

2023-04

Détermination de la valeur nutritionnelle du manioc sèche au soleil (akambaranga) de la province de Makamba

NIYOKWIZERA, Nadine

UB

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/520>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES
ALIMENTS
MASTER EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS



DETERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE DU MANIOC
SECHE AU SOLEIL (AKAMBARANGA) DE LA PROVINCE DE
MAKAMBA

Par: Nadine NIYOKWIZERA

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du diplôme
de master en Sciences et Technologie des Aliments

Option : Technologie post-récolte

Sous la direction de :

Dr. Ir Jonathan NIYUKURI

Bujumbura, Avril 2023

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président : Dr. Ir KARIKURUBU Jean Félix

Secrétaire : Prof. NZIGAMASABO Aloys

Directeur : Dr. Ir NIYUKURI Jonathan

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant ;

A mon cher époux Ladislas NDIKUMANA ;

A mes chers parents ;

A mes chers frères et sœurs ;

A mon Fils Béni - Eben NDIKUMANA ;

A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce mémoire

Nadine NIYOKWIZERA

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, j'aimerais d'abord remercier Dieu le Tout Puissant qui m'a accordé le courage, la patience et la santé tout au long de mon cursus académique.

Aussi, il m'est agréable d'exprimer mes vifs sentiments de reconnaissance à l'égard de toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.

Mes sincères remerciements sont aussi adressés à mon Directeur de mémoire Dr. Ir Jonathan NIYUKURI qui, malgré son calendrier très chargé a accepté de guider mes pas de recherche du début à la fin. Sa rigueur scientifique, ses conseils judicieux, sa gentillesse et écoute, son amour du travail m'a été d'une grande utilité.

Je remercie également tous mes enseignants depuis l'école primaire jusqu' à l'Université du Burundi, plus particulièrement ceux du département de Sciences et Technologie des Aliments.

Mes remerciements sont également adressés à mes parents qui, en m'envoyant à l'école, ont jeté les premiers jalons de ce travail ; mes frères et sœurs, qui ont contribué à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici la récompense de leurs efforts.

Que Monsieur Ladislas NDIKUMANA trouve dans ce travail une joie particulière et reçoive également toute ma gratitude pour les bienfaits et tendresses qu'il m'a comblés. Qu'il considère ce travail comme son succès pour lequel il a investi toutes les qualités d'un bon époux et père de famille.

J'aimerais remercier aussi le personnel du laboratoire d'analyse des sols et des produits agroalimentaires de l'ISABU, de la CNTA et de la Bibliothèque centrale pour leur franche collaboration.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail plus particulièrement aux collègues étudiants de la FABI surtout ceux de la STA pour une bonne collaboration qu'ils m'ont témoignés, merci.

RESUME

Au Burundi, le traitement traditionnel des racines de manioc comporte plusieurs opérations, dont le séchage au soleil des cossettes de manioc qui va donner une farine appelée Akambaranga. Le but de ce travail était d'évaluer l'influence de la transformation du manioc en farine d'Akambaranga sur la composition physico-chimique et de constituer une base de données qui va permettre la fortification de la farine d'Akambaranga. Pour y arriver, des échantillons du manioc séchés ont été collectés afin de subir des analyses physicochimiques au laboratoire d'analyse chimique du Centre National de Technologie Alimentaire (C N T A) et celui des sols et produits agro-alimentaires de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU). Les teneurs en eau et en cyanure d'hydrogène, ont été déterminés par les normes AOAC (2019) et ISO 2164 (1975). Les protéines ont été déterminées par la méthode Kjeldahl. Les sucres réducteurs et sucres totaux par la Méthode du réactif de Luff-Schoorl et les minéraux par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA).

Les résultats d'enquête ont montré que le manioc est parmi les aliments de base les plus consommés (100%) dans la province de Makamba avec un taux de préparation de la farine d'Akambaranga qui s'élève à 21,6%. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré une diminution des teneurs en cyanure d'hydrogène, eau, protéines, potassium, zinc et une augmentation des teneurs en fer, calcium, magnésium, phosphore tandis que les teneurs en manganèse, cuivre, sucres réducteurs n'ont pas varié. Les résultats variaient de $7,66 \pm 0,02$ à $9,13 \pm 0,08\%$; $1,18 \pm 0,07\%$ à $1,59 \pm 0,01\%$; $1,15 \pm 0,12$ à $2,45 \pm 0,28\%$; $4,64 \pm 0,20$ à $6,50 \pm 0,02\%$ et $2,62 \pm 0,04\%$ à $3,19 \pm 0,03\%$ respectivement pour les teneurs en eau, en cyanure, en protéines, en sucres totaux et en sucres réducteurs. Les teneurs en sels minéraux variaient de $135,78 \pm 1,34$ à $476,33 \pm 2,07$ mg /kg ; $452,99 \pm 75,19$ à $557,73 \pm 3,81$ mg /kg ; $399,84 \pm 6,84$ à $543,51 \pm 2,54$ mg /kg ; $619,79 \pm 92,50$ à $818,23 \pm 0,99$ mg /kg ; $2974,02 \pm 6,71$ à $8530,47 \pm 0,86$ mg /kg ; $1,38 \pm 0,03$ à $2,39 \pm 0,086$ mg /kg ; $632,10 \pm 5,26$ à $851,00 \pm 2,55$ mg /kg ; $1,66 \pm 0,03$ à $2,10 \pm 0,03$ mg /kg et $3,51 \pm 0,06$ à $5,21 \pm 0,35$ mg /kg respectivement pour le fer, calcium, magnésium, sodium, potassium, manganèse, phosphore cuivre et zinc. Les aflatoxines étaient absentes. Ce travail va permettre aux industriels et à toute personne qui désirera d'œuvrer dans le domaine de la fortification de la farine d'Akambaranga d'avoir des données sur sa composition nutritionnelle.

Mots clés : Manioc, farine d'Akambaranga, Besoins nutritionnels, fortification.

ABSTRACT

In Burundi, the traditional processing of cassava roots involves several operations, including the sun-drying of cassava chips which will give a flour called Akambaranga. The aim of this work was to evaluate the influence of the transformation of cassava into Akambaranga flour on the physico-chemical composition and to constitute a database which will allow the fortification of Akambaranga flour. To achieve this, samples of dried cassava were collected in order to undergo physicochemical analyzes at the chemical analysis laboratory of the National Center for Food Technology (C N T A) and that of soils and agro-food products of the Institute of Agronomic Sciences of Burundi (ISABU). The water and hydrogen cyanide contents were determined by the AOAC (2019) and ISO 2164 (1975) standards. Proteins were determined by the Kjeldahl method. Reducing sugars and total sugars by the Luff-Schoorl reagent method and minerals by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).

The survey results showed that cassava is among the most consumed staple foods (100%) in Makamba province with an Akambaranga flour preparation rate of 21.6%. The results of the physico-chemical analyzes showed a decrease in the contents of hydrogen cyanide, water, proteins, potassium, zinc and an increase in the contents of iron, calcium, magnesium, phosphorus while the contents of manganese, copper, reducing sugars did not vary. The results ranged from 7.66 ± 0.02 to $9.13 \pm 0.08\%$; $1.18 \pm 0.07\%$ to $1.59 \pm 0.01\%$; 1.15 ± 0.12 to $2.45 \pm 0.28\%$; 4.64 ± 0.20 to $6.50 \pm 0.02\%$ and $2.62 \pm 0.04\%$ to $3.19 \pm 0.03\%$ respectively for the water, cyanide, protein and total sugar contents and reducing sugars. Mineral salt contents varied from 135.78 ± 1.34 to $476.33 \pm 2.07 \text{mg/kg}$; 452.99 ± 75.19 to $557.73 \pm 3.81 \text{mg/kg}$; 399.84 ± 6.84 to $543.51 \pm 2.54 \text{mg/kg}$; 619.79 ± 92.50 to $818.23 \pm 0.99 \text{mg/kg}$; 2974.02 ± 6.71 to $8530.47 \pm 0.86 \text{mg/kg}$; 1.38 ± 0.03 to $2.39 \pm 0.086 \text{mg/kg}$; 632.10 ± 5.26 to $851.00 \pm 2.55 \text{mg/kg}$; 1.66 ± 0.03 to $2.10 \pm 0.03 \text{mg/kg}$ and 3.51 ± 0.06 to $5.21 \pm 0.35 \text{mg/kg}$ respectively for iron, calcium, magnesium, sodium, potassium, manganese, phosphorus copper and zinc. Aflatoxins were absent. This work will allow manufacturers and anyone who wishes to work in the field of Akambaranga flour fortification to have data on its nutritional composition.

Keywords: Cassava, Akambaranga flour, nutritional needs, fortification.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY.....	i
DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME	iv
ABSTRACT.....	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xi
AVANT-PROPOS	xiii
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.1. GENERALITES SUR LE MANIOC.....	3
I.1.1. Origine et description du manioc	3
I.1.2. Principales utilisations	3
I.1.3. Composition physicochimique.....	4
I.1.4. Toxicité du manioc.....	4
I.1.5. Méthodes de détoxification du manioc	5
I.2. Les Besoins nutritionnels de l’homme.....	7
I.3. La fortification des aliments.....	8
I.4. Fortification de la farine de manioc	8
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	10
II. 1. Présentation du milieu d’étude	10
II.2. Population cible	11
II.3. Matériel.....	11
II.4. Méthodes de collecte des données et des échantillons	12
II.4.1. Collecte des données.....	12

II.4.2. La collecte des échantillons	13
II.5. Les méthodes d'analyses chimiques	13
II.5.1. Détermination de la teneur en acide cyanhydrique.....	13
II.5.2. Détermination de la teneur en eau	14
II.5.3. Détermination de la teneur en aflatoxines	14
II.5.4. Détermination des teneurs en sucres totaux (TST) et teneurs en sucres réducteurs (TSR).....	14
II.5.5. Analyse de la teneur en protéines (TProt)	14
II.5.6. Détermination de la teneur en éléments minéraux.....	14
CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS	16
III.1. Résultats d'enquête.....	16
III.1.1. Les aliments de base consommés dans la province de Makamba	16
III.1.2. Modes de transformation de manioc dans la province de Makamba	17
III.1.3. Fréquence de consommation journalière d'Akambaranga dans la province de Makamba.....	19
III.2 Résultats d'analyse de la composition physicochimique d'Akambaranga.....	19
III.2.1. Teneurs en eau	20
III.2.2. Acide cyanhydrique.....	20
III.2.3. Teneurs en protéines.....	20
III.2.4. Teneurs en sucres totaux	21
III.2.5. Teneurs en sucres réducteurs.....	21
III.2.6. Teneurs en fer	21
III.2.7. Teneurs en calcium.....	22
III.2.8. Teneurs en magnésium	22
III.2.9. Teneurs en sodium.....	22
III.2.10. Teneurs en potassium	23
III.2.11. Teneurs en Manganèse	23
III.2.12. Teneurs en phosphore.....	23

III.2.13. Teneurs en cuivre	23
III.2.14. Teneurs en zinc	24
III.2.15. Teneurs en aflatoxines	24
III.3. Résultats de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Mabanda.	26
III.4. Résultats d’analyse de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Kayogoro	27
III.5. Résultats de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Makamba	28
III.6. Comparaison des collines par Classification de la Composante Principale (ACP).....	29
III.7. Formule de fortification de la farine d’Akambaranga destinée aux femmes enceintes	30
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exigences relatives aux niveaux de vitamines et de minéraux dans la farine de manioc fortifiée au Burundi.	9
Tableau 2 : Résultats de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans province de Makamba	25
Tableau 3 : Résultats de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Mabanda	26
Tableau 4 : Résultats d’analyse de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Kayogoro	27
Tableau 5 : Résultats de la composition physico-chimique d’Akambaranga produit dans la commune de Makamba	28
Tableau 6 : Formule de fortification de la farine d’Akambaranga destinée aux femmes enceintes	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique de la Province de Makamba.....	10
Figure 2 : Aliments de base consommés en province de Makamba.....	17
Figure 3 : Modes de transformation de manioc en province de Makamba.....	18
Figure 4 : Fréquence de consommation journalière d'Akambaranga dans la province de Makamba	19
Figure 5 : Comparaison des collines par Classification de la Composante Principale (ACP) ...	30

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
°C	: degré Celsius
AET	: l'apport énergétique total
AGPI	: acides gras polyinsaturés
AOAC	: Association of official analytical chemists
BBN	: Bureau Burundais de Normalisation
Ca	: Calcium
CLHP	: Chromatographie Liquide à Haute Performance
CNTA	: Centre National de Technologie Alimentaire.
Cu	: cuivre
ENAB	: Enquête Nationale Agricole du Burundi
et al.	: Et ses collaborateurs
FABI	: Faculté d 'Agronomie et de Bio-Ingénierie
FAO	: Food and Agriculture Organisation /Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation
Fe	: Fer
G	: gramme
HCN	: Cyanure d'Hydrogène
ISABU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.

ISTEEBU	: Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
K	: potassium
Kg	: kilogramme
MAG	: Malnutrition Aigüe Globale
mg	: milligramme
Mg	: magnésium
Mn	: manganèse
MS	: matière sèche
Na	: Sodium
NaFeEDTA	: Acide éthylènediaminetétraacétique de fer sodique
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
P	: phosphore
Ppm	: parties par million
RDC	: République Démocratique du Congo
SAA	: Spectrophotométrie d'Absorption Atomique
sp	: Espèce
STA	: Sciences et Technologie des Aliments
TPr	: Teneurs en protéines
Zn	: Zinc
µg	: microgramme
SE	: Erreur standard
HCA	: Analyse de clustering hiérarchique

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire est dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de master en Sciences et Technologies des Aliments, option de technologie post récolte.

L'idée de cette étude est venue du fait que Akambaranga est l'un des aliments à base de manioc largement consommé au Burundi mais qu'il semble y avoir peu ou pas d'informations sur sa composition nutritionnelle.

La présente étude vise à déterminer de la composition physico-chimique et nutritionnelle de la farine d'Akambaranga et de constituer une base de données utile qui permettra l'amélioration de la qualité nutritionnelle afin que ce dernier soit un aliment complet capable de contribuer à la lutte contre les maladies liés au déséquilibre alimentaire qui, actuellement, constituent des problèmes majeurs pour la santé de la population plus particulièrement dans la province de Makamba et dans tout le pays en général.

INTRODUCTION GENERALE

Depuis plusieurs décennies, l'alimentation étant un des besoins primaires de l'homme et la production agricole, une des premières activités à laquelle l'homme s'est livré pour la satisfaction de ses besoins en nourriture (SAH et al., 2018). Plus de 805 millions de personnes souffrent de faim à travers le monde parmi lesquelles 791 millions en Afrique subsaharienne. La recrudescence de la faim au niveau mondial se manifeste à travers les crises alimentaires dont le nombre, au cours des 20 dernières années, a augmenté d'une moyenne de 15% à plus de 30% par an. La persistance et la prévalence de la faim dans certains pays sont particulièrement préoccupantes. Depuis les années 2006 voire 2008, les pays d'Europe, d'Asie, d'Amérique et d'Afrique avaient besoins d'une aide extérieure pour faire face à l'insécurité alimentaire (Koffi et al., 2016). Le manioc, est l'une des principales cultures de tubercules cultivées dans plusieurs pays et est un aliment de base pour de nombreuses populations, notamment dans les pays tropicaux et subtropicaux. La majeure partie de la production mondiale de manioc est destinée à la consommation humaine, les autres principales utilisations étant l'alimentation animale et l'industrie de l'amidon (Balagopalan et al., 2018 ; Philippe et al., 2018). La production mondiale du manioc a été estimée à 25 millions de tonnes en 2012, dont un volume de 146 millions de tonnes en provenance de l'Afrique, soit 57 % de cette production (FAO, 2013). Au Burundi, selon les résultats de l'ENAB plus de 80 % de la population vit au dépend de l'agriculture pour sa survie et le manioc est parmi les denrées alimentaires de base qui occupe une place considérable parmi les autres plantes à tubercules (ISTEEBU, 2019). Les racines de manioc sont transformées en produits tels que l'Ubuswage, l'Imikembe, l'Inyange, l'Ikivunde, l'Akambaranga et l'Isombe (Nzigamasabo & Zhou, 2006c). Des données sur le manioc montrent que ce dernier a des insuffisances surtout en protéines, en vitamines et en sels minéraux qui limitent son utilisation en tant qu'aliment de base. A cela s'ajoutent des glucosides cyanogéniques qui sont toxiques pour le consommateur.

A fortes doses, ils peuvent entraîner la mort et lorsqu'ils sont consommés à faibles doses mais de façon chronique (alimentation basée quasi exclusivement sur le manioc, sans accompagnement de protéines), ils peuvent bloquer l'absorption d'iode par les glandes thyroïdiennes avec formation de goitre. Ils peuvent aussi entraîner des retards de la croissance (crétinisme) et du développement psycho-moteur des enfants, des troubles visuels et de la fatigue musculaire (Philippe et al., 2018).

Différentes opérations de transformation du manioc permettent d'éliminer la très grande majorité des cyanures, ou de les réduire jusqu'à des niveaux non toxiques pour la consommation

(Padmaja, 1995 ; Panghal et al., 2019). Bien que parmi les opérations menées pour la transformation du manioc dont le séchage contribue à l'amélioration des qualités texturales et à l'élimination du cyanure (Philippe et al., 2018 ; Nzigamasabo et al., 2006c) ; ses dérivés c'est-à-dire les cossettes et la farine mais également pour les autres produits issus du manioc montrent des insuffisances liées à des teneurs en besoins indispensables à la santé de l'homme (Philippe et al., 2018). Sachant qu'au Burundi, le manioc est un aliment de base et que des statistiques sur la situation nutritionnelle ont montré que la malnutrition constitue un réel problème de santé publique (ISTEEBU, 2019), l'enrichissement de la farine du manioc d'Akambaranga pourrait contribuer à la lutte contre la malnutrition.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif globale de notre étude par contribution à l'amélioration de la farine d'Akambaranga et plus spécifiquement :

- La détermination de la composition physico-chimique et nutritionnelle de la farine d'Akambaranga ;
- L'analyse de l'influence du séchage au soleil sur la composition physico-chimique et nutritionnelle de la farine d'Akambaranga ;
- La mise en place d'une formule de fortification de la farine d'Akambargfanga.

Ainsi, notre travail s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre relate une synthèse bibliographique sur le manioc ;
- Le second chapitre porte sur le matériel et méthodes, définit les critères de choix du milieu d'étude ainsi que la localisation des sites d'échantillonnage ;
- Le troisième chapitre présente les résultats de l'enquête et des analyses faites au laboratoire ainsi que leur interprétation.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. GENERALITES SUR LE MANIOC

I.1.1. Origine et description du manioc

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est une plante à racines originaire d'Amérique tropicale, plus précisément dans le nord-est et le centre du Brésil (Lenis et al., 2006).

Le manioc a été premièrement introduit en Afrique, après la conquête des américains par les Portugais au 16^{ème} siècle et plus tard en Asie au 17^{ème} siècle. Le manioc appartient dans le Règne végétal ; l'embranchement des cormophytes (végétaux à racines, tiges et feuilles), le sous-embranchement des angiospermes, la Classe des dicotylédones ; la Sous-classe des rosidae ; l'Ordre des euphorbiales ; la Famille des euphorbiaceae ; le Genre des Manihot (Panghal et al., 2019). Le manioc se propage par voie végétative (boutures de la tige), il est aussi susceptible de se reproduire par voie sexuée (Pinton et al., 2002).

Le manioc est une plante vivace poussant à une hauteur allant de 1 à 5 m avec des tiges ramifiées à trois noyaux simples ou à plusieurs niveaux. Cependant, des variations dans le port des ramifications et la couleur des tiges et des pétioles peuvent être remarquées parmi les cultivars. Les feuilles sont profondément palmées et les racines sont élargies par le dépôt de cellules d'amidon qui constituent la principale source de nourriture. La tubérisation se produit généralement entre le 45^e et le 60^e jour après la plantation et le gonflement des tubercules est un processus continu (Balagopalan et al., 2018). Le manioc s'accommode à des terres médiocres, procure toujours des rendements, s'adapte aux aléas climatiques, résiste aux maladies et aux attaques des prédateurs (Ceballos et al., 2006).

I.1.2. Principales utilisations

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est un aliment de base pour de nombreuses populations, notamment dans les pays tropicaux et subtropicaux. Cela est dû au fait que cette plante est facilement cultivable, peu exigeante en intrants et que sa récolte s'étale sur une longue période, facilitant ainsi un accès régulier des populations à cette matière première. De plus, c'est un aliment très énergétique, fournissant 159kcal d'énergie alimentaire par 100 g de portion comestible (Philippe et al., 2018). Le manioc est utilisé pour l'alimentation humaine et animale.

Il sert de matière première dans les industries pour la production d'éthanol, de vinaigre, d'adhésifs, de textiles et en imprimerie. Selon Lancaster et al., (1982), cette racine est consommée sous diverses formes : crue, cuite ou transformée.

En Afrique, les produits dérivés de la transformation sont variés et diffèrent selon les zones : cossettes, farine brute, gari, tapioca, etc.

Dans l'industrie, le manioc sert à la préparation de la fécule, du tapioca, de pâtisseries, de pâtes alimentaires, mais aussi de colles, de textiles et d'éthanol grâce à sa forte teneur en amidon etc.... De même, la farine de manioc peut être utilisée comme adjuvant dans l'industrie de la bière mais peut être mélangée à l'argile et être utilisée comme ciment. Par ailleurs, le manioc est très utilisé dans l'alimentation des animaux d'élevage sous formes de cossettes, farine (Phillipe et al., 2018).

I.1.3. Composition physicochimique

La teneur en eau des racines varie entre 51 et 71 % ; celle des sucres, entre 30 et 35 % MS et les protéines entre 0,6 et 2,6 % MS (Okezie & Kosikowski, 1983). L'amidon est le constituant majeur des hydrates de carbone avec des teneurs comprises entre 64 et 87 % MS, l'une des caractéristiques de l'amidon de manioc est sa faible teneur en amylose : environ 17 % MS, comparée aux amidons de pomme de terre (22 % MS) et de maïs (21 % MS) (Diallo et al., 2013). Le manioc est relativement riche en vitamine C et en calcium mais pauvre en protéines et autres vitamines et minéraux (Lancaster et al., 1982). D'après Kawano et al., (1987), la racine de manioc fraîche a de la matière sèche en moyenne de 40% et environ 90 % de cette matière sèche des racines est constitué de glucides, avec 4% de fibres brutes, 3% de cendres, 2% de brut protéines.

Ainsi, l'apport nutritif du manioc est donc considérable : il est riche en calories et peut être très utile pendant les périodes de soudure. Cependant, il a été démontré que les racines présentent une certaine toxicité liée à l'occurrence de composés cyanogéniques, facteurs antinutritionnels qui viennent s'ajouter à la faible teneur du manioc en protéines, en vitamines et minéraux (Diallo et al., 2013). La composition nutritionnelle du manioc dépend de la partie spécifique de la plante (les racines ou les feuilles), de la localité géographique, de la variété, de l'âge de la plante et des conditions environnementales de la plante (Lancaster et al., 1982 ; Philippe et al., 2018).

I.1.4. Toxicité du manioc

Les racines de manioc présentent une certaine toxicité liée à l'occurrence de composés cyanogéniques, facteurs antinutritionnels (Diallo et al., 2013) . Ces glucosides cyanogéniques agissent comme des facteurs d'auto- défense pour la plante, contre des prédateurs ou des parasites, ou encore comme une réaction d'adaptation à un environnement hostile (réserves de

nutriments pour lutter contre un stress hydrique ou dans un sol peu fertile). Ces glucosides sont toxiques pour le consommateur et à fortes doses, ils peuvent entraîner la mort (Philippe et al., 2018). Les glucosides cyanogéniques, en tant que tels, ne sont pas toxiques, mais une fois ingérés par l'homme, ils subissent une décomposition en acide cyanhydrique par les enzymes de la flore intestinale (Diallo et al., 2013).

La teneur en acide cyanhydrique fixée par la FAO doit être inférieure ou au plus égale à 10 mg HCN.kg⁻¹ de produit (Rosling H., 1994). La teneur en composés cyanogéniques varie avec l'organe de la plante, l'âge, la variété et les conditions environnementales comme le sol, l'humidité et la température (Nzigamasabo & Zhou, 2006a ; Philippe et al., 2018).

I.1.5. Méthodes de détoxification du manioc

En Afrique, le traitement traditionnel des racines de manioc comporte plusieurs opérations, dont le pelage, le râpage, la fermentation (dans de l'eau ou dans un sac), l'ébullition, la friture, le séchage au soleil et le broyage, selon les produits que l'on veut préparer (gari, fufu ou chikwangu). Les racines de manioc sont traitées traditionnellement par un certain nombre de méthodes qui varient considérablement d'une région à l'autre et en général, toutes ces techniques sont destinées à réduire la toxicité et à améliorer l'appétence et la conservation du manioc (Gidamis et al., 1993).

Les substances dont dépend cette toxicité du manioc sont normalement réduites à des niveaux négligeables par une transformation efficace (Padmaja, K. Steinkraus, 1995).

Dans le Codex Alimentarius, la limite de sécurité pour les cyanogènes dans le manioc a été fixée à 10 mg d'équivalents de cyanure par kilogramme de poids sec, ce qui signifie qu'un individu adulte avec une consommation de 0,5 kg de farine de manioc sèche par jour est exposé à environ 5 mg de cyanure (Rosling, 1994).

I.1.5.1. Détoxification du manioc par la fermentation sèche

La fermentation sèche est un processus important dans la préparation de nombreux produits à base de manioc en Afrique. La fermentation reste la méthode la plus utilisée et elle est responsable de la stabilité du produit, du développement de la saveur et de l'élimination du cyanure (Westby, 1994). La fermentation sèche est pratiquée dans certaines parties de l'Afrique pendant la saison de sécheresse et dans le Pacifique sud comme moyen de réduire le cyanure.

Les racines de manioc sont couvertes en tas jusqu'à ce que les moisissures se développent et que les racines ramollissent (Balagopalan et al., 2018; Muzanila et al., 2000).

Au Burundi, la technique de fermentation sèche est beaucoup plus utilisée dans la préparation du manioc et permet d'obtenir un produit fermenté appelé Inyange résultant essentiellement de l'activité des moisissures. Les racines de manioc sont épluchées, lavées et coupées en petits morceaux et puis ils sont séchés au soleil pendant une journée ou deux jours. Ils sont mis en tas et recouverts de paille. La fermentation dure au moins cinq jours. La fin de la fermentation est marquée par l'apparition de moisissures à la surface des morceaux de manioc et le moelleux de la racine. Une saveur attrayante se développe pendant la fermentation. Les morceaux fermentés sont séchés au soleil après avoir gratté le moule, après quoi ils sont pilés dans un mortier en bois avec un pilon (actuellement on utilise des moulins) et tamisés pour obtenir une farine de couleur légèrement foncée appelée Inyange. Les moisissures impliquées dans la fermentation sont responsables de la couleur et de la saveur de la farine (Hahn, 1989; Nzigamasabo et al., 2006a). En plus de la réduction du taux de cyanure, la fermentation du manioc entraîne des changements perceptibles au niveau physique, caractéristiques biochimiques et fonctionnelles, mais également à l'amélioration de ses qualités texturales (Hahn, 1989; Padmaja et al., 1994).

I.1.5.2. Détoxification du manioc par séchage au soleil

Les racines fraîches sont épluchées, découpées, lavées et puis exposés au soleil pendant 8 à 17 jours. (Essers et al., 1996). Le séchage est une technique largement pratiquée pour éliminer le cyanure et améliorer la durée de conservation des tubercules de manioc. La déshydratation est obtenue par séchage au soleil ou au four. La principale étape de transformation du manioc dans la préparation d'une variété de produits alimentaires est la réduction de taille en cossettes. Le manioc est coupé en morceaux en de différentes tailles et formes, qui sont séchés au soleil ou au four.

Il a été rapporté que le séchage au soleil est plus efficace que le séchage au four car le premier permet plus de temps de contact entre la linamarase et les glycosides et conserve également l'eau, substrat essentiel de la linamarase, plus longtemps dans les tubercules (Padmaja, 1995 ; Balagopalan et al., 1988). Toutefois, le séchage au soleil des racines de manioc pelées sans trempage ou entassage est inefficace dans l'élimination du cyanure parce que le tissu racinaire n'est pas suffisamment décomposé pour que l'enzyme linamarase puisse agir effectivement sur les glucosides cyanogéniques (Nweke, 1994).

I.1.5.3. Détoxification du manioc par rouissage

Nombreux processus tels que le trempage et la fermentation semblent avoir été conçus spécifiquement pour désintoxiquer la racine du manioc (Lancaster et al., 1982).

Cette technique de transformation est généralement pratiquée pour le manioc de type amer et la détoxification est efficace (Hahn, 1989 ; Aloys et al. ,2006).

Pendant le rouissage le *Corynebacterium manpd,ihot* ou toutes autres bactéries s'attaque à l'amidon pour le dégrader afin de ramollir la racine et puis, il y aura production des métabolites secondaires comme les acides organiques y compris l'acide lactique et par conséquent une diminution du pH du milieu et ce sont ces acides qui vont détoxifier le manioc en dégradant particulièrement la linamarine (Ikediobi & Onyike, 1982).

Et ainsi le milieu devient alors propice pour le développement des champignons notamment *le Geotricum candida* qui vont s'attaquer à ces métabolites et en produire des composés volatiles, les aldéhydes et les esters responsables du goût et arômes du manioc roui (Collard, & Levi, 1959)

La racine du manioc contient donc des glucosides cyanogéniques : linamarine et lotaustraline responsable de la toxicité du manioc et ces derniers sont hydrolysés en cyanhydrines correspondantes par l'enzyme linamarase lorsque le tissu cellulaire est endommagé par les bactéries (Westby, 1994).

I.2. Les Besoins nutritionnels de l'homme

Les besoins nutritionnels sont définis comme étant la quantité de nutriments nécessaires pour assurer l'entretien, le fonctionnement métabolique et physiologique d'un individu en bonne santé, y compris les besoins liés à l'activité physique et à la thermorégulation, et les besoins supplémentaires nécessaires pendant certaines périodes de la vie telles que la croissance, la gestation et la lactation (De Luca, 2019).

Les besoins protéiques chez la personne adulte sont de 0,8 g/kg/jour et de 1 g/kg/jour chez la personne âgée. Concernant les lipides, en moyenne chez une personne adulte, les lipides totaux sont estimés à 81.4g/jour couvrant un apport énergétique de 35 à 40 % et les besoins nutritionnels physiologiques en acides gras polyinsaturés (AGPI) pour la personne adulte correspondent à ceux proposés pour la femme allaitante (comme ceux de la femme enceinte).

Dans la plupart des pays, l'apport global en glucides devrait couvrir au moins 55 % de l'apport énergétique total (AET). Ces recommandations indiquent également que l'apport en glucides

devrait être réalisé surtout sous forme de glucides complexes, donc sous forme de l'amidon contenu dans les céréales, les légumineuses, les tubercules et racines (Misset & Desport, 2020 ; Vaysse et al., 2019).

Szekely (2009) ; Bothwell & Baynes (1990) ont montré qu'en moyenne une personne âgée a besoin de 4 g/jour de Sodium, 3 g/jour de Potassium, 420 mg/jour Magnésium. Les apports quotidiens recommandés en fer alimentaire pour les nourrissons normaux sont de 1 mg de fer par kg par jour et pour les enfants et les adolescents de sexe masculin et féminin, de 10, 12 et 15 mg par jour. Pour les femmes en âge de procréer, 15 mg par jour ; les hommes adultes et les femmes ménopausées nécessitent seulement 10 mg par jour.

I.3. La fortification des aliments

L'enrichissement des aliments est l'une des stratégies qui a été utilisée de manière sûre et efficace pour prévenir les carences minérales étant donné que les vitamines et les minéraux constituent des éléments essentiels à la croissance et au métabolisme. Selon le rapport de l'Organisation mondiale de la santé l'an 2000, plus de 2 milliards de personnes manquent de vitamines et de minéraux essentiels. Les groupes les plus vulnérables à ces carences en micronutriments concernent les femmes enceintes et allaitantes et les jeunes enfants, compte tenu de leur demandes (Das et al., 2013).

I.4. Fortification de la farine de manioc

La fortification des aliments constitue un moyen efficace pour contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire (MEEATU, 2013). En 1987, la Commission du Codex Alimentarius a défini des principes généraux pour l'ajout d'éléments nutritifs aux aliments. L'enrichissement désigne l'ajout d'un ou de plusieurs éléments nutritifs essentiels à un aliment, qu'il soit ou non normalement contenu dans l'aliment dans le but de prévenir ou corriger une déficience avérée d'un ou plusieurs éléments nutritifs.

L'objectif de l'enrichissement est d'augmenter la valeur nutritionnelle des aliments avec des nutriments à des niveaux qui ont été préalablement déterminés pour atteindre l'adéquation et corriger un déficit nutritionnel spécifique chez les consommateurs (Tounkara, 2009 ;Dwyer et al., 2023). L'enrichissement de l'approvisionnement alimentaire en vitamines et minéraux est une stratégie de santé publique visant à améliorer les apports nutritionnels de la population sans augmenter l'apport calorique. De nombreux individus n'atteindraient pas les apports recommandés en micronutriments sans l'enrichissement de l'approvisionnement alimentaire.

L'obtention et le maintien d'un niveau souhaitable de qualité nutritionnelle dans l'approvisionnement alimentaire de la nation est donc un objectif de santé publique important. Alors que l'ajout d'éléments nutritifs aux aliments peut aider à maintenir et à améliorer la qualité nutritionnelle globale des régimes alimentaires, l'enrichissement hors normes des aliments pourrait entraîner un surenrichissement ou un sous-enrichissement. Toute modification de la politique d'enrichissement des aliments en micronutriments doit être considérée dans le contexte de l'impact qu'elle aura sur tous les segments de la population et des applications de la technologie et de la sécurité alimentaires et de leurs limites (Dwyer et al., 2023).

Tableau 1: Exigences relatives aux niveaux de vitamines et de minéraux dans la farine de manioc fortifiée au Burundi.

Nutriment	Compose du fortifiant	Niveau recommandé au niveau de l'usine (mg/kg)	Spécifications (mg/kg)	
			Min	Max
Vitamine A	Vitamine A (R palmitate)	1±0,4	0,6	1,4
Vitamine B1	Mononitrate de thiamine	6,5± 2,9	3,6	9,4
Vitamine B2	Riboflavine	4±1,8	2	5,8
Niacine	Niacinamide	30±13,4	14,9	43,4
Vitamine B6	Pyrodoxine	5±2,5	2	7,5
Acide folique	Acide folique	1,2±0,5	0,6	1,7
Vitamine B12	Vitamine B12	0,015±0,007	0,007	0,015
Zinc	Oxyde de zinc	49±16	33	65
Fer	Fer	31±10	21	41
	Sodium de fer EDT A	20±10	10	30

Source : Décret n° 100/68 du 18 Mars 2015 portant réglementation de la fortification des aliments au Burundi.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II. 1. Présentation du milieu d'étude

La province de Makamba est l'une des dix huit provinces que compte le Burundi. Elle est délimitée au nord-Est par la province de Rutana et au nord-Ouest par la province de Bururi et celle de Rumonge. Elle est frontalière à la Tanzanie, Région de Kigoma au Sud et Sud-Est et de la RDC à l'ouest. Elle couvre une superficie de 1960 km². Elle est territorialement découpée en six communes dont Kayogoro, Kibago, Mabanda, Makamba, Nyanza-Lac et Vugizo.

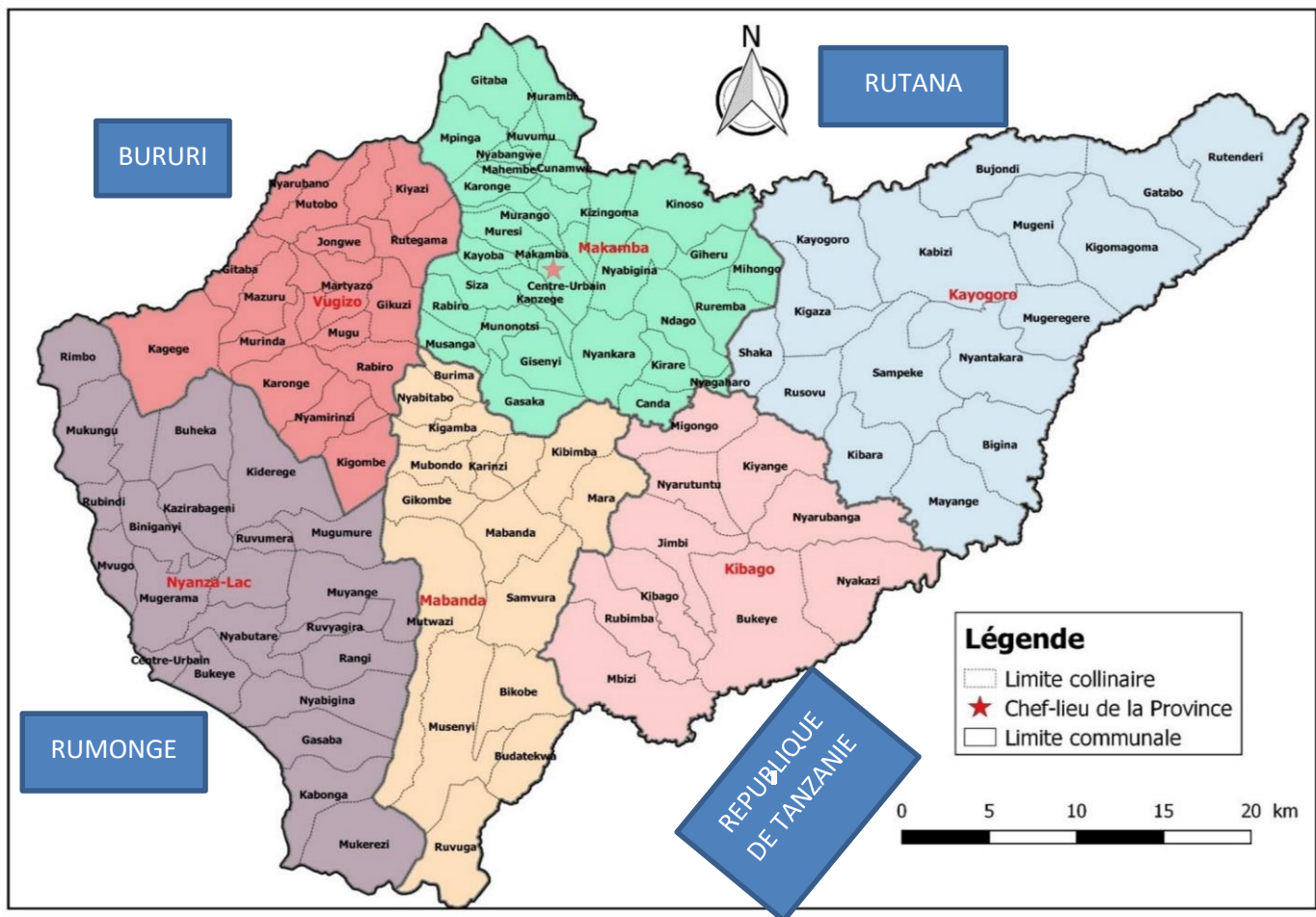


Figure 1 : Localisation géographique de la Province de Makamba

II.2. Population cible

L'enquête s'est déroulée sur toute l'étendue de la province de Makamba auprès des agriculteurs et consommateurs du manioc en vue de déterminer les statistiques de base sur la culture, la transformation et la consommation du manioc par rapport aux autres denrées alimentaires de base.

II.3. Matériel

Le matériel utilisé a été constitué des fiches d'enquête, de matériels d'échantillonnage ainsi que le matériel de laboratoire dont les principaux constituants de ce dernier étaient :

- Broyeur mécanique
- Incubateur
- Le ballon Spectromètre d'Absorption Atomique
- Spectromètre d'Absorption Atomique
- HPLC
- PH-mètre
- Fioles jaugées
- Four
- Creuset
- Tamis
- Balance
- Erlenmeyers
- Appareil à distiller

II.4. Méthodes de collecte des données et des échantillons

II.4.1. Collecte des données

La partie expérimentale a commencé par une enquête qui a été conduite dans la province de Makamba. Un questionnaire d'enquête a été élaboré et a servi à collecter des données relatives aux informations ci-après :

- Les denrées alimentaires de base pour la province de Makamba ;
- Les principales raisons de cultiver le manioc à Makamba ;
- Les variétés de manioc cultivées à Makamba ;
- La méthode d'exploitation du manioc ;
- La fréquence de consommation des produits dérivés du manioc par jour et par semaine ;
- Les aliments d'accompagnement des produits dérivés du manioc ;
- Les modes de préparation du manioc ;
- La durée de préparation ;
- Les aliments d'accompagnement des produits à base du manioc ;
- Les produits dérivés du manioc les plus préférés et les raisons de préférence de ces derniers.

Pour avoir des échantillons représentatifs, toutes les communes de la province de Makamba ont subi l'enquête et parmi lesquelles trois collines par commune ont été tirées de façon aléatoire ; étant donné que la province de Makamba a été choisie par la méthode non probabiliste. Elle est donc une province susceptible d'avoir une grande production et consommation des produits à base de manioc au Burundi. Au total, 1200 ménages ont été enquêtés du 28 Aout au 2 septembre 2022 en proportion de 200 ménages pour chaque commune suivant la formule d'Ardilly (2006) :

$n = \frac{c}{c}$ avec n = la taille de l'échantillon

C = coût total alloué à l'étude

c = coût total attaché à l'enquête

II.4.2. La collecte des échantillons

Les échantillons ont été collectés dans les communes susceptibles d'avoir une grande production et consommation d'Akambaranga. Cela a conduit à repérer les principales communes où la méthode de séchage est beaucoup pratiquée à travers toute la province de Makamba à savoir :

Mabanda, Kayogoro et Makamba parmi lesquelles trois collines ont été prises par commune dont :

Musenyi, Mara, Kayogoro, Butare, Gatabo, Kabezi, Canda, Gisenyi et Mihongo respectivement pour les communes de Mabanda, Kayogoro et Makamba. Ces échantillons ont été prélevés auprès des ménages producteurs et consommateurs de la farine d'Akambaranga.

Après avoir collecté les échantillons, ces derniers ont été acheminés au laboratoire de microbiologie à la Faculté d'Agronomie et de Bio-ingénierie à Bujumbura où ils ont été conservés et subis un séchage pendant 3 jours. Après leur séchage, ils ont été acheminés au laboratoire d'analyse chimique du Centre National de Technologie Alimentaire (C N T A) et celui d'analyse des sols et produits agro-alimentaires de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU) en vue d'effectuer les analyses physico-chimiques.

II.5. Les méthodes d'analyses chimiques

II.5.1. Détermination de la teneur en acide cyanhydrique

La teneur en cyanure d'hydrogène a été déterminée selon la méthode décrite par la norme ISO 2164: 1975 (ISO 2164, 1975). La teneur en acide cyanhydrique glycosidique, a été exprimée en milligrammes sur 100 g d'échantillon et est égale à :

$$0,54 (V_0 - V_1) \times \frac{250}{100} \times \frac{100}{m} = 135 (V_0 - V_1)/m$$

Où : m est la masse, en g, de la prise d'essai

V₀ est le volume, en ml, de la solution de nitrate d'argent 0,1 N utilisée pour la détermination.

V₁ est le volume, en ml, de la solution de nitrate d'argent 0,1 N utilisée pour l'essai à blanc.

II.5.2. Détermination de la teneur en eau

Selon par la méthode AOAC (2019), les échantillons ont été pesés (P0) à l'aide d'une balance de précision. Ils ont été séchés dans une étuve à 105°C pendant 24 h et à la sortie de l'étuve les échantillons ont été refroidis dans un dessiccateur et pesés (P1) ; le pourcentage a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau} = \frac{(P0-P1) \times 100}{P0}$$

II.5.3. Détermination de la teneur en aflatoxines

Les aflatoxines ont été déterminées selon la méthode AOAC (2019) comprenant les étapes d'extraction, de purification sur colonne d'immuno-affinité et de quantification à l'aide d'un étalonnage après analyse par Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) muni d'un détecteur de fluorescence, d'une pompe à vide, d'un injecteur automatique, d'une colonne. La détection biologique des aflatoxines a été détectée par l'inhibition de la croissance d'E. Coli C600 sur un substrat nutritif en inhibant la croissance d'E. Coli C600 sensible sur une gélose agar en suivant leur diffusion.

II.5.4. Détermination des teneurs en sucres totaux (TST) et teneurs en sucres réducteurs (TSR)

Les teneurs en Sucres totaux et Sucres réducteurs des échantillons ont été déterminées par la Méthode du réactif de Luff-Schoorl telle que décrite par Taufik et Guntarti (2016). Les résultats ont été exprimés en % de sucres totaux et réducteurs par 100g d'échantillon (% de TST /100g et % de TSR sucres réducteurs/100g).

II.5.5. Analyse de la teneur en protéines (TProt)

La teneur en protéines ont été déterminées à partir du dosage de l'azote total, selon la méthode de Kjeldahl comme décrite par Obadina et al.(2006). Les résultats ont été obtenus en multipliant l'azote total par 6,25 (coefficient de conversion de l'azote en protéines) et ont été exprimés en % de protéines par 100g d'échantillon (% de protéines/100g).

II.5.6. Détermination de la teneur en éléments minéraux

Les teneurs en éléments minéraux ont été déterminées selon la méthode officielle (AOAC, 2019). La méthode de digestion des échantillons par voie sèche a été d'usage où 10 g de prise d'essai de chaque échantillon et pour chaque élément ont été pesés, séchés, broyés et utilisés au cours des analyses. La teneur des éléments est obtenue par dosage au spectrophotomètre d'adsorption atomique (AAS). Les résultats ont été exprimés en mg pour 1000 g d'échantillons (mg/1000g).

II.6. Analyse des données

Les analyses statistiques des résultats obtenus ont été effectuées à l'aide de la statistique 20 d'IBM SPSS. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée, pour calculer les différences significatives au niveau des données au seuil $\alpha = 0,05$. L'ANOVA a été complétée par le test de comparaison multiple de Duncan, pour déceler les niveaux de différence et les résultats ont été exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm erreur standard (SE). Analyse de clustering hiérarchique (HCA) a été appliqué pour classer les collines selon la composition physicochimique de leurs échantillons à l'aide du logiciel R et le logiciel Excel a été utilisé pour le dépouillement des données de l'enquête.

CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

III.1. Résultats d'enquête

III.1.1. Les aliments de base consommés dans la province de Makamba

Les aliments de base tels que le manioc, la patate douce, le haricot, le maïs, le riz, la colocase, le petit pois, la banane et la pomme de terre ont fait l'objet de l'enquête. A travers toute l'étendue de la province de Makamba, le manioc se montre comme un aliment de base le plus consommé parmi les autres aliments avec une consommation moyenne de 100%. Néanmoins, certains auteurs ont montré que le manioc a des insuffisances liées aux carences surtout en protéines et en sels minéraux et à cela s'ajoute sa toxicité liée à l'acide cyanhydrique qui peuvent conduire à la malnutrition une fois que le manioc serait consommé sans une détoxification adéquate et sans suppléments en protéines et en sels minéraux (Nzigamasabo et hui, 2006 ; Philippe et al., 2018). Les résultats de ce travail sont en accord avec les données littéraires des autres chercheurs qui ont mis en évidence le rôle que joue le manioc dans l'alimentation de base de nombreuses populations surtout celles des zones tropicales et subtropicales et plus particulièrement au Burundi.

La présente étude a montré également que le taux de consommation des aliments autres que le manioc varient d'une commune à une autre et d'un ménage à un autre :

- La moyenne de consommation de ces denrées alimentaires est de 80%, 85%, 67% respectivement pour la patate douce, le haricot et maïs tandis que le riz et la colocase sont consommés à 30% et 38%.
- Le petit pois, la banane et la pomme de terre sont consommés respectivement à 10%, 50% et 18%.

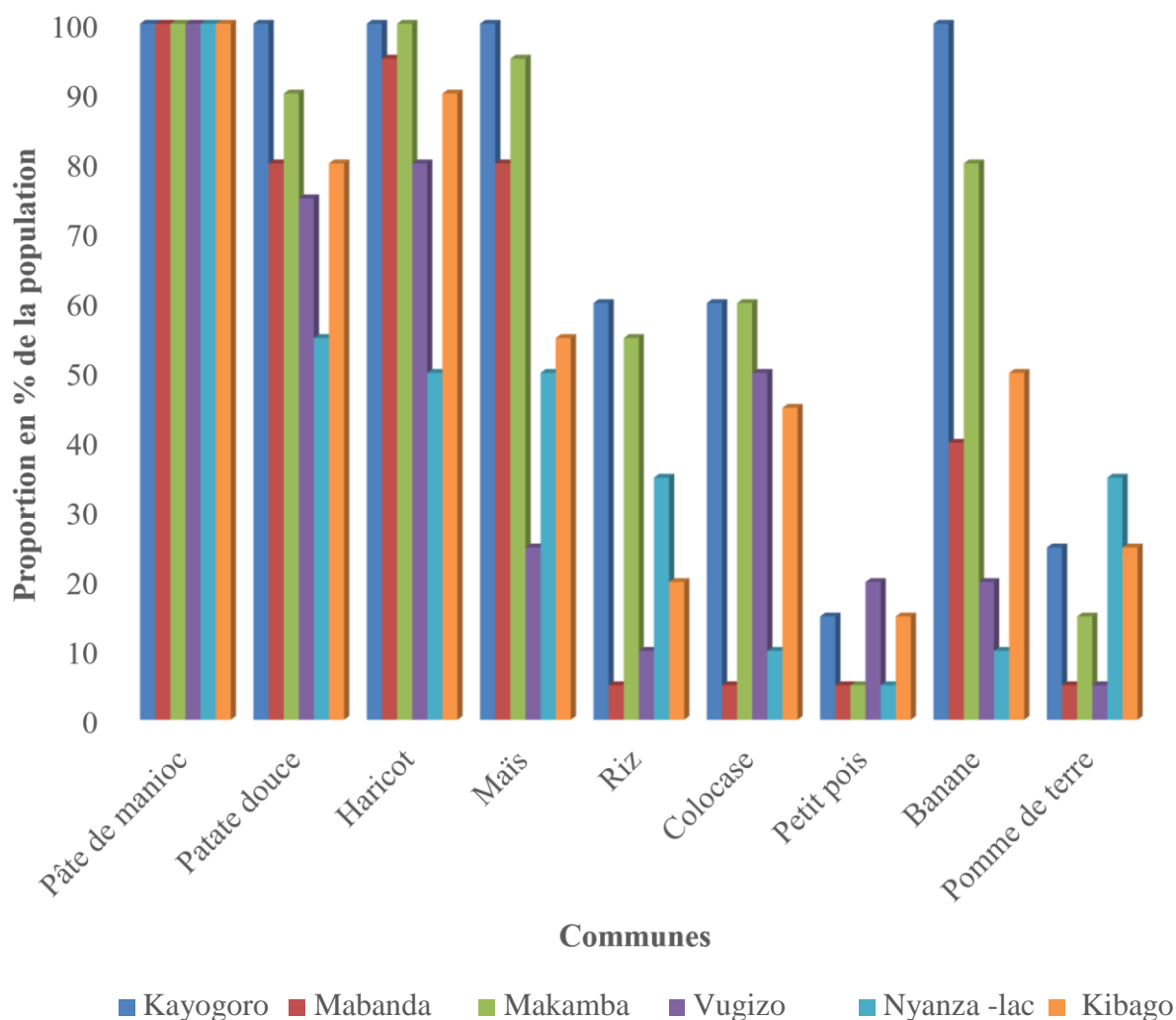


Figure 2 : Aliments de base consommés en province de Makamba

III.1.2. Modes de transformation de manioc dans la province de Makamba

Les racines de manioc sont traitées traditionnellement par un certain nombre de méthodes qui varient considérablement d'une région à l'autre et en général, toutes ces techniques sont destinées à réduire la toxicité et à améliorer l'appétence et la conservation du manioc (Gidamis et al., 1993).

Les différents modes de transformation de manioc utilisés dans la province de Makamba sont présentés dans la figure 2 et ces derniers varient d'une commune à une autre ou d'une colline à une autre c'est-à-dire que les transformations du manioc en tel ou tel autre produit diffèrent selon les lieux et selon les ménages. Les principales transformations du manioc aboutissent à des produits tels que :

- Akambaranga ;

- Ikivunde ;
- Inyange ;
- Uburobe.

La préparation d’Inyange est prédominante (82,5%) dans beaucoup des ménages pour des raisons tels que : les habitudes alimentaires, la composition nutritionnelle, la facilité de préparation et son coût bon marché. La transformation du manioc aboutissant a une farine d’Akambaranga est beaucoup pratiquée dans la commune de Kayogoro (85%) contre une moyenne de 21,6% au niveau de toute la province.

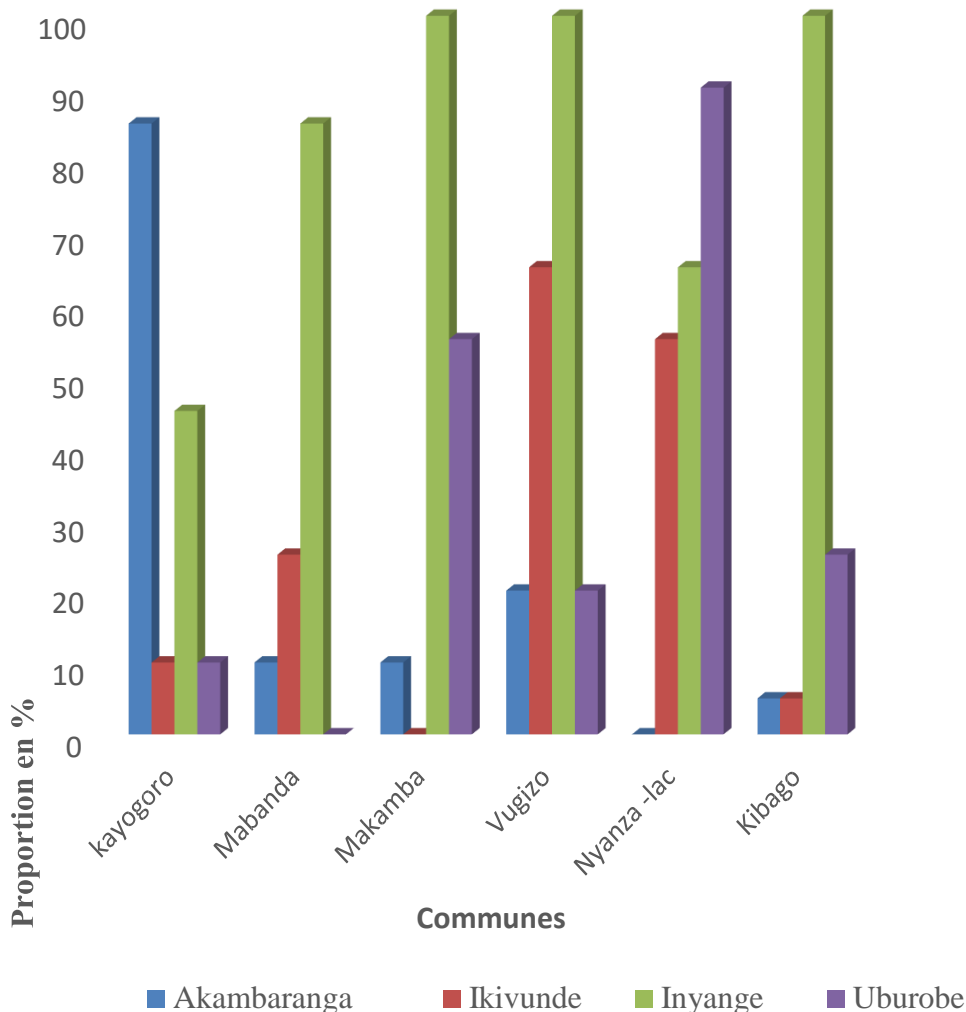


Figure 3 : Modes de transformation de manioc en province de Makamba

III.1.3. Fréquence de consommation journalière d'Akambaranga dans la province de Makamba

Comme la figure 4 le montre, la consommation de la pâte d'Akambaranga varie de 5 à 75%. Le pourcentage le plus élevé s'est observé en commune de Kayogoro donc la majorité de la population de cette localité mange la pâte de manioc appelée Akambaranga au moins une fois par jour ; il y a aussi celle qui prend cette pâte 2fois voire 3fois par jour. La pâte de manioc est toujours présente dans le repas des ménages ; cela pourrait conduire à des situations de la malnutrition si le menu journalier n'est pas supplémenté par un apport protéinique et en minéraux suffisants. La fréquence de consommation journalière de la pâte de manioc pourrait avoir une liaison avec les résultats de l'Enquête Nationale sur la Situation Nutritionnelle et la Sécurité Alimentaire au Burundi de 2019 qui classait la province de Makamba parmi les provinces les plus touchés par la malnutrition aigüe globale(MAG)(ISTEBU,2019).

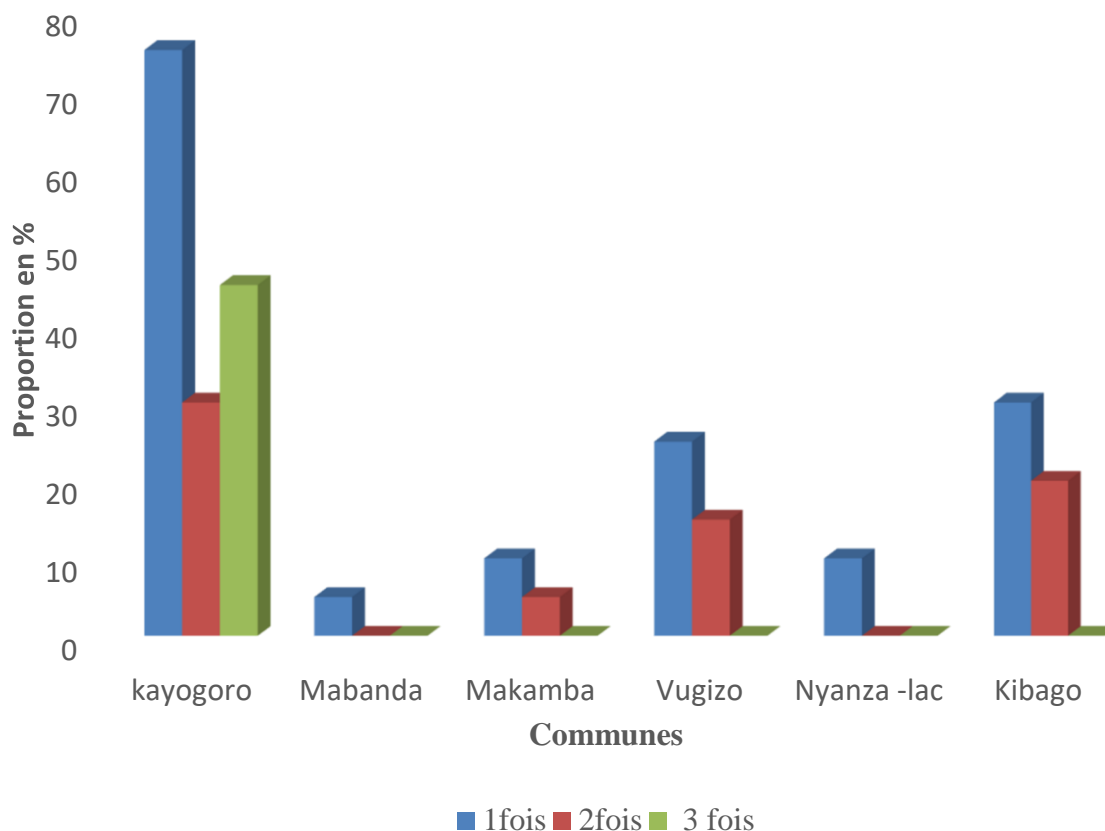


Figure 4 : Fréquence de consommation journalière d'Akambaranga dans la province de Makamba

III.2 Résultats d'analyse de la composition physicochimique d'Akambaranga

Les résultats d'analyses de la composition physico-chimique d'Akambaranga sont présentés dans le tableau 2. Les résultats ont aussi montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre

les groupes d'échantillons de manioc et ces variations pourraient s'expliquer par le fait que la durée de séchage n'est pas la même et variaient selon les ménages et selon les lieux. Ces résultats vérifient les travaux des auteurs : Temegne et al.(2016); Philippe et al., (2018) qui ont montré que la composition chimique du manioc varie avec de nombreux facteurs tels que : le milieu de culture, le procédé de préparation , l'âge mais aussi les pratiques culturelles

III.2.1. Teneurs en eau

Au niveau des teneurs en eau, les résultats montrent que les moyennes diffèrent d'une commune à une autre et cette différence est significative ($p < 0,05$). Les teneurs moyennes variaient de $7,66 \pm 0,02$ à $9,13 \pm 0,08\%$. Elles étaient donc $7,66 \pm 0,02\%$; $8,57 \pm 0,03\%$; $9,13 \pm 0,08\%$ respectivement pour les communes de Makamba, Kayogoro et Mabanda. Ces résultats sont proches de ceux de (Degnon et al., 2018). Cette variation de la teneur en eau d'une commune à une autre serait due à la durée de séchage du manioc qui peut varier selon les ménages. Ainsi, le séchage permet de stabiliser le produit fini en réduisant considérablement sa teneur en eau, critère essentiel pour son stockage et sa conservation dans des conditions contrôlées jusqu'à sa commercialisation et sa consommation (Philippe et al., 2018; Padmaja, 1995; Balagopalan et al., 2018). Ces valeurs sont inférieures à la valeur limite fixée par le Codex alimentarius pour les farines de manioc comestibles ($\leq 13\%$). La préparation d'Akambaranga influe donc sur la teneur en eau.

III.2.2. Acide cyanhydrique

Les teneurs moyennes variaient de $1,18 \pm 0,07\%$ à $1,59 \pm 0,01\%$. Elles étaient donc $1,28 \pm 0,03\%$; $1,59 \pm 0,01\%$; $1,18 \pm 0,07\%$ respectivement pour les communes de Mabanda, Kayogoro et Makamba. Et les teneurs moyennes entre les échantillons différaient significativement ($p < 0,05$). Cette variation s'expliquerait par le fait que les échantillons analysés ne proviennent pas du manioc ayant le même taux de composés cyanogènes amers. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Odunfa et al., 1989). Toutefois, les résultats enregistrées étaient en dessous du niveau de sécurité recommandé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et celui du Codex Alimentarius stipulant que la limite de sécurité pour les cyanogènes dans le manioc ne doit pas dépasser 10 mg d'équivalents de cyanure par kilogramme de poids sec (Rosling , 1994).

III.2.3. Teneurs en protéines

Le test de comparaison a montré que les teneurs moyennes entre les échantillons différaient significativement ($p < 0,05$) et elles variaient de $1,15 \pm 0,12$ à $2,45 \pm 0,28\%$. Ces moyennes étaient de $2,45 \pm 0,28\%$; $1,20 \pm 0,02\%$; $1,15 \pm 0,12\%$ respectivement pour les communes de Kayogoro,

Makamba et Mabanda. Sachant que d'après les recommandations de l'OMS, les besoins en protéines pour les hommes et les femmes adultes ont été pris à 0,6 g/kg/jours (Pellet, 1990) , pendant que chez une femme enceinte les besoins en protéines vont jusqu'à 1.52 g/kg/jours (Stephens et al., 2014). On en déduit alors que la farine d'Akambaranga n'est pas une bonne source de protéines d'où il est nécessaire de la fortifier en ce nutriment.

III.2.4. Teneurs en sucres totaux

Pour les teneurs en sucres totaux, les résultats montrent que les moyennes diffèrent d'une commune à l'autre et cette différence est significative. Ces teneurs moyennes variaient de 4,64±0,20 à 6,50±0,02% respectivement les communes de Mabanda, Kayogoro et Makamba avaient des moyennes de 4,64±0,20% ; 6,50±0,02% et 6,01±0,05%. Cette variation pourrait s'expliquer par le fait que les échantillons analysés provenaient des lieux différents. Odunfa et al. (1989) ont enregistré des résultats supérieurs à ces derniers.

III.2.5. Teneurs en sucres réducteurs

Le test de comparaison a montré que les teneurs moyennes entre les échantillons différaient significativement ($p < 0,05$) et variaient de 2,62 ± 0,04% à 3,19±0,03%. Ces moyennes étaient de 2,62 ± 0,04% ; 3,19±0,03% et 2,99±0,04% respectivement pour les communes de Makamba, Kayogoro et Mabanda. Des résultats légèrement inférieurs (3,37%) ont été enregistrés par Nzigamasabo & Zhou (2006b) dans le manioc frais. Toutefois, tous les échantillons présentaient des teneurs en sucres réducteurs plus élevées que celles (0,019%) rapportées par des auteurs :

Gómez et al. (1985); Zvauya & Muzondo, (1995) pour le manioc frais.

III.2.6. Teneurs en fer

Les teneurs en Fer variaient de 135,78±1,34 à 476,33±2,07mg /kg. La teneur la plus élevée s'observait en commune Mabanda et les teneurs moyennes entre les échantillons variaient significativement ($p < 0,05$). Elles étaient 476,33±2,07mg /kg ; 135,78±1,34mg /kg ; 148,18±1,97mg /kg respectivement pour les communes de Mabanda, Makamba et Kayogoro. Des valeurs nettement inférieures aux résultats enregistrés dans le manioc frais (14,8 ± 0,11 mg/kg) par Nzigamasabo & Zhou (2006b) mais aussi à ceux de Bradbury (2006); Montagnac et al. (2009). La fermentation des racines de manioc dans Inyange entraîne une augmentation significative du fer. Sachant que l'apport en fer recommandé varie de 14,8 à 30 mg/jour (Milman, 2020) ; Akambaranga est une bonne source de fer et peut contribuer au bien-être des consommateurs pour couvrir les besoins en fer.

III.2.7. Teneurs en calcium

Au niveau des teneurs en Ca, les résultats montrent que les moyennes de la commune Kayogoro et de la commune Makamba ne diffèrent pas significativement mais diffèrent pour la commune Mabanda ($p < 0,05$). Les teneurs moyennes variaient de $452,99 \pm 75,19$ à $557,73 \pm 3,81$ mg /kg. Ces valeurs sont significativement supérieures à celles enregistrées par Nzigamasabo & Zhou (2006a). Sachant qu'un apport journalier recommandé en calcium pour un enfant de 9 à 18 ans est de : 1300mg/jour et 900mg/j pour un adulte (Abrams, 2011). Donc la farine d'Akambaranga doit être enrichi en calcium car ce dernier est un élément essentiel dans de nombreuses fonctions vitales de l'organisme telles que : la coagulation du sang, le maintien de la pression artérielle, la construction et le maintien des os et des dents, cofacteur dans le processus enzymatique) (Ekissi et al., 2020).

III.2.8. Teneurs en magnésium

Le test de comparaison a montré que les teneurs moyennes entre les échantillons différaient significativement ($p < 0,05$) et elles variaient de $399,84 \pm 6,84$ à $543,51 \pm 2,54$ mg /kg. Ces moyennes étaient de $543,51 \pm 2,54$ mg /kg ; $447,87 \pm 0,90$ mg /kg ; $399,84 \pm 6,84$ mg /kg respectivement pour les communes de Kayogoro, Makamba et Mabanda. Cependant, Nzigamasabo & Zhou (2006a) ont enregistrées des valeurs inférieures à celles enregistrées au cours de cette étude. La farine d'Akambaranga n'est pas une bonne source de magnésium car une femme enceinte en a besoin de 480mg/j (Ekissi et al., 2020) ; ce qui implique une fortification de cette farine.

III.2.9. Teneurs en sodium

Les résultats montrent que les moyennes diffèrent d'une commune à l'autre et cette différence est significative ($p < 0,05$). Leurs teneurs moyennes variaient de $619,79 \pm 92,50$ à $818,23 \pm 0,99$ mg /kg. Ces moyennes étaient $619,79 \pm 92,50$ mg /kg ; $686,84 \pm 1,13$ mg /kg ; $818,23 \pm 0,99$ mg /kg respectivement pour les communes de Mabanda, Kayogoro et Makamba. Ces résultats sont proches à ceux du manioc frais (800 mg/kg) enregistrés par Nzigamasabo & Zhou (2006b). Cependant, ils sont nettement plus élevées que celles enregistrées par Charles et al. (2005), Hawashi et al. (2020). L'apport journalier en sodium pour un adulte est de 2000 mg/jour (Mente et al., 2018) et elle est supérieure aux valeurs trouvées ; d'où Akambaranga nécessite une fortification en sodium pour couvrir les besoins quotidiens de l'homme.

III.2.10. Teneurs en potassium

Le test de comparaison a montré que les teneurs moyennes entre les échantillons différaient significativement ($p < 0,05$) et variaient de $2974,02 \pm 6,71$ à $8530,47 \pm 0,86$ mg /kg. Ces moyennes étaient de $8530,47 \pm 0,86$ mg /kg ; $5178,16 \pm 6,89$ mg /kg ; $2974,02 \pm 6,71$ mg /kg respectivement pour les communes de Makamba, Mabanda et Kayogoro. Cependant, ces résultats sont inférieurs à ceux du manioc frais (800 mg/kg) enregistrés par Nzigamasabo & Zhou (2006b). Sachant que l'apport quotidien recommandé pour le potassium varie de 800 à 5000 mg/j pour un enfant et 3000 à 4000 mg/j pour un adulte ; Akambaranga ne nécessite pas une fortification pour satisfaire ces besoins journaliers en potassium car elle est une bonne source en ce dernier.

III.2.11. Teneurs en Manganèse

Pour les teneurs en Mn, elles variaient de $1,38 \pm 0,03$ à $2,39 \pm 0,086$ mg /kg. Ces moyennes étaient $2,39 \pm 0,086$ mg /kg ; $1,38 \pm 0,03$ mg /kg ; $1,17 \pm 0,14$ mg /kg respectivement pour les communes de Mabanda, Makamba, Kayogoro. La teneur moyenne la plus basse a été enregistrée dans les échantillons en provenance de la commune de Kayogoro et celle la plus élevée dans la commune de Mabanda. Des valeurs similaires ont été trouvées par Montagnac et al. (2009).. Aussi les moyennes différentes d'une commune à l'autre et cette différence est significative. Sachant que l'apport moyen de Mn est compris entre 2 et 9 mg/jour pour une personne moyenne de 70 kg (Bjørklund et al., 2017). La farine d'Akambaranga ne constitue pas donc une bonne source de manganèse pour les consommateurs ; d'où sa fortification en manganèse.

III.2.12. Teneurs en phosphore

Les résultats sur les teneurs moyennes en phosphore ont montré des différences significatives entre les échantillons c'est-à-dire que les teneurs moyennes variaient d'une commune à une autre ($p < 0,05$). Les teneurs moyennes variaient de $632,10 \pm 5,26$ à $851,00 \pm 2,55$ mg /kg. Ces moyennes étaient de $439,35 \pm 1,75$ mg /kg ; $632,10 \pm 5,26$ mg /kg ; $851,00 \pm 2,55$ mg /kg respectivement les communes de Makamba, Kayogoro et Mabanda. Cependant, des teneurs inférieures ont été enregistrées dans le manioc frais par Montagnac et al. (2009). Sachant que les apports nutritionnels conseillés en phosphore sont de 800mg/j pour un adulte (Taleb & Menasria, 2019). La farine d'Akambaranga peut être une bonne source de phosphore.

III.2.13. Teneurs en cuivre

Au niveau des teneurs moyennes en cuivre, les résultats ont montré que les moyennes différaient d'une commune à l'autre avec des différences significatives. Les résultats variaient de $1,66 \pm 0,03$

à $2,10 \pm 0,03$ mg /kg. Ces moyennes étaient de $1,66 \pm 0,03$ mg /kg ; $1,80 \pm 0,07$ mg /kg et $2,10 \pm 0,03$ mg /kg respectivement pour les communes de Mabanda, Kayogoro et Makamba. Des valeurs similaires (2,00mg/kg) ont été reportées par Montagnac et al. (2009). L'apport nutritionnel recommandé en cuivre est de 1,5 à 3,0 mg pour les adultes et de 0,4 à 0,6 mg pour les enfants de 0 à 6 mois (Pettersson & Rasmussen, 1999). La farine d'Akambaranga peut être une bonne source de cuivre.

III.2.14. Teneurs en zinc

Les teneurs moyennes en zinc variaient de $3,51 \pm 0,06$ à $5,21 \pm 0,35$ mg /kg avec des différences significatives. Ces moyennes étaient de $3,51 \pm 0,06$ mg /kg ; $4,84 \pm 0,17$ mg /kg et $5,21 \pm 0,35$ mg /kg respectivement pour les communes de Makamba, Mabanda et Kayogoro. Des valeurs significativement supérieures ($22,01 \pm 0,2$; 14,00) ont été enregistrées par Nzigamasabo & Zhou (2006a) et Montagnac et al. (2009) dans le manioc frais. Sachant que l'apport nutritionnel journalier en zinc est de 14 mg pour une femme enceinte, 1,6 à 3,6 mg/j pour les enfants et 4 à 5 mg/j pour les adultes (Ekissi et al., 2020), la farine d'Akambaranga n'est pas une bonne source de zinc surtout pour les femmes enceintes ; mais elle est une bonne source de zinc pour les enfants et les adultes. Cette farine nécessite une fortification en zinc pour les femmes enceintes pour couvrir ses besoins journaliers.

III.2.15. Teneurs en aflatoxines

Les résultats ont montré que les échantillons ne contenaient pas d'aflatoxines. Cependant, les résultats trouvés étaient différents de ceux trouvés par (Yandju et al., 1995). Ainsi, les résultats de ce travail montrent que la farine d'Akambaranga peut être utilisée et consommée sans danger d'aflatoxines. Des facteurs susceptibles de favoriser la prolifération de certaines moisissures responsables des aflatoxines tels que le climat, une mauvaise conservation et un mauvais stockage (Joachim et al., 2020) doivent être contrôlés pour ne pas favoriser de meilleures conditions au développement et à la prolifération de ces moisissures dans la farine.

Tableau 2 : Résultats de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans province de Makamba

PARAMETRES	MABANDA	KAYOGORO	MAKAMBA
H ₂ O (%)	9,13±0,08 ^a	8,57±0,03 ^b	7,66±0,02 ^c
HCN(mg/kg)	1,28±0,03 ^b	1,59±0,01 ^a	1,18±0,07 ^c
Prot(%)	1,15±0,12 ^b	2,45±0,28 ^a	1,20±0,02 ^b
Sucs tot. (%)	4,64±0,20 ^c	6,50±0,02 ^a	6,01±0,05 ^b
Sucs red. (%)	2,99±0,04 ^b	3,19±0,03 ^a	2,62 ±0,04 ^c
Fe (mg/kg)	476,33±2,07 ^a	148,18±1,97 ^b	135,78±1,34 ^c
Ca (mg/kg)	557,73±3,81 ^a	452,99±75,19 ^b	490,59±3,93 ^b
Mg (mg/kg)	399,84±6,84 ^c	543,51±2,54 ^a	447,87±0,90 ^b
Na (mg/kg)	619,79±92,50 ^c	686,84±1,13 ^b	818,23±0,99 ^a
K (mg/kg)	5178,16±6,89 ^b	2974,02±6,71 ^c	8530,47±0,86 ^a
Mn (mg/kg)	2,39±0,086 ^a	1,17 ±0,14 ^c	1,38 ±0,03 ^b
P (mg/kg)	851,00±2,55 ^a	632,10±5,26 ^b	439,35±1,75 ^c
Cu (mg/kg)	1,66±0,03 ^c	1,80±0,07 ^b	2,10±0,03 ^a
Zn (mg/kg)	4,84±0,17 ^b	5,21±0,35 ^a	3,51±0,06 ^c

Les résultats sont la moyenne de trois répétitions avec Ecart types (moyenne ± E.T). Les moyennes avec les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différentes (P < 0,05). Les moyennes dans la même ligne avec des lettres différentes en exposant diffèrent significativement.

III.3. Résultats de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Mabanda.

Les résultats de la composition nutritionnelle d'Akambaranga dans les collines Musenyi, Mara et Kayogoro sont présentés dans les tableaux 3. Les résultats d'analyse de la composition en macronutriments d'Akambaranga produit au niveau des collines de la commune de Mabanda ont montré que les moyennes différaient significativement à l'exception des protéines et les sucres totaux. Pour les éléments minéraux, les résultats ont montré que les moyennes différaient significativement ($P < 0,05$) à l'exception du fer, manganèse et zinc.

Tableau 3 : Résultats de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Mabanda

Paramètres	Musenyi	Mara	Kayogoro
H ₂ O (%)	9,21±0,01 ^a	9,01±0,01 ^b	9,16±0,01 ^a
HCN (mg/kg)	1,33±0,01 ^b	1,27±0,02 ^c	1,25 ±0,03 ^c
Prot. (%)	1,05±0,05 ^c	1,3±0,20 ^c	1,10±0,09 ^c
Sucs tot. (%)	4,52±0,01 ^c	4,7±0,2 ^c	4,7±0,5 ^c
Sucs red. (%)	3,02±0,01 ^c	3,03±0,05 ^c	2,93±0,02 ^d
Fe (mg/kg)	476,5±1,5 ^a	475±3 ^a	477,5±3,5 ^a
Ca (mg/kg)	557,5±2,5 ^{ab}	553±3 ^{ab}	562,71±1,51 ^a
Mg (mg/kg)	409,37±0,46 ^d	400,26±1,39 ^e	389,9±0,5 ^f
Na (mg/kg)	758,55±0,25 ^c	551,67±1,13 ^f	549,15±0,14 ^g
K (mg/kg)	5710,35±0,95 ^c	5722,33±11,73 ^b	5721,81±1,71 ^b
Mn (mg/kg)	2,35±0,15 ^a	2,45±0,15 ^a	2,37±0,03 ^a
P (mg/kg)	853,5±1,5 ^a	852±2 ^a	847,5±1,5 ^b
Cu (mg/kg)	1,655±0,02 ^d	1,69±0,07 ^{cd}	1,66±0,04 ^d
Zn (mg/kg)	4,9±0 ^b	4,7±0,4 ^b	4,925±0,17 ^b

Les résultats sont la moyenne de trois répétitions avec Ecart types (moyenne ± E.T). Les moyennes avec les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$). Les moyennes dans la même ligne avec des lettres différentes en exposant diffèrent significativement.

III.4. Résultats d'analyse de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Kayogoro

Les résultats d'analyse de la composition physicochimique d'Akambaranga produit au niveau des collines de Butare, Gatabo et Kabizi de la commune Kayogoro sont présentés dans le tableau 4. Les résultats d'analyse de la composition en macronutriments ont montré que les moyennes ne différaient pas significativement ($P < 0,05$) à l'exception de la teneur en eau, protéines, sucres réducteurs, et phosphore. Quant aux éléments minéraux, les résultats ont montré que les moyennes ne différaient pas significativement ($P < 0,05$) à l'exception du magnésium, potassium, cuivre, manganèse, calcium, sodium et zinc.

Tableau 4 : Résultats d'analyse de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Kayogoro

Paramètres	Butare	Gatabo	Kabizi
H ₂ O (%)	8,62±0,04 ^c	8,56±0,03 ^{cd}	8,53±0,01 ^d
HCN (mg/kg)	1,59±0,07 ^a	1,60±0,00 ^a	1,59±0,00 ^a
Prot. (%)	2,14±0,02 ^b	2,51±0,39 ^a	2,71±0,01 ^a
Sucres tot (%)	6,54±0,03 ^a	6,48±0,01 ^a	6,48±0,00 ^a
Sucres red (%)	3,25±0,01 ^a	3,17±0,01 ^b	3,16±0,00 ^b
Fe (mg/kg)	147,28±2,82 ^b	147,69±3,29 ^b	149,57±0,23 ^b
Ca (mg/kg)	538,44±0,55 ^{abc}	434,77±100,23 ^{de}	385,76±1,11 ^e
Mg (mg/kg)	547,33±2,35 ^a	541,38±0,55 ^b	541,82±0,71 ^b
Na (mg/kg)	685,26±1,92 ^c	687,11±0,01 ^d	688,17±1,06 ^d
K (mg/kg)	2984,09±5,43 ^d	2969,17±0,94 ^e	2968,8±0,1 ^e
P (mg/kg)	1,32±0,32 ^c	1,05±0,15 ^d	1,142±0,01 ^e
Mn (mg/kg)	640±7,00 ^{bc}	628,3±0,1 ^d	628,01±0,34 ^{cd}
Cu (mg/kg)	1,92±0,02 ^b	1,74±0,08 ^c	1,76±0,02 ^c
Zn (mg/kg)	5,75±0,03 ^a	4,96±0,00 ^b	4,91±0,04 ^b

Les résultats sont la moyenne de trois répétitions avec Ecart types (moyenne ± E.T). Les moyennes avec les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$). Les moyennes dans la même ligne avec des lettres différentes en exposant diffèrent significativement.

III.5. Résultats de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Makamba

Les résultats de la composition physicochimique au niveau des collines Canda, Gisenyi et Mihongo de la commune Makamba sont présentés dans le tableau 5. Les résultats d'analyse de la composition en macronutriments ont montré que les moyennes ne différaient pas significativement ($P < 0,05$) à l'exception du HCN, sucres réducteurs. Quant aux éléments minéraux, les résultats ont montré également que les moyennes ne différaient pas significativement à l'exception sodium, calcium, Magnésium où les moyennes différaient d'une manière significative.

Tableau 5 : Résultats de la composition physico-chimique d'Akambaranga produit dans la commune de Makamba

Paramètres	Canda	Gisenyi	Mihongo
H ₂ O (%)	7,7±0,01 ^e	7,65±0,00 ^e	7,64±0,01x ^e
HCN (mg/kg)	1,29±0,0 ^{bc}	1,12±0,01 ^d	1,12±0,01 ^d
Prot. (%)	1,25±0,00 ^c	1,17±0,00 ^c	1,18±0,01 ^c
Sucres tot (%)	6,1±0,01 ^b	5,99±0,01 ^b	5,93±0,04 ^b
Sucres red(%)	2,7±0,03 ^e	2,59±0,00 ^f	2,58±0,00 ^f
Fe (mg/kg)	137,8±0,4 ^c	134,3±0,8 ^c	135,25±0,55 ^c
Ca (mg/kg)	496,5±2,5 ^{bcd}	487,5±0,5 ^{cd}	487,77±0,02 ^{cd}
Mg (mg/kg)	449,11±0,99 ^c	446,78±1,32 ^d	447,72±0,28 ^{cd}
Na (mg/kg)	819,73±0,37 ^a	817,44±0,45 ^b	817,53±0,13 ^b
K (mg/kg)	8531,77±0,97 ^a	8529,49±0,84 ^a	8530,15±0,24 ^a
P (mg/kg)	1,42±0,01 ^e	1,37±0,02 ^e	1,34±0,01 ^e
Mn (mg/kg)	441,99±0,01 ^b	438,05±0,05 ^{bc}	438,03±0,03 ^{bc}
Cu (mg/kg)	2,15±0,02 ^a	2,08±0,01 ^a	2,07±0,00 ^a
Zn (mg/kg)	3,42±0,01 ^c	3,57±0,01 ^c	3,53±0,03 ^c

Les résultats sont la moyenne de trois répétitions avec Ecart types (moyenne ± E.T). Les moyennes avec les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$). Les moyennes dans la même ligne avec des lettres différentes en exposant diffèrent significativement.

III.6. Comparaison des collines par Classification de la Composante Principale (ACP)

Comme la figure 5 le montre, d'après l'analyse par arbre hiérarchique ascendant construit avec la distance « euclidean » et le critère de « Ward », on a obtenu un dendrogramme de trois groupes.

Le premier groupe est constitué par les collines de Musenyi, Mara et Kayogoro. Les résultats sur la composition physico-chimique des échantillons en provenance de ces collines sont proches. Cependant, il y a eu la formation de deux sous- groupes : le premier sous-groupe est formé par un singleton de la colline de Musenyi et le second sous-groupe formé par les collines de Mara et Kayogoro. Les résultats des échantillons en provenance de ces deux collines sont très proches. Les cas échéants sont les résultats sur les teneurs en cyanure d'hydrogène :

1,27±0,02 et 1,25 ±0,03 mg/kg respectivement pour les collines de Mara et Kayogoro.

Le second groupe est formé de trois collines c'est à dire Canda, Gisenyi et Mihongo. Les résultats obtenus sur la composition physico-chimique de ces trois collines sont proches. Toutefois, il y a eu la formation de deux sous- groupes tels que : le premier sous-groupe formé par un singleton de la colline de Canda et le second sous-groupe formé par les collines de Gisenyi et Mihongo. Les résultats des échantillons en provenance de ces deux collines sont très proches. Les exemples pour les teneurs en sucres réducteurs (2,59±0,00 et 2,58±0,00mg/kg) et en calcium (487,5±0,5 et 487,77±0,02mg/kg).

Les résultats sur la composition physico-chimique des échantillons en provenance des collines de Butare, Gatabo et Kabizi sont proches ; d'où la formation du troisième groupe. Cependant, deux sous-groupes se sont formés à partir de ce groupe à savoir : le sous- groupe constitué par des collines Butare et celui formé par les collines de Gatabo et Kabizi. Les résultats de ces dernières surtout en protéines (2,51±0,39 et 2,71±0,01%) ; et en sucres réducteurs (3,17±0,01et 3,16±0,00%) sont très proches.

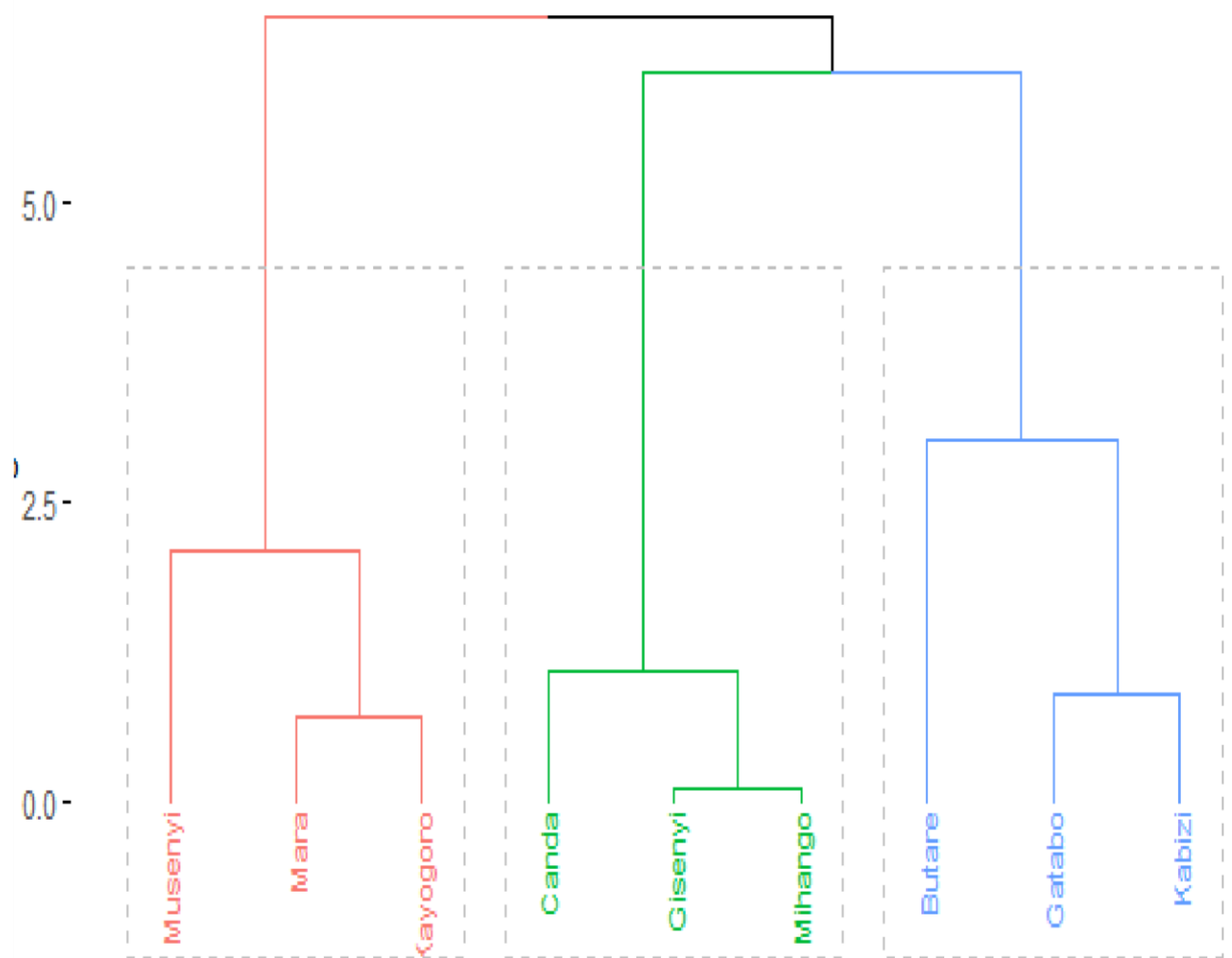


Figure 5 : Comparaison des collines par Classification de la Composante Principale (ACP)

III.7. Formule de fortification de la farine d'Akambaranga destinée aux femmes enceintes

L'augmentation du métabolisme de base observée au cours de la grossesse est source de besoins énergétiques. La constitution de l'organisme fœtal et des annexes ainsi que la préparation des glandes mammaires à la lactation nécessitent des apports importants de nutriments (Boufettal et al., 2010). C'est ainsi qu'une attention particulière devrait être accordée à l'alimentation des femmes enceintes, outre l'apport énergétique et protidique, à ce qui concerne les apports en micronutriments (Lecerf, 2010); une attention particulière devant être aussi portée à la vitamine B9, la vitamine C, la vitamine D, au fer, au calcium, au magnésium, au potassium et d'oligo-éléments (Boufettal et al., 2010; Huffman et al., 1998; Lecerf, 2010).

C'est ainsi qu'une formule de fortification Akambaranga destinée aux femmes enceintes serait utile à toute personne qui désirerait œuvrer dans le domaine de transformation du manioc notamment dans la transformation et fortification de manioc d'Akambaranga.

En prenant un repas à base de pâte de manioc par jour et que cette dernière constitue 70% de la quantité de son repas et qu'une autre proportion est contenue dans les aliments d'accompagnement, une femme enceinte peut manger en moyenne 250g de farine de manioc par un seul repas. Le tableau suivant montre une quantité des nutriments à ajouter dans la farine de manioc Akambaranga destinée aux femmes enceintes.

Tableau 6 : Formule de fortification de la farine d'Akambaranga destinée aux femmes enceintes

Nutriments	Composition de la farine du manioc (par 100g)	Quantité à ajouter (par 100g)	Besoins quotidiens	Références
Protéines (g)	1,15	18,45	70	(Misset & Desport, 2020 ; Vaysse et al., 2019) Stephens et al., 2014) ; (Pellet, 1990)
Fer (mg)	25,34	Pas d'ajout	60	(Milman, 2020)
Calcium (mg)	50,04	313,95	1300	(Abrams, 2011)
Magnésium (mg)	46,37	88,02	400-480	(Ekissi et al., 2020)
Sodium (mg)	70,82	1049,17	4000	(Mente et al., 2018)
Potassium (mg)	556,08	31,91	2100	(Szekely, 2009 ; CSS, 2009)
Phosphore (mg)	64,08	2483,91	9100	(Potier et al., 2003)
Manganèse (mg)	0,16	0,81	3,5	(Bjørklund et al., 2017)
Cuivre (mg)	0,18	0,20	1,4	(Pettersson & Rasmussen, 1999)
Zinc (mg)	1,35	2,84	15	(Costello & Osrin, 2003)
Vitamine c (mg)	18	18,4	120	(CSS, 2009)
Vitamine A (mg)	0	0,22	0,8	(CSS, 2009)

Thiamine (Vitamine B1) (mg)	0,03	0,80	1,7	(Huffman et al., 1998)
Riboflavine (Vitamine B2) (mg)	0,01	0,42	2	(Huffman et al., 1998)
Niacine (Vit. B3) (mg)	0,34	4,41	16	(CSS, 2009)
Vitamine B6 (mg)	0,03	0,66	2,5	(Huffman et al., 1998)

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce travail a permis de mettre en évidence les principaux aliments de base de la population de la province de Makamba et les résultats ont montré que le manioc et ses produits dérivés constituent des aliments de base les plus consommés. La transformation du manioc permet l'obtention des produits tels que : Akambaranga, Inyange, Ikivunde et Uburobe.

Ce travail a permis également de déterminer l'influence de la transformation du manioc en une farine d'Akambaranga au niveau de la qualité physicochimique. Les résultats des analyses ont montré que cette préparation influence d'une manière significative sur la composition physicochimique.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré une diminution des teneurs en cyanure d'hydrogène, eau, protéines, potassium, zinc et une augmentation des teneurs en fer, calcium, magnésium, phosphore tandis que les teneurs en manganèse, cuivre, sucres réducteurs n'ont pas varié. Des faibles teneurs en sucres totaux et réducteurs ont été également observées.

Les résultats des teneurs en cyanure étaient significativement inférieurs au niveau de sécurité recommandé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et celui du Codex Alimentarius ; ce qui montre le degré de l'efficacité de la transformation du manioc en une farine d'Akambaranga et son utilisation sans dangers du cyanure. La composition chimique d'Akambaranga montre aussi qu'elle est une bonne source du fer mais pauvre en d'autres éléments surtout les protéines, le sodium, le magnésium, le calcium, le potassium, le phosphore, le cuivre et le zinc par rapport aux besoins nutritionnels de l'homme. Pour cela, Il serait donc souhaitable d'enrichir la farine d'Akambaranga en ces éléments pour que cette dernière soit un aliment complet afin de participer à la lutte contre les problèmes liés au déséquilibre alimentaire qui, actuellement, constitue un problème majeur à travers tout le pays.

Une formule de fortification de la farine d'Akambaranga destinée aux femmes enceintes a été mise en place en tenant compte des exigences relatives au niveau des vitamines et des minéraux de la farine de manioc fortifiée du décret portant réglementation de la fortification des aliments au Burundi et pourra aider les industriels désirants produire et mettre sur le marché la farine d'Akambaranga fortifiée à travers tout le pays. Ce travail va permettre aux industriels et à toute personne qui désirera d'œuvrer dans le domaine de la fortification de la farine d'Akambaranga d'avoir des données sur sa composition nutritionnelle.

A la lumière des résultats obtenus, des suggestions ont été émises :

Aux chercheurs:

- Mener des recherches sur les autres paramètres qui n'ont pas été déterminés au cours de cette étude surtout les vitamines ;
- Mener des recherches mettant en évidence l'influence de la consommation de la farine d'Akambaranga sur les carences liées à la malnutrition.

Au BBN:

- De promouvoir la production et la consommation des farines fortifiées et plus particulièrement la farine d'Akambaranga ;
- De vérifier régulièrement que les farines fortifiées mises sur le marché remplissent les exigences relatives au niveau des vitamines et des minéraux de la farine de manioc fortifiée du décret portant réglementation de la fortification des aliments au Burundi.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abrams, S. A. (2011). Dietary guidelines for calcium and vitamin D: A new era. In *Pediatrics* (Vol. 127, Issue 3, pp. 566–568). <https://doi.org/10.1542/peds.2010-3576>
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis* (21 st Edition). In Association of official analytical chemists : Washington, DC (Vol. 3).
- Balagopalan, C., Padmaja, G., Nanda, S. K., & Moorthy, S. N. (2018). Cassava in food, feed and industry. In CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351070430>.
- Baynes, R. D., & Bothwell, T. H. (1990). Iron deficiency. *Annual Review of Nutrition*, 10, 133–148. <https://doi.org/10.1016/j.pratan.2012.02.006>.
- Bjørklund, G., Chartrand, M. S., & Aaseth, J. (2017). Manganese exposure and neurotoxic effects in children. *Environmental Research*, 155(February), 380–384. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.003>
- Bradbury, J. H. (2006). Simple wetting method to reduce cyanogen content of cassava flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 388–393. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.012>
- Ceballos, H., Sánchez, T., Chávez, A. L., Iglesias, C., Debouck, D., Mafla, G., & Tohme, J. (2006). Variation in crude protein content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 589–593. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.11.001>.
- Charles, A. L., Sriroth, K., & Huang, T. C. (2005). Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chemistry*, 92(4), 615–620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.024>.
- Collard, P., & Levi, S. (1959). A two-stage Fermentation of Cassava. *Nature*, 183(4661), 620–621. <https://doi.org/10.1038/183620a0>
- Costello, A. M. D. L., & Osrin, D. (2003). Fetus and Infant Micronutrient Status during

- Pregnancy and Outcomes for Newborn. *The Journal of Nutrition, Supplement*, 1757S-1764S. <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/133/5/1757S/4558579>
- CSS(Conseil Supérieur de la Santé). (2009). *Recommandations nutritionnelles pour la Belgique*, (C. S. de la S. 2009. (ed.)).
- Das, J. K., Salam, R. A., Kumar, R., & Bhutta, Z. A. (2013). Micronutrient fortification of food and its impact on woman and child health: a systematic review. *Systematic Reviews*, 2(1), 2–67. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-2-67>
- De Luca, A. (2019). Besoins nutritionnels de l'adolescent. *Journal de Pédiatrie et de Puericulture*, 32(4), 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.jpp.2019.06.001>
- Degnon, G. R., Konfo, T. R. C., Adjou, S. E., & Dahouenon-Ahoussi, E. (2018). Evaluation des conditions de production, de la qualité physico-chimique et microbiologique des cossettes de manioc (*Manihot esculanta* Crantz) dans la commune de Bassila (NordBénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(3), 1528. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i3.36>.
- Diallo, Y., Gueye, M. T., Sakho, M., & Darboux, P. G. (2013). Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 17(4), 634–643. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/165566/1/Diallo.BASE.2013.pdf>
- Dwyer, J. T., Woteki, C., Bailey, R., Britten, P., Carriquiry, A., Gaine, P. C., Miller, D., Moshfegh, A., Murphy, M. M., & Edge, M. S. (2023). Fortification: new findings and implications. *Nutrition Reviews*, 72(2), 127–141. <https://doi.org/10.1111/nure.12086>
- Ekissi, A. C., Kan Kouame, B., Koko, C. A., Yao-Kouame, A., & Kati-Coulibaly, S. (2020). Détermination des minéraux des feuilles du théier de savane (*lippia multiflora*). In *Afrique SCIENCE* (Vol. 16, Issue 2).
- Essers, A. J. A., Van Der Grift, R. M., & Voragen, A. G. J. (1996). Cyanogen removal from cassava roots during sun-drying. *Food Chemistry*, 55(4), 319–325. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00098-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00098-4)

- Gidamis, A. B., O'Brien, G. M., & Poulter, N. H. (1993). Cassava detoxification of traditional Tanzanian cassava foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 28(2), 211–218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb01266.x>.
- Gobat, J.M., M. Aragno, and W. M. (2003). *Le Sol vivant Bases de pédologie Biologie des sols. Deuxième édition, Presse polytechniques et universitaires romandes. 568 p.*
- Gómez, G., Valdivieso, M., & Noma, A. T. (1985). The influence of cultivar and plant age on the chemical composition of field-grown cassava leaves and roots. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*, 35(2), 109–119. <https://doi.org/10.1007/BF01092126>.
- Hahn, S. K. (1989). An overview of African traditional cassava processing and utilization. *Outlook on Agriculture*, 18(3), 110–118. <https://doi.org/10.1177/003072708901800303>.
- Hawashi, M., Widjaja, T., & Gunawan, S. (2020). Solid-State Fermentation of Cassava Products for Degradation of Anti-Nutritional Value and Enrichment of Nutritional Value. *New Advances on Fermentation Processes*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87160>.
- Huffman, S. L. D., Jean Baker, M. P. H. J., Shumann, M. A., Elizabeth, M. H. S., & Zehner, R. (1998). Promouvoir des suppléments de multiples vitamines/minéraux pour les femmes en âge de procréer dans les pays en développement. www.linkagesproject.org.
- Ikediobi, C. O., & Onyike, E. (1982). Linamarase Activity and Detoxification of Cassava {*Manihot esculenta*) during Fermentation for Gari Production. *Agricultural and Biological Chemistry*, 46(6), 1667–1669. <https://doi.org/10.1271/bbb1961.46.1667>
- ISO 2164, 1975. International organization for standardization. ISO, 1975. ISO: 2164: (1975). Determination of glycosidic hydrocyanic acid.
- ISTEEBU. (2019). Enquête Nationale sur la Situation Nutritionnelle et la Sécurité Alimentaire au Burundi (ENSNSAB), Décembre 2018. Bujumbura, Burundi : Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi.

- J.I. Lenis, F. Calle, G. Jaramillo, J.C. Perez, H. Ceballos, J. H. C. (2006). Leaf retention and cassava productivity. *Field Crops Research*, 95(2–3), 126–134.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.02.007>
- Joachim, U. di M., Thaddée.2, M. N., & Lelo, et M. (2020). Inhibition du développement de l’*Aspergillus flavus* par l’acide acétique: Analyse de trois expériences réalisées à Kinshasa-RD Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 45(1), 7809–7821.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v45-1.5>.
- Kawano, K., Fukuda, W. M. G., & Cenpukdee, U. (1987). Genetic and Environmental Effects on Dry Matter Content of Cassava Root 1. *Crop Science*, 27(1), 69–74.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183x002700010018x>.
- Koffi, C. K., Djoudi, H., & Gautier, D. (2016). Landscape diversity and associated coping strategies during food shortage periods : evidence from the Sudano-Sahelian region of Burkina Faso. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-0160945-z>
- Lancaster, P. A., Ingram, J. S., Lim, M. Y., & Coursey, D. G. (1982). Traditional cassavabased foods: Survey of processing techniques. *Economic Botany*, 36(1), 12–45.
<https://doi.org/10.1007/BF02858697>.
- MEEATU. (2013). Plan Directeur d’assainissement des eaux usées et des excreta de la ville de Bujumbura, Rapport Groupement FWT-SHER-GEOSCI - Mars 2013, Bujumbura, Burundi, 255 p.
- Mente, A., O’Donnell, M., Rangarajan, S., McQueen, M., Dagenais, G., Wielgosz, A., Lear, S., Ah, S. T. L., Wei, L., Diaz, R., Avezum, A., Lopez-Jaramillo, P., Lanas, F., Mony, P., Szuba, A., Iqbal, R., Yusuf, R., Mohammadifard, N., Khatib, R., ... Yusuf, S. (2018). Urinary sodium excretion, blood pressure, cardiovascular disease, and mortality: a community-level prospective epidemiological cohort study. *The Lancet*, 392(10146), 496–506.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31376-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31376-X).
- Messaoud B. (2006). Mise en place d’un système de gestion pour l’amélioration de la qualité, par la maîtrise des procédés, dans l’industrie agroalimentaire [Université EL HADJ LAKHDAR BATNA]. http://eprints.univ-batna2.dz/1055/1/inj_Messaoud_BENZOUAI.pdf

- Milman, N. T. (2020). Dietary Iron Intake in Pregnant Women in Europe: A Review of 24 Studies from 14 Countries in the Period 1991-2014. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7102190>.
- Misset, B., & Desport, J. C. (2020). Nutrition and healing. *Actualites Pharmaceutiques*, 59(601), 20–22. <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2020.10.006>.
- Montagnac, J. A., Davis, C. R., & Tanumihardjo, S. A. (2009). Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 181–194. <https://doi.org/10.1111/j.15414337.2009.00077.x>.
- Muzanila, Y. C., Brennan, J. G., & King, R. D. (2000). Residual cyanogens, chemical composition and aflatoxins in cassava flour from Tanzanian villages. *Food Chemistry*, 70(1), 45–49. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00062-5).
- Nweke, F. I. (1994). Cassava processing in sub-Saharan Africa: The implications for expanding cassava production. *Outlook Agric.*, 23(3), 197–205. <https://doi.org/10.1177/003072709402300307>
- Nzigamasabo, A., & Zhou, H. M. (2006a). Comparative study on nutrient and anti-nutrient changes in Ikivunde and Inyange, two Burundian traditionally processed cassava products. *Journal of the Science Of Food and Agriculture*, 86, 1878–1886. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Nzigamasabo, A., & Zhou, H. M. (2006b). Functional and chemical properties of ikivunde and inyange, two traditionally processed burundian cassava flours. *Journal of Food Biochemistry*, 30(4), 429–443. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2006.00073.x>.
- Nzigamasabo, A., & Zhou, H. M. (2006c). Traditional cassava foods in Burundi - A review. *Food Reviews International*, 22(1), 1–27. <https://doi.org/10.1080/87559120500379761>.
- Obadina, A. O., Oyewole, O. B., Sanni, L. O., & Abiola, S. S. (2006). Fungal enrichment of cassava peels proteins. *African Journal of Biotechnology*, 5(3), 302–304. <https://doi.org/10.5897/AJB05.360>.

Odunfa, S., Oyewole, O. B., & Ayo Odunfat, S. (1989). Effects of fermentation on the carbohydrate, mineral, and protein contents of cassava during “fufu” production. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2(2), 170–176.

[https://doi.org/10.1016/08891575\(89\)90078-1](https://doi.org/10.1016/08891575(89)90078-1)

Okezie, B. O., & Kosikowski, F. V. (1983). Cassava as a food. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 17(3), 259–275. <https://doi.org/10.1080/10408398209527349>.

Oyewole, O. B., & Ayo Odunfa, S. (1989). Effects of fermentation on the carbohydrate, mineral, and protein contents of cassava during “fufu” production. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2(2), 170–176. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(89\)90078-](https://doi.org/10.1016/0889-1575(89)90078-1)

1.

Padmaja, K. Steinkraus, G. (1995). Cyanide Detoxification in Cassava for Food and Feed Uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(4), 299–339. <https://doi.org/10.1080/10408399509527703>

Padmaja, G. (1995). Cyanide Detoxification in Cassava for Food and Feed Uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(4), 299–339. <https://doi.org/10.1080/10408399509527703>.

Padmaja, G., George, M., Moorthy, S. N., Bainbridge, Z., Plumb, V., Wood, J. F., & Powell, C. J. (1994). Nutritional Evaluation of the Starchy Flour Obtained from Cassava Tubers on Fermentation with a Mixed-Culture Inoculum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3), 766–770. <https://doi.org/10.1021/jf00039a033>.

Panghal, A., Munezero, C., Sharma, P., & Chhikara, N. (2019). Cassava toxicity, detoxification and its food applications: a review. *Toxin Reviews*, 40(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1560334>.

Pellet, P. L. (1990). Protein requirements in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(5), 723–737. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.5.723>

Pettersson, R., & Rasmussen, F. (1999). Daily intake of copper from drinking water among young children in Sweden. *Environmental Health Perspectives*, 107(6), 441–446. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107441>.

- Philippe Vernier, Boni N'Zué, N. Z.-R. (2018). Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle Quae CTA Presses agronomiques de Gembloux.
<https://agritrop.cirad.fr/587188/1/9782759227082.pdf>.
- Pinton, F., Pinton, F., & Weber, M. M. (2002). Manioc et biodiversité : exploration des voies d'un nouveau partenariat. NSS , Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, 10(2), 18–30.
- Potier de Courcy G , Frelut ML , J Fricker, A Martin, H. D. (2003). Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins. *Encycl Méd Chir*, 10-308-A1(January 2003), 32.
- Power, M. L., Heaney, R. P., Kalkwarf, H. J., Pitkin, R. M., Repke, J. T., Tsang, R. C., & Schulkin, J. (1999). The role of calcium in health and disease. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 181(6), 1560–1569. [https://doi.org/10.1016/S00029378\(99\)70404-7](https://doi.org/10.1016/S00029378(99)70404-7).
- Rosling, H. (1994). Measuring effects in humans of dietary cyanide exposure from cassava. In *Acta Horticulturae* (Vol. 375, pp. 271–284). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.375.27>
- Rosling H. (1994). Measuring Effects in Humans of Dietary Cyanide Exposure From Cassava. *Human Health and Nutrition*, 375, 271–284.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.375.27>.
- SAH M. R., O. D. D. (2018). Effets de la consommation des produits agricoles sur la sécurité alimentaire au Congo : cas de la farine de manioc (foufou). *Annales Université M. NGOUABI*, 18(2), 370–384.
- Solomons, N. W. (1985). Biochemical, Metabolic, and Clinical Role of Copper in Human Nutrition. *Journal of the American College of Nutrition*, 4(1), 83–105.
<https://doi.org/10.1080/07315724.1985.10720069>
- Stephens, T. V., Payne, M., Ball, R. O., Pencharz, P. B., & Elango, R. (2014). Protein requirements of healthy pregnant women during early and late gestation are higher than current recommendations. *Journal of Nutrition*, 145(1), 73–78. <https://doi.org/10.3945/jn.114.198622>

- Szekely, C. (2009). Recommandations nutritionnelles chez une personne âgée bien portante. *Traité de Nutrition de La Personne Âgée*, 1, 103–107. https://doi.org/10.1007/978-2-28798117-3_13.
- Taleb, S., & Menasria, S. (2019). Santé publique Alimentation, état nutritionnel, apport calcique et pathologies associées à la ménopause chez des femmes de la ville de Tébessa (Est algérien) Food, nutrition, calcium intake, and associated diseases to menopause in women of Tebessa city (*A. Nutr. Santé*, 08(02), 51–60. <https://doi.org/10.30952/ns.8.2.3>
- Taufik, I. I., & Guntarti, A. (2016). Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia potato (*Ipomoea batatas l.*) using luff school and anthrone method. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Indonesia*, 7(5), 219–226.
- Temegne, N. C., Ngome Ajebesone, F., & Fotso Kuate, A. (2016). Influence de la composition chimique du sol sur la teneur en éléments nutritifs et le rendement du manioc (*Manihot esculenta Crantz, Euphorbiaceae*) dans deux zones agro-écologiques du Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 2776. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.21>.
- Toukara Djénéba FOFANA. (2009). Dépistage de la malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans dans les CSCOM de la commune I du district de Bamako. UNIVERSITE DE BAMAKO.
- Vaysse, C., Simon, N., Tressou, J., Pasteau, S., Buaud, B., Guesnet, P., Couedelo, L., & Billeaud, C. (2019). Polyunsaturated fatty acids consumption in lactating women in France: The INCA 2 study and evolution of essential fatty acids composition in breast milk from 1997 to 2014. *Cahiers de Nutrition et de Dietétique*, 54(1), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2018.11.004>
- Westby, A. (1994). Importance of Fermentation in Cassava Processing. In *Acta Horticulturae* (Issue 380, pp. 249–255). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.380.39>.
- Zvauya, R., & Muzondo, M. I. (1995). Reduction of cyanide levels in cassava during sequential sundrying and solid state fermentation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46(1), 13–16. <https://doi.org/10.3109/09637489509003380>.

ANNEXE

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

GUIDE D'ENQUETE D'EXPLOITATION

Date de l'enquête: _____ / _____ / 2022

N° de l'enquêté :

Lieu de l'enquête:

Province :

Commune :

Colline :

1. Quels sont les aliments de base que vous cultivez ?

Manioc	<input type="checkbox"/>	Colocase	<input type="checkbox"/>
Patate douce	<input type="checkbox"/>	petit pois	<input type="checkbox"/>
Haricot	<input type="checkbox"/>	pomme de terre	<input type="checkbox"/>
Mais	<input type="checkbox"/>	Banane	<input type="checkbox"/>
Riz	<input type="checkbox"/>		

2. Pourquoi cultivez-vous le manioc ?

Autoconsommation

Vente

3. Quelles sont les variétés de manioc que vous cultivez?

Douce Amère

4. Pour chaque type de champ, le manioc est cultivé seul ou associé

5. Quelles sont les variétés que vous transformez ?.....

6. Quelle est la quantité de manioc produisez-vous par saison?

..... Kg/saison

7. Quelle est la quantité de manioc que vous vendez ?

.....Kg/saison

8. Quelles sont les différentes modalités de transformation du manioc pratiquez-vous?

Akambaranga

Ikivunde

Inyange

Uburobe

9. Quelle est la quantité utilisée pour la transformation de la farine

Akambaranga ?.....Kg/saison

10. Combien de fois consommez-vous de la pâte de manioc ou toute autre forme de manioc par jour ?

	Une fois	deux fois	Trois fois
Kambaranga	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ikivunde	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Inyange	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Uburuobe	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

11. Combien de jours consommez –vous du manioc dans une semaine?

.....jours?

12. Quelle est la durée de chaque opération?

Akambaranga :jours
Ikivunde (ikirobeke) :jours
Ubuzenge :jours
Uburobe :.....Jours

13. Quelle est la forme la plus préférée ? pourquoi?

Farine (Akambaranga)
Farine (Ikivunde)
Farine (Ubuzenge)
Uburobe

14. Quels sont les aliments accompagnant la pâte de manioc ?

1. Viande
2. Légumes
3. Haricot
4. Poissons

15. Achetez-vous les produits dérivés du manioc?

Quels produits achetés (classer / importance)	A quelle fréquence? (nombre de fois/semaine)

Quelle est la quantité achetée?

16. Quels sont les autres usages de la production de manioc?

-
-
-
-

17. Quelle est la culture qui vous apporte plus d'argent ?

Questionnaire de commercialisation du manioc (volet commerçants)

Date de l'enquête: / /2022

N° de l'enquêté:

Lieu de l'enquête: province :

Commune :

Colline :

Marché :

Nom de l'enquêteur:

Son statut:

Son activité principale:

Activité secondaire :

I. commercialisation du manioc

1. Les différentes formes de commercialisation du manioc

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

II. Prix de vente des principaux produits dérivés du manioc?

1. Vous vendez à combien le kg de?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Quelle est la quantité vendez-vous par mois?Kg/mois

.....Autres/mois

3 .Est-ce que vous parvenez à satisfaire vos clients ?

Oui

Non