoir homogénéisé sur agitateur le milieu de culture gélosé ensemencé dans les tubes, on coule le contenu dans les boîtes de pétri.

F. Incubation

Après l'ensemencement et le refroidissement, on retourne les boîtes de pétri, les couvercles en dessous et on les place dans un incubateur à une température et une durée déterminées selon les micro-organismes recherchés comme l'indique le tableau suivant :

Tableau n°25 : Types de micro-organismes et leurs conditions de culture

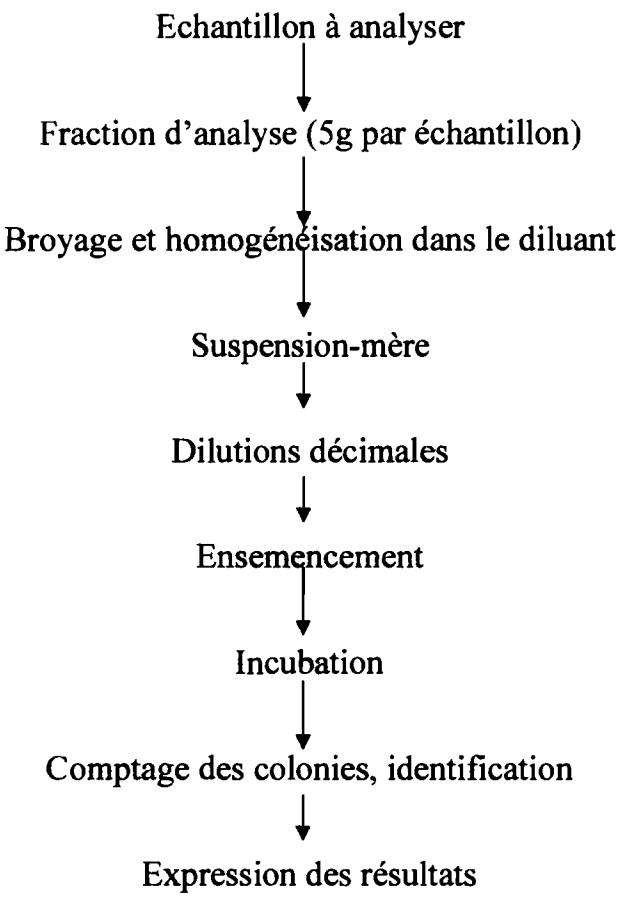
Micro-organismes	Milieux de culture	T° d'incubation	Durée d'incubation
FAMT	PCA	37°C	24 heures
Coliformes totaux	DLA	37°C	48 heures
Escherchia coli	DLA	44°C	48 heures
Salmonelles	SA	37°C	48 heures
Lévures et moisissures	PDA	25°C	48 heures

Source : AFNOR, 1992

G. Dénombrement

Après incubation à une durée et une température convenable, nous avons procédé au dénombrement en repérant les colonies sur les boîtes de pétri à l'aide du stylo compteur de colonies. Le résultat est la moyenne des valeurs obtenues sur les deux boîtes de pétri de même dilution multiplié par l'inverse de cette dilution.

Schéma n ° 6 : synthèse d'analyse microbiologique



IV.2.2.2.3. Dégustation

La dégustation constitue une étape confirmative de l'acceptation d'un produit à consommer. Elle donne en effet, des points de vue sur l'aspect organoleptique d'une façon indépendante.

Les paramètres considérés sont le goût, l'odeur, la couleur et la consistance.

1. Qu'est-ce que la dégustation

La définition du Larousse « déguster : c'est apprécier par le goût et la saveur les qualités d'un aliment solide ou liquide ».

L'Association Française de Normalisation (AFNOR) dit que : « La dégustation est une opération consistant à expérimenter, analyser et apprécier les caractères organoleptiques et plus particulièrement les caractères olfacto-gustatifs d'un produit ».

D'après Jean-Ribéreau : « déguster, c'est goûter avec attention un produit dont on veut apprécier la qualité : c'est le soumettre à nos sens, en particulier ceux du goût et de l'odorat : c'est essayer de le connaître en recherchant ses différents défauts et ses différentes qualités et en les exprimant. C'est étudier, analyser, décrire, juger, classer » (www.sommelcir-on-line.com/p218-html-39k)

2. Quand déguster ?

Il est préférable de faire la dégustation en dehors de repas afin de ne pas être influencé par des odeurs diverses. Les meilleurs moments de la dégustation se fait entre dix heures et midi lorsque nos sens sont aiguisés par la faim.

La dégustation fait appel à notre appareil sensoriel, il est donc primordial de l'aborder l'esprit dégagé et en ayant tous ses sens en éveil. Ainsi, des conditions d'un dégustateur pour une appréciation sensorielle sont exigées. Ces conditions sont les suivantes : être en bonne santé, être concentré, être non-fumeur, avoir peu mangé et bu.

3. Où déguster ?

Afin de déguster dans les meilleures conditions possibles, le local doit être : très bien éclairé, exempt d'odeurs particulières, ni trop chaud ni trop froid, exempt de bruit.

4. Les principaux sens mis en éveil dans la dégustation d'un produit

a) La vue

La vue constitue la barrière du goût. En voyant un aliment, nous pensons savoir si nous l'aimons ou non. La vue nous renseigne sur l'aspect de l'aliment, sur sa forme, sur son état (liquide, solide ou gazeux) et sur sa couleur. Celle-ci peut nous attirer ou nous repousser en fonction de notre culture. La vue est déterminante dans nos choix alimentaires. Un plat est d'autant apprécié qu'il est joliment présenté (http://membres.lyos.fr/parlonsduvins/arome.html).

b) L'odorat

Les odeurs peuvent être simples ou complexes selon l'aliment ou le plat cuisiné. L'odorat permet de connaître l'aliment sans le voir, de savoir si le plat est fort, doux ou épicé.

L'odeur d'un aliment se fait sentir par voie directe ou par voie rétro-nasale une fois que l'aliment est en bouche. C'est pourquoi lorsque nous sommes enrhumés ou que nous nous bouchons le nez, nous ne sentons plus l'arôme des aliments. Le nez est donc un organe essentiel à la dégustation (http://membres.lyos.fr/parlonsduvins/arome.html).

c) Le goût

En pénétrant dans la bouche, l'aliment actionne les récepteurs du goût qui se situent sur la langue. Le goût d'un aliment résulte de la réunion de différentes substances rapides, qui s'organise en quatre saveurs fondamentales à savoir :

- Le sucré : se définit par une impression agréable, douceâtre et moelleuse, accompagnée d'une production de salive épaisse et visqueuse.
- Le salé : se définit par un caractère légèrement piquant et irritant, sans modification de la salivation. Cette perception est relativement rare dans un vin.
- L'acide : l'acidité se définit par un caractère mordant ou piquant, et par une impression de resserrement des côtés de la langue vers la région centrale. Ces sensations s'accompagnent d'une production de salive fluide et abondante.

L'amer : l'amer se définit par une impression désagréable, rude et persistante, accompagnée d'une diminution de la salivation et d'une certaine sécheresse (http://membres.lyos.fr/parlonsduvins/arome.html).

Localisation et chronologies de perceptions gustatives

Les papilles gustatives de forme identiques sont regroupées et localisées en des zones spécifiques et bien délimitées de la langue. Ainsi, les différentes saveurs fondamentales sont perçues en des endroits bien précis de la langue.

Au bout de la langue, se trouve la zone correspondant à la perception du sucré et des saveurs douceâtres.

Un peu en retrait de cette zone et de chaque côté de la langue sont situées les zones de perception du salé. Plus nettement sur les côtés et en dessous de la

langue se trouvent les zones de perception de l'acidité. La zone située très en arrière de la langue correspond à la saveur amère.

Quant au toucher mécanique, thermique et chimique, il est principalement ressenti sur la zone centrale, de la langue, ainsi que sur l'ensemble de la cavité buccale.

Localisation et chronologies de perceptions gustatives
(www.sommelier-on-line.com//0218.html-39k)

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1. Présentation des résultats

Les essais d'analyse ont porté sur les deux farines : la farine CNTA, base de l'amélioration et la farine formulée (farine infantile améliorée aux fruits et légumes). Les caractéristiques chimiques de la farine CNTA nous ont permis d'avoir une idée dans la formulation du mélange.

V.1.1. Résultats d'analyse biochimiques de la farine CNTA

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous et sont la moyenne sur trois répétitions.

Tableau n°26 : Les caractéristiques chimiques de la farine CNTA

Paramètres	**Taux en %** par rapport à la matière sèche
Humidité	7,8
Matière sèche	92,2
Sucres totaux	66,4
Sucres réducteurs	14,0
Ca	0,12
P	0,237
Fe	0,002
Mg	0,121

L'analyse du tableau ci-dessus montre que la farine CNTA est composée en grande partie des sucres et une petite quantité des minéraux. Son humidité est très basse.

V.1.2. Formulation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes : mise au point des proportions

Introduction

Formuler des farines infantiles consiste à déterminer les proportions dans lesquelles les matières premières brutes ou semi-transformées disponibles doivent être mélangées pour répondre aux objectifs nutritionnels fixés. Pour cela, il est nécessaire de connaître la composition en nutriments des matières

utilisables. Il est possible aussi de se référer à des tables de composition des aliments qui donnent des valeurs moyennes.

Cependant, ces formules ne prennent pas en compte les critères organoleptiques, c'est pourquoi les tests d'analyse sensoriels sont nécessaires pour l'acceptation d'un produit.

Améliorer la qualité organoleptique d'un produit consiste à établir une formulation du produit qui réponde le mieux possible aux goûts d'un groupe défini de personnes.

L'évaluation sensorielle consiste en un ensemble de tests de dégustation que l'on réalise avec un groupe de mères et d'enfants susceptibles respectivement d'acheter et de consommer le produit. On recueille alors des commentaires des mères et l'on constate l'acceptation ou non de la bouillie par les enfants.

Formulation de la farine

Le point de départ était la farine CNTA formée par : le sorgho, le soja, le maïs, dans les proportions (35%, 20%, 45%). De cette farine, nous allons l'améliorer par les fruits et légumes ; banane mûre (ubumaramasenge) et carottes.

L'ajout des carottes et bananes influent sur la composition et l'apparence de la farine CNTA.

Les proportions retenues après plusieurs essais de mélange sont : 60% farine CNTA, 10% carotte séchée et 30% purée de banane fraîche et mûre. Ces proportions ont été retenues à base de l'appréciation du produit final obtenu. On devrait apprécier, la couleur, l'odeur et enfin après cela, on devrait faire une analyse biochimique du produit et voir le produit qui répond mieux aux besoins nutritionnels de l'enfant.

Les éléments d'analyse qui ont retenu notre attention sont les éléments minéraux : Ca, P, Fe, Mg et les glucides. On n'a pas fait l'analyse des protéines et des lipides car ayant améliorée notre farine par les fruits et légumes, l'apport de ces derniers en protéines et lipides étant trop négligeable. Mais l'analyse des glucides étant trop nécessaires. On devrait aussi doser la teneur en énergie, mais malheureusement, faute de matériel, on a été contraint de laisser. Les minéraux analysés sont ceux les plus essentiels à l'enfant et qu'on considère les plus dominants dans les fruits et légumes utilisés.

La carotte a été choisie pour sa haute teneur en calcium et magnésium et la banane étant riche en fer et phosphore. Ces fruits et légumes contiennent aussi par mal de vitamines : comme la vitamine A, la vitamine B, etc. Mais malheureusement, faute de matériel, l'analyse des vitamines n'a pas été possible.

V.1.3. Les caractéristiques biochimiques de la farine infantile obtenue

Tableau n°27 : Caractéristiques de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Paramètres	Taux en % par rapport à la matière sèche
Humidité	6,61
Matière sèche	84,76
Acidité	0,12
Sucres totaux	72,19
Sucres réducteurs	20,2
Ca	0,443
P	0,389
Fe	0,003
Mg	0,127

La farine infantile améliorée aux fruits et légumes présente des caractéristiques biochimiques différentes de la farine CNTA : la quantité en sucres et éléments minéraux augmente par rapport à cette dernière.

V.1.4. Les résultats d'analyses microbiologiques

Les résultats de l'analyse microbiologique obtenus sur la farine infantile formulée concernent la Flore aérobie mésophile totale, *coliformes totaux*, les *Escherchia coli,* les levures et les moisissures. Ces micro-organismes sont analysés du fait de leur importance dans les farines.

Tableau n°28 : Résultats d'analyse microbiologique de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Types d'analyses effectués	Milieux utilisés	Nombre de germes dans 1 gr			
		1er essai	2e essai	3e essai	Moyenne
Flore aérobie mésophile totale (FAMT)	Plat Count Agar (PCA)	10^2	10^2	2.10^3	7.10^2
Levures	Potato-Dextrose Agar (PDA)	0	0	0	0
Moisissures	Potato-Dextrose Agar (PDA)	10^2	0	10^2	$0,6.10^2$
Coliformes totaux	Deoxycholate Lactose Agar (DLA)	0	0	0	0
Escherchia coli	Deoxycholate Lactose Agar (DLA)	0	0	0	0
Salmonelles	Salmonella-Agar (SA)	0	0	0	0

Les analyses microbiologiques nous révèlent que les microorganismes recherchés se retrouvent en quantité trop négligeable ou sont totalement absents.

V.1.5. Les résultats de la dégustation

La dégustation, étape confirmative de l'acceptation d'un produit s'est faite à base d'une bouillie préparée en prenant 100g de farine dans 1.000ml d'eau. Notre bouillie pouvant être consommée sans l'ajout de sucre car les carottes et bananes ont beaucoup contribué dans l'amélioration du goût sucré de la bouillie.

Les dégustateurs marquent sur la fiche de dégustation les qualificatifs suivants : très bonne pour une note comprise entre 100% et 80%, bonne pour une note comprise entre 80% et 70%, passable pour une note comprise entre 70% et 50%, mauvaise pour une note comprise entre 50% et 10% et médiocre pour une note comprise entre 10% et 0%.

Les caractères appréciés par les dégustateurs étaient : le goût, l'odeur, la couleur et la consistance de la bouillie. Ainsi, une fiche de dégustation a été complétée par les dégustateurs suivants les caractères appréciés. Par après, nous avons fait la synthèse à partir des fiches complétées par les dégustateurs et les résultats ont été exprimés en pourcentage comme le montre le tableau suivant :

Tableau n°29 : Résultats des tests de dégustation de la farine infantile améliorée aux fruits et légumes

Caractéristiques	Goût		Couleur		Odeur		Consistance	
Appréciations	Nd	Moy (en %)	Nd	Moy(en %)	Nd	Moy(en %)	Nd	Moy(en %)
Très bon	14	70	16	80	8	40	3	15
Bon	5	25	4	20	6	30	3	15
Passable	1	5	-	-	4	20	4	20
Mauvais	-	-	-	-	2	10	10	50
Médiocre	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	20	100	20	100	20	100	20	100

Nd : Nombre de dégustateurs

Moy : Moyenne en pourcentage

L'appréciation de la bouillie se fait à l'aide d'un tableau synthétique où nous reprenons les mentions très bon et bon en pourcentage.

V.2. Discussion et interprétation des résultats

V.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau des deux farines : farine CNTA et farine infantile formulée est très basse. Cela s'explique par le fait que les matières premières de fabrication de ces farines ont été bien séchées au soleil, et avant la mouture on a d'abord fait la torréfaction.

La farine infantile formulée a une teneur en eau de 6.61% qui est inférieure à celle de la farine CNTA base de l'amélioration (7.8%). Cette teneur en eau très basse de la farine infantile formulée est expliquée par le fait qu'on fait un deuxième séchage au soleil ou à l'étuve lors de l'ajout de la purée de banane. On a donc une évaporation de l'eau presque totale.

Les teneurs en eau des deux farines tombent dans les limites acceptables car la limite recommandée pour les farines est celle de 15% (CODEX 1, 1990). Cette teneur d'humidité basse influe sur la conservabilité de ces farines. Plus la teneur en eau est basse, plus la farine est plus conservable.

V.2.2. Teneur en sucres

La teneur en sucres (sucres totaux) de la farine CNTA est de 66.4%, par rapport à la matière sèche et celle de la farine infantile formulée est de 72.19%. Nous voyons qu'il y a une augmentation nette de sucres pour la farine infantile formulée ; cette augmentation de sucres est le résultat de l'amélioration de la farine CNTA par les fruits et légumes (banane mûre : ubumaramasenge et carottes). Les deux éléments utilisés dans l'amélioration ont une teneur en sucre non négligeable vue leur composition d'après la table de composition des aliments (HENDERICKX,1991).

D'après ROTSART. et COURTEJOIE, les glucides ou hydrates de carbone constituent la principale source de chaleur et d'énergie. Ils apportent la plus grande partie des calories dont le corps a besoin pour fonctionner. Ainsi, l'organisme de l'enfant a besoin d'une quantité énergétique très élevée et la grande partie sera compensée par l'énergie glucidique de notre farine infantile formulée.

V.2.3. La teneur en éléments minéraux

Les éléments minéraux qui ont retenu notre attention dans l'analyse sont les minéraux d'importance nutritionnelle et qui sont requis dans l'alimentation en quantité plus grande que 100mg/jour. Ces éléments sont le Calcium, le Phosphore et le Magnésium. Le Fer est classé aussi parmi les éléments mais est requis dans l'alimentation humaine en petite quantité.

D'après les résultats obtenus dans nos analyses, nous remarquons que l'amélioration de la farine CNTA apporte une contribution non négligeable dans sa composition en minéraux. Le rapport phosphocalcique de la farine CNTA est de 0,50 donc inférieur à 1 mais après amélioration, le rapport phosphocalcique de la farine infantile formulée devient 1,13 supérieur à 1.

Selon DEMOLON (1961), les enfants ont besoin des aliments dont le rapport phosphocalcique est supérieur à 1. Ainsi, notre farine infantile formulée dont le rapport phosphocalcique est de 1,13 tombe dans les limites acceptables de l'équilibre phosphocalcique exigé pour l'enfant.

Les éléments Fer et Magnésium sont aussi présents dans la farine CNTA, mais après amélioration, on remarque qu'il y a une légère augmentation de ces

éléments. Dans la farine CNTA, nous avons 2mg de fer par 100g de farine et 121mg de magnésium par 100g de farine. Après amélioration, on trouve 3mg de fer et 127mg de magnésium par 100g de farine infantile formulée.

Comparé aux besoins nutritionnels de l'enfant en ces éléments, nous remarquons que l'enfant ayant besoin d'une quantité de fer de 15mg/jour, cette quantité peut être trouvée en préparant une bouillie à partir de 500g de farine améliorée. Concernant le magnésium, l'enfant a besoin de 150-200mg/jour et pour couvrir les besoins en magnésium avec notre farine infantile formulée, il faudra une bouillie préparée à base de 118,11 à 157,48g de farine.

V.2.4. Interprétation des résultats d'analyse microbiologique

Tableau n°30: Normes microbiologiques applicables aux farines infantiles (en nombre de germes par gramme de farine

Paramètres	Farine à cuire
Flore totale	$< 10^5$
Coliformes totaux	< 10
Escherchia coli	< 10
Levures et moisissures	$< 10^3$

Source (http://www.gret.org/tpa/bulletins/bulletin15/b15p8a11.htm)

Il faut également veiller à ce qu'il n'y ait ni Salmonelles, ni aflatoxines dans le produit.

a) La Flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Les résultats obtenus montrent une faible quantité de la flore aérobie mésophile totale dans la farine infantile analysée (700 germes/g de la farine améliorée). La FAMT dans les aliments demeure l'un des indicateurs les plus utiles car il renseigne sur la qualité hygiénique de l'aliment. D'après Godon et Loisel (1984), une flore aérobie mésophile abondante dans les farines conduit à suspecter des conditions de récolte, de stockage et aussi un manque d'hygiène au niveau des différentes manipulations.

D'après les normes microbiologiques applicables aux farines infantiles (farines à cuire), c'est lorsque le nombre de germes par gramme atteint la valeur de 10^5 que la farine infantile devient inconsommable.

Aussi d'après la FAO (1978), un produit alimentaire qui contient une flore totale élevée (jusqu'à 10^6 -10^8 germes par gramme d'aliment commence sa décomposition et son autolyse et devient par conséquent suspect quant à sa consommation.

De ces résultats, il découle que la farine infantile formulée présente une qualité microbiologique satisfaisante. La charge microbienne de notre farine est très inférieure au seuil critique ($<10^5$).

b) Les coliformes totaux et *Escherchia coli*

D'après nos résultats, nous constatons une absence totale d'*Escherchia coli* et des coliformes totaux. Cela montre que l'hygiène a été respectée et qu'il y a absence totale d'une contamination fécale. D'après CHRISTINE et JOFFIN (1975), les coliformes et *Escherchia coli* survivent difficilement hors de l'intestin et traduisent une contamination fécale récente.

c) Les levures et les moisissures

Selon BOURGEOIS et LEVEAU (1986), les levures ne causent pas d'intoxications alimentaires, mais peuvent produire par leur développement dans les produits alimentaires finis des altérations de leur qualité marchande par formation des troubles (cellules de levures), d'odeur ou par gonflement du produit ou de leur emballage.

Il découle des moyennes des résultats obtenus qu'il y a absence totale des levures. L'absence des levures dans notre farine est normale car ce sont des microorganismes qui peuvent être évités par de bonnes pratiques d'hygiène.

Quant aux moisissures, nos résultats montrent des valeurs faibles de ces microorganismes dans notre farine ($0{,}610^2$ germes/gramme). Cette faible contamination peut être expliquée par la teneur en eau très faible (humidité : 6,61%) de notre farine.

d) Les Salmonelles

La présence des salmonelles, première bactérie responsable des toxi-infections alimentaires, constitue une présomption des dangers pour la santé du consommateur.

Les résultats de nos analyses montrent une absence totale de ces microorganismes. L'absence totale de ces germes traduisent une absence de contamination fécale.

V.2.5. Interprétation des résultats de la dégustation

Avant de donner une appréciation de la bouillie, nous établissons un tableau dans lequel nous reprenons les mentions très bon et bon en pourcentage.

Tableau n°31 : Somme des mentions très bon et bon en pourcentage de la bouillie de la farine infantile formulée

Caractères	Somme des mentions très bon et bon (en %)
Goût	95
Odeur	70
Couleur	100
Consistance	30

Pour apprécier la bouillie fabriquée à partir de notre farine infantile, nous prenons d'un côté les qualificatifs : très bon et bon et de l'autre les qualificatifs : passable, mauvais et médiocre, ceci pour chaque caractère apprécié. Si la somme pour le groupe est supérieur à 50%, on se prononce en faveur de ce côté.

Ainsi, pour le goût de la bouillie, la somme des mentions très bon et bon est de 95%. Le goût de la bouillie est donc très apprécié. En effet, cette bouillie a un goût sucré préférée par les enfants. Le goût sucré est le résultat de l'ajout des bananes mûres (ubumaramasenge) et des carottes. Le sucre à ajouter dépend des individus surtout que la consommation sans sucre est très possible.

Pour l'odeur de la bouillie, la somme des mentions très bon et bon est de 70%. Cette odeur est appréciée par les dégustateurs.

Pour la couleur, la somme des mentions bon et très bon est de 100%. Les dégustateurs ont beaucoup apprécié la couleur de notre bouillie. Cette dernière est de couleur un peu jaune tendant au rose clair. Cette couleur est le résultat de l'ajout de carotte séchée.

La consistance n'a pas été appréciée. La somme des mentions très bon et bon est de 30%. La bouillie préparée à partir de 100g de farine et 800ml d'eau était très consistante. La majorité des dégustateurs ont proposé le changement des

proportions. Les proportions de 100g dans 850ml d'eau avaient une bonne consistance à condition que la bouillie reste chaude ou soit consommée juste après la préparation. La consistance est donc discutable puisqu'elle dépend de l'appréciation de l'individu.

D'une façon générale, la bouillie a été appréciée par les dégustateurs. Seulement, la préparation doit tenir compte des préférences de l'individu. Mais il faut remarquer qu'une bouillie très consistante n'est pas conseillée pour les enfants. Il faut faire une préparation fluide qui puisse être avalée facilement par l'enfant.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail a été effectué dans le souci de formuler une farine infantile améliorée aux fruits et légumes qui répond mieux aux besoins nutritionnels de l'enfant. La base de l'amélioration était une farine CNTA composée de maïs (45%), sorgho (35%) et soja (20%). Les fruits et légumes utilisés dans l'amélioration sont les bananes mûres (ubumaramasenge) et carotte du fait de leur teneur élevée en certains éléments minéraux et vitamines nécessaires à l'enfant. Ainsi, les proportions retenues sont de 60% farine CNTA, 10% carotte séchée et 30% purée de banane mûre. La farine obtenue présente une valeur nutritionnelle élevée spécialement en minéraux et glucides que nous avons analysés.

Les analyses nutritionnelles nous révèlent que le rapport phosphocalcique de la farine infantile formulée est de 1,13. D'après DEMOLON, 1961, les enfants ont besoin des aliments dont le rapport phosphocalcique est supérieur à 1. La consommation d'une bouillie préparée à partir de notre farine implique donc un apport phosphocalcique suffisant à l'enfant.

Le fer et le magnésium étant des minéraux que l'organisme de l'enfant a besoin en petite quantité mais très nécessaire. La satisfaction en ces éléments nécessite une quantité de bouillie préparée à partir de 500g de farine pour le fer et de 157,48g de farine pour le magnésium par jour.

La teneur en glucide de 72,19% de notre farine est élevée et s'avère nécessaire à l'enfant étant donné que les sucres sont des principales sources d'énergie et l'enfant en a besoin en grande quantité.

Du point de vue microbiologique, la farine infantile formulée présente une qualité hygiénique satisfaisante et peut être donnée aux enfants sans risque d'intoxication.

Etant donné la teneur en eau très basse, la farine peut être conservée sur une période de 2-4 mois à condition que la conservation s'effectue dans de bonnes normes sans risque de réhumidification.

Le contrôle des qualités organoleptiques et sensorielles effectué par la dégustation nous montre que la farine est préférée par sa saveur sucrée et sa couleur préférable (jaune tendant au rose clair).

Nous ne pouvons pas terminer ce travail sans émettre quelques recommandations :

- Aux pouvoirs publics, nous demandons de multiplier et équiper les laboratoires d'analyse et de contrôle de qualité alimentaire pour permettre l'étude plus approfondie sur les aliments en général et plus particulièrement ceux destinés aux enfants. Une éducation nutritionnelle est nécessaire à la population burundaise en général et aux mères en particulier en leur apprenant la valeur nutritive des produits locaux, ainsi que l'équilibre alimentaire devant guider la consommation de ces produits, les étroites relations entre les maladies nutritionnelles et l'alimentation chez l'enfant
- A l'ISABU et aux intervenants du secteur, il est demandé de sauvegarder, multiplier les semences et contribuer à la vulgarisation des fruits et légumes.
- Au CNTA, les recherches effectuées au sein de leur entreprise, devraient être portées à la connaissance de la population.
- Aux ONG ayant les services de nutrition dans leurs attributions, nous les exhortons de faire de leur mieux pour apprendre à nos populations la valeur nutritive de nos produits locaux et investir dans les petites industries de semi-transformation de ces derniers.
- A la population burundaise, nous l'invitons à ne plus se limiter à la consommation des farines infantiles importées, les farines issues de nos produits locaux sont aussi très nourrissantes, il faudra seulement une hygiène adéquate.

Ce travail n'a pas la prétention d'épuiser toutes les idées sur le sujet. Il serait bénéfique que les recherches futures viennent consolider et compléter notre travail afin de réduire les fuites de devises allouées à l'importation des farines infantiles.

Nous aurions aimé faire des analyses en vitamines pour voir l'apport des fruits et légumes utilisés mais le matériel de laboratoire nous a fait défaut. Une analyse économique serait nécessaire pour pouvoir comparer notre farine aux farines importées.

BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR, (1990) . *Contrôle de la qualité des produits alimentaires*, 4^{e} édition : contrôle microbiologique, Toulouse, 647 pages.
2. AGBESSI, H.D.S.,et DENON, M., (1987) . *Manuel de nutrition africaine :éléments de base appliqués*, Paris, 311 pages.
3. ALTERSIAL, (1981). *Nourrir autrement*, Paris, 255 pages.
4. APFELBAUM, M., FORRAT,C. et NILLUS, P. (1989) . *Diététique et nutrition*,2ème édition, Paris, 473 pages.
5. ASSIEDU, (1991). *Le contrôle de la qualité dans l'industrie alimentaire*, Genève, 214 pages.
6. BASICS, (1997). *Nutrition communautaire*, Dakar-Sénégal, 17 pages.
7. BELLIOT , M.C., CACHIA, H. et MACHINOT, S.,(1986). *Diététique infatile*, Paris, 111 Pages
8. BERNARD, A., (1992) . *Aspects nutritionnels des constituants. Influence des technologies*, Paris, 313 pages.
9. BIT, (1990) . *Conservation des légumes à petite échelle*, Genève, Suisse, 167 pages.
10. BOURGEOIS, C.M. et LARPENT,J P., (1986) . *Aliments fermentés et fermentations alimentaires*, Tome 2, Paris, 352 pages.
11. BRIEND, A., (1985) . *Prévention et traitement de la malnutrition*, Paris, 147 pages.
12. BUZOYA, E., (2004). *Essais de transformation de la patate douce au Burundi. « Cas des cosettes de la farine et ses dérivées »*, Mémoire FACAGRO, 78 pages.
13. CHARLES, A. et LINDEN , G., (1997) . *Abrégé de biochimie alimentaire*, Paris, 247 pages
14. CHATEREAUX,J.et NICOUR,(1991). *Le sorgho*, édition maison neuve et Larose,Wangeningen CTA,159 pages.
15. CHRISTINE et JOFFIN ,J.N., (1995) . *Microbiologie alimentaire.* Techniques documentation, Lavoisier, Paris, 186 pages.
16. CLAUDE,A. et GHISLAIN,G.,(1982).*Les céréales et le maïs*, Presses de l'Université de Laval de Québec, 219 pages.
17. CNTA, (1993). *Guide des méthodes d'analyse*, 2^{e} édition, Bujumbura, 67 pages.
18. CODEX 1, (1990) . *Normes codex pour les céréales, les légumes secs. les légumineuses et les produits dérivés*, Paris, Volume XVIII, Supplément.186 pages

19. DEMOLON, A., (1961) .*Le phosphore et la vie*, Nouvelle édition, Revue et corrigé par Louis CARPENTIER, Presses Universitaires de France, Paris, 125 pages.

20. DUPIN, H., CUQ, J.L, MALEWIAK, M.I, LEYINAUD- ROUAUD, C. et BERTHIER, A.M (1992). *Alimentantion et nutrition humaine*, ESF éditeur, Paris,1533 pages.

21. FAO, (1981) . *Le rôle des graisses et huiles alimentaires en nutrition humaine*, Rome, 114 pages.

22. FAO, (1986) . *Amélioration et production du maïs. du sorgho et du mil*, Volume 1 principes généraux, Rome, 221 pages.

23. FAO, (1990). *Utilisation des aliments tropicaux* : *Céréales*, Rome, 65 pages.

24. FAO, (1993) .*Le maïs dans la nutrition humaine*, Rome, 174 pages.

25. FAO, (1995) .*Le soja dans les tropiques. Amélioration et production,* Rome, 274 pages

26. FAO, (1995). *Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine*, Rome, 197 pages.

27. FAO, (1998). *Education nutrionnelle du public,* Paris, 238 pages.

28. FAO, (2002). *Améliorer la nutrition grâce aux jardins potagers*, Rome, 291 pages

29. GAHURURA, E. et NKUNDABAHIZI, D., (2001) .*Contribution à la fabrication d'aliments locaux nutritionnellement complets (6 mois à 10 ans),* Mémoire ISA, 86 pages.

30. HENDERICKX, H.B., (1991).*Table de composition des aliments du Burundi,* Université du Burundi, Bujumbura, 15 pages.

31. ISABU, (1987). *Analyse des végétaux et des aliments, mode opératoire*, Bujumbura, juillet, 76 pages.

32. JOSIS, P., LECLERCQ, D., RURADUMA, C., (1987). *Qualités et utilisations du manioc enrichi en protéines par fermentation fongique,* Projet Technologie Manioc, ISABU, 25 pages.

33. JOSUE de Castro, (1964) .*Géographie de la faim*, Paris, 342 pages.

34. KABONEKA, D., (2001). *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et organoleptique des farines de sevrage fabriquées artisanalement au Burundi : cas des farines de maïs. blé. sorgho et soja*, Mémoire, FACAGRO, 78 pages.

35. KARIBURYO, J.M., (1993). *Une étude de sevrage à Bujumbura*, Thèse Médecine, 110 pages.

36. KARTHALA, (1991) . *La transformation des produits agricoles en zones tropicales, Approche technologique*, Paris, 335 pages.

37. LEMMONNIER D. et al., (1991). *Alimentation et nutrition dans les pays en développement, 4e journée scientifique internationale du Germ, Karthala, ACCT et AUPELF*, Paris, 741 pages.

38. MEYERS, (1992) .*Géographie de la faim*, Paris, 342 pages.

39. MINAGRI, (2002-2004). *Plan d'Action Triennal 2002-2004*, Bujumbura, 68 pages.

40. MUCHNIK, J. et VINCK, D., (1984) . *La transformation du manioc*, Technologies autochtones, Paris, 172 pages.

41. MURRAY, R.V, GRANNER, D.K, MAYES, P.A et RODWELL, V, W, (1995). *Précis de Biochimie*, 23ème édition, Paris, Québec, 919 pages.

42. NDAHINDURWA, F. et NIKOBAMYE, N., (1986). *La situation nutritionnelle de la région de Remera*, Mémoire, FACAGRO, 87 pages

43. NITUNGA, C., (2003). *Contribution à l'étude de la valeurnutritionnelle et de la qualité microbiologique de la farine donnée aux malnourris : cas du site des déplacés de MUSHARA (MABANDA)*, Mémoire, faculté des Sciences, Département de Biologie, 52 pages

44. NIYONGABO, V., (1998). *Contribution à l'étude de la substitution partielle de la farine de blé par les farines de maïs, de manioc et de riz, avec l'amélioration nutritionnelle par la farine de soja dans la panification*, Mémoire ISA, 60 pages.

45. NKURUNZIZA, R., (1999). *Contribution à l'étude de la transformation des produits agro-alimentaires : mise au point d'une farine de sevrage pour enfants*, Mémoire, FACAGRO, 90 pages.

46. NYANDWI, G., (2003) . *Contribution à la sélection de nouvelles variétés de blé pour la région naturelle de MUGAMBA*, Mémoire, FACAGRO, 75 pages. .

47. OIT, (1990). *Conservation des fruits à petite échelle.* Série technologie. Dossier technique n°14, BIT, 226 pages.

48. ONUDI, (1990). *Production de farine de maïs à petite échelle.* Dossier technique n°7, Paris, 120 pages.

49. RAEMACKERS, R.H., (2001). *Agriculture en Afrique tropicale*, Bruxelles, Belgique, 700 pages.

50. ROBERT, D., (1989) .*Terres et vivres : concilier protection et production.* CTA, 96 pages.

ANNEXES

Table de LUFF-SCHOORL

Cm^3 de $Na_2S_2O_3$ 0,1N	Glucose fructose investis en mg	Galactose en mg	Maltose en mg	Lactose anhydre en mg	Lactose hydraté en mg
1	2,4	2,7	3,9	3,6	3,8
2	4,8	5,5	7,8	7,3	7,7
3	7,2	8,3	11,7	11,0	11,6
4	9,7	11,2	15,6	14,7	15,5
5	14,7	17,0	23,5	22,1	23,3
6	17,2	20,0	27,5	25,8	27,2
7	19,8	23,0	31,5	29,5	31,1
8	22,4	26,0	35,5	33,2	35,0
9	25,0	29,0	39,5	37,0	39,0
10	27,6	32,0	43,5	40,8	43,0
11	30,0	35,0	47,5	44,6	47,0
12	33,0	38,1	51,6	48,4	51,0
13	35,7	41,2	57,7	52,2	55,0
14	38,5	44,4	59,7	56,0	59,0
15	41,3	47,6	63,9	59,9	63,1
16	44,2	50,8	68,2	63,8	67,2
17	47,1	54,0	72,2	67,7	71,3
18	50,0	57,3	76,5	71,7	75,5
19	53,0	60,7	80,9	75,7	79,7
20	56,0	64,2	85,4	79,8	84,0
21	59,1	67,7	90,0	83,9	88,3
22	62,2	71,3	94,6	88,0	92,6

Les besoins nutritionnels chez l'homme. (MURRAY R.V, 1995).

ésignation	Age	Poids	Taille	Protéines	Vitamines liposolubles				Vitamines hydrosolubles				Minéraux			
	(années)	(kg)	(cm)	(g)	vit A (µg)	Vit D (mg)	Vit E (mg)	Vit C (mg)	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	I (µg)
ourrissons	0,0 - 0,5	6	60	kg x 2,2	420	10	3	35	0,3	0,4	360	240	50	10	3	40
	0,5 - 1,0	9	70	kg x 2,0	400	10	4	35	0,5	0,6	540	360	70	15	5	50
nfants	1 - 3	13	90	23	400	10	5	45	0,7	0,8	800	800	150	15	10	70
	4 - 6	20	112	30	500	10	6	45	0,9	1,0	800	800	200	10	10	90
	7 - 10	28	132	34	700	10	7	45	1,2	1,4	800	800	200	10	10	120
ommes	11 - 14	45	157	45	1000	10	8	50	1,4	1,6	1200	1200	350	18	15	150
	15 - 18	66	176	56	1000	10	10	60	1,4	1,7	1200	1200	400	18	15	150
	19 - 22	70	177	56	1000	7,5	10	60	1,5	1,7	800	800	350	10	15	150
	23 - 50	70	178	56	1000	5	10	60	1,4	1,6	800	800	350	10	15	150
	51+	70	178	56	1000	5	10	60	1,2	1,4	800	800	350	10	15	150
emmes	11 - 14	46	157	46	800	10	8	50	1,1	1,3	1200	1200	300	18	15	150
	15 - 18	55	163	46	800	10	8	60	1,1	1,3	1200	1200	300	18	15	150
	19 - 23	55	163	44	800	7,5	8	60	1,1	1,3	800	800	300	18	15	150
	23 - 50	55	163	44	800	5	8	60	1,1	1,2	800	800	300	18	15	150
	51+	55	163	44	800	5	8	60	1,1	1,2	800	800	300	10	15	150
rossesse				+30	+200	+5	+2	+20	+0,4	+0,3	+400	+400	+150	*	+5	+25
ctation				+20	+400	+5	+3	+40	+0,5	+0,5	+400	+400	+150	*	+10	+50