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

Etude des dangers technologiques liés à la transformation du manioc en farine de haute qualité

Irambona, Jean Bosco; Sous la direction de : Prof. Aloys Nzigamasabo

2022-04
UB, FABI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/521

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE

DEPARTEMENT DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

ETUDE DES DANGERS TECHNOLOGIQUES LIES A LA TRANSFORMATION DU MANIOC EN FARINE DE HAUTE QUALITE

Par

Jean Bosco IRAMBONA

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du

Diplôme de Master

Spécialité : Sciences et Technologie des Aliments

Option : Technologie post-récolte

Sous la direction de :

Prof. Aloys NZIGAMASABO

Bujumbura, Avril 2022

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

- **Président** : Dr. Ir. Bonaventure NIYOYANKANA

- **Secrétaire** : Dr. Ir. Jonathan NIYUKURI

- **Directeur** : Prof. Aloys NZIGAMASABO

DEDICACES

A DIEU tout puissant ;

A toutes les personnes qui me sont chères ;

A vous tous dont le souci et d'aimer DIEU ;

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas abouti à terme n'eurent été les efforts conjugués de vous qui d'une manière d'une autre, avez participé à sa réalisation.

Mes sincères remerciements sont particulièrement adressés au Professeur Aloys NZIGAMASABO, mon Directeur de mémoire pour sa grande implication et l'excellent encadrement qu'il m'a apporté durant toute la période de recherche. Ses observations, ses conseils judicieux, sa rigueur scientifique et ses remarques pertinentes m'ont été d'une grande utilité. Sa lui ce travail n'aurait pas vu le jour. Qu'il trouve à travers ces quelques lignes le couronnement de ses efforts.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à tous nos enseignants de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie et en particulier ceux du département des Sciences et Technologie de Aliments qui ont contribué à notre formation tant humaine que scientifique.

Mes remerciements vont également à l'endroit de la Direction du CNTA et à tout le personnel du Service Technologie Alimentaire pour leur franche collaboration pendant toute la période de recherche.

Enfin, que mes amis et camarades étudiants surtout de promotion avec qui nous avons partagé nos études à la FABI n'éprouvent point de peine de se reconnaitre.

Un grand remerciement, à toute personne ayant contribué à l'accomplissement de ce travail.

Jean Bosco IRAMBONA

RESUME

Le manioc est une plante la plus cultivée et une denrée importante dans l'alimentation des Burundais. Son traitement pour la consommation ultérieure et la conservation se font suivant les méthodes traditionnelles et manuelles peu efficaces et pénibles engendrant d'énormes pertes post-récoltes.

Une nouvelle technologie de transformation du manioc en farine a été introduite au Burundi dans ces dernières années, il s'agit de la transformation d'une farine appelée « farine de manioc de haute qualité ». Les mesures accompagnant cette innovation devraient être prises afin d'assurer la santé des consommateurs.

Dans ce cadre, notre travail intitulé « Etude des dangers technologiques liés à la transformation du manioc en farine de haute qualité » a été réalisé.

Pour effectuer ce travail, la farine de manioc de haute qualité a été produite et analysée dans les laboratoires de Microbiologie et Biochimie.

Les résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique montrent que la teneur en ce dernier peut être réduite (de 2,7 mg/kg à 1,72 mg/kg) en faisant le pressage et séchage de râpure de manioc sans subir une fermentation. Le taux d'humidité (8,03%) trouvé est satisfaisant car il est inférieur à la teneur en humidité exigée pour une farine bien conservable.

Les résultats d'analyses microbiologiques montrent que la Flore Aérobie Mésophile Totale et les levures et moisissures sont présentes dans la râpure de manioc ($1{,}2.10^3$ et $1{,}5.10^2$) et dans la farine ($1{,}3.10^4$ et $1{,}7.10^3$) mais ces derniers n'atteignent pas les limites acceptables en se référant aux normes utilisées ce qui signifie la garantit de consommer ce produit.

Les autres germes recherchés étaient absents dans ces deux échantillons. Il s'agit des coliformes totaux et fécaux, Escherichia-coli et Salmonella.

Au cours du processus de transformation de cette farine, les différents types de dangers peuvent se présenter à chaque étape de fabrication. Il s'agit des dangers physiques, microbiologiques et chimiques.

Jean Bosco IRAMBONA

ABSTRACT

Cassava is a most cultivated plant and an important commodity in the diet of Burundians. Its treatment for further consumption and conservation is done according to traditional and manual methods that are inefficient and painful, resulting in huge post-harvest losses.

A new technology for processing cassava into flour has been introduced in Burundi in recent years, the processing of a flour called "high-quality cassava flour". The measures accompanying this innovation should be taken in order to ensure the health of consumers.

In this context, our work entitled "Study of the technological dangers associated with the processing of cassava into high-quality flour.

To carry out this work, high-quality cassava flour was produced and analyzed in the Microbiology and Biochemistry laboratories.

The results of the analysis of the hydrocyanic acid content show that the content of hydrocyanic acid can be reduced (from 2.7 mg/kg to 1.72 mg/kg) by pressing and drying cassava grater without fermentation. The moisture content (8.03%) found is satisfactory because it is lower than the moisture content required for a well-preserved flour.

The results of microbiological analyses show that Total Aerobic Mesophilic Flora and yeasts and molds are present in cassava grapure ($1,2.10^3$ and $1,5.10^2$) and in flour ($1,3.10^4$ and $1,7.10^3$) but the latter do not reach the acceptable limits by referring to the standards used which means the guarantee of consuming this product.

The other germs sought were absent in these two samples. These are the total and faecal coliforms, Escherichia-coli and Salmonella.

During the process of processing this flour, different types of hazards can arise at each stage of manufacture. These are physical, microbiological and chemical hazards.

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
ABREVIATIONS, SIGLES ET SYMBOLES xi
AVANT-PROPOS xii
INTRODUCTION GENERALE 1
PREMIERE PARTIE : REVUE DOCUMENTAIRE 4
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MANIOC 4
I.0. Généralités 4
I.1. Origine du manioc 5
I.2. Description du manioc 5
I.3. Production du manioc 7
I.3.1. Choix du terrain 7
I.3.2. Préparation du terrain 7
I.3.3. Labourage du sol 8
I.3.4. Choix et préparation du matériel végétal (boutures) 8
I.3.4.1. Sélection de variétés de manioc à planter 8
I.3.4.2. Sélection de boutures de manioc 8
I.3.5. Plantation 8
I.3.5.1. Date de plantation 9
I.3.5.2. Mode de plantation 9
I.3.5.3. Densité de plantation 10
I.3.5.4. Écartement 10
I.3.6. Entretien de la culture 10
I.3.6.1. Désherbage 10
I.3.6.2. Remplacement des pieds manquants 10
I.3.6.3. Fertilisation 11
I.3.7. Protection de la culture 11

I.3.8. Récolte du manioc 11
I.3.9. Conservation du manioc 12
I.4. Composition nutritionnelle des tubercules de manioc 13
I.5. Utilisations du manioc 13
I.6. Importance de la culture du manioc 15
CHAPITRE II : TRANSFORMATION DE LA FARINE DE MANIOC DE HAUTE QUALITE 17
II.1. Introduction 17
II.2. Procédés de transformation 17
CHAPITRE III. ETUDE DES DANGERS 20
III.1. Système HACCP 20
III.1.1. Présentation 20
III.1.2. Historique 20
III.1.3. Principes du système HACCP 21
III.1.4. Etapes du système HACCP 22
III.2. Analyse des dangers 24
III.2.1. Identification des dangers 24
III.2.1.1. Dangers microbiologiques 25
III.2.1.2. Dangers physiques 25
III.2.1.3. Dangers Chimiques 25
III.2.2. Identification des points critiques (CCP) 25
III.2.3. Identification des causes des dangers 26
III.3. Bonnes pratiques d'hygiène 26
III.3.1. Généralités sur l'hygiène 26
III.3.2. Hygiène dans le secteur de transformation agro-alimentaire 27
DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE 29
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODE 29
IV.1. But 29
IV.2. Matériel 29
IV.2.1. Matériel et équipements de transformation 29
IV.2.2. Matériel de laboratoire 31
IV.3. Méthode de travail 32
IV.3.1. Transformation proprement dite 32
IV.3.2. Méthodes d'analyse 38
IV.3.2.1. Analyses de la teneur en acide cyanhydrique 38

IV.3.2.2. Analyse de la teneur en humidité de la farine……..…39
IV.3.2.3. Analyses microbiologiques.....39

CHAPITRE V : PRESENTATION, INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS.....44

V.1. Introduction.....44

V.2. Présentation, interprétation et discussion des résultats 44

V.2.1. Résultats de transformation.....44

V.2.2. Résultats d'analyses de la teneur en acide cyanhydrique 44

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....48

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....50

ANNEXE.....53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition nutritionnelle des feuilles et des racines de manioc
Tableau 2 : Sources de dangers, types de dangers et précautions à prendre pour chaque opération
Tableau 3 : Microorganismes recherchés, température et durée d'incubation
Tableau 4 : Résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique de râpure de manioc
Tableau 5 : Résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique pour deux échantillons (râpure et farine de manioc).
Tableau 6 : Résultats d'analyses microbiologiques de la farine de manioc

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tubercules de manioc frais
Figure 2 : Champ de manioc
Figure 3 : Râpe de manioc
Figure 4 : Râpure de manioc
Figure 5 : Presse manuelle
Figure 6 : Séchoir solaire ouvert
Figure 7 : Séchoir solaire fermé
Figure 8 : Matériels de distillation

ABREVIATIONS, SIGLES ET SYMBOLES

%	: Pourcentage
AFNOR	: Association Française de Normalisation
	Agricultural Research and Development
CEE	: Communauté Economique Européen
Cm	: Centimètre
CNTA	: Centre National de Technologie Alimentaire
CORAF/WECARD	: Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le
	développement agricoles / West and Central African Council for
DLC	: Date Limite de Consommation
DLUO	: Date Limite d'Utilisation Optimale
etc.	: et cætera
FAMT	: Flore Aérobie Mésophile Totale
FAO	: Food and Agriculture Organization
FDA	: Food and drug Administration
g/gr	: Gramme
HACCP	: Hazard Analysis Critical Control Points
HCN	: Cyanure d'Hydrogène
HCN	: Acide Cyanhydrique
ISO	: International Organization for Standardization
Kg	: Kilogramme
NPP	: Nombre le Plus Probable
^{O}C	: Degré Celsius
PASA	: Programme d'Amélioration de la Salubrité des Aliments
PCA	: Plate Count Agar
SCA	: Sabouraud-Chloramphénicol Agar
SSA	: Salmonella Shigella Agar
UFC	: Unité Format Colonie
USAID	: United States Agency International Developpement
VRBA	: Violet Red Bile Agar

AVANT-PROPOS

Le présent travail de mémoire a été effectué en vue de l'obtention du diplôme de master en Sciences et Technologie des aliments.

Cette étude a été menée après avoir constaté la découverte d'une nouvelle technologie de transformation de la farine de manioc appelée " farine de manioc de haute qualité".

La contribution de ce travail est d'étudier les dangers qui sont liés aux différentes étapes du processus de transformation de cette farine et de proposer les mesures de prévention contre ces dangers.

INTRODUCTION GENERALE

Le Burundi est un pays agricole par excellence. Plus de 90% de sa population œuvre dans le secteur agricole d'où il tire l'essentiel de ses ressources économiques. Les cultures vivrières qui couvrent les superficies nationales cultivées représentent 80% de la valeur ajoutée du secteur primaire et assurent l'autosuffisance de la population tandis que les cultures de rentes (café, thé, coton) qui occupent 8% des terres cultivées procurent 90% des recettes d'exportation (Nshimirimana, 2004).

Le manioc est une denrée importante dans l'alimentation des Burundais. Plus de 70% de la population Burundaise pratique la culture du manioc (FAO, 2012). Le manioc peut être considéré comme la quatrième production végétale pour sa contribution à l'alimentation de la population mondiale après le riz, le blé et le maïs. C'est en Afrique que le manioc est le plus consommé par l'homme : 60 millions de tonnes, soit 3 fois plus qu'en Asie et 6 fois plus qu'en Amérique latine d'où le manioc est pourtant originaire (Serge T et al, 1995). Ses racines (tubercules) et ses feuilles sont consommées. Les tiges servent au semis et lorsqu'elles sont séchées au soleil, elles peuvent aussi servir pour le chauffage à la cuisson.

La production agricole et son traitement pour la consommation ultérieure et la conservation se font presque exclusivement suivant les méthodes traditionnelles et manuelles peu efficaces et pénibles engendrant d'énormes pertes post-récoltes. En dépit de l'importance alimentaire du manioc en Afrique, les recherches y sont restées relativement peu développées.

Les investissements destinés au secteur agricole et orienté dans le volet post-récolte des cultures vivrières ont été depuis longtemps minimisées. Cette attitude n'a pas permis la promotion et le développement de micro-entreprises agro-alimentaires.

La farine de manioc de haute qualité dont elle est question dans le présent travail est une farine produite à partir de tubercules de manioc frais et rapidement traités. Sa production commerciale est relativement récente en Afrique.

En raison de l'augmentation des prix du blé sur le marché international et des taux de change peu favorables, la farine panifiable de manioc de haute qualité a été introduite en Afrique de l'Ouest et gagne progressivement du terrain dans la sous-région (Sanni et al, 2009).

Au Burundi, cette technologie a été introduite par le Centre National de Technologie Alimentaire (CNTA) et elle est pratiquée dans quelques localités du pays comme par exemple

en province Cibitoke (Coopérative TWIRAMBIRE, Coopérative Dutezimbere Imyuga de Cibitoke).

En effet, cette technologie offre quelques avantages :

- La réduction du taux de cyanure dans le produit fini (farine de haute qualité) ;
- L'obtention de la farine dans peu de temps comparativement aux autres techniques de transformation de la farine de manioc ;
- La farine de manioc de haute qualité (ou farine panifiable) est jugée apte à la confection d'outres produits comme les gâteaux, biscuits, beignets et pains, ajouté à d'autres farines comme celle de blé. (Dziedzoave et al, 2006).
- La farine entre aussi dans la fabrication de certains produits industriels, tels que les tissus, les contreplaqués, le papier, etc. (Dziedzoave et al, 2006).

Néanmoins, cette technologie n'est pas encore appliquée partout au Burundi en raison de moyens insuffisants des producteurs ou transformateurs pour s'équiper en matériels de transformation ainsi que la méconnaissance de la technologie que nous pouvons considérer nouvelle dans notre pays.

Lors de la transformation de ladite farine, l'application de bonnes pratiques d'hygiène et de transformation est important afin d'éviter les dangers (physiques, chimiques et microbiologiques) qui peuvent apparaître et causer des problèmes au niveau des consommateurs.

Dans ce cadre, nous avons choisi de travailler sur : " **L'étude des dangers technologiques liés à la transformation du manioc en farine de haute qualité ".**

L'objectif de notre travail est d'étudier de l'amont en aval les dangers qui peuvent être liés au processus de production de la farine de manioc de haute qualité et de proposer les mesures de prévention contre ces dangers.

Pour mener notre travail, nous avons procéder comme suit :

- Documentation à base des rapports, des mémoires, thèses, des publications, des notes de cours, des échanges et contacts avec les personnes ressources sur terrain ainsi que nos propres connaissances ;
- Des procédés expérimentaux au Hall de Technologie du CNTA sur la transformation du manioc en farine de haute qualité ;

- Des analyses de laboratoire ;
- Présentation interprétation et discussion des résultats
- Conclusion et recommandations.

PREMIERE PARTIE : REVUE DOCUMENTAIRE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MANIOC

I.0. Généralités

De son nom scientifique *Manihot esculenta*, le manioc est l'une des cultures vivrières les plus cultivées et les plus consommées dans de nombreuses régions du monde.

Arbuste de 1 à 4 mètres de hauteur environ, il est cultivé pour ses tubercules et ses feuilles. Les tubercules sont très riches en amidon. Les tiges sont quant à elles utilisées comme matériel de plantation. Consommé tant pour l'alimentation humaine qu'animale, le manioc est très utilisé dans l'industrie alimentaire (pâtisseries, pâtes alimentaires, cossettes, …). Avec plus de vingt produits dérivés, le manioc sert également dans l'industrie textile, la production du papier, de colles, d'alcool ou d'amidon. Sa culture procure des revenus importants aux petits producteurs à travers le monde. Les tubercules de manioc, ainsi que ses sous-produits, s'écoulent partout sans difficulté. Les tiges des variétés améliorées sont également vendues comme matériel de plantation (Justin et al., 2015).



***Figure 1** : Tubercules de manioc frais*



Figure 2 : Champ de manioc

I.1. Origine du manioc

Le genre *Manihot esculenta* Crantz est originaire du nouveau monde, avec une extension géographique allant du Sud des Etats-Unis (Arizona) au Nord de l'Argentine. Les espèces se répartissent en groupes géographiques plus ou moins disjoints et riches en espèces sauvages. On peut distinguer 5 zones primaires de diversité :

- L'Amérique centrale, le plateau central du Brésil, le nord-est brésilien, le sud-ouest brésilien et le Paraguay, la Colombie et le Venezuela (Charrier et Lefèvre, 1985).

Introduit en Afrique par les Portugais à la fin du 16^{émè} Siècle, il s'est rapidement répandu en Afrique de l'Ouest, en Afrique centrale et dans les pays riverains du golfe de Guinée. En Afrique Orientale, la progression du manioc se situa plus tardivement à la fin du 17^{émè} siècle, via les îles de la Réunion, de Madagascar et de Zanzibar. L'histoire révèle que le manioc était déjà cultivé au Pérou, au Brésil, en Guyane et au Mexique à l'époque précolombienne (Janssens, 2001).

I.2. Description du manioc

Le manioc appartient à la famille des Euphorbiacées. Certains auteurs attribuent à ce dernier une origine tétraploïde (4n=36) (Anonyme, 2001). Le manioc cultivé est une euphorbiacée pluriannuelle du genre *Manihot,* dont la distribution à l'état sauvage est limitée au continent américain, du sud des Etats-Unis au nord de l'Argentine. Le nom de l'espèce cultivée est *Manihot esculenta* Crantz; les dénominations utilisées auparavant *(M. utilissima, M. dulcis, M. aipi)* sont considérées comme des synonymes de *M. esculenta*. Le manioc mesure de 1 à 4 mètres de hauteur et présente plusieurs types architecturaux liés à ses modes de ramification. La tubérisation de ses racines se déroule sur des cycles de six mois à trois ans suivant la variété et le milieu (Jean-Pierre ,1997).

Selon Justin et al., 2015, le manioc est un arbuste ligneux, vivace et ramifié pouvant produire de larges feuilles fortement lobées et spiralées de formes très variables. Lors de leur croissance, les arbrisseaux produisent plusieurs racines tubéreuses de réserve contenant jusqu'à 35% d'amidon, pouvant atteindre jusqu'à 1 mètre de long, et peser collectivement jusqu'à 40 kg.

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

Le fruit est une capsule déhiscente à trois loges contenantes chacune généralement une graine (Komi, 1992). Les racines du manioc sont divisées en faisceaux de tubercules mesurant entre 30 et 50 cm sur 5 à 10 cm de diamètre. Chaque tubercule pèse entre 2 et 5 kg.

On distingue chez le manioc des variétés douces et amères ou plus exactement toxiques et non toxiques. Cette toxicité est due à la présence d'acide cyanhydrique (HCN). La seule différence entre les variétés réside dans la répartition de l'acide cyanhydrique dans les racines : dans les variétés douces, la toxine n'est présente en grande quantité que dans l'écorce des racines alors qu'elle est présente dans toute la racine pour les variétés amères (Anonyme, 2010). Les variétés à forte teneur doivent être désintoxifiées avant consommation, les processus de transformation sont basés sur le séchage, le rouissage, ou le râpage et pressage des racines (François 989).

Le manioc connaît une meilleure croissance dans toutes les zones proches de l'Équateur : une altitude inférieure à 1500 mètres, une pluviométrie variant de 1000 à 1500 mm/an, et une température comprise entre 23 et 25° C. Hormis les sols lourds et inondés, il peut se développer sur tous les autres sols ; le manioc préfère néanmoins les sols légers, bien drainés, profonds et riches en matière organique (Justin et al., 2015).

Il apprécie les situations bien ensoleillées et pousse dans les conditions de hautes températures et d'ensoleillement des régions tropicales et subtropicales.

Exigeant en matière d'ensoleillement, le manioc préfère un climat chaud et humide et tolère les longues saisons sèches (6 à 7 mois), ainsi que les précipitations réduites. Le manioc peut être planté seul ou en association avec d'autres cultures telles que le maïs, la banane plantain, les légumes ou les légumineuses.

Les tubercules de manioc doux peuvent être récoltés au bout de 8 à 10 mois après la plantation, alors que pour les variétés amères, la récolte commence à partir du douzième mois (Justin et al., 2015).

Le manioc tolère la sécheresse, résiste aux parasites et maladies, et il est facile à cultiver et à récolter. Toutes les parties de la plante de manioc peuvent être valorisées. On peut utiliser les feuilles de manioc pour faire du potage ou comme fourrage pour le bétail.

Les tiges peuvent être utilisées pour planter plus de manioc, pour cultiver des champignons comestibles ou comme combustible. La racine peut se manger cuite ou crue, ou bien transformée en farine. Le manioc peut également satisfaire des besoins industriels tels que la production de biocarburant et d'amidon utilisé en papeterie et en pharmacie (FAO, 2012).

I.3. Production du manioc

I.3.1. Choix du terrain

Le manioc est une plante peu exigeante qui se contente des sols les plus divers. Le site propice à la culture du manioc présente les caractéristiques suivantes :

• Une végétation dense abritant beaucoup de feuilles mortes qui, en se dégradant, augmentent la fertilité du sol.

• Un sol léger et profond de bonne texture. Les sols sablonneux et argileux sont moins indiqués pour la culture du manioc. Il faut prélever une petite quantité de sol, l´humidifier et en faire une boule. Si la terre humidifiée ne peut être modelée en boule, le sol est alors qualifié de sablonneux.

Si la boule s'effrite sous la pression des doigts, il s'agit d'un sol léger.

En revanche, si la boule ne s'effrite pas sous la pression des doigts, il s'agit d'un sol argileux (Justin et al., 2015).

Normalement, il faut choisir une terre fertile sur un terrain plat ou en pente douce. Les agriculteurs comptent souvent sur leurs connaissances et observations traditionnelles, comme la présence de certaines espèces végétales ou des turricules de vers de terre, comme indicateur de la fertilité des sols. Les pentes raides doivent être évitées car elles peuvent être vulnérables à l'érosion. S'il faut planter sur une jachère, 3 à 5 ans de jachère est la période optimale (Stefan et al, 2014).

I.3.2. Préparation du terrain

Le manioc aime le sol riche en matières organiques. C'est pourquoi il est recommandé d'enfouir les débris végétaux lors du labour (Akpingny et Koulou, 2017).

Elle varie selon le climat, la nature du sol, la végétation et le relief. Il s'agit d'ameublir la surface du sol, de l'enrichir en matière organique, et de réduire le développement des mauvaises herbes.

• En culture manuelle, il faut procéder au défrichage de la parcelle et labourer le sol. Il s'agit ensuite de procéder à un buttage ou un billonnage dans le cas de sols lourds.

• En culture mécanisée, gyrobroyer, labourer et billonner dans le cas de sols lourds (Justin et al., 2015).

I.3.3. Labourage du sol

Le labourage implique toutes les formes de retournement du sol :

• En labourant à une profondeur de 15-30 centimètres

• L'hersage à disque à une profondeur d'environ 10 centimètres pour produire la couche arable friable

• La formation des billons

En général, les plantes à racines, surtout l'igname et le manioc, ne se prêtent pas au zéro labour ou à d'autres formes d'agriculture de conservation (Stefan et al, 2014).

I.3.4. Choix et préparation du matériel végétal (boutures)

➢ I.3.4.1. Sélection de variétés de manioc à planter

Il y a beaucoup de variétés de manioc améliorées qui sont adaptées à différentes zones agro écologiques et à des fins de production. Généralement, les agriculteurs ont tendance à connaître les variétés qui sont préférées et disponibles localement.

Dans la production commerciale de manioc, les exigences du marché sont un facteur déterminant dans le choix de la variété à planter.

Dans la production aussi bien commerciale que de subsistance, il est recommandé que les agriculteurs utilisent des variétés résistantes aux maladies.

Les agriculteurs devraient être invités à vérifier auprès des vulgarisateurs de leur région pour obtenir des informations sur les maladies les plus répandues dans la localité et les variétés qui sont résistantes à ces maladies.

Lors de l'introduction de nouvelles variétés, exposer les agriculteurs à des parcelles de démonstration et leur faire prendre conscience du potentiel de l'exploitation commerciale du manioc, peut-être une approche efficace pour susciter l'intérêt d'adopter ces variétés (Stefan et al, 2014).

➢ I.3.4.2. Sélection de boutures de manioc

Une fois que la variété à planter a été choisie, l'agriculteur doit veiller à ce que les plantes à partir desquelles les boutures sont prélevées sont sans signes de maladie, comme la maladie de la mosaïque du manioc et l'anthracnose, que les outils utilisés pour couper les plantes sont propres et n'ont pas été utilisés sur des plantes malades, et que les boutures elles-mêmes sont :

• Fraîchement prélevées (d'au moins 2 cm de diamètre et 20-25 cm de longueur), idéalement à partir de l'extrémité inférieure de la tige et non d'une tige avec l'écorce verte ou portant encore des feuilles.

La partie de la tige de manioc adaptée à la plantation est entre le point supérieur et le point inférieur. Lorsque la tige ou les feuilles sont encore vertes, les boutures ne sont pas adaptées, car elles peuvent sécher facilement.

• Bien découpées, non brisées et l'écorce non ébréchée (couper avec un outil tranchant et manipuler les boutures avec soin pour éviter tout dommage)

• Maintenues en position verticale à l'ombre avec la base en partie enfouie dans le sol pour éviter le séchage (si un stockage temporaire est nécessaire)

S'il est nécessaire de stocker le matériel de plantation un peu plus longtemps, les longues tiges peuvent être stockées en position verticale sous un arbre, avec les bases enfouies dans un sol humide. Au moment du bouturage, les extrémités supérieures et inférieures de la tige doivent être coupées et jetées, le reste de la tige doit être découpé à la bonne taille pour être planté (Stefan et al, 2014).

I.3.5. Plantation

➢ I.3.5.1. Date de plantation

Les dates de plantation varient suivant les régions et les localités. Le principe étant qu'il est bon de planter au début de saison des pluies. De cette manière, on est sûr d'obtenir de bons résultats car le jeune manioc résiste mal à la sécheresse (Akpingny et Koulou 2017).

➢ I.3.5.2. Mode de plantation

Les boutures peuvent être plantées sur terrains plats, sur buttes ou sur billons. Mais il est préférable de le faire sur un sol bien labouré (les rendements sont meilleurs dans ce cas) (Akpingny et Koulou, 2017).

Le bouturage se fait manuellement à l'aide d'un coutelas (machette) pour faire un trou. Ensuite, la bouture doit être enfoncée verticalement ou à un angle d'environ 45°. Les boutures peuvent également être enfoncées dans le sol directement à la main.

Si elles sont plantées sur des billons ou des buttes, la base de la bouture doit être située à proximité du centre du billon ou de la butte. Cela permet d'augmenter la stabilité du pied du manioc et le rend plus résistant au vent.

Il faut enfoncer les deux tiers de la bouture dans le sol et garder le tiers restant au-dessus du sol.

En général, la plantation du manioc se fait manuellement. Il n'y a pas d'opérations de plantation mécaniques établies pour le manioc qui peuvent enfoncer la bouture verticalement ou à un angle de 45° : toutes les planteuses mécaniques plantent la bouture horizontalement

dans le sol, une technique pour laquelle il a été prouvé qu'elle ne permet pas d'atteindre le rendement optimal (Stefan et al, 2014).

➢ I.3.5.3. Densité de plantation

La densité de plantation est de 10 000 pieds par hectare. Quand il est en association avec la banane plantain, la densité est de 3 000 pieds par hectare (Akpingny et Koulou 2017).

➢ I.3.5.4. Écartement

L'écartement recommandé actuellement est en forme de carré, 1 m x 1 m, soit un plant de manioc par mètre carré. Cela donne 10 000 plants par hectare. Pour les variétés qui poussent verticalement sans ramification (contrairement aux variétés à ramification basse et abondante), une plus grande densité de 1 m x 0,5 m ou 1 m x 0,75 m peut être utilisée.

Pour la multiplication des tiges, plutôt que la production de racines tubérisées, un écartement plus étroit de 0,5 m x 0,5 m peut être utilisé.

I.3.6. Entretien de la culture

L'entretien concerne le désherbage, le remplacement des pieds manquants, la fertilisation et la protection de la culture (Akpingny et Koulou, 2017).

➢ I.3.6.1. Désherbage

Il peut être manuel ou chimique. Quel que soit le type de désherbage choisi, il doit se faire à la demande. Sarcler dès que la plantation est enherbée. En général, quatre sarclages par an sont suffisants pour tenir la plantation propre. Il faut surtout éviter de laisser trop pousser les herbes.

➢ I.3.6.2. Remplacement des pieds manquants

Le remplacement des pieds manquants intervient 15 à 21 jours après la plantation si le taux de levée est inférieur à 90 %.

➢ I.3.6.3. Fertilisation

Le manioc peut pousser et arriver à des rendements raisonnables sur des sols où de nombreuses autres cultures échoueraient. Très tolérant aux sols pauvres en phosphore, il peut en général pousser même en l'absence de fertilisation minérale. Cette capacité vient du fait d'une association formée avec un groupe de champignons du sol appelés « mycorhizes à vésicule et arbuscule ». Ces mycorhizes, présentes pratiquement dans tous les sols, s'introduisent dans les racines du manioc et se nourrissent des glucides qu'il produit.

En échange, leurs longs filaments de mycélium apportent à la racine du phosphore et des micronutriments qu'ils vont chercher dans un volume de sol bien plus vaste que celui à la portée de la racine elle-même.

Cette association symbiotique permet au manioc d'absorber assez de phosphore pour une croissance saine. Mais, en cas de culture continue sur un sol, le maintien de la fertilité peut être réalisé par l'application de la fumure minérale.

Les apports sont les suivants:

- dolomie à la dose de 100 kg par hectare lors de la préparation du sol ;
- NPK (10-18-18) à la dose de 300 kg par hectare 60 jours après plantation ;
- ou urée (150 kg/ha), phosphate tricalcique (100 kg/ha) et KCL (250 kg/ha) 60 jours après plantation.

I.3.7. Protection de la culture

Pour avoir un bon rendement, vous devez non seulement bien cultiver le manioc, mais aussi et surtout, lutter contre les ennemis du manioc (Akpingny et Koulou, 2017).

Le manioc étant largement planté comme culture de subsistance, le traitement chimique doit être très limité. La lutte culturale devrait toujours être privilégiée. (Justin et al., 2015). Protéger le manioc avec un pesticide est bien souvent inefficace et n'est presque jamais économique. Une série de mesures non chimiques peuvent aider les agriculteurs à réduire les pertes tout en protégeant l'écosystème agricole (FAO, 2013).

I.3.8. Récolte du manioc

La récolte consiste à couper des tiges à une hauteur de 25 à 35 cm du sol, à l'aide d'une machette, et à arracher des tubercules en veillant à ne pas les blesser. Cette opération peut se faire à la main si le sol est léger, ou à l'aide d'une houe, d'un bâton ou d'une daba. 500 kg de tubercules sont récoltés au maximum par jour sur une terre compacte, et jusqu'à 1000 kg par jour sur une terre mouillée et légère.

La saison sèche reste le moment propice à la récolte du manioc car les tubercules sont riches en fécule à ce moment-là, le séchage est facile, et les produits de transformation sont mieux conservés.

Les variétés précoces parviennent à maturité entre 6 et 8 mois en moyenne après la date de plantation, tandis que les variétés tardives nécessitent entre 12 et 18 mois dans des conditions optimales, comme en zone de forêt humide. En zone de savane humide, la récolte des variétés tardives se situe entre 20 et 24 mois après la date de plantation. Le manioc se développe plus rapidement dans les bas-fonds humides que dans les régions de haute altitude.

Le rendement varie de 20 à 30 t par hectare pour les variétés locales, et de 25 à 70 t par hectare pour les variétés améliorées. En milieu hostile où d'autres cultures échouent, le manioc est capable d'offrir un bon rendement.

Dans des conditions classiques, le rendement peut varier entre 8 et 15 tonnes de tubercules par hectare (Justin et al., 2015).

I.3.9. Conservation du manioc

Deux à trois jours après la récolte, on assiste à un processus rapide de pourrissement des tubercules. La récolte se fait généralement lors de son utilisation, incluant une petite durée de conservation à l'air libre (Justin et al., 2015).

Contrairement à ce qu'on pourrait penser en le voyant, le manioc est gorgé d'eau et fragile. Il doit être conservé dans un endroit sombre, sec (pour éviter qu'il ne moisisse) et frais.

Le manioc est conservé sous forme de cossettes (morceaux de manioc découpés, défibrés ou non). Les cossettes stockées constituent un milieu favorable au développement de nombreux insectes tels que les coléoptères. Parmi les insectes nuisibles, il y a le grand capucin du maïs (*Prostephanus truncatus*), certaines espèces du genre *Dinoderus*, le capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*), le tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*), le charançon du maïs (*Sitophilus zeamais*), le bruche du café (*Araecerus fasciculatus*), etc.

Le grand capucin du maïs est le plus destructeur, pouvant occasionner des pertes de 70% après 4 mois de stockage. Il peut être maîtrisé par la pratique de la lutte intégrée, et surtout biologique, à l'aide du prédateur *Teretrius nigrescens*.

Pour ce faire, il faut au préalable sécher rapidement les cossettes, et dans de bonnes conditions d'hygiène. Les cossettes doivent aussi être conservées dans des structures de stockage offrant une protection suffisante contre les insectes nuisibles et la réhumidification. Les sacs et tonneaux en plastique sont les mieux adaptés.

Il faut les contrôler régulièrement pendant la période de stockage. En cas d'attaque, il faut les étaler au soleil pour provoquer la fuite ou la mort de la plupart des ravageurs. Il est ensuite impératif de procéder immédiatement à la mouture et à la consommation, afin d'éviter des pertes subséquentes (Justin et al., 2015).

I.4. Composition nutritionnelle des tubercules de manioc

La proportion en chair de manioc consommable varie de 80 à 90% selon la variété, l'âge et la maturité du tubercule. La composition chimique du manioc épluché est en effet fonction de la maturité, de la variété et des pratiques culturales, du lieu de stockage et de la région. Les tubercules contiennent 30 à 40% de matières sèches où l'amidon et les sucres sont prédominants. Ils contiennent également d'importantes quantités de vitamine C : environ 35 mg par 100 gr de produit frais (Onwueme, 1978).

Tableau 1. Composition nutritionnelle des feuilles et des racines de Manioc

Composants	Feuilles	Racines
Eau	80 %	62 à 68 %
Glucides	7 %	35 % (dont 20 à 25 % d'amidon)
Lipides	1 %	0,3 %
Protéines	6 %	env. 1 %
Vitamine C	200mg/100 g	35 mg/100 g
Vitamine B1	0,2 mg/100 g	Négligeable
Vitamine B2	0,3 mg/100 g	Négligeable

(Anonyme, 2016)

I.5. Utilisations du manioc

En général, les utilisations du manioc sont classées en trois catégories :

- L'alimentation humaine
- L'alimentation des animaux et,
- La production industrielle.

(Akpingy et Koulou, 2017)

a. Alimentation humaine

Avant d'être consommées, sous quelque forme que ce soit, les racines de manioc des variétés amères doivent subir un traitement qui les débarrasse de leurs propriétés toxiques. Les racines de manioc débarrassées de leur écorce peuvent être transformées en farines après dessiccation. La farine obtenue par pilonnage ou mouture des racines séchées est employée comme telle dans l'alimentation. Une autre méthode consiste à soumettre pendant 36 à 48 heures les racines pelées au rouissage dans une eau courante, de préférence. La fermentation qui s'installe rapidement élimine pratiquement tout le glucoside. La farine provenant des racines rouies est utilisée pour la préparation de la pâte qui constitue un aliment de base pour une bonne partie de la population des pays de l'Afrique (Akpingy et Koulou, 2017).

b. Aliments pour animaux

Les granulés et les cossettes de manioc constituent une source énergétique dans l'alimentation des animaux. A cet effet, les cossettes, les tubercules frais sont lavés, épluchés et coupés en morceaux de 3 à 6 cm de longueur qui sont ensuite séchés à l'air libre sur de larges surfaces de béton. Les granulés sont préparés à partir de ces cossettes qui, une fois séchées, sont moulues et compactées en granulés cylindriques d'environ 2 cm de longueur et 1 cm de diamètre. La Thaïlande, la Malaisie et l'Indonésie sont les principaux pays exportateurs de manioc en cossettes et en granulés surtout à destination de l'Union européenne et des Etats Unis d'Amérique (Tillon et Serres, 1973).

c. Produits industriels

Le manioc est une matière très importante pour les industries non alimentaires. La basse teneur en amylose et la haute teneur en amylopectine de l'amidon de manioc lui confère une viscosité qui lui donne d'excellentes propriétés adhésives et lui permet d'être utilisé dans les industries de papier et de textile. Cet amidon intervient aussi dans la production de dextrines qui servent à la fabrication des colles. L'alcool éthylique (éthanol) est également un produit dérivé du manioc (Dabat, 2001).

I.6. Importance de la culture du manioc

- **Sur le plan agronomique**

Le manioc possède bien d'avantages agronomiques. En effet, plante très cultivée, peu exigeante quant à la qualité de sols et aux conditions climatiques, elle est disponible toute l'année dans presque toutes les régions d'Afrique. Sa culture aisée, ses besoins limités en intrants en aptitude à produire dans des conditions défavorables lui confèrent une place prédominante dans l'agriculture de subsistance. Le manioc ne bénéficie généralement pas d'intrants particuliers, sauf peut-être le fumier et le compost produits dans l'exploitation et le paysan n'a pas besoin de semence puisqu'il utilise ses propres boutures (Bergen, 1986).

- **Sur le plan économique**

Le manioc est aussi un produit stratégique parce qu'il se transforme en une gamme des variétés de sous-produits très demandés et qu'il met en relation un très grand nombre d'acteurs. Ces acteurs sont principalement les producteurs, les transformateurs et les vendeurs (Anonyme, 2000).
La production du manioc se situe à la cinquième place dans les statistiques mondiales après le blé, le riz, le maïs, la pomme de terre. La culture de manioc occupe le plus grand nombre de ménages agricole (Anonyme, 2000).

S'agissant du revenu, les ménages les plus démunis consacrent plus de la moitié de leur revenu à l'alimentation. Sur base de la superficie des terres allouées à sa culture et de son apport dans l'alimentation de la population, le manioc est la culture vivrière la plus importante et constitue une denrée stratégique pour les populations Africaine en particulier et une garantie pour leur sécurité alimentaire. En effet, le manioc est une denrée prioritaire dans les habitudes alimentaires dans la plupart des pays Africains. Il constitue également une source potentielle de génération des revenus à travers la commercialisation de ses feuilles, ses racines tubéreuses et les produits dérivés de celles-ci (FAO, 2009).

L'importance socio-économique de cette plante s'apprécie à travers sa contribution à la santé alimentaire des populations, à l'emploi qu'elle génère et aux revenus monétaires et agricoles qu'elle permet de récolter (Byamungu, 2003).

- **Sur le plan nutritionnel**

En raison de la teneur élevée en amidon des racines tubéreuses, le manioc constitue une source importante d'énergie métabolisable. Son rendement énergétique à l'hectare est souvent très élevé, et il a le potentiel de dépasser largement celui des céréales**.**

De plus, les racines tubéreuses contiennent des quantités significatives de vitamine C, de thiamine, de riboflavine et de niacine. Ils peuvent également présenter, selon la variété, une teneur élevée en glycosides cyanogénétiques, particulièrement dans les téguments externes (FAO, 2013). Les racines tubéreuses et les feuilles sont consommées presque quotidiennement par la majorité de la population Africaine. Les racines constituent la source la plus importante d'énergie, on y tire plus de 60% de calories ; les feuilles fournissent des protéines, vitamines et éléments minéraux (François, 2015).

CHAPITRE II : TRANSFORMATION DE LA FARINE DE MANIOC DE HAUTE QUALITE

II.1. Introduction

La farine panifiable de manioc de haute qualité est une farine produite à partir de tubercules de manioc récoltés récemment après un cycle de 10 à 12 mois et rapidement traités. C'est un produit non fermenté, lisse, inodore, de couleur blanche et sans gluten. Sa production commerciale est relativement récente en Afrique. En raison de l'augmentation des prix du blé sur le marché international et des taux de change peu favorables, la farine panifiable de manioc de haute qualité a été introduite en Afrique de l'Ouest et gagne progressivement du terrain dans la sous-région.

La farine panifiable de manioc de haute qualité a contribué considérablement à la révolution industrielle du manioc, principalement au Nigeria et au Ghana (Sanni *et al*, 2009), et offre d'énormes potentialités dans les autres pays de la sous-région. Le produit a été jugé apte à la confection de gâteaux, biscuits, beignets et pains, ajouté à d'autres farines comme celle de blé. La farine entre aussi dans la fabrication de certains produits industriels, tels que les tissus, les contreplaqués, le papier, etc (Dziedzoave *et al*, 2006).

La transformation des tubercules de manioc en farine panifiable de manioc de haute qualité, en tant que transformation primaire du manioc, représente un atout pour amorcer l'industrialisation en milieu rural, augmenter la valeur marchande du manioc et améliorer les revenus des producteurs et, par conséquent, leurs conditions de vie.

Les gouvernements de certains pays qui produisent du manioc font des efforts pour atteindre une production compétitive et promouvoir la transformation du manioc en tant que matière première industrielle (Oti et al 2011).

II.2. Procédés de transformation

Selon FAO (2012), les procédés de transformation des tubercules de manioc en farine de haute qualité sont résumés en quelques étapes suivantes :

1. Sélection des tubercules de manioc

Utiliser des tubercules de manioc frais, récoltées après un cycle de 10 à 12 mois. Les tubercules doivent être sains, sans blessures et transportés dans de bonnes conditions.

2. Triage

Sélectionner les bons tubercules du lot à transformer. Se débarrasser des tubercules détériorés.

3. Épluchage

Épluchez les racines, enlevez la tige et toute autre partie fibreuse à l'aide d'un couteau aiguisé. S'assurer que l'écorce est complètement enlevée et éviter une perte excessive des tubercules.
Si l'épluchage n'est pas fait correctement, le produit final peut avoir une mauvaise coloration. Les épluchures de manioc peuvent servir d'aliment pour le bétail après leur séchage, ou être compostées. Il ne faut donc pas les jeter.

4. Lavage

Laver les tubercules épluchés dans de l'eau propre au moins à deux reprises pour faire disparaître le sable et les autres corps étrangers. Une toile propre et un sac usagé peuvent faciliter le lavage.

5. Râpage

Râper les tubercules à l'aide d'une râpeuse en acier inoxydable pour obtenir une pâte lisse et homogène.
La râpure doit être parfaitement lisse et sans grumeaux. Si elle est hétérogène, râper à nouveau jusqu'à obtenir une pâte lisse. L'aspect lisse de la râpure détermine la qualité, le rendement et la valeur marchande de la farine panifiable de manioc de haute qualité obtenue.

6. Pressage

Remplir des sacs avec la râpure non fermentée et les mettre sous presse pour réduire autant que possible la teneur en eau. Le pressage est terminé lorsqu'il ne s'écoule plus de liquide des sacs. Si cette étape n'est pas complète, il y aura des grumeaux lors du séchage, ce qui réduira la qualité de la farine panifiable de manioc de haute qualité et le rendement obtenu.

La durée du pressage dépend de l'efficacité de la presse et de la teneur en eau de la râpure.

Les sacs utilisés doivent être solides pour éviter qu'ils n'éclatent lors du pressage. Lorsqu'il s'agit de sacs légers ou usés, il est conseillé de les doubler.

Remarque : Actuellement, il existe différents types de presses de différentes capacités et efficacités.

La presse et la zone de pressage doivent être maintenues propres ; prévoir un bon système de drainage pour permettre l'évacuation correcte des effluents, afin d'éviter la pollution de l'environnement et des problèmes d'hygiène**.**

7. Séchage

Étalez soigneusement la pâte pressée sur une toile en plastique noire et propre, disposée sur une pente douce, en plein soleil. La toile devra de préférence être placée sur un support surélevé et non pas directement sur le sol.

Faites sécher la pâte jusqu'à ce qu'elle soit farineuse.

Couvrez-la avec un filet pour la protéger contre les mouches et les oiseaux. Bien que les séchoirs solaires, les fours et les séchoirs à air chaud soient un peu plus chers, ils garantissent le processus de séchage et donnent un produit de meilleure qualité.

8. Mouture

Moudre la pâte de manioc ainsi séchée pour en faire de la farine. On peut moudre la pâte à l'aide d'un moulin à marteau ou d'un moulin à disque.

9. Emballage/ Etiquetage

Emballer dans des sacs en polyéthylène selon la quantité désirée, cacheter ou coudre l'emballage pour éviter l'humidification du produit. Etiqueter proprement selon les normes en vigueur.

La farine panifiable de manioc de haute qualité doit être emballée dans un matériau propre et imperméable pour conserver le produit sain et lui garder ses nutriments, son aspect physique et ses qualités sensorielles. L'emballage ne doit pas contenir de substance toxique, ni donner une odeur indésirable au produit. Ce peut être des sacs en polypropylène doublé de polyéthylène pour la vente en grande quantité, ou des sachets (papier, polyéthylène, polypropylène) pour la vente au détail. Les sacs ou sachets peuvent être rangés dans un emballage secondaire en carton.

10. Stockage

Stocker dans un endroit bien aéré, frais et sec, dépourvu d'insectes et de rongeurs.

CHAPITRE III. ETUDE DES DANGERS

III.1. Système HACCP

III.1.1. Présentation

L'HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point : analyse des dangers et des points critiques pour leur maitrise), est une méthode qui permet l'identification de tous les dangers associés à un aliment afin de les maitriser, qui commence de la réception des matières premières entrant dans la composition du produit, jusqu'à l'envoi du produit fini.

Ainsi, selon Jean-Louis Jouve (1995), c'est aujourd'hui l'outil privilégié assurant la sécurité microbiologique des aliments et est totalement intégrale à la démarche assurance-qualité de l'entreprise. C'est une démarche, qui se distingue d'un simple recours aux bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication (Jouve, 1995).

C'est un système qui tient compte de tous les risques potentiels et les facteurs qui peuvent nuire à la santé du consommateur et est également appliqué pour la détermination des points critiques de contrôles nécessaires pour maîtriser les dangers (Kohilavani, 2013 ; Youssef M.K, 2013). Pour Susan Featherstone (2015), ce système est conçu pour réduire les risques dans l'élaboration des aliments. Selon lui, avoir un programme HACCP devient de plus en plus une obligation dans de nombreux domaines de la production alimentaire (Arnaud, 2017).

III.1.2. Historique

L'HACCP a été formulé dans les années 60 par la Société Pillsbury, l'armée américaine et la NASA qui ont collaboré à la mise au point d'un système de production d'aliments salubres pour le programme spatial. En effet, la NASA voulait qu'un programme d'élimination total des défauts soit mis au point pour garantir la sécurité alimentaire de ses astronautes.

C'est en 1971, lors d'une conférence sur la protection des aliments, que la Société Pillsbury présente les principes de l'HACCP.

Actuellement, l'HACCP est reconnu par de nombreux organismes internationaux, comme étant l'outil le plus fiable pour la garantie de la salubrité des aliments (Arnaud, 2017).

Au niveau international, le Codex Alimentarius a proposé un guide HACCP et des lignes directrices pour son application « Lignes directrices CAC/GL 18-1993 relatives à l'application du système HACCP ». Ce guide a été adopté par la vingtième session de la commission du Codex Alimentarius et par de nombreux pays.

En Europe, plusieurs directives (notamment la directive 93/43/CEE relative à l'hygiène des denrées alimentaires) et plusieurs décisions d'application constituent les bases réglementaires pour la mise en œuvre pratique du HACCP (Arnaud, 2017).

Aux Etats Unis d'Amérique, la Food and Drug Administration (FDA) a initié un ensemble d'actions juridiques et techniques pour que l'adoption de la démarche HACCP devienne obligatoire dans tous les établissements de transformation des produits alimentaires. Ailleurs, le Canada a initié un programme expérimental de gestion de la qualité pour les produits de la pêche depuis 1987 et un programme d'amélioration de la salubrité des aliments (PASA) depuis 1992 (Arnaud, 2017).

Ces deux programmes sont basés sur le concept HACCP et sont devenus obligatoires, successivement, en 1992 et 1997.

Au niveau de l'Afrique, le Maroc, par exemple, a publié en 1997 la norme nationale NM.08.0.002 fixant les lignes directrices pour l'application du système HACCP. Cette norme a été précédée par d'autres normes concernant les règles d'hygiène, notamment la norme NM.08.0.000 relative aux principes généraux d'hygiène alimentaire et de salubrité et la norme NM.08.0.001 relative au code d'usages recommandé en matière d'hygiène pour les conserves non acidifiées ou acidifiées, de produits alimentaires peu acides. Dans le cas des produits laitiers, l'application de l'HACCP est rendue obligatoire (Arnaud, 2017).

III.1.3. Principes du système HACCP

Selon Audrey (2015), la mise en place de ce processus se fait en s'appuyant sur les 7 principes de l'HACCP : Codex Alimentarius

1. Procéder à une analyse des dangers

Identifier les dangers éventuels associés à tous les stades de la production, en utilisant un graphique d'évolution des étapes du processus. Evaluer pour chaque danger la probabilité qu'ils se concrétisent et la gravité de leurs effets.

2. Déterminer les points critiques pour la maîtrise (CCP)

Déterminer quels sont les stades auxquels une surveillance peut être exercée et est essentielle pour prévenir ou éliminer un danger menaçant la sécurité.

3. Fixer le ou les seuil(s) critiques(s)

Le seuil critique est le critère qui distingue l'acceptabilité du non acceptabilité.
Ils doivent impliquer un paramètre mesurable et peuvent être considérés comme le seuil ou la limite de sécurité absolue pour les CCP.

4. Mettre en place un système de surveillance permettant de maîtriser les CCP

Mettre en place une surveillance au moyen d'essais ou d'observations planifiés

5. Déterminer les mesures correctives à prendre lorsque la surveillance révèle qu'un CCP donné n'est pas maîtrisé

Les procédures et les responsabilités doivent être spécifiées.

6. Appliquer des procédures de vérification afin de confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement.

7. Constituer un dossier dans lequel figurera toutes les procédures et tous les relevés concernant ces principes et leur mise en application.

III.1.4. Etapes du système HACCP

L'application des principes HACCP consiste en l'exécution des tâches ou des étapes suivantes (Iziti, 2020) :

Etape N°1. Constituer l'équipe HACCP :

C'est une structure opérationnelle indispensable au développement de l'action, elle réunit des participants de l'entreprise possédant les connaissances spécifiques.

4.2. Etape N°2. Définir le champ d'étude :

Cette deuxième étape est consacrée au choix du produit des procédés de fabrication et des dangers, (de nature microbiologiques, physiques ou chimiques).

Etape N°3. Rassembler les données relatives au produit :

C'est la description complète des matières premières, des ingrédients des produits en cours de fabrication et des produits finis.

Etape N°4. Identifier l'utilisation attendue du produit :

Certaines conditions d'utilisation peuvent avoir une incidence sur le risque, les informations collectées à l'étape précédente doivent être complétées par les informations précisant.

Etape N°5. Construire un diagramme de fabrication :

Il y a lieu ici d'effectuer après audit du produit afin d'identifier et d'évaluer au cours des phases ultérieures de l'étude, un diagramme des flux comportant:(le plan des locaux, la circulation des produits-faible risque- haut risque, de matériel, de l'eau). D'après la norme ISO 8402-94, l'assurance qualité c'est l'ensemble des activités préétablies et systématiques mises en œuvre dans le cadre du système qualité, et démontrées en tant que de besoin, pour donner la confiance appropriée en ce qu'une entité satisfera aux exigences pour la qualité.

Etape N°6. Conduite à l'analyse des risques (HA) :

On élabore une analyse des dangers à l'aide d'une liste des étapes du processus où peuvent avoir lieux des dangers significatifs, on décrit alors les mesures préventives.

Etape N°7. Identifier les CCP (points critiques) :

Les points critiques pour la maîtrise correspondent aux points opérationnels qui doivent être maîtrisés afin d'éliminer un danger ou de minimiser sa probabilité d'apparition.

Etape N°8. Etablir des limites critiques pour chaque CCP :

Les limites critiques marquent la différence entre un produit sûr et un produit dangereux, elles doivent donc être illustrées par des paramètres mesurables pour réduire à un niveau acceptable l'apparition d'un risque sur la sécurité d'un aliment.

Etape N°9. Etablissement d'un système de surveillance :

Il s'agit ici de définir avec précision les plans, méthodes et dispositifs nécessaires pour effectuer les observations, tests ou mesures permettant de s'assurer que chaque exigence formulée pour les CCP est effectivement respectée.

Etape N°10. Etablir un plan d'action corrective :

Dans le contexte du système HACCP, des actions correctives spécifiques doivent être prévues pour chaque CCP de façon à pouvoir réagir aux écarts lorsqu'ils surviennent.

Etape N°11. Etablir la documentation :

Il y'a deux types de documents doivent être créés les documents des éléments de décision correspondant à l'étude HACCP, et les documents qui décrivent le fonctionnement du système d'équipe qui doit établir la documentation concernant l'étude HACCP.

Etape N°12. Vérification du plan HACCP :

C'est les tests à mettre en œuvre pour vérifier que le système HACCP (la somme des étapes précédentes) fonctionne efficacement.

III.2. Analyse des dangers

Selon Arnaud (2017), l'analyse des dangers est le premier principe du système HACCP. Comme l'acronyme HACCP l'indique, elle en représente une des plus importantes étapes. Une analyse des dangers incorrecte entrainera la mise en place d'un plan HACCP inadéquat. Elle recommande une expertise technique et des bases scientifiques dans plusieurs domaines pour identifier correctement tous les dangers potentiels (AFNOR, 2016).

L'objectif de l'analyse des dangers, est d'identifier les dangers à maîtriser, le degré de maîtrise requis et les mesures de maîtrise appropriées, afin de garantir des produits sains et conformes aux populations (FAO, 2001).

III.2.1. Identification des dangers

Les dangers sanitaires sont la contamination par, ou la croissance des bactéries pathogènes dans un aliment, la présence de toxines ou de contaminants chimiques, ... On identifie ces dangers en collectant des informations publiées, ou collectées auprès des consommateurs (Denis, 2014).

On distingue 3 types de dangers, qui dégradent l'aliment et le rendent non-conforme à la consommation humaine. Ces dangers peuvent être d'ordre microbiologique, chimique et/ou physique (Arnaud, 2017).

Selon Sonia (2010), on appelle danger un agent biologique, chimique ou physique, présent dans un produit alimentaire ou état de cet aliment pouvant entraîner un effet néfaste sur la santé du consommateur**.**

➢ III.2.1.1. Dangers microbiologiques

Selon le codex Alimentarius, les dangers microbiologiques sont des germes pathogènes pris en compte par la réglementation et résistants aux températures de cuisson. Ces dangers sont analysés au niveau de la matière première ou des ingrédients (suite à une mauvaise qualité), des procédés (suite à une défaillance de l'équipement ou des méthodes de fabrication) et du produit fini et son utilisation, en précisant les causes possibles de l'introduction de la contamination ou sa survie (matériel, main d'œuvre, milieu, méthode, matière première).

➢ III.2.1.2. Dangers physiques

Les dangers physiques sont des corps étrangers qui peuvent apparaître dans le produit. Ils sont responsables de certaines anomalies tels que : les étouffements, les déchirures ou perforations au niveau du tube digestif (cas critique) ou d'une insatisfaction du client.

On distingue divers types de dangers physiques, nous pouvons citer entre autres :

• Organique : poils, cheveux, plumes, tissus, terre, insectes, etc. ;

• Plastique : poils de brosse, fragments de contenants (sacs, seaux, clayettes, sachets, gant, stylo, etc…) ;

• Minérale : bris de vitres, d'ampoules, d'écran d'ordinateur, lunettes, etc. ;

• Métallique : boulons, vis, fils, particules issues du matériel utilisé.

➢ III.2.1.3. Dangers Chimiques

Les dangers chimiques sont des dangers provenant de produits susceptibles d'intoxiquer le consommateur à moyen ou long terme.

On distingue deux voies de provenance des dangers chimiques :

• Matière première : traces d'antibiotiques, polluants (pesticides et métaux lourd).

• En cours de fabrication : résidus d'agent de nettoyage, produits pour la maintenance ou de dératisation…, pouvant entrainer des troubles digestifs, nerveux, syncope vagale…

III.2.2. Identification des points critiques (CCP)

Un point critique (CCP) est une étape du procédé de fabrication de l'aliment qui demande une vigilance plus accrue, afin de minimiser au maximum les risques d'insalubrités alimentaires en fin de production. Elle nécessite l'examen de chaque étape du diagramme de fabrication (Arnaud, 2017).

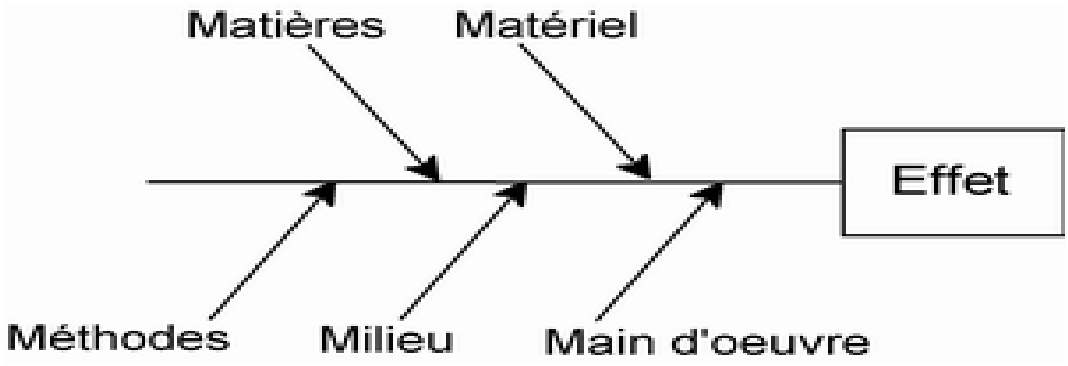
III.2.3. Identification des causes des dangers

On place les dangers qui "arrivent" sur les opérations du diagramme de fabrication. Pour chaque opération, on cherche les causes des dangers identifiés.

On s'aide, pour trouver les causes des dangers microbiologiques, "des 5 M" **:**

Matière première, **M**atériel, **M**ilieu, **M**éthode de travail, et surtout **M**ain d'œuvre sont sources de dangers microbiologiques pour chaque étape (Denis, 2014).

Schéma de synthèse :



(Sonia, 2010)

III.3. Bonnes pratiques d'hygiène

III.3.1. Généralités sur l'hygiène

Selon Tantaoui, 2013, l'hygiène alimentaire est l'ensemble des conditions et des mesures de protection contre les contaminations, nécessaires pour assurer aux denrées alimentaires, à tous les stades de leur manipulation : l'innocuité, la salubrité et la valeur intrinsèque.

Le système HACCP et la norme ISO 22000 sont des méthodes étroitement liées à l'hygiène alimentaire et à la maitrise des dangers tout au long de la chaine de production.

Les bonnes pratiques d'hygiène doivent être appliquées avant de commencer l'analyse des dangers et la définition des mesures préventives qui leur sont associées. Ces bonnes pratiques d'hygiène permettent de minimiser l'introduction de dangers dans les produits alimentaires à travers l'environnement du travail, le processus de production, les intrants, les équipements, l'hygiène du personnel et la contamination croisée entre les produits (CNTA, 2020).

La méthode des 5 M repose sur 5 mots fondamentaux qui permettent d'identifier les causes possibles d'une contamination et l'ensemble des paramètres à maitriser pour fabriquer un produit avec un niveau de propreté requis **:**

Matière première, Méthode, Main-d'œuvre, Matériel et Milieu (Désirée, Y. A. Y., 2016).

III.3.2. Hygiène dans le secteur de transformation agro-alimentaire

Les aliments sont confrontés à divers types de risques de contamination (microbienne, parasitaire, physique, chimique) qui les rendent parfois dangereux pour le consommateur ; d'où la nécessité d'évaluer et de maîtriser les dangers potentiels pouvant nuire la qualité sanitaire des aliments.

Les pratiques d'hygiène sont construites à différents niveaux. On peut retenir principalement celles relatives au personnel, aux locaux, aux équipements et matériels, à l'eau et aux matières premières et ingrédients (CORAF/WECARD, 2012).

1. Hygiène du personnel

Il faut s'assurer de l'état de santé du personnel en procédant à des visites médicales semestrielles ou annuelles, de la propreté corporelle (propreté du corps, des mains, des ongles), de la propreté vestimentaire (port de tenue de travail, gants, coiffe, masques etc.).

2. Hygiène des locaux

Ils doivent être implantés dans un endroit approprié (hors de zones polluées, ou sujettes aux inondations, infestations), construits (murs, sols, fenêtres, portes, plafonds etc.) avec des matériaux appropriés avec une facilité d'entretien. Aussi, leur conception doit respecter la marche en avant pour éviter les contaminations croisées.

3. Hygiène des équipements et matériels

Les équipements et le matériel utilisés pour la transformation doivent être fabriqués avec des matériaux n'ayant aucun effet toxique pour l'usage auquel ils sont destinés. Au besoin, ces équipements et matériels devraient être amovible ou pouvoir être démontés afin d'en permettre l'entretien, le nettoyage, la désinfection, le contrôle et, faciliter la détection éventuelle de ravageurs. Pour les équipements de contrôle, ils devraient être conçus de manière à permettre la surveillance et le réglage des températures.

4. Hygiène au niveau de l'eau

L'eau est un intrant important qui rentre dans le processus de transformation agroalimentaire.
Élément indispensable dans les produits transformés, l'eau peut impacter la qualité, la sécurité sanitaire et la traçabilité des produits commercialisés.
D'origine et de caractéristiques diverses, l'eau peut être contaminée par des agents pathogènes, facteurs de risques pour la consommation humaine.
Une eau de qualité est un élément incontournable dans la gestion sanitaire des sites de production (Mouchard, 2010).

Toutes les eaux susceptibles d'être en contact avec les denrées alimentaires doivent faire l'objet d'analyses régulières. Une eau de mauvaise qualité peut contaminer votre production et le risque est souvent sous-estimé.
Du point de vue environnemental la qualité des eaux de rejet a également son importance. Les détergents, souvent très polluants, peuvent contribuer à contaminer fortement les rejets et altérer considérablement la qualité des effluents.
Il est donc nécessaire de contrôler au minimum les eaux utilisées à toutes les étapes du processus y compris celles en sorties d'usine à l'aide d'un plan de contrôle adapté (Mouchard, 2010).

5. Hygiène des matières premières et des ingrédients

Lors de la livraison des aliments en provenance d'un fournisseur ou d'un marché, il faut s'assurer de la bonne conformité des produits aux exigences de qualité. L'un des moyens pour garantir la qualité est d'avoir un réseau fixe de fournisseurs qui connaissent bien les critères de qualité des matières premières et des ingrédients exigés pour assurer leur salubrité. La qualité des matières premières et ingrédients détermine la qualité des produits finis. Si elle est mauvaise, elle peut être à l'origine de contaminations alimentaires diverses, voire d'intoxications (FAO, 2012).

.

DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODE

IV.1. But

Le but de notre étude est basé sur les dangers technologiques liés à la transformation du manioc en farine de haute qualité. Ainsi, la connaissance des différentes étapes du processus de transformation de cette farine a été aussi notre objectif.

Au cours de notre expérimentation, les analyses de la teneur en acide cyanhydrique de manioc râpé, de la farine obtenue, de l'humidité de la farine ainsi que l'analyse microbiologique de la râpure de manioc et de la farine ont été effectuées.

Notre expérimentation a eu lieu au Hall de Technologie du Centre National de Technologie Alimentaire (CNTA) dans lequel se trouve les équipements et matériels de transformation.

Les analyses de laboratoire sont effectuées au laboratoire de Microbiologie et de Biochimie du CNTA.

IV.2. Matériel

IV.2.1. Matériel et équipements de transformation

- **Matériel**

a. Bassins pour laver et transporter les tubercules lavés ;
b. Eau potable pour le lavage ;
c. Couteau propre pour éplucher les tubercules ;
d. Emballages pour le produit fini ;
e. Voile propre ou sacs pour le lavage ;
f. Tamis propres pour mettre sous presse ;
g. Balance pour peser ;
h. Emballages pour la conservation de la farine

- **Equipements**

a. Râpe de manioc ;
b**.** Presse de manioc ;
c. Séchoir solaire ;
d. Moulin à mouture sèche ;

e. Balance pour peser ;

Avant la formation, le manipulateur doit s'assurer de la disponibilité de tous les matériels et équipements susmentionnés.

Les photos suivantes illustrent quelques équipements utilisés.



Figure 3 : *Râpe de manioc*



Figure 4 : *Râpure de manioc*



Figure 5 : *Presse manuelle*



Figure 6 *: Petit séchoir solaire ouvert*



Figure 7 : *Séchoir solaire fermé*

IV.2.2. Matériel de laboratoire

a. Laboratoire de Biochimie

Le matériel utilisé au laboratoire pour l'analyse de la teneur en acide cyanhydrique de râpure et farine de manioc ainsi que l'humidité est constitué des éléments suivants :

a. Becher
b. Ballons de distillation
c. Appareil de distillation
d. Burette
e. Balance analytique
f. Agitateur magnétique
g. Etuve
h. Capsule métallique
i. Dessiccateur



Figure 8 : *Matériels de distillation*

b. Laboratoire de Microbiologie

Les équipements et matériels suivants sont utilisés au laboratoire de microbiologie :

- ✓ Agitateur magnétique ;
- ✓ Boite de Pétri ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ Autoclaves ;
- ✓ Pointe à micropipette ;
- ✓ Tube à essai ;
- ✓ Téflon ;
- ✓ Plaque chauffante magnétisé ;
- ✓ Erlenmeyer ;

- ✓ Bain marie ;
- ✓ Micropipettes ;
- ✓ Incubateur ;
- ✓ Compteur de colonie ;
- ✓ Bombonne à gaz avec bec bunsen ;
- ✓ Stylo marqueur

IV.3. Méthode de travail

IV.3.1. Transformation proprement dite

Les activités pratiques de transformation de manioc en farine de haute qualité qui se sont déroulées au Hall de Technologie du CNTA ont été effectuées conformément aux étapes suivantes :

1. Achat de matières premières (Tubercules de manioc)

Les tubercules de manioc qui ont été utilisés comme matières premières ont été achetés au marché de BUTERERE et transportés dans un sac jusqu'au lieu de transformation. Ces derniers ont été d'une variété de manioc doux et ne possédaient pas des blessures liées à la récolte et transport.

2. Premier pesage

Lors de la réception de matières premières, on a d'abord pesé les tubercules pour connaitre la quantité de manioc à transformer et d'évaluer le rendement de production après la transformation.

3. Triage

Arrivé au lieu de transformation, les bons tubercules du lot à transformer ont été sélectionnées en les débarrassant des tubercules blessés et détériorés.

4. Épluchage et découpage

Après le triage, l'épluchage et le découpage des tubercules en petits morceaux ont été effectuées en enlevant aussi la tige et toute autre partie fibreuse à l'aide d'un couteau aiguisé.

Lors de l'épluchage, on essaie de s'assurer que l'écorce est complètement enlevée et éviter une perte excessive des tubercules. Si l'épluchage n'est pas fait correctement, le produit final peut avoir une mauvaise coloration.

5. Lavage

Le lavage des tubercules épluchés s'est effectué dans de l'eau propre au moins à deux reprises pour faire disparaître la boue, le sable et les autres corps étrangers en utilisant une toile propre.

6. Deuxième pesage

Avant le râpage, les tubercules de manioc épluchés, découpés et lavés doivent être pesés afin de connaitre la quantité de manioc à râper et la quantité de 20,5 kg de manioc a été trouvée.

7. Râpage

Les tubercules épluchées et découpées ont été râpées à l'aide d'une machine râpeuse pour obtenir une pâte lisse et homogène. Le râpage a été réalisé deux fois afin d'obtenir une pâte lisse et sans grumeaux.

9. Pressage

Le pressage a été effectué à l'aide d'une presse manuelle afin d'éliminer une quantité d'acide cyanhydrique et faciliter le séchage.

10. Séchage

Après le pressage, la pâte pressée a été étalé soigneusement sur un tamis en nylon propre, disposée dans un petit séchoir solaire afin de la protéger contre les contaminations extérieures. Le séchage a duré trois jours et la râpure bien séchée obtenue a été moulue.

11. Mouture

La mouture de la râpure de manioc ainsi pressée et séchée pour en faire de la farine s'est effectuée dans un moulin à marteau appartenant aux équipements du CNTA.

12. Emballage et stockage

La farine obtenue a été conservée dans un emballage en papier biodégradable et a été stocké sur l'étagère.

Tableau 2 : Sources de danger, type de danger et précautions à prendre pour chaque opération

Opération	Sources de danger	Type de danger	Précautions à prendre
Triage	Pendant cette opération, les sources de contamination peuvent être des impuretés diverses	Dangers physiques (débris, pierres et impuretés divers passés par inattention lors de la récolte ou transport).	Contrôle visuel et rigoureux pendant cette opération
Épluchage et découpage	Le produit peut être contaminé par les ustensiles impropres comme le couteau et autres	Dangers microbiologiques : contamination par les microorganismes comme les bactéries, les moisissures (aspergillus, penicillium), les levures (Torulopsis, etc.)	- Utiliser le couteau propre et conçu en acier inoxydable. - D'autres matériels utilisés doivent être aussi propres. - Cette opération doit être effectuée dans un lieu protégé contre les poussières et d'autres matières étrangères.
Lavage	Eau de lavage insalubre	Dangers microbiologiques : contamination par certains germes qui peuvent se trouver dans l'eau de lavage comme Salmonella, Escherichia coli, Streptocoques fécaux, Pseudomonas aeruginosa, Vibrio cholerae, etc.	- Utiliser de l'eau et matériels propres. - Le lavage dans l'eau propre doit s'effectuer au moins à deux ou trois reprises pour faire disparaître la boue, le sable et les autres corps étrangers.
Râpage	La râpe impropre peut contaminer le produit pendant son utilisation. D'autres matériels utilisés aussi peuvent être source de	Dangers microbiologiques : contamination par les microorganismes pathogènes qui peuvent se trouver sur la râpe ou sur le matériel de	- La râpe et tout le matériel doivent être nettoyés avant et après chaque utilisation. - Récupérer la râpure

	contamination	récupération de la râpure. (Bactéries, levures, moisissures, …)	dans des bassines afin d'éviter le contact du produit avec le sol. - Bien nettoyer les ustensiles utilisés (bassines, sceaux etc.) avant leur utilisation.
Pressage	- L'utilisation de presse et ses accessoires impropres peut causer des contaminations du produit. - Le pressage incomplet	-Dangers microbiologiques : présence des microorganismes (Bactéries pathogènes) sur la presse et d'autres matériels utilisés pour le pressage. -Danger chimique : intoxication par l'acide cyanhydrique	- Il faut utiliser une presse et d'autres matériels de pressage propres. - Le pressage doit être complet afin de réduire le taux d'acide cyanhydrique
Séchage	Le séchoir solaire (ou autre type de séchoir), et autres matériels de séchage impropres peuvent entrainer la contamination du produit.	Dangers microbiologiques : contamination par les microorganismes pathogènes (mésophiles ou thermophiles) existants à l'intérieur du séchoir. (Salmonelles, Streptocoques, Lactobacillus, etc.)	- Vérifier que le type de séchoir utilisé est propre avant son utilisation. - Fermer convenablement le séchoir afin de protéger le produit contre les contaminations extérieures. - Bien sécher la râpure pressée en contrôlant régulièrement l'humidité du produit en cours de séchage jusqu'à une

			humidité voulue (≤12%).
Mouture	- Le matériel et équipements utilisés pendant la mouture peuvent être une source de contamination s'ils ne sont pas propres - L'usure progressive des marteaux du moulin engendre des limailles de fer dans la farine. - L'application de la peinture au niveau du trémie d'alimentation.	-Dangers microbiologiques : existence des microorganismes pathogènes sur la trémie d'alimentation du moulin, à l'intérieur du moulin ou dans le sac de récupération de la farine. (Ex : Bactéries) - Danger physique : présence des limailles de fer dans le produit. - Danger chimique : présence des traces de peinture qui s'efface progressivement au cours de la mouture.	- Avant de commencer la mouture, il faut vérifier que le moulin, les sacs et d'autres matériels d'utilisation sont propres - Bien nettoyer le moulin avant et après chaque utilisation - Il est conseillé d'utiliser des moulins à disque qui ne présentent pas ces limailles de fer dans la farine. - L'installation d'un aimant à la sortie de la farine pouvant capter les limailles de fer. - Il faut aussi utiliser des moulins en acier inoxydable les plus recommandés en technologie alimentaire.
Conditionnement et stockage	Les emballages et autres matériels utilisées peuvent contaminer le produit fini s'ils ne sont pas propres ou manipulés avec précaution. Le lieu de stockage peut être aussi une source de contamination du produit stocké	-Dangers microbiologiques : danger lié à l'emballage contaminé par l'environnement extérieur (ex : Escherichia coli). - Contamination par les excréments des rongeurs qui peuvent transmettre les bactéries, les virus et d'autres maladies (ex : Salmonellose)	- Utiliser des emballages, et autres matériels propres pour éviter des contaminations du produit fini. - Le lieu de conditionnement et de stockage aussi doit être propre et protégé contre les poussières et autres

		- Danger chimique : contamination par l'encre d'étiquetage. - Contamination par les résidus des produits lubrifiants des machines lors de la fabrication des emballages.	corps étrangers. - Vérifier régulièrement le lieu de stockage pour se rendre compte de l'absence des rongeurs. - L'utilisation des emballages en papier aluminium est d'une grande importance pour empêcher la migration des substances contaminants ou toxiques vers le produit emballé. - Conserver la farine dans des emballages hermétiques propres, et stocker à l'abri de l'humidité et dans un endroit couvert. - Faire des analyses de laboratoire

N.B : Le manipulateur peut être aussi une source de contamination dans toutes les étapes citées ci-haut. Il faut qu'il soit propre à tous les niveaux (au niveau des mains, des ongles, des tenues vestimentaires, des cheveux, etc.). Il doit aussi être en bonne santé (absence des maladies infectieuses). Dans ce cas, les dangers peuvent être microbiologiques (Salmonella, Escherichia coli, Streptocoques, Vibrio, Shigella, etc.) en cas de non-respect des règles d'hygiène.

IV.3.2. Méthodes d'analyse

IV.3.2.1. Analyses de la teneur en acide cyanhydrique

- **Analyse de la teneur en acide cyanhydrique de la râpure et de la farine de manioc**

  - **Principe**

La teneur en acide cyanhydrique a été déterminée en utilisant la méthode de distillation par entrainement à la vapeur (Nkurunziza, 2018). Après la distillation, le distillant obtenu a été titré en utilisant l'iodure de potassium (KI 5%) et le Nitrate d'argent (AgNO3, 0.02 N).

Matériels :

- Broyeur mécanique
- Ballons de distillation
- Appareil de distillation
- Burette
- Balance analytique
- Becher
- Fiole d'Erlenmeyer

Produits utilisés :

- NaOH (0.5 g dans 200 ml d'eau)
- KI à 5%
- $AgNO_3$, 0.02 N

- **Mode opératoire**

Une quantité de l'échantillon a été broyée dans un broyeur mécanique, 10 g de l'échantillon (râpure de manioc) ont été pesés et mélangés à 200 ml d'eau distillée. La solution obtenue a été distillée pendant environ 4 heures à l'aide d'un appareil de distillation (méthode de distillation par entrainement à la vapeur) et on a recueilli 100 ml du distillant dans une solution de NaOH 0,5 g dans 200 ml d'eau. On a versé 8 ml d'une solution de KI 5 % dans 100 ml du distillant placés dans une fiole d'Erlenmeyer de 250 ml. Le mélange a été dosé avec le nitrate d'argent (2,5 ml pour la râpure et 1,6 ml pour la farine) et à la fin de la réaction, il y a eu l'apparition d'un trouble léger persistant.

IV.3.2.2. Analyse de la teneur en humidité de la farine

L'analyse de la teneur en humidité de la farine de manioc de haute qualité a été effectuée au laboratoire de biochimie du CNTA.

Cette analyse a pour but de connaître le taux d'humidité de cette farine afin de s'assurer sur sa conservabilité. Signalons que le taux d'humidité des farines doit être inférieur à 12% pour sa bonne conservation (Anon. B et al, 2021).

- **Mode opératoire**

En déterminant le taux d'humidité de la farine, nous avons mesuré 2g de l'échantillon et mis dans une étuve pendant 24 h à 105^0C. Après 24 h, l'échantillon a été récupéré et mis dans un dessiccateur pour subir un refroidissement pendant 15-20 min. Après refroidissement, l'échantillon a été pesé et on a trouvé 0,16 g.

➢ IV.3.2.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont basées sur la recherche et l'identification des microorganismes susceptibles d'altérer les qualités hygiéniques, sanitaires et/marchandes de la farine. Ces paramètres recherchés sont :

- Flore Aérobie Mésophile Totale ;
- Levures et moisissures ;
- Coliformes fécaux et totaux ;
- Escherichia coli et ;
- Salmonella.

a. Préparation des milieux de culture

Les milieux de cultures utilisés pour l'isolement des microorganismes lors de l'analyse microbiologique sont : SSA, PCA, VRBA (Violet Red Bile Agar) et SCA.

- ✓ **Préparation du PCA (Plate Count Agar)**

Ce milieu de culture est préparé comme suit :

- Mettre en suspension 23,5g dans 1l d'eau distillée ;

- Chauffer et homogénéiser le mélange à l'aide d'une plaque chauffante magnétisée jusqu'à l'ébullition pour assurer la dissolution complète du milieu ;

- Stériliser à l'autoclave à une pression de 15 MPa à 121^0C pendant 15 minutes ;

- Refroidir au Bain-Marie entre 45 et 50^0C (Nibikora, 1999).

- ✓ **Préparation de SCA (Sabouraud-Chloramphénicol-Agar)**

La préparation de ce milieu de culture est la même que celle du PCA sauf que la quantité de milieu de culture à mélanger avec 1l d'eau distillée est de 65,05 g (Manirakiza et al, 1993).

- ✓ **Préparation de SSA (Salmonella Shigella Agar)**

La préparation de ce milieu de culture suit les étapes suivantes :

- Mettre en suspension 63,02g dans 1l d'eau distillée ;

- Porter à l'ébullition jusqu'à la dissolution complète ;

- Refroidir au Bain-Marie entre 47^0C et 50^0C (Manirakiza et al, 1993).

- ✓ **Préparation de VRBA (Violet Red Bile Agar)**

- Mettre en suspension 39,5g dans 1l d'eau distillée ;

- Chauffer et homogénéiser le mélange à l'aide d'une plaque chauffante magnétisée jusqu'à l'ébullition pour assurer la dissolution complète du milieu ;

- Refroidir au Bain-Marie entre 47 et 50^0C (Manirakiza et al, 1993).

Tableau 3 : Microorganismes recherchés et la température et durée d'incubation (Ndikumana, 1990)

Micro-organismes	**Températures d'incubation (°C)**	**Durée d'incubation (h)**
- FAMT	30	72
- Coliformes totaux	37	24
- Coliformes fécaux	44	24
- Salmonelles	37	24
- Escherichia. Coli	44	48
- Levures et Moisissures	25	120

b. Préparation de la solution mère

Pour la préparation de la solution mère, une prise d'essai de 25g du produit à analyser a été prélevée aseptiquement et a été introduite dans un sachet stérile de STOMACHER. Puis ajouter 225 ml d'Eau Peptonée Tamponnée (EPT), préalablement stérilisée. Le mélange est

homogénéisé au broyeur STOMACHER pendant une minute. La solution obtenue est appelée suspension mère ou la dilution (10^{-1}).

c. Préparation des dilutions décimales

La préparation des dilutions décimales est faite aseptiquement selon la méthode décrite par l'ISO 6887

- A l'aide d'une pipette graduée stérile de 10ml, 9ml d'eau peptonée stérile a été transférées dans des quatre tubes à vis stériles.
- 1ml de la solution mère (10^{-1}) est prélevé par une pipette stérile et introduit dans un tube à vis contenant 9 ml d'eau peptonée tamponnée stérile. Il représente la dilution 10^{-2}.
- Ce tube a été homogénéisé soigneusement et à 1'aide d'une nouvelle pipette stérile, prélever 1ml de la dilution 10^{-2} puis l'introduire dans un 2è tube contenant 9ml d'eau peptonée tamponnée stérile. 0n obtient la solution 10^{-3}.
- Continuer de la même manière jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-n} voulue.

Dans ce cas, après le comptage des colonies à l'aide de l'appareil (compteur de colonies), le processus du dénombrement a été possible grâce à l'équation suivante :

$$\text{Nombre de germes/ml} = \frac{\Sigma C}{(n1 + 0,1\ n2)\ d}$$

D'où :

ΣC**:** la Somme des colonies retenues sur les boites comptables.

n1**:** Le nombre de boîtes retenues dans la première dilution.

n2**:** Le nombre de boîtes retenues dans la deuxième dilution.

d: Le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus

d. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale

La flore aérobie mésophile totale est dénombrée par un ensemencement dans la masse. 1 ml de la suspension mère et de chacune de ses dilutions décimales sont prélevés et transférés respectivement dans des boîtes de Pétri. Environ 15 ml de la gélose Plate Count Agar (PCA) y sont ajoutés puis les boîtes sont agitées afin de bien répartir les microorganismes dans le milieu nutritif. Après solidification de la gélose (PCA), une deuxième couche (4 ml environ) de gélose blanche est coulée dans les boîtes, elle permet d'éviter l'envahissement de la boîte par des germes comme Proteus, qui rendrait la lecture difficile. Les boîtes sont ensuite retournées et incubées à l'étuve à 30°C pendant 72 heures après solidification de la deuxième couche selon la

méthode de l'ISOO 4833. Après 72 heures d'incubation, toutes les colonies sont comptées sur les boîtes de Pétri à l'aide d'un compteur de colonie.
Le nombre de germes totaux par gramme de l'échantillon est alors déterminé par calcul en tenant compte du facteur de dilution.

e. Recherche et le dénombrement des Escherichia Coli

La recherche et le dénombrement des *Escherichia Coli* ont été réalisés de la même manière que celui de FAMT sauf que le dénombrement des *E. coli* a été effectué sur le milieu Violet-Red-Bile-Agar (VRBA) et que les boîtes de Pétri ont été incubés à 37°C pendant 48h selon la méthode de l'ISO 7251.

f. Recherche et le dénombrement des Salmonelles

La recherche et le dénombrement des Salmonelles ont été réalisés de la même manière que celui de FTAM sauf que le dénombrement des salmonelles a été effectué sur le milieu spécifique Salmonella Shigella Agar (SS Agar) avec une incubation à 37°C, pendant 24h selon la méthode de l'ISO 4833.

g. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Le dénombrement des levures et moisissures a été effectués en faisant couler 0,1 ml de la suspension mère et de ses dilutions décimales sur la gélose Sabouraud-Chloramphénicol-Agar (SCA). L'inoculum a été étalé dans les deux sens pour bien répartir les microorganismes. Après incubation à l'étuve à 25°C pendant 5 jours selon la méthode de l'ISO 4832. Les colonies sont comptées à l'aide d'un compteur de colonie. Elles sont différenciées selon leur morphologie : celles qui sont crémeuses blanches ou blanchâtres caractérisent les levures tandis que celles qui sont duveteuses ou rugueuses sont spécifiques aux moisissures. Le nombre d'unités formant colonies (UFC) par gramme d'échantillon est alors déterminé par calcul en tenant compte du facteur de dilution.

h. Rrecherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche des coliformes totaux et fécaux est réalisée en milieu solide (Violet Red Bile Agar) comme suit : 1 ml de la suspension mère et de ses dilutions décimales ont été ensemencées dans du VRBA et homogénéisés. Une deuxième couche de VRBA est coulée

après solidification. La lecture est faite après 24 heures d'incubation à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux (Méthode décrite par l'ISOO 4832).

La recherche des coliformes totaux et fécaux est réalisée en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP) quand on utilise trois tubes à essai correspondant. L'identification de la présence des coliformes a été faite après 24 heures en observant les bulles d'air à l'intérieur des croches de durham que contient chaque tube positif c'est-à-dire les tubes dans lesquels la présence des bulles d'air a été observée. Cette lecture est facilitée par le tableau du NPP (en annexe) quand on utilise 3 tubes.

CHAPITRE V : PRESENTATION, INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

V.1. Introduction

Notre objectif est de réaliser une étude des dangers technologiques liés à la transformation du manioc en farine de haute qualité. Au cours de notre expérimentation, trois activités suivantes ont été considérées :

- Transformation du manioc en farine de haute qualité ;
- Analyses de la teneur en acide cyanhydrique de la râpure, de la farine de manioc et d'humidité de la farine ;
- Analyses de la qualité microbiologique de la râpure pressée et de la farine de manioc.

Au moment de cette activité, la farine de haute qualité a été transformée et les analyses de la teneur en acide cyanhydrique, de l'humidité et de la qualité microbiologique ont été réalisées. Les résultats de ces différentes activités pratiques et analyses de laboratoire sont présentés sous forme de tableaux.

V.2. Présentation, interprétation et discussion des résultats

V.2.1. Résultats de transformation

La farine a été obtenue pendant trois jours comprenant une journée de transformation et deux jours de séchage dans un petit séchoir solaire. Le rendement de cette production n'est pas satisfaisant en se référant sur la quantité de matières premières utilisées (26.5 kg) et la quantité de la farine obtenue (7,8 kg). Cela est dû aux pertes liées aux différentes opérations du processus de transformation. La durée de l'obtention de cette farine est plus courte par rapport à la durée de l'obtention de la farine de manioc en utilisant les autres technologies de transformation comme celles appelés Inyange, Ikivunde et Kambaranga.

V.2.2. Résultats d'analyses de la teneur en acide cyanhydrique

a. Résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique de râpure et de la farine de manioc

La teneur en acide cyanhydrique est déterminée à l'aide de la correspondance suivante : 1ml d'$AgNO_3$ équivaut à 1,08 mg/kg de HCN.

- Pour la râpure :

La quantité de de HCN analysé dans 10 g de l'échantillon : 1,08 mg x 2,5 ml d'$AgNO_3$ = 2,7 mg de HCN.

- Pour la farine :

La quantité de de HCN analysé dans 10 g de l'échantillon : 1,08 mg x 1,6 ml d'$AgNO_3$ = 1,72 mg de HCN.

Après avoir obtenu les résultats d'analyse de la farine, ces derniers montrent que la teneur en acide cyanhydrique a été réduite jusqu'à 36.3% (voir tableau 5).

Tableau 5 : Résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique pour deux échantillons (râpure et farine de manioc).

Nature de l'échantillon	**Résultats obtenus**
Râpure de manioc	2,7mg/kg
Farine de manioc de haute qualité	1,72mg/kg

D'une façon normale, la quantité en HCN dans les farines de manioc ne doit pas dépasser 10mg/kg (Nshimirimana, 2020). Sur base des résultats d'analyse de la teneur en acide cyanhydrique de la farine, nous affirmons que cette farine n'est pas toxique car la quantité de HCN trouvée est inférieure à 10mg/kg. La quantité de HCN a été réduite pendant les opérations de pressage et de séchage.

b. Résultats d'analyse de la teneur en humidité de la farine

La teneur en humidité de la farine est déterminée en utilisant la formule suivante :

P_1-P_2=P_3 : 2g – 0.16g = 1.84g

Le taux d'humidité correspond : $\frac{P_2 \times 100}{P_1}$: $\frac{0.1606 \times 100}{2}$ = 8.03%

D'où P_1 : poids initial de l'échantillon,

P_2 : poids de l'échantillon après 24 h dans l'étuve,

P_3 : différence entre poids initial et poids de l'échantillon après 24 h d'étuvage.

Les résultats d'analyse de la teneur en humidité de la farine qui équivaut à 8,03% garantissent une longue durée de conservation car ce taux se trouve dans les bonnes normes de transformation de la farine (taux d'humidité inférieur à 12%). Ces résultats montrent que le séchage de la râpure pressée et le conditionnement de la farine ont été bien réalisés.

c. Résultats d'analyses microbiologiques de râpure de manioc

Les tableaux 6 montrent les résultats d'analyses microbiologiques pour la recherche des germes suivants : Flore Aérobie Mésophile Totale, levures et moisissures, coliformes totaux et fécaux, Escherichia coli et salmonella.

Tableau 6 : Résultats d'analyses microbiologiques de râpure de manioc

Paramètres/germes recherchés	**Résultats UFC/gr**	**Limites**	**Méthodes/normes utilisées**
Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)	$1,2.10^3$	10^5	ISO 4833
Levures et moisissures	$1,5.10^2$	10^4	ISO 21527
Coliformes totaux	Absence	Absence	ISO 4832
Coliformes fécaux	Absence	Absence	ISO 4832
Escherichia coli	Absence	Absence	ISO 7251
Salmonella	Absence	Absence	ISO 6785

Tableau 7 : Résultats d'analyses microbiologiques de la farine de manioc de haute qualité

Paramètres/germes recherchés	**Résultats UFC/gr**	**Limites**	**Méthodes/normes utilisées**
Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)	$1,3.10^4$	10^5	ISO 4833
Levures et moisissures	$1,7.10^3$	10^4	ISO 21527
Coliformes totaux	Absence	Absence	ISO 4832
Coliformes fécaux	Absence	Absence	ISO 4832
Escherichia coli	Absence	Absence	ISO 7251
Salmonella	Absence	Absence	ISO 6785

Les tableaux 6 et 7 qui présentent les résultats d'analyses microbiologiques montrent que la farine produite est saine et consommable. La présence de certains germes comme la FAMT et moisissures et levures dans la râpure de manioc et dans la farine n'atteint pas la limite exigée (10^5 UFC/gr pour la FAMT et 10^4 UFC/gr pour les moisissures et levures). L'augmentation de ces germes aurait dû aux opérations de pressage, de séchage, de mouture et de conditionnement de la farine obtenue.

De façon générale, ces microorganismes proviennent de sources différentes telles l'environnement, la manipulation, la contamination croisée etc. Leur présence au-delà de la norme peut signifier un défaut d'hygiène au niveau des traitements et/ ou des mauvaises conditions de conservation.

Le développement des moisissures sur les aliments a des conséquences telles que la baisse de la qualité marchande et l'altération de la qualité organoleptique du produit (Paul A. F. Houssou et al., 2016). La disponibilité de l'eau, la température sont les principaux facteurs qui contrôlent la rapidité avec laquelle s'effectue l'altération des aliments et la croissance des microorganismes. Si la réduction de l'activité de l'eau est extrêmement importante, la cellule microbienne, incapable de réparer l'homéostasie, ne peut plus proliférer et peut même mourir (Fao, 2012). Selon cet auteur, pour conserver un aliment en utilisant la réduction de l'activité de l'eau on devra l'abaisser au minimum afin de contrôler non seulement la croissance microbienne mais aussi les autres réactions induisant l'altération

Ces résultats sont similaires à ceux de Priscille (2018) qui a travaillé sur l'efficacité des farines infantiles dans la récupération nutritionnelle des enfants en âge de sevrage au sud du Bénin.

En effet, il s'observe l'absence des coliformes, d'Escherichia coli et salmonella dans ces deux échantillons. La présence de ces germes dans un aliment peut signifier un défaut d'hygiène lors des processus de fabrication : une contamination environnementale, une insuffisance dans les procédés de traitements, un défaut d'hygiène du matériel et de l'équipement utilisés, ou une contamination croisée d'une autre origine. Ce sont les bactéries indicatrices du niveau d'hygiène d'un aliment.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'objectif de ce travail était d'étudier les dangers qui peuvent être liés au processus de transformation de la farine de manioc de haute qualité et de proposer les mesures de prévention contre ces dangers.

Les travaux pratiques de transformation du manioc en cette farine ont été réalisés jusqu'à l'obtention du produit fini. Le constat est que cette farine s'obtient dans peu de temps (Trois jours si le climat est favorable) par rapport aux autres types de technologies de transformation de la farine de manioc.

Ainsi, les analyses de la teneur en acide cyanhydrique, en humidité, et de la qualité microbiologique de la râpure et de la farine ont été effectuées en vue de vérifier le taux de réduction de l'acide cyanhydrique, d'humidité de la farine et de la qualité hygiénique de la râpure et de la farine. Les résultats d'analyses faites au laboratoire de biochimie sont notamment la teneur en acide cyanhydrique de râpure de manioc et le taux d'humidité de la farine. Ces résultats montrent que la teneur en acide cyanhydrique a été réduite après les opérations de pressage et de séchage. Cette teneur varie de 2,7mg/kg (pour la râpure de manioc non pressée) au 1,72mg/kg (pour la farine de manioc obtenue) ce qui montre la réduction de HCN lors du pressage et séchage de râpure. Le teneur en humidité de cette farine est appréciable (8,03%) ce qui garantit une conservation allongée de ce produit.

Les résultats d'analyses microbiologiques montrent qu'il y a la présence de la Flore Aérobie Mésophile Totale et des levures et moisissures dans les deux échantillons (râpure de manioc et farine) mais ne dépassant pas les limites acceptables en se référant aux normes utilisées. Ces résultats varient de $1{,}2.10^3$ à $1{,}3.10^4$ pour la Flore Aérobie Mésophile Totale et de $1{,}5.10^2$ à $1{,}7.10^3$ pour les levures et moisissures alors que les limites acceptables sont successivement 10^5 et 10^4.

Au cours de la transformation de cette farine, il y a risque d'apparition des dangers physiques (cas d'apparition des limailles de fer dans la farine), microbiologiques, et chimiques si des mesures de prévention ne sont pas prises en considération. Ces dangers peuvent se manifester à chaque étape de fabrication.

A l'issue des résultats de laboratoire et des dangers cités ci-haut, l'application des bonnes pratiques d'hygiène accompagnées de la mise en place du système HACCP est recommandée aux transformateurs de ce produit afin de livrer aux consommateurs un produit de bonne qualité hygiénique et nutritionnelle garantissant la santé des consommateurs.

Les transformateurs devraient s'informer et collaborer avec les chercheurs initiés dans le domaine de technologie alimentaire dans le but de suivre de près dès l'implantation d'une unité de transformation jusqu'à la livraison du produit fini. Cela leurs permettra de se sécuriser et de garantir la santé des consommateurs. Le recours aux analyses de laboratoire pour chaque production est un moyen efficace d'autocontrôle de l'unité ou usine de transformation alimentaire.

Le gouvernement du Burundi à travers les institutions habiletés devrait fournir d'efforts pour suivre régulièrement les unités, usines ou industries de transformation alimentaire afin d'assurer la sécurité de la santé de sa population.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Akpingny L. E. D. et Koulou, N. E. Y., 2017. Fiche technicoéconomique du manioc. ANADER, Abidjan, Cote d'Ivoire. 8 p.

2. Anon, B. et al, 2021. Farines de manioc utilisées en panification. CODINORME, Côte d'Ivoire. 9 p.

3. Arnaud, F.G., 2017. Thèse, HACCP et performance dans les PME Agro-Alimentaires, Université de Québec, Canada.109 p.

4. Audrey, C., 2015. Hygiène en entreprise Agro-Alimentaires : Les bonnes pratiques d'hygiène en production et la norme ISO 22000. CAP'R HQS, Saint Pierre, La Réunion. 30 p.

5. CNTA, 2020. Manuel de bonnes pratiques d'hygiène et de transformation de maïs et de manioc en farine fortifiée. Bujumbura, Burundi. 52 p.

6. CORAF/WECARD, 2012. Manuel de formation sur la fortification de la farine de Mil/Sorgho en micronutriments. Programme cultures vivrières, Dakar, Sénégal. 50 p.

7. Dabat, M.H., 2001. Aperçu des utilisations agro-industrielles du manioc à Madagascar. CIRAD. Madagascar. 47 p.

8. Denis, C., 2014. Maitrise des dangers : HACCP. HIDAOA. 14 p.

9. Désirée, Y. A. Y. et al, 2016. Evaluation microbiologique et origines de la contamination des produits de 4ème gamme vendus sur les marchés d'Abidjan, Côte d'Ivoire. 11 p.

10. FAO, 2012. La fabrication d'une farine de manioc de haute qualité. CTA, Nigeria. 5 p.

11. FAO, 2013. Produire plus avec moins : Le manioc. Guide pour une intensification durable de la production. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture, Rome.129 p.

12. François, D., 2015. Analyse sur la gestion paysanne des variétés locales de manioc dans Kavimvira, Kawizi, et Kiliba dans la plaine de la Rusizi. Université catholique de Bukavu, RDC.

13. Iziti, K., 2020. L'Application du système HACCP - ISO 22000 pour assurer la qualité/sécurité au niveau de l'industrie de boissons (jus de fruits) (SPA – NCA Rouiba), Université d'Alger.48p.

14. Justin, K. et al, 2015. Production et transformation du manioc. Collection Pro-Agro, Yaoundé, Cameroun. 39 p.

15. Manirakiza, C. et al, 1993. Guide des méthodes d'analyses usuelles en microbiologie. Centre National de Technologie Alimentaire, Bujumbura. 38 p.

16. Mouchard, A., 2010. Guide d'hygiène et de la salubrité publique. Direction de la santé en Polynésie Française, France. 12 p.

17. Nibikora, I.,1999. Etudes des profils de contamination des denrées alimentaires fabriquées artisanalement et couramment consommées au Burundi : Cas des boulettes. Université du Burundi. Mémoire.69 p.

18. Ndikumana, T., 1990. Contribution à l'étude des qualités microbiologiques et biochimiques des boissons fabriquées au Burundi : Cas du nectar et du sirop de Passiflora Edulis. Université du Burundi. Mémoire. 62 p.

19. Nkurunziza, E., 2018. Rapport de stage probatoire, CNTA, Bujumbura.18 p.

20. Nshimirimana, S., 2020. Rapport de stage probatoire, CNTA. Bujumbura. 21 p.

21. Nshimirimana, M. J., 2004. Impact du séchage sur les qualités nutritionnelles des légumineuses : cas du haricot et petit pois, Université du Burundi, mémoire. 77 p.

22. Oti, E. et al, 2011. Manuel de formation, Transformation du manioc en GARI et e farine panifiable de haute qualité en Afrique de l'ouest. Programme cultures vivrières, Dakar, Sénégal. 38 p.

23. Paul, A. F. H. et al, 2016. Evaluation de la qualité de yêkè-yêkè (couscous de maïs) et de gambari-lifin (farine raffinée de maïs) au cours du stockage, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la pêche, République du Bénin. 150 p.

24. Priscille, S. A., 2017. Production et évaluation de la qualité de la farine de soja germé, Université d'Abomey Calavi, Benin. 43 p.

25. Serge T et al, 1995. Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde, laboratoire d'étude sur la nutrition et l'alimentation, Brazzaville, Congo. 35 p.

26. Sonia, T., 2010. La réalisation d'une analyse des dangers : les points clés. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. 29 p.

27. Stephan, H. et al., 2014. Guide de culture de manioc. Consortium Africain pour la santé des sols, Nairobi, Kenya. 62 p.

28. Tantaoui, E., 2013. Hygiène dans l'industrie alimentaire, ONSSA, Maroc. 172 p.

29. Tillon J.P. et Serres H., 1973. Le manioc dans l'alimentation du porc. Région de recherche vétérinaire et zootechnique de Madagascar, Tananarive. 233p.

ANNEXE

Diagramme de transformation du manioc en farine de haute qualité

