

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
RESUME	ii
ABSTRACT.....	iii
FAMINTINANA.....	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	viii
LISTE DES ACRONYMES	ix
LISTE DES ANNEXES	x
1. INTRODUCTION	1
2. METHODOLOGIE	3
2.1. Collecte d'informations	3
2.2. Analyse et rédaction des données.....	3
3. RESULTATS	4
3.1. GENERALITES SUR LE MANIOC A MADAGASCAR	4
3.1.1. La production de manioc.....	4
3.1.2. Utilisations du manioc	6
3.2. PRODUITS POUR LA CONSOMMATION HUMAINE	10
3.2.1. Produits alimentaires à fabrication artisanale.....	10
3.2.2. Produits alimentaires à fabrication industriellement	14
3.3. AUTRES PRODUITS INDUSTRIELS ET PRODUITS POUR LA CONSOMMATION ANIMALE	19
3.3.1. Autres produits industriels	19
3.3.2. Produits de la consommation animale	21
4. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	23
4.1. DISCUSSIONS	23
4.1.1. Contribution des produits dérivés de manioc à la sécurité alimentaire	23

4.1.2.	Atouts de la filière manioc	23
4.1.3.	Contraintes pour la filière manioc	24
4.1.4.	Opportunités à venir pour cette filière	24
4.1.5.	Facteurs menaçant la filière manioc	25
4.2.	RECOMMANDATIONS.....	25
4.2.1.	Rôles du gouvernement.....	25
4.2.2.	Augmenter la production et améliorer la technique de stockage	25
4.2.3.	Développer l'utilisation industrielle des tubercules de manioc	26
	CONCLUSION	27
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	28
	ANNEXES	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Madagascar – Estimation des productions vivrières (en tonnes)	5
Tableau 2 : composition chimique des tubercules de manioc épluchés pour 100g de matière fraîche	6
Tableau 3 : composition biochimique de <i>bononoka</i> pour 100g de matière sèche	11
Tableau 4 : Valeur nutritives pour 100g de farine de manioc de haute qualité	16
Tableau 5 : Apport calorifique pour 100g de tubercule de manioc épluchée, <i>bononoka</i> , farine de manioc de haute qualité	23

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Production nationale de manioc par région (en tonnes)	6
Figure 2 : Structure des glucosides cyanogénétiques	8
Figure 3 : Dégradation enzymatique de la linamarine	8
Figure 4 : Gari	12
Figure 5 : Cossette de manioc	14
Figure 6 : Farine de manioc de haute qualité	14
Figure 7 : Tapioca	17
Figure 8: Snack de manioc	18
Figure 9: Pellets	22
Figure 10: Rouissage de manioc	33
Figure 11 : <i>Hedychium flavescens</i>	33
Figure 12: Tamis de taille standard	33
Figure 13: Broyeuse des tubercules	34
Figure 14: Séchage de cossette de manioc	34
Figure 15: Râpe à manioc	34
Figure 16: Presse hydraulique de manioc	35
Figure 17: Machine d'extraction d'amidon	35
Figure 18: Flash drying	35
Figure 19: Machine d'extrusion	36

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

C : Carbone

g : Gramme

h : Heure

H : Hydrogène

Ha : Hectare

Kcal : Kilocalorie

Kg : Kilogramme

m³ : Mètre cube

min : Minute

mm : Millimètre

O : Oxygène

t : Tonne

UF : Unité fourragère

α : Alpha

β : Beta

LISTE DES ACRONYMES

ACCT : Agence de Coopération Culturelle et Technique

CARE International: Cooperative for American Remittances to Europe

CFSAM: Mission d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire

-CN : Groupe nitrile

CTA : Centre technique de coopération agricole et rurale

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations ou Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FMHQ : Farine de manioc de haute qualité

FOFIFA : Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiaharina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra

H41: Hybride 41

H45: Hydride 45

H53: Hybride 53

HCN : Acide cyanhydrique

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

LSA : Levure sèche active

MAEP : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

MF : Matière fraîche

MS : Matière sèche

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Rouissage de manioc.....	33
Annexe 2 : <i>Hedychium flavescens (Longoza)</i>	33
Annexe 3 : Tamis de taille standard.....	33
Annexe 4 : Broyeuse des tubercules de manioc.....	34
Annexe 5 : Séchage de cossette de manioc.....	34
Annexe 6 : <i>Chipping machine</i> ou râpe à manioc.....	34
Annexe 7 : Presse hydraulique de manioc.....	35
Annexe 8 : Hydrocyclone ou machine d'extraction d'amidon de manioc.....	35
Annexe 9 : <i>Flash drying</i> ou séchoir d'amidon de manioc.....	35
Annexe 10 : Machine d'extrusion.....	36

1. INTRODUCTION

Le manioc est la deuxième source énergétique à Madagascar après le riz. Il est cultivé dans toutes les régions de Madagascar et en particulier dans les provinces de Fianarantsoa et de Tuléar qui fournissent plus de 65% de la production nationale. Il sert de denrée de substitution et de réserve en cas de famine et de disette. Le manioc a de multiples usages. Les tiges sont utilisées comme boutures à planter et de combustible. Les feuilles sont riches en protéines et pilées fraîches ou séchées et constituent un plat malagasy renommé le *ravitoto*. Le manioc frais ou sec, riche en glucides est utilisé en alimentation humaine et animale. Les produits dérivés du manioc sont les provendes, l'amidon et la féculle. La provende sert à l'alimentation du bétail, des volailles et essentiellement à l'engraissement des porcs. L'amidon extrait de la farine est utilisé dans les industries alimentaires : produits sucrés, fabrication du tapioca, charcuterie, confiserie, biscuiterie et pour la fabrication du papier. La féculle est utilisée en industrie textile pour l'encolure de tissus et en industrie chimique pour la fabrication de colle (MAEP, 2004).

Cependant, les tubercules de manioc sont facilement périssables et les pertes après récolte sont aussi considérables. Et à part la fabrication de féculle et de tapioca, les autres usages sont marginaux, voire inexistants, à Madagascar (Dabat et Ranaivoson, 2001). En plus l'industrie de transformation du manioc n'est pas développée à Madagascar comme l'industrie à Marovitsika qui transforme seulement 0,8% de la production en féculle. Face à cette situation, l'interrogation se porte sur l'existence d'éventuels moyens pour pallier aux pertes et en même temps apporter une valeur ajoutée à ce produit. C'est dans cette optique que se place la présente étude intitulée : « Valorisation des tubercules de manioc à Madagascar ».

A ce propos se pose la problématique : **quelle est alors l'importance des tubercules de manioc face aux besoins alimentaires de la population ?**

Ainsi, l'objectif global de la présente étude est d'identifier les différents types de valorisation des tubercules de manioc à Madagascar.

Les objectifs spécifiques sont :

- analyser la contribution des tubercules de manioc dans l'amélioration de la sécurité alimentaire
- énumérer les autres valorisations de tubercules de manioc utilisé en tant que source d'énergie

A cet effet, les hypothèses suivantes sont à vérifier :

- Le manioc peut substituer le riz en quantité et en qualité dans l'alimentation humaine.
- Le manioc et ses produits de transformation auront surtout une place importante sur l'économie future de Madagascar.

Le présent travail sera subdivisé en trois grandes parties :

- la description de la méthodologie concernant la synthèse bibliographique,
- les résultats sur les différents types de valorisation des tubercules de manioc à Madagascar
- les discussions et quelques recommandations

2. METHODOLOGIE

2.1. Collecte d'informations

La présente étude est surtout basée sur des revues de littérature qui ont été menées tout au long de la recherche. Il s'agit de faire une consultation des ouvrages, articles ou rapports concernant le thème dans les différentes bibliothèques (bibliothèque de FOFIFA, bibliothèque de l'IRD) ou sur internet mais aussi auprès du Ministère du Commerce et Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage, de la Pêche (MAEP).

Dans le cas de la détermination des différentes valorisations des tubercules de manioc (Gari, farine de manioc, bioéthanol, bioplastique, tapioca), la recherche documentaire s'étale sur une large liste d'informations de bases :

- Les littératures (magazines, rapports, articles ou ouvrages, mémoires) liées au domaine de transformation de manioc.
- Les supports de cours en matière de fabrication de bioplastique et bioéthanol
- Guide pratique à la fabrication de farine de manioc de haute qualité comme celle de la collection guide pratique du CTA
- Ainsi que les autres sources de données disponibles.

2.2. Analyse et rédaction des données

L'analyse des données nous a permis de déterminer tous les facteurs de développement de l'agriculture biologique pour en faire sortir les facteurs bloquants de l'agriculture biologique à Madagascar en analysant ces facteurs de développement pour le cas de Madagascar.

Après avoir recueilli toutes les données nécessaires, nous avons sélectionné et rassemblé puis avons procédé à l'analyse des données collectées selon leur source et selon leurs années de publication.

L'analyse a été basée sur les différentes valorisations de tubercules de manioc. Les informations issues des mémoires de fin d'étude et des rapports du ministère, FAO, sont comparées afin de voir la fiabilité de ces informations.

L'analyse des données nous permet d'énumérer les différentes valorisations des tubercules de manioc à Madagascar et nous avons pu voir les différents produits dérivés des tubercules de manioc.

3. RESULTATS

3.1. GENERALITES SUR LE MANIOC A MADAGASCAR

3.1.1. La production de manioc

La culture de manioc s'effectue le plus souvent sur les *tanety*, des zones en hauteur ou versants des collines. Le manioc peut aussi être cultivé sur les *baiboho* (terres de décrue). Ces sols sont plus riches en éléments minéraux et azote, entraînant un développement végétatif plus important, au détriment du développement racinaire. Les cultures sur *baiboho* sont des cultures de 18 mois (Wattiez, 2012).

3.1.1.1. Les différentes variétés de manioc cultivées à Madagascar

Parmi les 300 variétés connues, les variétés locales comme le *Madarasy*, *Fotsy*, *Rantsan'akoho*, *Valencia* sont les plus cultivées dans différentes régions de Madagascar (Razafindrafara, 2010).

- La variété « *Madarasy* »

C'est une variété très douce à liège brun et rugueux, à phelloderme rose violée. Cette variété est la plus appréciée des consommateurs malgaches. On en trouve principalement sur les Hautes Terres de Madagascar.

- La variété « *Rantsan'akoho* »

Appelée ainsi à cause de la forme fasciculée de ses racines imitant la position des doigts des pattes d'une poule. C'est une variété à liège brun, clair, mince, à phelloderme rose, épais, se détachant facilement à l'épluchage.

- La variété « *Valencia* »

C'est une variété douce à liège brun foncé, à phelloderme rose violacée. Cette variété est cultivée sur la partie Est de Madagascar.

Des variétés hybrides existent aussi tels que H41 (Sao Pedro X Singapour) (Anonyme, 1952) qui est une variété améliorée pour l'usage des tubercules en féculerie, H45 et H53 qui sont destinées pour la consommation (Ministère de la coopération et du développement, 1991).

Par ailleurs, les cultivars de manioc sont classés aussi en deux grands groupes : (i) les variétés amères dans lesquelles les glucosides cyanogénétiques se répartissent à forte dose dans tout le tubercule et (ii) les variétés douces avec des glucosides cyanogénétiques à faible dose surtout au niveau de la peau des tubercules (Asiedu, 1989 ; Hounhouigan *et al.*, 2003).

En considérant la teneur en acide cyanogénétique (HCN), le manioc peut être classé en quatre catégories (Ministère de la coopération et du développement, 1991) :

- Les variétés très douces : Taux d'HCN < 0,010 %
- Les variétés douces : 0,010 % < Taux d'HCN < 0,012 %
- Les variétés amères : 0,012 % < Taux d'HCN < 0,014 %
- Les variétés très amères : Taux d'HCN > 0,014 %

Les variétés douces sont destinées à la consommation humaine puisqu'elles produisent des tubercules de saveur appréciée et généralement peu chargé en acide cyanhydrique ou acide cyanogénétique. Les variétés plus ou moins riches en acide cyanhydrique sont utilisées à l'extraction de féculles (Ceriighelli, 1995).

3.1.1.2. Production nationale de manioc

Le manioc entre dans l'alimentation d'un malgache sur trois. Après le riz, le manioc se trouve en 2^{ème} rang parmi les cultures vivrières en termes de superficie (soit 352 345 ha) et de tonnage de produit (Randrianarison, 2011). Le tableau ci-dessous récapitule la production des principales cultures vivrières.

Tableau 1 : Madagascar – Estimation des productions vivrières (en tonnes)

Cultures	Années		
	Moyenne (2013-2017)	2017	2018
Riz paddy	3 621 477	3 044 370	3 328 200
Manioc	334 521	281 487	215 000
Maïs	2 774 694	2 522 721	

Source : CFSAM 2018

Le manioc est principalement cultivé pour la consommation humaine (trois quarts de la production nationale) et animale (un quart de la production). Faisant partie des rares plantes à tubercule qui subissent des transformations, la valorisation du manioc sous d'autres formes reste peu exploitée à part le séchage des produits (30% de la consommation humaine). Il sert depuis toujours de produit de substitution du riz notamment en période de soudure et plus particulièrement pour la région sud de l'île. Environ 59% du stock de denrée de base dans cette région sont constituées par le manioc (Dabat et Ranaivoson, 2001). Cependant, les pertes après récolte sont considérables. Elles constituent 20% de la production de manioc (Ibrahima et Rakotonirainy, 2016).

La figure suivante nous montre la production de manioc de 2013 à 2018 dans les différentes régions de Madagascar.

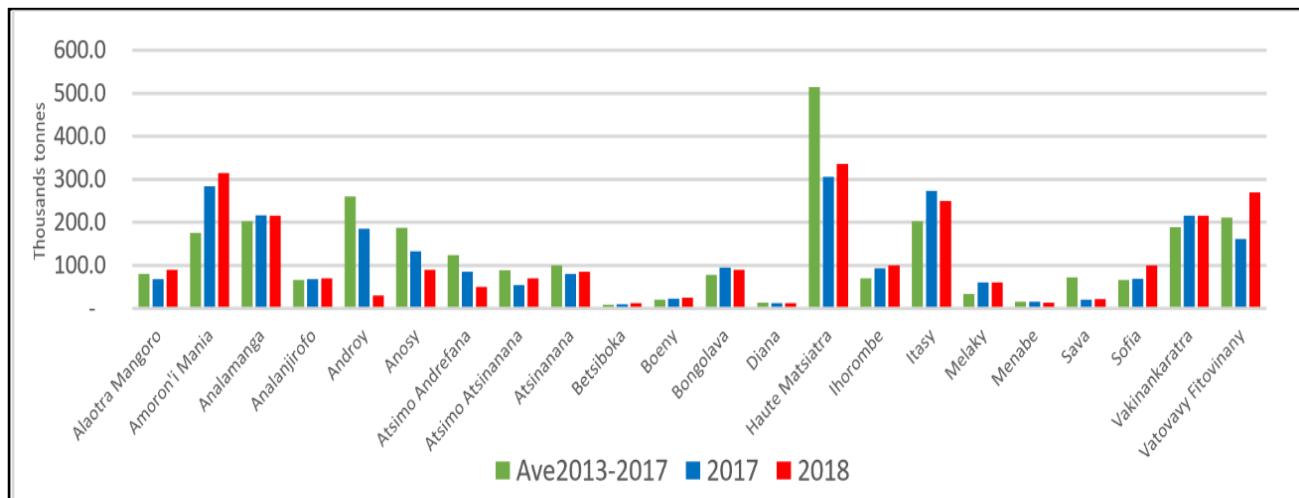


Figure 1 : Production nationale de manioc par région (en tonnes) (Source : Enquête CFSAM 2018)

D'après la figure 1, le manioc est cultivé dans toutes les régions de Madagascar. La production de manioc varie selon les régions. 47% de la production nationale sont assurées par les zones des Hautes Terres. Ce sont donc les régions de la province de Fianarantsoa, de Tuléar et d'Antananarivo, les principaux producteurs de manioc.

3.1.2. Utilisations du manioc

3.1.2.1. Valeurs nutritionnelles du manioc

Tableau 2 : composition chimique des tubercules de manioc épluchés pour 100g de matière fraîche (Onwueme, 1978) :

Composition	Teneur
Eau	62 à 68%
Glucides	35% (dont 20 à 25% d'amidon)
Lipides	0,30%
Protéines	Environ 1%
Vitamine C	35mg/100g
Vitamine B1	Négligeable
Vitamine B2	Négligeable

Selon Okezie *et al.* (1982), la teneur en eau des matières fraîches (MF) varie de 62 à 71 %; celle des sucres, entre 30 et 35 % des matières sèches (MS) et les protéines entre 0,6 et 2,6 % des MS. Ces auteurs ont noté une faible quantité de vitamines et de minéraux et

précisent que la cellulose et l'hémicellulose constituent moins de 7 % des MS. L'amidon est le constituant majeur des hydrates de carbone avec des teneurs comprises entre 64 et 87 % des MS, l'une des caractéristiques de l'amidon de manioc est sa faible teneur en amylose : environ 17 % des MS, comparée aux amidons de la pomme de terre (22 % des MS) et du maïs (21 % des MS). Les protéines du manioc sont riches en arginine et faibles en certains acides aminés essentiels tels que la méthionine, la lysine, le tryptophane, la phénylalanine et la tyrosine (Falade et Akingbala, 2010).

De plus, 100g de riz blanc fournit 98 kcal alors que 100 g de tubercule épluché apporte 159 kcal, donc le manioc est encore plus énergétique que le riz (Boni *et al.*, 2018). Ainsi, le manioc peut remplacer le riz en période de soudure. Cependant, il a été démontré que les racines présentent une certaine toxicité liée à la présence des composés cyanogénétiques, facteurs antinutritionnels qui viennent s'ajouter à la faible teneur du manioc en protéines, en vitamines et minéraux. Toutefois, cette toxicité peut être atténuée, voire même éliminée, dans les produits finis prêts à la consommation.

3.1.2.2. Mode de stockage des tubercules de manioc

Dû à leur caractère périssable, le stockage des tubercules de manioc frais est fortement déconseillé. Ainsi, les paysans préfèrent laisser le manioc aux champs jusqu'au moment où ils en auront besoin.

Et pour une conservation améliorée, différentes modes de stockage peuvent être pratiquées, comme :

- Le stockage dans des silos-fosses recouvert d'un toit de chaume
- Le stockage dans de la sciure humide
- Le stockage réfrigéré
- Le stockage sous bâche en plastique de racines

La méthode de stockage des tubercules sous bâches en plastique développée par l'institut anglais NRI (Natural Resources Institute) semble être la plus adaptée dans le contexte africain, permettant de stocker les tubercules de manioc pendant une semaine. Cette méthode consiste à : (i) sélectionner les tubercules de bonne qualité et pourvues de leur pédoncule, (ii) tremper les tubercules dans l'eau, (iii) stocker les tubercules mouillés dans des sacs à jute, (iv) stocker les sacs sur des caillebotis de bois dans un hangar à l'abri des rongeurs, (v) couvrir les sacs avec une bâche plastique (Bell *et al.*, 2000).

3.1.2.3. Toxicité et détoxication du manioc

a) Toxicité du manioc

Les tissus du manioc ont la propriété de contenir de l'acide cyanhydrique (HCN) dans leurs vacuoles. Il s'agit de substances à groupe nitrile (-CN). Les deux principaux glucosides cyanogénétiques sont la linamarine, qui est la plus abondante, et la

lotaustraline (figure 2). Leur toxicité est due à la libération d'acide cyanhydrique (HCN) suite à une réaction chimique appelée hydrolyse (figure 3).

L'hydrolyse de la linamarine est catalysée par l'enzyme linamarase, contenue dans les parois cellulaires. Cette réaction a lieu uniquement après la destruction de la compartimentation subcellulaire par altération des tissus (Bell *et al.*, 2000).



Figure 49 : Structure des glucosides cyanogénétiques du manioc (Sources : Dehaynin, 2007, Cereda et. Mattos ,1996)

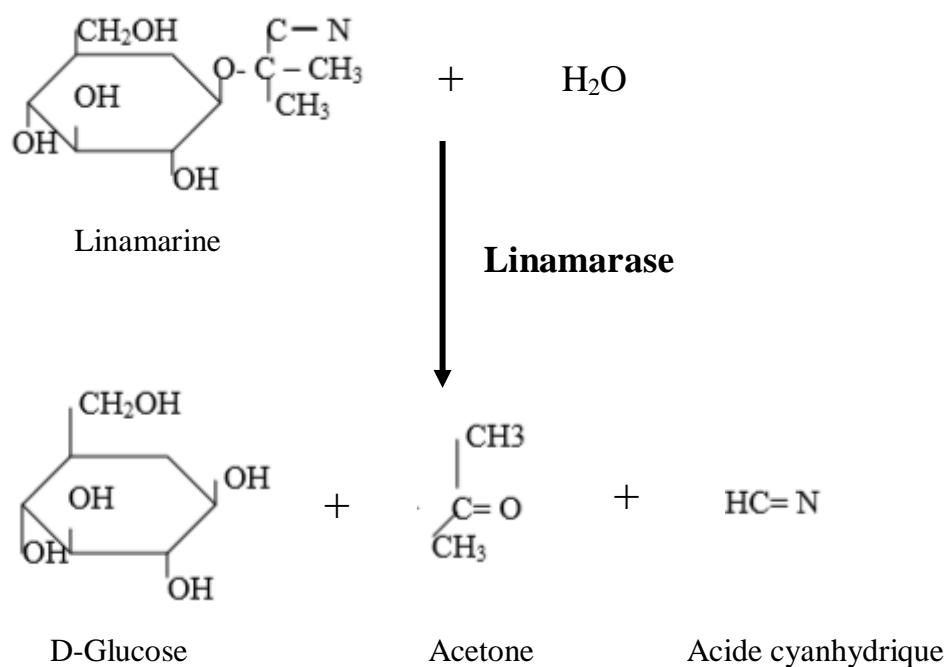


Figure 104 : Dégradation enzymatique de la linamarine (Source : Cereda et Mattos, 1996)

b) Détoxication du manioc

4 méthodes de détoxication sont généralement utilisées (Randrianatoandro, 2004) :

- Détoxication microbienne par fermentation
 - Décomposition des glucosides en les chauffant à plus de 150°C
 - Séchage au soleil

- Epluchage de la peau des tubercules enlevant environ 80 % du poison (acide cyanogénétique) (Bencini et Walston, 1991)

3.1.2.4. Différents types de transformations du manioc

NOMBREUSES SONT LES UTILISATIONS POSSIBLES DU MANIOC FRAIS OU TRANSFORMÉ : FABRICATION DE COSETTES, TAPIOCA, FARINES POUR L'ALIMENTATION HUMAINE ; FARINES INFANTILES CONSTITUÉES DE MÉLANGES DE FARINE DE MANIOC ET DE DIVERSES CÉRÉALES. L'AMIDON EST DESTINÉ AUX PÂTISSIERS, BISCUITIERS, CHARCUTIERS. LE GLUCOSE EST UTILISÉ DANS DES FABRICANTS DE SIROPS ET BOISSONS, CONFISEURS, CHOCOLATIERS ET BISCUITIERS, ETC.

Le manioc est aussi une matière première utilisée dans les industries non alimentaires. La basse teneur en amylose et la haute teneur en amylopectine de l'amidon de manioc lui confère une viscosité. Le manioc peut être aussi utilisé dans les industries du papier, du textile grâce à ses propriétés adhésives. Cet amidon intervient aussi dans la production de dextrines pour la fabrication des colles ordinaires. Des produits pharmaceutiques (émollient ou excipient) et de l'alcool éthylique (éthanol) peuvent également obtenus à partir du manioc.

L'emploi du glucose et du dextrose dans l'industrie de la confiserie a pour objet d'empêcher la cristallisation du saccharose. En boulangerie-pâtisserie, leur rôle est de fournir des hydrates de carbone se prêtant à la fermentation. Pour la fabrication des crèmes glacées et dans les conserves de fruits, ils permettent d'augmenter le pourcentage de produits solides sans entraîner une édulcoration trop importante, d'où accentuation de la saveur naturelle du fruit. Les glucoses et dextroses empêchent aussi la formation de grands cristaux de glace qui détruisent la texture crémeuse des produits. De manière générale, le glucose et le dextrose remplacent partiellement ou complémentent le saccharose dans les industries alimentaires (Dabat et Ranaivoson, 2001).

3.2. PRODUITS POUR LA CONSOMMATION HUMAINE

Les produits issus des tubercules de manioc pour la consommation humaine sont : racines cuites à l'eau ou à la vapeur et racine rôtie, bononoka, *ketapotsy*, *katikaty*, gari, farine de manioc, tapioca, snack de manioc, cossette de manioc.

3.2.1. Produits alimentaires à fabrication artisanale

3.2.1.1. Racines cuites à l'eau ou à la vapeur et racine rôtie

Les racines épluchées, lavées et découpées sont cuites dans de l'eau bouillante. Après cuisson, les racines sont mangées chaudes ou froides, entières ou réduites en purée. Elles peuvent aussi être incorporées dans des soupes et bouillons. Ou lors de la cuisson à l'eau, le manioc est aussi mélangé avec d'autres féculents, comme le maïs, la banane plantain, l'igname, le taro ou la patate douce (Boni *et al.*, 2018).

Le rôtissage consiste à disposer les racines entières dans de cendre chaude ou devant le feu, jusqu'à cuisson complète.

3.2.1.2. Bononoka

a) Définition et son utilisation

Ce sont de tubercules de manioc épluchés puis fermenté et ayant une odeur et une saveur acidulé avec une texture molle (Andriamady, 2005).

Ils sont utilisés principalement comme complément alimentaire. Ce sont les régions Itasy et Vakinakaratra qui sont les principaux producteurs de *bononoka* des Hautes Terres.

b) Etape de préparation de *bononoka*

- Epluchage et lavage

Après la récolte, les racines de manioc sont épluchées, puis lavées et rangées dans un sac à jute avant d'être transportées dans le lieu de fermentation (lac, rivière, riziére). (Rakotovelo, 2004).

- Rouissage

Le manioc est ensuite déposé dans un trou creusé au préalable au fond d'une rivière ou d'un ruisseau (Agbor *et al.* 1995). Le rouissage est une étape de fermentation par immersion dans l'eau et qui dure environ une semaine. Il s'agit d'une fermentation anaérobio. Le lieu de fermentation peut être une eau courante ou stagnante ou une rivière (cf. annexe 1). Pendant cette phase de fermentation, le tubercule subit une série de modifications physiques et chimiques qui lui confèrent des qualités organoleptiques. Le rouissage est une fermentation hétérolactique caractérisée par une production importante d'acide lactique (50 à 70% de MS) (Andriamady, 2005).

- Cuisson

A la suite de cette deuxième étape, les tubercules de manioc rous sont retirés du sac. Une fois lavé et égoutté, il est placé dans une marmite, au fond de laquelle on a déposé des branchages, de manière que l'eau de cuisson ne soit pas en contact avec les tubercules (Rajaonarivony, 1995). Puis les maniocs sont cuits dans une marmite couverte, en vérifiant de temps en temps la quantité d'eau et en en ajoutant au besoin. Donc cette cuisson se fait à la vapeur. La durée de la cuisson varie de 1 heure à 1 heure et 30 minutes de temps. La fin de la cuisson est marquée par l'évaporation de toutes les eaux de cuisson, par l'obtention d'une consistance molle du *bononoka*. Et il faut signaler qu'à l'issue de cette préparation, le *bononoka* a une faible teneur en glucosides cyanogénétiques (Andriamady, 2005).

- Conservation

Le *bononoka* est emballé dans des sachets plastiques et des feuilles *d'Hedychium flavescent* (*Longoza*) (cf. annexe 2) puis mis dans des soubiques et conservé dans une température ambiante.

c) Composition chimique du *bononoka*

Le *bononoka* a une teneur en eau de 65,71g pour 100g de matière fraîche avec une teneur en matière sèche de 34,29%.

Tableau 3 : composition biochimique de *bononoka* pour 100g de matière sèche (Andriamady, 2005)

Compositions biochimiques	Teneur
Protéine	1,71g
Matière grasse	0,14g
Glucide	96,50g
Amidon	54,22g
Fibre végétale	3,70g
Cendre brute	0,49g
Acide cyanohydrique	0,14mg

L'énergie apportée pour 100g de *bononoka* est de l'ordre de 394,1 kcal dont 98% apportée par les glucides, 1,73% par les protéines et 0,31% par les lipides.

3.2.1.3.Ketapotsy

Le *ketapotsy* suit le même procédé de préparation que le *bononoka*. Mais le *bononoka* ainsi obtenu est ensuite séché puis broyé et mis en forme dans une moule creuse. Après, les moules sont placées dans une marmite munie de branchages, ceci afin que l'eau de cuisson ne soit pas en contact avec les moules. La cuisson se fait donc à la vapeur. Quelques fois, les fabricants ajoutent du sucre à la préparation (Andriamady, 2005).

3.2.1.4. Katikaty

La préparation du *katikaty*, plat typique du sud-est de Madagascar, consiste tout d'abord à éplucher le manioc frais, de préférence la variété douce, et à le découper en très fines rondelles. Auparavant, les viandes de bœuf ou haricots rouges sont cuits dans une marmite. Lorsque la viande ou les haricots sont cuits, on les ôte de la marmite, dans laquelle des rondelles de manioc préalablement lavées sont versées. La viande ou les haricots sont ensuite déposés au-dessus de manioc. Après cuisson, on mélange bien et on sert. La viande ou les haricots rouges peuvent être remplacés par une pâte d'arachides grillées. La pâte d'arachide est mélangée au manioc lorsqu'il est cuit. Ce plat accompagne généralement le riz au repas de midi et est très apprécié des paysans (Rajaonarivony, 1995).

3.2.1.5. Gari

a) **Gari et son utilisation**

Le gari est l'un des produits alimentaires fabriqués à partir des tubercules de manioc frais. C'est un produit sec, croustillant, granulaire et de couleur blanc crème. Le gari très consommé au Benin. Il est utilisé comme complément alimentaire mélangé surtout avec de lait.



Figure 155 : Gari (source : Lib Market)

b) **Etape de préparation de gari**

- Épluchage et nettoyage de tubercules de manioc

Utiliser des tubercules saines (sans pourriture ni autre dégât). Ces tubercules sont alors épluchés puis lavées pour enlever les taches et les impuretés (James *et al.*, 2013).

- Râpage des tubercules de manioc pour obtenir une pâte

C'est un processus visant à éliminer le cyanure et rendre les tubercules comestibles. Les tubercules de manioc lavé sont mis dans la râpe sans arrêter le moteur afin de les écraser et de les transformer en pâte. La pâte est ensuite recueillie dans une bassine propre et puis versée dans un sac en polyéthylène propre (Detouc *et al.*, 2010).

- Fermentation de la pâte

Laisser fermenter les pâtes de manioc pendant 2-4 jours. Disposer les sacs de sorte qu'il n'y ait pas de contact avec le sable ou autres saletés qui pourraient contaminer la râpe.

Laisser l'eau s'égoutter des sacs. Toutefois, la fermentation ne devrait pas durer moins de 2 jours (pour permettre d'obtenir le goût aigre du gari) (Detouc *et al.*, 2010).

- Pressage

Presser les sacs contenant des râpures fermentées pour réduire autant que possible l'humidité. Le pressage est terminé lorsque l'eau ne sort plus des sacs. La durée de pressage dépend de l'efficacité de la presse et de la teneur en humidité de la râpure (Detouc *et al.*, 2010).

- Tamisage de la pâte humide pour obtenir une semoule

La pâte est passée au tamis non rouillé placé dans une bassine pour enlever toute matière fibreuse et obtenir une semoule. L'émottage est fait à la main (Detouc *et al.*, 2010).

- Cuisson ou garification

Griller dans une grande poêle en fer peu profonde posée sur le feu le gari, en remuant constamment à l'aide d'une palette de bois, jusqu'à ce qu'on sente le gari sec dans les mains. La cuisson peut durer 20-30min selon la source de chauffage et la quantité de râpure émottée. Le produit fini (gari) est généralement reconnu à partir de la couleur qui passe du blanc au crème (pour le gari non mélangé à de l'huile de palme) et les grains (particules craquantes au toucher) (Detouc *et al.*, 2010).

- Conditionnement et stockage du gari

Prélever le gari du plateau à torréfier et le répandre en une couche fine sur une plateforme surélevée à l'air libre pour le refroidir et le sécher. Il est ensuite tamisé avec un tamis de taille standard (cf. annexe 3) pour obtenir des granules fins. Utiliser une broyeuse (cf. annexe 4) pour réduire les gros granules en semoule. Lorsque les granules sont uniformes, le gari est ensuite mis dans un sac en polyéthylène contenant un sachet en plastique. Poser les sacs sur des palettes ou sur une plateforme surélevée et les conserver dans un endroit frais et sec. Dans ces conditions, le gari peut se conserver jusqu'à une année (James *et al.* 2013).

3.2.1.6. Cossettes de manioc

La cossette est un produit à base de manioc de dimension variable, dur obtenue après l'épluchage, rouissage et séchage. Pour leur utilisation culinaire, les cossettes sont réduites en farine après concassage et mouture (Luzembo, 2012).



Figure 198 : Cossette de manioc (source : Google sites)

La fabrication de cossettes consiste à laver et à éplucher les racines, éventuellement à les rouir dans le cas de variétés amères, puis à les découper en morceaux, de plus ou moins grosse taille. Figure 199 : Farine de manioc de haute qualité (source : www.depositphotos.com) Figure 200 : La découpe en petits cubes ou rondelles facilite le séchage ultérieur. Ces morceaux seront ensuite séchés au soleil (étalés sur des bâches, sur les toits des maisons ou idéalement sur des claies surélevées (cf. annexe 5), constituées d'un treillis métallique tendu sur un cadre en bois) et stockés (dans des greniers à céréales ou dans des sacs ou paniers). Le séchage doit pas durer longtemps pour éviter la prolifération de moisissures. Les claies doivent être exposées au soleil et inclinées pour favoriser la ventilation naturelle. Elles sont traditionnellement stockées en vrac sur le sol, dans des sacs ou des paniers, ou alors dans des conteneurs plastiques ou des fûts (Bell *et al.*, 2018). Figure 201 : Tapioca (source : Amazon) Figure 202 : Farine de manioc de haute qualité (source : www.depositphotos.com) Figure 203 : Farine de manioc de haute qualité (source : www.depositphotos.com) Figure 204 : Cossette de manioc (source : Google sites)

3.2.2. Produits alimentaires à fabrication industriellement

3.2.2.1. Farine de manioc de haute qualité (FMQH)

Figure 205 : Farine de manioc de haute qualité

a) FMQH et son utilisation

(source : www.depositphotos.com) Figure 206 :

La farine de manioc de haute qualité (farine de manioc non fermenté produite à partir des racines de manioc fraîchement récoltées, saines, mûres et bien fermes. Elle est très blanche, avec une faible teneur en graisse, n'a pas de forte odeur (CTA, 2008). La farine de manioc est dite de qualité si sa teneur en eau est inférieure à 13% (FAO/OMS, 2007). La farine de manioc peut être utilisée dans les boulangeries, les biscuiteries (Bell *et al.*, 2000).



Figure 206 :

Figure 207 : Farine de manioc de haute qualité

(source : www.depositphotos.com) Figure 208 :

(source : www.depositphotos.com) Figure 209 :

(source : www.depositphotos.com) Figure 210 :

Figure 225 : Farine de manioc de haute qualité

(source : www.depositphotos.com)

1
2

re
de

Figure 226 : Tapioca (source : Amazon) Figure

227 : Farine de manioc de haute qualité (source : www.depositphotos.com)

F

b) Etapes de fabrication de farine de manioc de haute qualité

- Sélection des tubercules

Choisir les tubercules de manioc sains, mûres, fermes, fraîchement récoltés. Ils ne doivent pas présenter de meurtrissures. Leur chair doit être blanche, sans fentes, avec très peu de fibres.

- Épluchage et équeutage

L'épluchage consiste à débarrasser les tubercules des deux sortes d'écorce qui l'enveloppent pour ne traiter que la partie noble. Il permet de diminuer la toxicité des tubercules par élimination d'une partie des glucosides cyanogénétiques (ACCT, 1981). L'équeutage consiste à retirer des tubercules les extrémités fibreuses avant de les introduire dans la transformation.

- Lavage

Le lavage peut alors se faire facilement sur la surface lisse du cylindre central. Il suffit de les immerger dans l'eau d'une bassine jusqu'au moment du traitement (Grace, 1973). Il sert à enlever définitivement les salissures restantes sur les tubercules afin d'obtenir une qualité hygiénique optimale et d'éviter en même temps toutes détériorations des machines dans les opérations suivantes.

- Broyage

Le râpage consiste à réduire les gros tubercules en morceaux plus petits de l'ordre de quelques millimètres de dimension. Cette opération permettra d'accélérer la vitesse de séchage et surtout de diminuer considérablement la teneur en acide cyanhydrique. Elle peut se faire avec une machine appelée *chipping machine* (cf. annexe 6) ou une râpe à manioc qui réduit le manioc en copeaux (Agbor *et al.*, 1995).

- Pressage

La pulpe de manioc humide est emballée dans des sacs propres et est pressée à l'aide d'une presse hydraulique (cf. annexe 7) pour écourter la période de séchage en diminuant l'humidité du manioc broyé jusqu'à 50% (ACCT, 1981).

- Séchage

La pâte pressée est étalée soigneusement sur une toile en plastique noir 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. La pâte est séchée jusqu'à ce qu'elle soit farineuse. Elle est couverte d'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 c'est-à-dire blanchissement du farine (Randrianarison, 2011).

- **Moulage**

Il s'agit de réduire en poudre les morceaux de racines pour obtenir une granulométrie de farine ce qui déterminera, par la suite, sa nature « fine » ou « grossière » (Codex Stan, 1991).

- **Tamisage**

A l'aide d'un tamis, l'opération consiste à enlever toute matière fibreuse et impureté dans la farine. Le tamisage est important car il permet d'obtenir une farine de haute qualité avec une bonne texture et sans fibres (CTA, 2008).

- **Emballage et stockage**

La farine tamisée est emballée dans des sachets en plastique noirs ou sacs, étanches à l'humidité. Les sachets sont fermés à l'aide d'une machine électrique à sceller. Ils sont étiquetés en inscrivant la date de fabrication et celle de péremption. La farine de manioc de haute qualité à une date limite d'utilisation optimale de six mois. Les sacs seront ensuite protégés contre la lumière et gardés dans un endroit bien aéré ; frais et sec (CTA, 2008).

c) Valeurs nutritionnelles de farine de manioc de haute qualité

100g de farine de manioc de haute qualité apporte une énergie de l'ordre de 349kcal. Le tableau suivant montre donc les valeurs nutritives de farine de manioc.

Tableau 4 : Valeur nutritives pour 100g de farine de manioc de haute qualité (FAO, 2008 ; Favier ,1977)

Constituants	Teneur
Lipides	0.31g
Glucides	83.07g
Protéines	2.97g
Eau	12g
Calcium	34.92mg
Phosphore	58.93mg
Magnésium	45.83 mg
Thiamine	0.19 mg
Riboflavine	0.10 mg
Niacine	1.86 mg
Acide ascorbique	44.96 mg

La teneur en eau de la FMHQ est égale à 12%, ce qui est inférieur à la teneur en eau maximale limitée par la norme du Codex Alimentarius pour la farine comestible de manioc 13,0% (FAO/OMS, 2007). La FMHQ a une teneur faible en protéines (1,4 g pour

100 g de FMHQ) et ne contient pas de gluten. En outre, la FMHQ est riche en amidon. Elle fait partie des groupes d'aliments énergétiques.

3.2.2.2. Fabrication de tapioca à partir d'amidon de manioc

a) Tapioca et son utilisation

Le tapioca, aussi appelé perle du Japon est une féculle, utilisé en cuisine, produite à partir des racines du manioc amer (non consommable sans traitement) séchées puis traitées. Son goût est neutre. Le tapioca est très utile pour épaisser les soupes, ragoûts et puddings, car il prend la saveur du mets auquel on l'ajoute. Il entre aussi dans la fabrication de purées pour bébés et de desserts (Markal, 2011).



Figure 252 : Tapioca (source : Amazon)

b) Etape de prépar.

- Triage, épluchage

À la réception, les tubercules sont ensuite lavés dans un tambour avec pales (Boni et al., 2018).

- Râpage

Les tubercules épluchés

Figure 253: Snack de manioc (source : PxHere)

la séparation des grains

possible afin de faciliter la séparation des grains (Blei et al., 2015). Le râpage est effectué dans

2018).

Figure 254 : Tapioca (source : Amazon)

à marteaux (Boni. et al., 2018).

- Extraction de l'amidon

L'extraction a lieu, en plusieurs

Figure 255: Snack de manioc (source : PxHere)

différentes mailles. La

Figure 256: Pellets (source : Agrifeeds)

L'hydrocyclone (cf. annexe 1)

Figure 257: Snack de manioc (source : PxHere)

et de concentration ; c'est

Figure 258 : Tapioca (source : Amazon)

une étape d'extraction

à deux étapes d'extraction et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

en deux étapes d'extraction

et de concentration (Boni et al., 2018).

La séparation des grains

est effectuée par centrifugation.

- Séchage

L'amidon extrait est déshydraté dans un filtre sous vide puis séché dans une tour d'atomisation (*flash drying*) (cf. annexe 9) conduisant à la formation des perles (Bon. *et al.*, 2018).

- Cuisson

Cuire à feux doux l'amidon émietté pendant 30 à 40 minutes pour réduire la teneur en eau et permettre une plus longue conservation. Et après la cuisson, on obtient du tapioca (Blei *et al.*, 2015).

- Conditionnement

Il consiste à mettre les produits dans un emballage destiné à assurer leur protection, leur conservation et leur transport. Le conditionnement du tapioca se fera en sacs de papier ou de plastique de 25 et 50 kg (Blei *et al.*, 2015).

3.2.2.3. Snacks de manioc

Le marché des produits extrudés ou *snack food* (aliments de grignotage) est florissant au niveau mondial. Les fabricants s'intéressent de plus en plus à des matières premières autres que la pomme de terre. Le manioc est utilisé depuis quelques années pour la fabrication de ces aliments. La technique de fabrication consiste à former une pâte à partir d'amidon ou de farine de manioc en milieu aqueux. La pâte passe ensuite dans un extrudeur où elle est cisaillée sous l'action de la chaleur, elle traverse des tubulures où elle prend la forme souhaitée pour les snacks finaux. Les snacks sont ensuite séchés, parfois frits, et aromatisés. Ils sont ensuite emballés dans des sachets en plastique étanches (Bon. *et al.*, 2018).



Figure 279: Snack de manioc (source : PxHere)

Figure 280: Pellets (source : Agrifeeds)
Figure 281: Snack de manioc (source : PxHere)

Figure 282: Pellets (source : Agrifeeds)

Figure 283: Rouissage de manioc (source: photo Congo 70)
Figure 284: Pellets (source : Agrifeeds)
Figure 285: Snack de manioc

3.3. AUTRES PRODUITS INDUSTRIELS ET PRODUITS POUR LA CONSOMMATION ANIMALE

3.3.1. Autres produits industriels

3.3.1.1. Bioplastique

a) Définition et utilisations

Le bioplastique est un polymère d'origine végétale fabriqué à partir de l'amidon de manioc, pomme de terre, maïs, blé, riz, et ayant une capacité de se biodégrader.

Il est utilisé en sacherie ; dans l'industrie agroalimentaire pour l'emballage alimentaire ; dans l'agriculture pour la fabrication des pots, des films biodégradables utilisés pour les cultures sous-couvertures (Novamont, 2007).

b) Les procédés de transformations

Industriellement, pour obtenir un amidon thermoplastique, des traitements hydro-thermiques et/ou thermomécaniques sont nécessaires. Deux techniques sont majoritairement utilisées pour la mise en forme de l'amidon : l'extrusion et le casting (Boudjema, 2016). La fabrication du bioplastique suit donc deux étapes : l'obtention d'un état déstructuré et la mise en forme (extrusion ou casting).

- Obtention d'un état déstructuré d'amidon

L'amidon sous forme de granules (amidon natif) ne trouve que très peu d'applications dans l'industrie. A l'état natif, il possède une température de fusion supérieure à sa température de dégradation, phénomène lié à la densité des interactions hydrogène intermoléculaires. Il est ainsi nécessaire de transformer l'amidon natif en amidon thermoplastique grâce à des procédés conventionnels de mise en œuvre des matériaux polymères. Cette transformation s'effectue grâce à l'incorporation d'un plastifiant (plastification) et à des traitements hydrothermiques (solubilisation) et/ou thermomécaniques qui vont engendrer la destruction de la structure cristalline de l'amidon (Boudjema, 2016).

La plastification est l'approche utilisée dans les procédés industriels. Elle consiste à insérer un plastifiant entre les chaînes d'un polymère pour induire une diminution de la cristallinité et conférer au matériau un comportement thermoplastique et pour améliorer la plasticité ou la flexibilité des polymères. Le plastifiant choisi pour la préparation des films est le glycérol, dont l'efficacité a été démontrée dans de nombreux travaux (Beleia *et al.*, 2007 ; Texeira *et al.*, 2007 ; Boldizar *et al.*, 2008). De plus, le glycérol n'a aucune propriété toxique. Ainsi, la dose utilisée est 30 % de glycérol par rapport à la masse d'amidon.

- Extrusion

C'est un procédé de transformation continu et très utilisée lors de la transformation et de la mise en œuvre des matériaux en polymères. L'amidon et le plastifiant sont introduits dans un tube chauffé muni d'une vis sans fin (cf. annexe 10). Sous l'action combinée d'une énergie thermique (chauffage) et d'une énergie mécanique (rotation des vis), et grâce à l'ajout d'un plastifiant, l'amidon est progressivement transformé en matière visqueuse et homogène (Boudjema, 2016). Ce dernier est poussé, comprimé puis passe à travers une filière à la sortie de laquelle la mise en forme est faite (Mbey, 2013).

- Casting

C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour former des films minces, l'amidon est chauffé au-delà de sa température de gélatinisation en présence d'un excès d'eau. Cette température dépend de l'origine botanique de l'amidon (Boudjema, 2016). A partir d'un mélange d'amidon et d'eau, la solubilisation s'effectue soit grâce à un réacteur type Brabender sous pression atmosphérique à une température de 90-95°C ou dans un réacteur haute pression sous atmosphère inerte à 120-140°C (Gatenholm *et al.*, 1998). Puis la solution est coulée dans un moule et refroidie. L'épaisseur du film est déterminée par la concentration en polymère et par l'épaisseur initiale de la solution ou du gel qui est généralement ajusté par une barre d'étalement (Mbey, 2013).

3.3.1.2. Bioéthanol

a) Bioéthanol et son utilisation

Le bioéthanol est un alcool éthylique obtenu grâce à des transformations de biomasse : céréales et tubercules. C'est un liquide incolore, volatil, inflammable et miscible à l'eau (Russel, 1987). Le bioéthanol est un sous-produit du métabolisme des levures, et est donc présent dans l'habitat de ces organismes.

L'éthanol est un alcool primaire à deux carbones de formule brute C_2H_6O et de formule semi-développée CH_3CH_2OH ou CH_3-CH_2-OH . L'éthanol est usuellement désigné par l'abréviation « Et-OH », le groupement éthyle (C_2H_5-) étant communément abrégé « Et » en chimie organique.

Il est employé couramment comme combustible, dissolvant, désinfectant dans l'industrie chimique et pharmaceutique. C'est aussi une source d'éclairage et un carburant pour moteur (Rakotondravao, 2014).

b) Processus de fabrication de bioéthanol

- Hydrolyse enzymatique

L'hydrolyse enzymatique est une réaction catalysée par des enzymes de la classe des hydrolases, produites par des céréales germées (paddy/orge) (Kunlan, 2001). Ces enzymes dégradent l'amidon, détruisant ses chaînes complexes en monomères simples.

Contrairement à l'hydrolyse acide, l'hydrolyse enzymatique est spécifique. Les enzymes, appelées amylases (Beta (β)-amylase, Alpha (α)-amylase, Glucoamylase) attaquent donc spécifiquement certaines liaisons d'une molécule (Badger, 2002).

A la fin des hydrolyses, le dosage des sucres réducteurs est indispensable pour déterminer l'efficacité des hydrolyses.

- Fermentation

La fermentation est une étape clé pour l'obtention du bioéthanol grâce à la levure *Saccharomyces cerevisiae* qui transforme les sucres fermentescibles dans le moût.

L'opération consiste en une fermentation en milieu anaérobiose à pH 4,5 ; les L.S.A (levure sèche active) *Saccharomyces cerevisiae* consomment les sucres réducteurs dans le moût pour former à la fin de la réaction de l'éthanol ainsi que du dioxyde de carbone gazeux, s'échappant de la solution sous forme de bulles (Demeyer, 1981). La fermentation est terminée quand le taux de sucre réducteur est constant.

- Distillation

La distillation permet de séparer le bioéthanol de l'eau grâce à sa capacité à s'évaporer à une certaine température. Le procédé repose sur la différence de volatilité (capacité à s'évaporer selon la température) entre les constituants du moût afin de les séparer ; le composé plus volatil (éthanol) s'évaporera plus facilement et composera la majeure partie des vapeurs. Par condensation un liquide appelé distillat peut être récupéré avec une concentration élevée du composé le plus volatil (Marillers *et al.* 1951).

3.3.2. Produits de la consommation animale

3.3.2.1. Epluchures

Les épluchures de manioc, peuvent également être distribuées aux animaux. Leur valeur alimentaire est assez proche des tubercules. Les recommandations relatives à leur incorporation dans les rations sont donc presque identiques à celles exposées pour les tubercules. On note toutefois que les épluchures sont généralement plus riches en protéines, en fibres et en facteurs antinutritionnels et toxiques que les tubercules entiers. Il faut également surveiller la contamination des épluchures avec de la terre qui, lorsqu'elle survient, a pour effet de baisser leur valeur alimentaire et leur palatabilité (André et Jérôme, 2004).

3.3.2.2. Déchets de féculerie

A côté des épluchures, le traitement industriel du manioc fournit d'autres sous-produits valorisables en alimentation animale. On trouve ainsi les drêches dont les caractéristiques nutritionnelles sont proches des tubercules de manioc. Cependant, leur teneur en cellulose brute est relativement importante (12 à 15 % de la MS). Leur faible teneur en matière

sèche (moins de 10 % du produit) rend leur conservation difficile. Enfin, les résidus de fabrication de tapioca (fécule de manioc cuite) sont des sous-produits de féculerie très riches en glucides fermentescibles et très pauvres en fibres, en protéines et en minéraux. Ils peuvent entrer dans la composition des rations des animaux d'élevage en tant que compléments hautement énergétiques. Leur valeur fourragère est en effet supérieure à 0,90 UF par kg de MS (Rivière, 1991). Chez les ruminants, leur incorporation dans les rations doit être limitée pour éviter tout risque d'acidose (André et Jérôme, 2004).

3.3.2.3. Cossette de manioc et pellets

La fabrication de cossette est la même que celle citée auparavant (cf. paragraphe 1).

Ainsi, la fabrication des pellets consiste à broyer les cossettes séchées puis à les extruder en présence de vapeur. Le produit issu de la filière d'extrusion est refroidi puis coupé en pellets de 15 à 20 mm de longueur (Boni *et al.*, 2018).



Figure 308: Pellets (source : Agrifeeds)

Ses ut

Les cossettes de

avec profit les haFigure 309: Rouissage de manioc

pour les porcins, (source: photo Congo 70)Figure 310:

40, 30 et 40 %₁ Pellets (source : Agrifeeds)

animaux. Les co

résultats (FAO, 1

Figure 311: Rouissage de manioc
(source: photo Congo 70)

Ainsi, la cossett

notamment chez

fournisseur d'en

rendements de 1

(Ratsimbazafy, 2

(Smith, 1980).

En outre, la subs

Figure 313: Tamis de taille standard à un taux de 30% (source : alibaba.com)Figure 314 :

effets négatifs si *Hedychium flavescens* (source :

rapide et est très

Figure 312 : *Hedychium flavescens*
(source : mauriscianismes.wordpress.com)

de protéines, peuvent remplacer le maïs en particulier, aussi bien (Boni *et al.*, 2018) à hauteur de 15 % sur les performances des porcins. Ces résultats donnent d'excellents

en alimentation des ruminants. Il a été montré que c'est un excellent complément pour les ruminants. Ses résultats sont satisfaisants sur les performances des ruminants. Il a été montré que les gains de poids vifs sont élevés sans déprécier la qualité de lait.

Il a été distribué aux porcs engrangés et a donné de bons résultats sans observer des effets négatifs. Il permet un engrangement à long terme, il permet un engrangement à long terme.

Figure 315: Rouissage de manioc (source: photo Congo 70)Figure 316: Pellets (source : Agrifeeds)

4. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

4.1. DISCUSSIONS

4.1.1. Contribution des produits dérivés de manioc à la sécurité alimentaire

A Madagascar, les produits dérivés du manioc comme la farine n'occupent pas encore une place dans la vie quotidienne des consommateurs. Certains ne connaissent même pas l'existence de ces produits et leurs importances. Or, par rapport à la farine de blé et de soja, la farine de manioc de haute qualité a une particularité non négligeable. Et d'après Djilemo (2007), la farine de manioc possède un potentiel non exploité jusqu'à ce jour ; ses atouts étant les suivants : bonne qualité, sans odeur, de couleur blanc pur, avec une granulométrie proche de celle du blé, parfaitement homogène, bonne teneur en eau, substituable à la farine de blé dans près de 90% de ses utilisations, bonne conservation pendant près de 6 mois dans les conditions appropriées.

Le tableau suivant synthétise les valeurs nutritionnelles contenues dans les tubercules de manioc épluchés, *bononoka*, FMHQ citées dans la deuxième partie de cette étude :

Tableau 5 : Apport calorifique pour 100g de tubercule de manioc épluchée, *bononoka*, farine de manioc de haute qualité (Andriamady, 2005 ; Boni *et al.*, 2018 ; FAO, 2008 ; Favier, 1977)

Produits	Kcal/100g	Protéines (%)	Matières grasses (%)	Glucides (%)
Tubercules de manioc épluché	159	1	0,3	35
<i>Bononoka</i>	394,1	1,73	0,31	98
Farine de manioc de haute qualité	349	2,97	0,31	83,07

Ainsi, les produits de manioc transformés ont une valeur énergétique élevée par rapport au tubercule de manioc frais. Comme, 100g de *bononoka* apporte 391,4 kcal alors que 100g de tubercules de manioc épluché apporte seulement 159 kcal.

En plus, les produits transformés ont une durée de conservation plus longue que les tubercules de manioc frais. Le gari par exemple a une durée de conservation d'une année (James *et al.* 2013), le FMQH de 6 mois (CTA, 2008). Vu cette durée de conservation, le produit issu de manioc est donc disponible pendant toute l'année. Il peut assurer l'alimentation d'une population durant cette période. Ainsi, le manioc pourrait contribuer à la sécurité alimentaire de la population.

4.1.2. Atouts de la filière manioc

A Madagascar, le climat est favorable pour la culture de manioc, sa culture se rencontre dans presque toutes les régions de l'île avec un faible coût de production (Randrianantoanina, 2012). Le manioc a aussi une grande potentialité en superficies cultivables surtout en Moyen Ouest, Sud-Ouest et Hauts Plateaux (Rakotondravao, 2014).

Et à partir des tubercules de manioc, de multiples valorisations peuvent être comme le *bononoka*, la farine de manioc, le gari, le tapioca, le bioéthanol, le bioplastique (Dabat et Ranaivoson, 2001). L'existence d'un centre de recherche comme FOFIFA constitue un atout particulier pour la filière car il peut produire des plants plus productifs et il travaille aussi en coopération avec des institutions de recherche internationales (Rakotondravao, 2014). En plus, le manioc est le deuxième aliment de base dans le pays donc il est très apprécié par la majorité des populations et contribue aussi à la sécurisation alimentaire en période de soudure ou de crise surtout pour le Sud de Madagascar (Dostie, 1999). L'existence d'organisations motivées pour la relance de la filière comme le CARE Madagascar constitue aussi atout pour cette filière (MAEP, 2010).

4.1.3. Contraintes pour la filière manioc

Certes, les produits ne sont pas écoulés en totalité sur le marché à cause des mauvaises infrastructures routières et l'enclavement des zones de production et aussi le cout de transport élevé, le manque d'information sur le marché (local et extérieur) surtout pour les paysans (Rakotondravao, 2014). L'absence d'organisation des producteurs est aussi un blocage empêchant la promotion et la protection de la filière (MAEP, 2010). En outre, les préjugements sur le manioc et ses apports nutritionnels persistent encore, le manioc est considéré comme un aliment des pauvres et les produits dérivés du manioc restent encore méconnus par le grand public comme la farine de manioc, les farines, amidon pour pâtisserie, biscuiterie, charcuterie, édulcorant confiserie, assaisonnement (Randrianantoanina, 2012). Les rendements à l'hectare sont encore faibles, de l'ordre de 7 t/ha alors qu'il est possible d'obtenir 12 t/ha ou plus. La technique traditionnelle domine encore et l'extension des superficies cultivées sont difficiles pour des raisons foncières. La faible maîtrise des techniques de stockage est aussi un problème majeur car les tubercules de manioc sont des produits facilement périssables et en plus le développement des modes de transformation artisanale est encore faible d'où perte après récolte considérable (Rakotondravao, 2014).

Même s'il y a des industries de transformations à Madagascar les matériels de transformation pour les féculeries restantes sont tous vétustes d'où la diminution de la production. Et l'absence d'une norme nationale sur les matières premières et produits transformés mis sur le marché, handicape le recours au manioc par les industries locales donc recours à des importations assez conséquentes en produits à base de manioc pouvant être fournis sur place (MAEP, 2010).

4.1.4. Opportunités à venir pour cette filière

La filière manioc bénéficie d'un marché potentiel surtout l'exportation dans les îles voisines. Le développement du secteur d'élevage favorise aussi le développement des provenderies comme l'Avitech et l'Agrifarm, d'où la nécessité des quantités importantes

de manioc pour fabriquées des provendes. A part cela, la demande locale en produits de consommation et industriels n'est pas encore satisfaite par la production actuelle (MAEP, 2010), une grande voie s'ouvre alors pour des autres producteurs qui veulent s'investir. Vu l'intensification des déforestations d'aujourd'hui, le bioéthanol est une autre solution alternative qui permet de substituer les charbons de bois et les bois de chauffe. Face à l'extension des déchets plastiques, les bioplastiques peuvent remplacer les emballages plastiques d'origine fossile. Les bioplastiques permettent donc de diminuer la pollution grâce à ses propriétés biodégradables.

4.1.5. Facteurs menaçant la filière manioc

Cette filière est menacée par l'existence des secteurs concurrentiels comme la farine de blé, farine de soja (Randrianantoanina, 2012) qui sont les plus utilisées et les plus connues par la plupart des consommateurs. Comme toute culture, le manioc est aussi attaqué par des ravageurs et maladies comme les mosaïques de manioc et les pourritures de racines entraînant des graves pertes pour les agriculteurs (FAO, 2013). En plus, l'insécurité rurale persiste encore à Madagascar, elle se manifeste par vol sur pied des tubercules maniocs (Randrianantoanina, 2012). L'existence de gros producteur comme Nigéria, Indonésie, Thaïlande, Brésil menace aussi l'exportation de manioc à Madagascar (Boni *et al.*, 2018).

4.2.RECOMMANDATIONS

4.2.1. Rôles du gouvernement

L'Etat malgache tient une grande responsabilité dans le développement de la filière manioc. Ainsi, il devrait améliorer et entretenir les infrastructures routières pour que les produits puissent s'écouler facilement sur le marché et pour accéder dans les zones de production enclavées. Le renforcement des compétences des producteurs concernant le traitement des produits agricoles aussi s'avère nécessaire. La réalisation de formation pour une meilleure conservation des produits auprès des paysans aussi peuvent contribuer aussi à la diminution des pertes post-récoltes. En outre, l'amélioration du système d'information sur les marchés et le développement des compétences des vulgarisateurs peuvent avoir un impact appréciable sur les systèmes de commercialisation de cette filière.

4.2.2. Augmenter la production et améliorer la technique de stockage

Pour avoir une productivité élevée, l'augmentation des parcelles cultivées est prioritaire. Ainsi, il faut faciliter l'obtention des titres fonciers afin d'augmenter la surface cultivée et appuyer la dotation des intrants pour les paysans. L'adoption des itinéraires techniques plus performantes sont nécessaires, c'est-à-dire l'utilisation des variétés à haut rendement, thermothérapie, la désinfection des outils agricoles pour diminuer les risques de contamination par les maladies, l'emploi des fertilisants, la pratique des techniques agrobiologiques. L'identification et l'exploitation d'autres zones pour créer des pôles de

production s'avèrent intéressantes. Il faut aussi adopter des approches alternatives en matière de stockage ainsi qu'en matière de conditionnement. La construction de magasins de stockage est souvent considérée comme un moyen pour maîtriser les surplus de production.

4.2.3. Développer l'utilisation industrielle des tubercules de manioc

Le manioc reste encore une simple culture vivrière secondaire alors qu'il peut devenir un produit industriel ou un produit de rente. Et les produits dérivés du manioc sont encore méconnus par les opérateurs. Pour cela, il faut installer de nouvelles petites et moyennes entreprises ou des grandes unités de transformation et réhabiliter les féculeries restantes. Faciliter aussi l'acquisition de matériels et équipements de transformation et de conditionnement au profit des opérateurs par le biais d'un accès au crédit. Les systèmes de contrôle de qualité des produits doivent être donc appliquées et établies. Pour une meilleure transformation des produits, il faut vulgariser les différents types de valorisation de manioc afin de développer les industries alimentaires, textiles, pharmaceutiques, industries du papier, industries des matières plastiques, industries de production d'alcool.

CONCLUSION

Pour conclure, le manioc étant la deuxième culture vivrière la plus consommée à Madagascar. Il occupe la majorité des superficies cultivables. Mais la production tend à diminuer actuellement. La majeure partie de cette production est utilisé pour l'autoconsommation et pour l'alimentation animale. La transformation n'est pas encore très développée à Madagascar. Le manioc est cultivé principalement sur les versants des collines. La partie Sud de Madagascar étant le principal producteur national de manioc. Le mode de conservation du manioc le plus pratiqué reste le séchage. Certes, les tubercules de manioc contiennent des composés antinutritionnels, les glucosides cyanogénétiques. Après détoxication des tubercules de manioc, ces glycosides cyanogénétiques peuvent être atténuées ou éliminées.

Les produits dérivés des tubercules de manioc constituent une alimentation pour la population. La préparation culinaire du manioc permet d'obtenir des *bononoka*, *ketapotsy*, *katikaty* un plat typique du Sud, *gari* un produit très apprécié en Afrique. Des produits issus des transformations industrielles aussi sont destinés à l'alimentation humaine. La farine de manioc de haute qualité est utilisée dans les boulangeries, les biscuiteries. Le tapioca ou perle de Japon, est un aliment très énergétique fabriqué à partir de l'amidon de manioc. Le snack de manioc est un nouveau produit extrudé, qui n'a pas encore tenu sa place à Madagascar mais très florissant au niveau mondial.

A part les produits alimentaires, le manioc peut être utilisé pour fabriquer des bioplastiques. Le bioplastique est un polymère d'origine végétale biodégradable produite à partir des amidons de manioc plastifiés puis extrudés. Le bioéthanol qui étant un alcool obtenu grâce à la fermentation des mouts de manioc, utilisé en tant que combustible et biocarburant.

En alimentation humaine, les produits dérivés de manioc peuvent contribuer à la sécurité alimentaire par le fait de ses logues durée de conservation. Le bioéthanol est aussi une solution alternative pour substituer les charbons de bois et une source d'énergie complétant les carburants d'origine fossile.

Certes, les produits dérivés de manioc sont encore méconnus par la majorité de la population. Ainsi, quelles actions devrait-on entreprendre pour que ces produits soient réellement vulgarisés à Madagascar ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ACCT, 1981. Le manioc : sa culture et sa transformation, Paris. 64p.
2. Agbor T. E., Brauman A., Griffon D., Treche S., 1995. Transformation alimentaire du manioc/ Cassava food processing. Colloques et séminaires, ORSTOM Editions, Paris. 747p.
3. André B., Jérôme B., 2004. Utilisation des plantes à tubercules ou à racines tubéreuses en alimentation animale. Troupeaux et Cultures des Tropiques Volume 4. 47-50p.
4. Andriamady H. H., 2005. Le *bononoka*. Mémoire de recherche pour l'obtention de diplôme d'études approfondies de biochimie. Université d'Antananarivo. 77p.
5. Anonyme, 1952. Recherche agronomique de Madagascar inspection générale des services agricoles. N°1. Imp. strasbourgeoise Paris 7ème.104p.
6. Asiedu J. J., 1991. La transformation des produits agricoles en zone tropicale : approche technologique. CTA- KARTHALA, Pays-Bas. 335p.
7. Beleia A., Dias V., Grossmann M., Mali S., 2007. Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. Journal of Food Engineering, 78. 941-946p.
8. Bell A., Mück O., Schuler B., 2000. Les richesses du sol : Les plantes à racines et tubercules en Afrique. DES, GTZ, ZEL, Allemagne. 205 p.
9. Bencini M. C., WALSTON J.P. 1991. Post-harvest and processing technologies of African staple foods: a technical compendium. FAO, Rome, Italie. 354 p.
10. Bindelle J., 2004. Utilisation des plantes à tubercules ou à racines tubéreuses en alimentation animale. 8p.
11. Blei S. H., Irié Z. B., Koffi D. M., Niamké S. L., Yao A. K., 2015. Nouvelle technique de transformation de la pulpe de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) sous forme de granules conservables sur une longue période. European Scientific vol.11, No.24. 425p.
12. Boldizar A., Kuthanova V., Rigidahl M., Thunwall M., 2008. Film blowing of thermoplastic starch. Carbohydrate Polymers, 71, 583-590p.
13. Boni N., Nadine Z., Philippe V., 2018. Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 235p.
14. Boudjema H., 2016. Elaboration de matériaux composites biodégradables issus de ressources renouvelables. Thèse Pour l'obtention du diplôme de Doctorat « L.M.D » en Sécurité Industrielle et Environnement. Université d'Oran 2. 125p.
15. Cereda M., Mattos M., 1996. Linamarin - the toxic compound of cassava. 5 p.
16. Ceriighelli R., 1955. Cultures tropicales I plantes vivrières. Edition J-B Baillière et fils. Paris. N°576. 635p.

17. CTA, 2008, Fabrication d'une farine de manioc de haute qualité. 6p.
18. Dabat M., Ranaivoson, 2001. Aperçu des utilisations agro-industrielles du manioc à Madagascar, Analyse de la filière manioc. FOFIFA/EARRNET/ CIRAD, 47p.
19. Dehaynin N., 2007. Utilisation du sorgho en alimentation animale. 109 p.
20. Demeyer, 1981. La conversion bioénergétique du rayonnement solaire et les biotechnologies. 44–46p.
21. Detouc N., Egounlety M., Emmanuel, Gregory A. K., Loueke G. M., Onadipe O., Oti, 2010. Manuel de formation : transformation du manioc en gari et farine panifiable de haute qualité en Afrique de l'ouest. USAID/CORAF/SONGHAÏ. 36p.
22. Djilemo L., 2007. Atelier International du manioc, La farine de manioc non fermentée : l'avenir pour la culture du manioc en Afrique. 2p.
23. Dostie B., Randriamamonjy, Rabenasolo, 1999, La filière manioc : amortisseur oublié des vulnérables, USAID, INSTAT, Cornell University, 29p.
24. Falade K.O. et Akingbala J.O., 2010. Utilization of cassava for food. Food Rev. Int., 27(1), 51-83p.
25. FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. Rome, Italy : FAO.
26. FAO, 2008, FAOSTAT Production data base: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
27. FAO, 2013. Produire plus avec moins : Le manioc, Guide pour une intensification durable de la production. Rome. 129p.
28. FAO/OMS, 2007. Codex Alimentarius : céréales, légumineuses et matières protéiques végétales. Première édition, Rome. 106 p.
29. Favier J., 1977. Valeur alimentaire des deux aliments de bases en Afrique : le manioc et le sorgho. 118p.
30. Gatenholm P., Hermansson A., Rindlav-Westling A., Stading M., 1998. Structure, mechanical and barrier properties of amylase and amylopectin films. Carbohydrate Polymers. 36(2-3): 217-224p.
31. Grace, 1973, Traitement du manioc, Bulletin des services agricoles, FAO, Rome, 132 p.
32. Hounhouigan J., Nout R., Van Boekel T., 2003. Les aliments, transformation, conservation et qualité. Col backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
33. Ibrahima H. et Rakotonirainy M., 2016, « Mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire à Madagascar ». FAO/PAM. 19-29p.
34. James B., Okechukwu R., Abass A., Fannah S., Maziya-Dixon B., Sanni L., Osei-Sarfoh A., Fomba S., Lukombo S. 2013. Production du gari à partir du manioc :

- Guide illustré à l'intention des transformateurs de manioc à petite échelle. Institut international d'agriculture tropicale (IITA) : Ibadan, Nigeria, 24 p.
35. Kouakou J., Nanga N. S., Ognakossan K. E., Pali A. M., Plagne-Ismail C., 2015. Production et transformation du manioc. Pro-Agro. CTA. 39p.
36. Kunlan L, 2001. Salt associated acid hydrolysis of starch to D-glucose under microwave irradiation. *Carbohyd Res*, 331. 9–12p.
37. Lefevre T., Navard P., 2011. Les bioplastiques : une solution pour les entreprises. Agrion, Paris. 9p.
38. Luzembo M. F., 2012. Analyse de la qualité par le système HACCP des cossettes de manioc produites à Kisantu au sein de la fondation LZB. Mémoire en sciences agronomiques. Université pédagogique nationale. 30p.
39. MAEP, 2010. Document de politique pour la promotion de la filière manioc à Madagascar. 30p.
40. Marillers, 1951. Distillerie agricole et industrielle. 89–102p.
41. Mbey J. A., 2013. Films composites amidon de manioc-kaolinite : Influence de la dispersion de l'argile et des interactions argile-amidon sur les propriétés des films. Thèse pour l'obtention de titre de docteur en Géosciences. Université de Lorraine. 138p.
42. Ministère de la coopération et du développement, 1991. Mémento de l'agronome. 4ème édition, Techniques rurales en Afrique. France. 1635p.
43. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et la Pêche, 2004. Filière manioc. 8p.
44. Okezie B.O. & Kosikowski F.V., 1982. Cassava as a food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 17, 259-275p.
45. Onwueme, I.C. (1978): The Tropical Tuber Crops. Chichester, United Kingdom, 234p.
46. Rajaonarivony, 1995. Consommation et préparations culinaires du manioc à Madagascar. CNRE Madagascar, Edition ORSTOM, Transformation alimentaire du manioc. 103-105p.
47. Rakotondravao H. M., 2014. Valorisation du manioc pour la fabrication de bioéthanol. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Licence en Génie de Procédés Chimiques et Industriels. ESPA. Université d'Antananarivo. 81p.
48. Rakotovelo N., 2004. Essai d'amélioration de la technique artisanale de fabrication du *bononoka*. CITE/FOFIFA. 2p.
49. Randrianantoanina R. B. A., 2012. Promotion de la filière manioc dans la contribution à la sécurisation alimentaire et à l'atténuation de la pauvreté dans la région d'Analamanga. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études

- supérieures spécialisées option entreprise, coopératives et association. Université d'Antananarivo. 64p.
50. Randrianarison R., 2011. Farine de manioc de haute qualité et son incorporation dans les beignets traditionnels malagasy. Mémoire de fin d'études. ESSA. 25-27p.
51. Randrianatoandro V. A., 2004. Etude de la valeur nutritionnelle des quatre variétés de manioc et d'une variété de maïs et leur utilisation dans l'alimentation infantile. Mémoire de diplôme d'études approfondies de biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition. Université d'Antananarivo. 67p.
52. Ratsimbazafy Z., 2013. Effet de l'utilisation de taux élevé de manioc (*Manihot utilissima*) dans la ration des poulets de chair cas de souche hubbard classic. Mémoire de fin d'étude. ESSA. Université d'Antananarivo. 83p.
53. Razafindrafara E., 2010. Projet de valorisation de manioc en vue de la production de la farine de qualité à Toamasina, Région Atsinanana. Mémoire de maîtrise en Sciences de gestion. Université de Toamasina. 89p.
54. Riviere R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France : la Documentation française. 529p.
55. Russel, 1987. Gelatinization of starches of different amylose/ amylopectin content. A study by differential scanning calorimetry. Journal of Cereal Science. 6 ; 133–145p.
56. Smith O., 1980. A review of ruminant responses to cassava-based diets. 15 p.
57. Teixeira E., Da Róz A., Carvalho A., Curvelo A., 2007. The effect of glycerol/sugar/water and sugar/water mixtures on the plasticization of thermoplastic cassava starch. Carbohydrate Polymers, 69, 619-624p.
58. Wattiez S., 2012. La contractualisation comme moyen d'aider les petits producteurs à améliorer le prix de vente de leurs produits au sein des filières maïs et manioc. Programme de soutien aux pôles de microentreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER). 24p.

WEBOGRAPHIE

59. Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D. and Johnston, P., 2006. Plastic Debris in the World's Oceans. In Greenpeace. Site de Greenpeace, [En ligne]. http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet2/report/2007/8/plastic_ocean_report.pdf.
60. Badger P., 2002. Ethanol from Cellulose: A General Review. [Online]: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/pdf/badger.pdf>; 1–3p.

61. CODEX STAN, 1991. Volume 1 du Codex Alimentarius : Norme régionale africaine pour la farine comestible de manioc, http://www.codexalimentarius.net/standard_list_fr.asp
62. Environnement Canada, 2010. Pétrole. In Environnement Canada. Site d'Environnement Canada, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/energieenergy/default.asp?lang=fr&n=804660DC-1>
63. Markal, 2011. www.markal.fr
64. Novamont, 2007. Les bioplastiques : Matériaux biodégradables et applications industrielles. www.nomamont.com

ANNEXES

Annexe 1 : Rouissage de manioc



Figure 347: Rouissage de manioc (source: photo Congo 70)

Figure 348 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)

Figure 349: Tamis de taille standard (source : alibaba.com)Figure 350 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)Figure 351: Rouissage de manioc (source: photo Congo 70)

Figure 352 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)

Figure 353: Tamis de taille standard (source : alibaba.com)Figure 354 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)

Figure 355: Tamis de taille standard (source : alibaba.com)Figure 356 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)

Figure 357: Tamis de taille standard (source : alibaba.com)Figure 358 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)Figure 359: Rouissage de manioc (source: photo Congo 70)

Figure 360 : *Hedychium flavescens* (source : mauriscianismes.wordpress.com)

Annexe 4 : Broyeuse des tubercules de manioc



Figure 468: Broyeuse des tubercules (source : alibaba)



Figure 472: Broyeuse des tubercules de manioc (source : Constructionsalternatives) Figure 473: Séchage de cossette de manioc (source : Constructionsalternatives) Figure 474: Broyeuse des tubercules de manioc (source : Constructionsalternatives)



Figure 522: Râpe à manioc (source : Coup de cœur pour le Benin) pour le

Annexe 7 : Presse hydraulique de manioc



Figure 549: Presse hydraulique de manioc
(source : www.mediatorre.org)

Annexe 8 :

don de manioc

Figure 550: Machine d'extraction d'amidon
(source : Flottweg)Figure 551: Presse
hydraulique de manioc (source :
www.mediatorre.org)



Figure 552: Machine d'extraction d'amidon
(source : Flottweg)

Figure 57
MacL

Figure 553: Flash drying (source:
alibaba.com)Figure 554: Machine d'extraction
d'amidon (source : Flottweg)Figure 555: Presse
hydraulique de manioc (source :
www.mediatorre.org)

Figure 579

Figure 556: Machine d'extraction d'amidon
(source : Flottweg)Figure 557: Presse
hydraulique de manioc (source :
www.mediatorre.org)

I
Res
alibaba.

Figure 558: Machine d'extraction d'amidon
(source : Flottweg)

Figure 559: Flash drying (source:
alibaba.com)Figure 560: Machine d'extraction
d'amidon (source : Flottweg)

Figure 585Figure 561: Flash drying (source: alibaba.com)

Annexe 10 : Machine d'extrusion

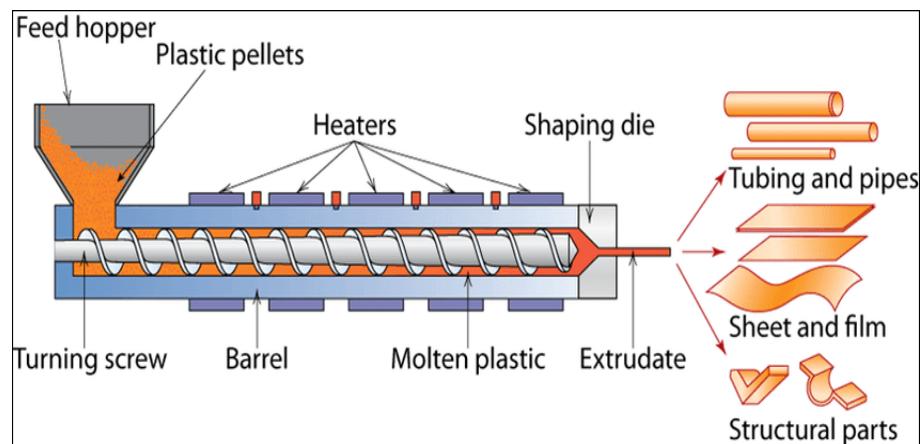


Figure 616: Machine d'extrusion (source : ResearchGate)

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
RESUME	ii
ABSTRACT.....	iii
FAMINTINANA.....	iv
SOMMAIRE.....	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	viii
LISTE DES ACRONYMES	ix
LISTE DES ANNEXES	x
1. INTRODUCTION	1
2. METHODOLOGIE	3
2.1. Collecte d'informations	3
2.2. Analyse et rédaction des données	3
3. RESULTATS	4
3.1. GENERALITES SUR LE MANIOC A MADAGASCAR	4
3.1.1. La production de manioc.....	4
3.1.1.1. Les différentes variétés de manioc cultivées à Madagascar	4
3.1.1.2. Production nationale de manioc.....	5
3.1.2. Utilisations du manioc	6
3.1.2.1. Valeurs nutritionnelles du manioc	6
3.1.2.2. Mode de stockage des tubercules de manioc.....	7
3.1.2.3. Toxicité et détoxication du manioc	7
a) Toxicité du manioc	7
b) Détoxication du manioc	8
3.1.2.4. Différents types de transformations du manioc	9
3.2. PRODUITS POUR LA CONSOMMATION HUMAINE	10
3.2.1. Produits alimentaires à fabrication artisanale.....	10
3.2.1.1. Racines cuites à l'eau ou à la vapeur et racine rôtie	10

3.2.1.2.	Bononoka.....	10
a)	Définition et son utilisation.....	10
b)	Etape de préparation de <i>bononoka</i>	10
c)	Composition chimique du <i>bononoka</i>	11
3.2.1.3.	<i>Ketapotsy</i>	11
3.2.1.4.	Katikaty	12
3.2.1.5.	Gari.....	12
a)	Gari et son utilisation.....	12
b)	Etape de préparation de gari.....	12
3.2.1.6.	Cossettes de manioc	13
3.2.2.	Produits alimentaires à fabrication industriellement	14
3.2.2.1.	Farine de manioc de haute qualité (FMQH).....	14
a)	FMQH et son utilisation.....	14
b)	Etapes de fabrication de farine de manioc de haute qualité	15
c)	Valeurs nutritionnelles de farine de manioc de haute qualité	16
3.2.2.2.	Fabrication de tapioca à partir d'amidon de manioc	17
a)	Tapioca et son utilisation	17
b)	Etape de préparation de tapioca.....	17
3.2.2.3.	Snacks de manioc.....	18
3.3.	AUTRES PRODUITS INDUSTRIELS ET PRODUITS POUR LA CONSOMMATION ANIMALE	19
3.3.1.	Autres produits industriels	19
3.3.1.1.	Bioplastique	19
a)	Définition et utilisations.....	19
b)	Les procédés de transformations	19
3.3.1.2.	Bioéthanol.....	20
a)	Bioéthanol et son utilisation	20
b)	Processus de fabrication de bioéthanol.....	20
3.3.2.	Produits de la consommation animale	21
3.3.2.1.	Epluchures	21

3.3.2.2.	Déchets de féculerie	21
3.3.2.3.	Cossette de manioc et pellets.....	22
	Ses utilisations :	22
4.	DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	23
4.1.	DISCUSSIONS	23
4.1.1.	Contribution des produits dérivés de manioc à la sécurité alimentaire	23
4.1.2.	Atouts de la filière manioc	23
4.1.3.	Contraintes pour la filière manioc	24
4.1.4.	Opportunités à venir pour cette filière	24
4.1.5.	Facteurs menaçant la filière manioc	25
4.2.	RECOMMANDATIONS.....	25
4.2.1.	Rôles du gouvernement.....	25
4.2.2.	Augmenter la production et améliorer la technique de stockage	25
4.2.3.	Développer l'utilisation industrielle des tubercules de manioc	26
	CONCLUSION	27
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	28
	ANNEXES	33