



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Département Industries Agricoles et Alimentaires



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur Agronome
Option Industries Agricoles et Alimentaires**

**UTILISATION DES FEUILLES DE MORINGA OLEIFERA POUR
L'AMELIORATION DE LA QUALITE NUTRITIONNELLE DE
NECTARS DE FRUITS ET DE CHIPS DE POMMES DE TERRE**



**Présenté par : Tojo Ivan ANDRIANIRINA
Promotion : AVANA (2007-2012)**

Membres de jury :

- **Président** : Pr Béatrice RAONIZAFINIMANANA
- **Encadreur professionnel** : Mlle Felamboahangy RASOARAHONA
- **Examineur interne** : Dr Jean Baptiste RAMAROSON
- **Encadreur pédagogique** : Pr Jean RASOARAHONA

Date de soutenance : 30 Août 2012

* REMERCIEMENTS *

Aucun travail ne se réalise dans la solitude. Aussi, Nous avons trouvé normal de remercier au début ceux et celles qui ont aidé et concouru à l'accomplissement de la recherche et à la rédaction du présent mémoire.

Nous voudrions, en premier lieu, témoigner nos vifs et sincères remerciements à DIEU, notre Créateur incontestable, pour sa miséricorde, son secours, ses bénédictions et grâces dans la réalisation de ce modeste travail.

Que soient remerciés sincèrement tous les membres du jury aux personnes de :

- Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Chef du département des Industries Agricoles et Alimentaires et Enseignant Chercheur à l'ESSA, qui malgré ses nombreuses obligations, nous a fait l'insigne honneur de présider la soutenance ;
- Mademoiselle Felamboahangy RASOARAHONA, Ingénieur de recherche, membre du comité scientifique de la société HOMEOPHARMA, et encadreur professionnel, pour sa sympathie, sa disponibilité, ses idées et conseils, ainsi que pour son aide précieuse dans la réalisation de ce travail ;
- Docteur Jean Baptiste RAMAROSON, d'avoir accepté d'être l'examineur de ce travail ;
- Professeur Jean RASOARAHONA, directeur de l'ESSA, et encadreur pédagogique, qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions aussi toutes les responsables de la société HOMEOPHARMA, sans lesquels le stage n'aurait jamais été réalisé dont :

- Docteur Jean-Claude RATSIMIVONY, Président Directeur Général de la société, qui nous a accueillis dans son institution ;
- Tout le personnel, et surtout les responsables et les techniciens du laboratoire de recherches qui ont bien voulu partager leurs savoirs avec une grande gentillesse.

Il ne faut pas oublier :

- Tout le personnel de laboratoire du département IAA/ESSA qui a bien voulu m'aider sans hésitation lors des manipulations au laboratoire ;
- Tous les enseignants du département IAA pour les formations qu'ils ont dispensées ;
- La promotion AVANA en particulier les élèves du département IAA ;
- Tous ceux qui ont bien voulu consacrer leurs temps libres pour réaliser des analyses sensorielles et répondre aux questionnaires mises en ligne.
- Ma famille, et surtout ma mère pour son soutien moral, ses encouragements et sa patience durant les étapes difficiles de ce travail.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce mémoire.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	i
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES PARTIES EXPERIMENTALES	vii
LISTE DES ANNEXES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES	viii
INTRODUCTION	1
PARTIE I : ETUDE DE FILIERES	2
I.1. Présentation du projet	2
I.1.1. Contexte et problématique	2
I.1.2. But et objectifs	2
I.1.3. Société pilote HOMEOPHARMA	3
I.2. Généralités sur <i>Moringa oleifera</i>	3
I.2.1. Présentation de la plante	3
I.2.2. Biologie de la plante	6
I.2.3. Culture de la plante	13
I.2.4. Importances de la plante	17
I.3. Généralités sur les nectars de fruits et les chips de pommes de terre	24
I.3.1. Nectars de fruits	24
I.3.2. Chips de pommes de terre	25
I.4. Conclusion partielle	26
PARTIE II : CONCEPTION DU NECTAR DE FRUITS ET DES CHIPS DE POMMES DE TERRE ENRICHIS EN MORINGA	27
II.1. Conception du nectar de fruits au Moringa	27
II.1.1. Mise au point	27
II.1.2. Test de vieillissement	37
II.1.3. Analyse sensorielle du nectar de tamarin au Moringa	39
II.1.4. Caractéristiques physico-chimiques du nectar de tamarin au Moringa	42
II.1.5. Caractéristiques microbiologiques du nectar de tamarin au Moringa	43
II.1.6. Apport nutritionnel du nectar	43
II.2. Conception des chips de pommes de terre au Moringa	44
II.2.1. Mise au point	44
II.2.2. Analyse sensorielle des chips au Moringa	53

II.2.3.	Caractéristiques physico-chimiques des chips au Moringa	56
II.2.4.	Caractéristiques microbiologiques des chips.....	57
II.2.5.	Test de stabilité à température ambiante	57
II.2.6.	Apport nutritionnel des chips au Moringa.....	58
II.3.	Recommandations pour optimiser la production des produits	58
II.4.	Conclusion partielle.....	58
PARTIE III : INGENIERIE ET EVALUATION ECONOMIQUE		60
III.1.	Etude de marché	60
III.1.1.	Analyse de la concurrence.....	60
III.1.2.	Analyse de la demande.....	61
III.1.3.	Politique marketing	61
III.2.	Etude économique	66
III.2.1.	Implantation d'une sous-unité dans l'usine de production.....	66
III.2.2.	Etude sommaire de production.....	67
III.2.3.	Frais généraux	69
III.2.4.	Evaluation financière du projet.....	74
III.2.5.	Etude de rentabilité du projet	76
III.3.	Conclusion partielle.....	78
CONCLUSION GENERALE		79
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		80
PARTIES EXPERIMENTALES.....		84
ANNEXES		91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques physiques des gousses et des graines de <i>Moringa oleifera</i>	9
Tableau II : Exigences environnementales du Moringa	13
Tableau III : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 grammes de feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	18
Tableau IV : Pourcentages par rapport aux AJR apportées par 10 g de poudres de Moringa	19
Tableau V : Teneur minimale en jus et/ou purée de quelques fruits des nectars	25
Tableau VI : Résultat de tamisage de la poudre de Moringa.....	28
Tableau VII : Analyse préliminaire des nectars de fruits après ajout de poudre de Moringa	28
Tableau VIII : Différentes formulations réalisées pour la conception du nectar de tamarin au Moringa	35
Tableau IX : Résultats du test de stabilité des nectars à différentes doses de conservateurs	36
Tableau X : Résultats du test de vieillissement des nectars de tamarin au Moringa à deux doses de conservateur.....	38
Tableau XI : Matériels et méthodes pour les analyses sensorielles du nectars au Moringa	40
Tableau XII : Résultats statistiques pour l'analyse sensorielle hédonique du nectar.....	40
Tableau XIII : Résultats des analyses physico-chimiques du nectar de tamarin au Moringa	42
Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques du nectar de tamarin au Moringa	43
Tableau XV : Composition chimique des tubercules de pommes de terre	45
Tableau XVI : Différentes formulations réalisées pour la conception des chips de pommes de terre au Moringa	52
Tableau XVII : Résultats des calculs de rendement des pertes pour la fabrication de chips au Moringa	53
Tableau XVIII : Résultat de l'épreuve hédonique des chips au Moringa par un test de Fisher (LSD) par analyse de différences entre les groupes	54
Tableau XIX : Résultats de classement et regroupement des groupes non significativement différents.....	54
Tableau XX : Résultats des analyses physico-chimiques des chips au Moringa C3.....	56
Tableau XXI : Résultats des analyses microbiologiques des chips au Moringa C3.....	57
Tableau XXII : Quelque prix de nectars de fruits et de chips sur le marché	65
Tableau XXIII : Objectifs de vente de la sous-unité	67
Tableau XXIV : Prix de revient sommaire pour 250 ml de nectar au Moringa	68
Tableau XXV : Prix de revient sommaire pour 50 g de chips au Moringa	68
Tableau XXVI : Recettes prévisionnelles de la sous-unité	69
Tableau XXVII : Frais d'aménagement	69
Tableau XXVIII : Coûts des matériels de production	71
Tableau XXIX : Coûts des fournitures de bureau	71
Tableau XXX : Coûts de consommables.....	72
Tableau XXXI : Coût des charges énergétiques et de maintenance.....	73
Tableau XXXII : Coût de rémunération du personnel	73
Tableau XXXIII : Coûts de distribution et de promotion.....	74
Tableau XXXIV : Besoin en immobilisation de la sous-unité	74
Tableau XXXV : Charges totales de production	75
Tableau XXXVI : Charges décaissées	75
Tableau XXXVII : Cash flow.....	76

Tableau XXXVIII : Comparaison de la composition nutritionnelle des feuilles de Moringa fraîches avec d'autres aliments de référence	91
Tableau XXXIX : Apport de 25g de poudre de feuilles pour un enfant de trois ans	91
Tableau XL : Apport de 50g de poudre de feuilles pour une femme en période de grossesse ou d'allaitement	91
Tableau XLI : Utilisation du Moringa dans la médecine traditionnelle	93
Tableau XLII : Composition nutritionnelle de 100 g de pulpe de tamarin	94
Tableau XLIII : Composition en glucides des tubercules de pommes de terre	94

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution des espèces de Moringa	5
Figure 2 : <i>Moringa drouhardii</i>	5
Figure 3 : <i>Moringa hildebrandtii</i>	6
Figure 4 : Aspect d'un arbre de <i>Moringa oleifera</i> adulte	6
Figure 5 : Feuilles de Moringa	7
Figure 6 : Inflorescence et fruit	8
Figure 7 : Schéma d'une fleur de Moringa	8
Figure 8 : Gousse fraîche de Moringa	8
Figure 9 : Gousse sèche de Moringa	8
Figure 10 : Graine de <i>Moringa oleifera</i>	9
Figure 11 : Amande de graine	9
Figure 12 : Comparaison de la croissance en hauteur des semis des différents écotypes de <i>Moringa oleifera</i>	10
Figure 13 : Attaque de chenille sur feuilles de Moringa	15
Figure 14 : Attaque fongique sur feuilles de Moringa	16
Figure 15 : Evolution du traitement d'eaux sales par utilisation de graines de Moringa	21
Figure 16 : Poudre de feuilles de Moringa	24
Figure 17 : Poudre de Moringa tamisée	28
Figure 18 : Fruits de tamarin	29
Figure 19 : Sorbate de potassium	30
Figure 20 : Diagramme de fabrication de nectar de tamarin au Moringa.....	31
Figure 21 : Aspect du nectar de tamarin au Moringa	33
Figure 22 : Représentation graphique des différentes appréciations du nectar de tamarin au Moringa	40
Figure 23 : Tubercules de pommes de terre	44
Figure 24 : Fécule de manioc	45
Figure 25 : Diagramme de fabrication de chips de pommes de terre au Moringa.....	47
Figure 26 : Pate ferme et modelable.....	48
Figure 27 : Mise en forme de la pate.....	48
Figure 28 : Boudin de pate mature	48
Figure 29 : Lamelles de chips séchées	49
Figure 30 : Lamelles de chips frites	49
Figure 31: Représentation graphique des différentes appréciations des chips de pommes de terre au Moringa	55
Figure 32 : Représentation graphique du profil sensoriel des chips de pommes de terre au Moringa ..	55
Figure 33 : Etiquette du nectar de tamarin au Moringa.....	64
Figure 34 : Etiquettes des chips de pommes de terre au Moringa.....	64
Figure 35 : Nectar de tamarin au Moringa conditionné	64
Figure 36 : Chips de pommes de terre au Moringa conditionnées	64
Figure 37 : Plan de masse de la sous-unité de production.....	66
Figure 38 : Structures des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa	92
Figure 39 : Organigramme de la société HOMEOPHARMA	112
Figure 40 : Râpe ménagère	113
Figure 41 : Balance électrique.....	113
Figure 42 : Plaque chauffante.....	113

Figure 43 : Marmite	113
Figure 44 : Etuve de séchage	113
Figure 45 : Récipient de contenance	113
Figure 46 : Thermomètre	113

LISTE DES PARTIES EXPERIMENTALES

Partie expérimentale I : Mesure de pH.....	84
Partie expérimentale II : Détermination de la teneur en eau	84
Partie expérimentale III : Détermination de l'acidité.....	84
Partie expérimentale IV : Détermination de la teneur en Sucre réducteurs.....	85
Partie expérimentale V : Détermination de la teneur en Saccharose.....	85
Partie expérimentale VI : Dosage des protéines.....	86
Partie expérimentale VII : Détermination de la teneur en matières grasses	88
Partie expérimentale VIII : Densimétrie.....	89

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Comparaison de la composition nutritionnelle des feuilles de Moringa fraîches avec d'autres aliments de référence.....	91
Annexe 2 : Apport de 25g de poudre de feuilles pour un enfant de trois ans.....	91
Annexe 3 : Apport de 50g de poudre de feuilles pour une femme en période de grossesse ou d'allaitement.....	91
Annexe 4 : Liste des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa.....	92
Annexe 5 : Structures des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa	92
Annexe 6 : Utilisation du Moringa dans la médecine traditionnelle	93
Annexe 7 : Composition nutritionnelle de 100 g de pulpe de tamarin.....	94
Annexe 8 : Composition en glucides des tubercules de pommes de terre.....	94
Annexe 9 : Formulaire d'enquête en ligne sur la consommation des produits alimentaires enrichis en feuilles de Moringa (ananambo).....	95
Annexe 10 : Entretien des plants de Moringa	100
Annexe 11 : Explication de la propagation des plantes de Moringa par bouture	102
Annexe 12 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits.....	104
Annexe 13 : Résultats des analyses microbiologiques des produits.....	106
Annexe 14 : Formulaires d'analyses sensorielles.....	107
Annexe 15 : Détails des coûts d'aménagement des salles de production.....	109
Annexe 16 : Bilan matière pour la production de nectar de tamarin au Moringa	110
Annexe 17 : Bilan matière pour la production de chips de pommes de terre au Moringa	111
Annexe 18 : Organigramme de la société HOMEOPHARMA.....	112
Annexe 19 : Photos de matériels de laboratoire de mise au point.....	113

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

Abréviations

°C	:	degré Celsius
µg	:	microgramme
µmol	:	micromole
ABS	:	absence
Ar	:	Ariary
C	:	Carbone
Cf	:	confère
cl	:	centilitre
cm	:	centimètre
eq.	:	équivalent
g	:	gramme
H	:	Hydrogène
ha	:	hectare
j	:	jour
K	:	Potassium
kg	:	kilogramme
l	:	litre
<i>Lam</i>	:	<i>Lamarck</i>
m	:	mètre
m ²	:	mètre carré
Max	:	maximum
Min	:	minimum
min	:	minute
mm	:	millimètre
O	:	Oxygène
pH	:	potentiel Hydrogène
STAN	:	standard
t	:	tonne
v	:	volume
Φ	:	diamètre

Acronymes

ACSSQDA	:	Agence de Contrôle de la Sécurité Sanitaire et de la Qualité des Denrées Alimentaires
DLC	:	Date Limite de Consommation
ESSA	:	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
IAA	:	Industries Agricoles et Alimentaires
JIRAMA	:	JIro sy RAno MAlagasy
PU	:	Prix Unitaire
RTA	:	Remèdes Traditionnels Améliorés
UFC	:	Unités Formant Colonies

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Madagascar est un pays riche en biodiversité végétale. Elle regorge d'innombrables plantes miraculeuses dont les vertus exceptionnelles ont déjà été prouvées scientifiquement mais faiblement exploitées. C'est dans ce cadre que la société HOMEOPHARMA prend part à leur exploitation pour partager leurs bienfaits à la population.

Moringa oleifera fait partie de ces plantes. A ce jour, *Moringa oleifera* est considérée comme la plante la plus riche nutritionnellement jamais encore découverte. Sa richesse en nutriments, et en composés phytochimiques, son activité antioxydante élevée, sa facilité de culture et de transformation et son abondance dans le pays font de lui une plante digne d'être exploitée dans un but premier de bien être des gens.

Devant cette situation, il s'est proposé une idée de valorisation des différentes parties de la plante dont les feuilles qui constituent la partie la plus riche en nutriments. Les consommer directement est assez difficile à concevoir pour la plupart des gens, alors pourquoi pas les introduire dans les aliments pour faciliter leur consommation ?

C'est ainsi que la présente étude portée sur « L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle de nectars de fruits et de chips de pommes de terre » a été mise en place. Les étapes suivantes sont alors nécessaires pour mener à bien le travail :

- L'étude de la filière *Moringa oleifera*, de la filière nectar de fruits et chips de pommes de terre ;
- La mise au point de technologies de fabrication de nectars de fruits et de chips de pommes de terre au Moringa ;
- L'étude de la faisabilité technico-économique de l'installation d'une sous-unité de fabrication de nectars de fruits et de chips de pommes de terre au Moringa dans la société pilote.

L'élaboration de cet ouvrage suit cette logique de travail, en traitant en premier lieu l'étude des filières mentionnées, en second lieu la conception des deux produits à enrichir et en dernier lieu l'ingénierie et l'évaluation économique de l'installation d'une sous-unité de fabrication de nectars de fruits et de chips de pommes de terre au Moringa dans la société pilote.

PARTIE I :ETUDE DE FILIERES

PARTIE I : ETUDE DE FILIERES

I.1. Présentation du projet

I.1.1. Contexte et problématique

La malnutrition et les carences associées en particulier l'anémie constitue l'un des plus grands problèmes de santé publique dans les zones les plus pauvres des pays en développement. Les causes de cette affection sont multiples mais surtout nutritionnelles.

Des régimes alimentaires riches en fruits et légumes, en apportant des micronutriments et des composés phytochimiques bons pour la santé, pourraient être bénéfiques pour lutter contre la malnutrition. Mais la plupart de ces pays n'ont pas facilement accès aux légumes indispensables pour une bonne santé et la teneur en nutriments des légumes est très variable.

Moringa oleifera apparaît comme l'une des espèces les plus prometteuses en fonction de la teneur en nutriments, de l'activité antioxydante, des composés phytochimiques, de la facilité de culture et de transformation. Ses feuilles renferment sept fois plus de vitamine C que les oranges, quatre fois plus de vitamine A que les carottes, quatre fois plus de potassium que les bananes, autant de protéines que les œufs en équivalent poids pour poids

Cette richesse a conduit à introduire les produits de *Moringa oleifera*, en particuliers les feuilles, dans des programmes de lutte contre la malnutrition comme celle de l'Office Nationale de Nutrition à Madagascar

Ce qui conduit au problématique de la présente étude : « Comment peut-on valoriser les feuilles de *Moringa oleifera* efficacement pour contribuer à une lutte contre la malnutrition à Madagascar ? »

I.1.2. But et objectifs

Cette étude donc a pour but principal de contribuer à la lutte contre la malnutrition et ainsi au développement de Madagascar. Les objectifs spécifiques à atteindre sont de :

-  Etudier la filière *Moringa oleifera*, la filière nectar de fruits et la filière chips.
-  Mettre au point une technologie de fabrication de nectar de fruits et de chips de pommes de terre enrichis en feuilles de *Moringa oleifera*.
-  Faire une étude technico-économique de production de nectar de fruits et de chips de pommes de terre enrichis en feuille de *Moringa oleifera*.
-  Rédiger et publier les résultats.

I.1.3. Société pilote HOMEOPHARMA [8]

La société a été fondée en 1992 par le couple Jean Claude et Bako RATSIMIVONY, respectivement Docteur en Psychologie, Phyto-Aromathérapeute et Docteur en Pharmacie.

Le Siège se trouve dans la Région Analamanga, à Antsakaviro. Le site de production se trouve à Manakambahiny et les services imprimerie et sérigraphie ainsi que la direction Import-Export se situent à Vontovorona.

Les objectifs de la Société sont de :

- Augmenter les chiffres d'affaires à 40% du plus élevé des trois dernières années,
- Améliorer la qualité des produits et la capacité de production à 40%,
- Occuper la 3^{ème} place après la Chine et l'Inde en matière de médecine traditionnelle grâce aux 12 000 espèces de plantes endémiques à Madagascar,
- Introduire des nouveaux produits dans les Remèdes Traditionnels Améliorés (RTA).

Les principales activités sont :

- La préparation de médicaments homéopathiques et des RTA qui comprend l'homéopathie, la phytothérapie et l'aromathérapie ;
- La distribution et la commercialisation de produits dont une part est destinée pour la consommation locale et l'autre part à l'exportation.

I.2. Généralités sur *Moringa oleifera*

I.2.1. Présentation de la plante

I.1.1.1. Historique et origine [18]

Moringa oleifera Lam. semble être originaire des régions d'Agra et de Oudh, au Nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya. *Moringa oleifera* est mentionné dans le « Shushruta Sanhita ¹», écrit au début du premier siècle avant J-C, sous le nom de « Shigon ». Mais il semble que la culture de cet arbre en Inde ait en fait été établie il y a plusieurs milliers d'années. Les Indiens savaient que les graines, qu'ils utilisaient en médecine, contenaient de l'huile comestible. Il semblerait également que la plupart des gens connaissaient sa valeur en tant que fourrage ou comme légume.

La plante est aujourd'hui cultivée à travers le Moyen-Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale. Elle a été introduite en Afrique de l'Est au début du 20^{ème} siècle.

¹ Shushruta Sanhita : Ancien texte de médecine traditionnelle indienne.

I.1.1.2. Systématique et caractéristique

La classification de l'espèce *Moringa sp.* est la suivante :

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiosperme
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : Dillenidae
- Ordre : Capparidales
- Famille : Moringaceae
- Genre : *Moringa*
- Espèce : *M. oleifera* Lamarck synonyme *Moringa ptérygosperma*
- Dénominations : *Moringa*, drumstick, nébédaye, néverdier, argentina, arbre de la vie ...etc
- Nom vernaculaire : Ananambo

Dans l'ordre des capparidales, on note la présence de certaines familles voisines dont les Brassicaceae et les Tovariaceae qui possèdent des espèces présentant des similitudes importantes tant sur le plan physiologique que sur le plan chimiotaxinomique par rapport au *Moringa* [10].

La famille Moringacées est monogénérique, c'est-à-dire ne possédant qu'un seul genre : le *Moringa* [18].

Elle regroupe généralement des espèces avec des arbres de petites tailles, à tronc renflé ou arbustes à rameaux renflés vers la base, à écorce résineuse et à bois tendre. Les feuilles sont pétiolées et tombent très facilement. Les fleurs sont nombreuses, de couleur blanche crème à jaunâtres, bisexuées, actinomorphes ou zygomorphes [4].

I.1.1.3. Distribution des espèces

Le genre *Moringa* comporte 13 espèces, dont 8 sont endémiques de la Corne de l'Afrique et 2 de Madagascar. L'aire de distribution s'étend des chaînes sub-himalayennes de l'Inde à Madagascar en passant par le Sri Lanka, le Nord-Est et le Sud-Ouest de l'Afrique et l'Arabie. Le *Moringa oleifera* Lam. est originaire d'Asie tropicale, mais a été introduit dans toutes les régions tropicales ; il s'est naturalisé dans de nombreux pays africains, dont Madagascar [24],[29].

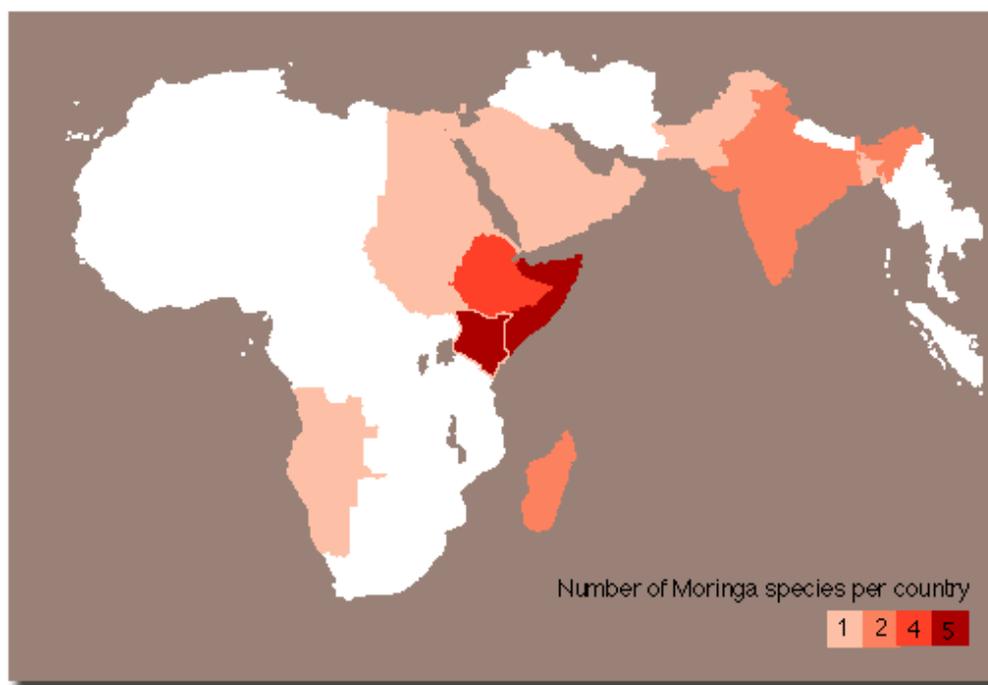


Figure 1 : Distribution des espèces de Moringa [31]

I.1.1.4. Les espèces à Madagascar

Madagascar compte trois espèces de *Moringa* y compris *Moringa oleifera*, les deux autres sont endémiques : le *Moringa drouhardii* et le *Moringa hildebrandtii*.

a) *Moringa drouhardii*

Arbre de 5 à 10 mètres de hauteur, à tronc très trapu et renflé à port de baobab (jusqu'à 2m de diamètre), à écorce blanchâtre, et avec des rameaux assez courts formant une touffe au sommet du tronc [4].

Elle est peu connue en culture, pourtant elle a un aspect de baobab qui apparaît très tôt en culture contrairement aux vrais baobabs dont les jeunes spécimens ne développent qu'un petit caudex², une relative petite taille adulte par rapport aux vrais baobabs, et une rapidité de croissance [27].

Le *Moringa drouhardii* est endémique de la province de Toliara, dans le Sud-Ouest de Madagascar, où il est présent à l'état sauvage et planté. Il est également trouvé dans d'autres endroits sur la côte Ouest [24].

Figure 2 : *Moringa drouhardii* [27]

² Renflement de la partie basse du tronc

b) *Moringa hildebrandtii*

Ce sont des arbres pouvant atteindre 25 mètres de hauteur, à port de baobab, à écorce lisse et blanchâtre et à nombreux rameaux [4].

Le *Moringa hildebrandtii* est une espèce largement cultivée dans l'ouest de Madagascar (noms vernaculaires :hazo maroseranana, maroserano).

Cette espèce est censée exister à l'état sauvage le long de la côte Ouest de Madagascar ; pourtant, une prospection récente et une enquête auprès de la population n'ont pas révélé sa présence dans cette région ou dans une autre localité de l'île. Cet arbre est, cependant, fréquemment cultivé dans les villages et toutes les récoltes d'herbier effectuées depuis sa découverte en 1880 proviennent de plantations. Diverses données permettent de penser que l'arbre vivait à l'origine dans l'extrême Sud-Est de l'île [26].

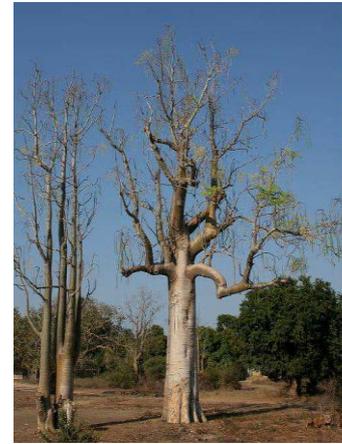


Figure 3 : *Moringa hildebrandtii* [27]

I.2.2. Biologie de la plante

I.2.2.1. Description morphologique

Le Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur.



Figure 4 : Aspect d'un arbre de *Moringa oleifera* adulte [2]

a) Tronc

Le tronc est généralement droit mesurant 20 à 40 cm de diamètre, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 m de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 m [18]. La tige est en général mal conformée, souvent multiple

dès la base. L'écorce est lisse, à grosses lenticelles, de couleur gris foncé violacé. Le bois est très tendre [1].

b) Système racinaire

Le système racinaire est de structure tubulaire, il est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 m de profondeur ; ce qui lui vaut sa grande résistance à la sécheresse. Des racines secondaires se ramifient ensuite latéralement à partir de cette dernière jusqu'à constituer une chevelure dense [10].

c) Branches

Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol, les parties jeunes sont d'un blanc verdâtre fortement lenticellées, parfois tomenteuses [4],[18].

d) Feuilles

Les feuilles, alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, et sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes. Elles possèdent un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long [18].

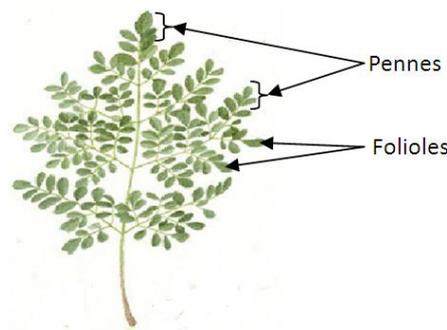


Figure 5 : Feuilles de Moringa [31]

e) Inflorescence

L'inflorescence se développe en panicules axillaires et étalées, longues de 10 à 30 cm, à bractées linéaires, allongées et petites [18],[4].

Les fleurs mesurent 2,5 cm de large. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines [18].



Figure 6 : Inflorescence et fruit [2]

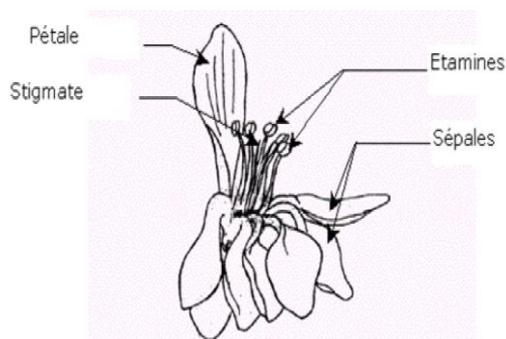


Figure 7 : Schéma d'une fleur de Moringa [10]

f) Fruits

Les fruits sont en silique, de section triangulaire ; ils forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches. Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines [1],[18].



Figure 8 : Gousse fraîche de Moringa [31]



Figure 9 : Gousse sèche de Moringa [31]

g) Graines

Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. Elles ont un diamètre de 10 à 12 mm [1]. Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine [18].

Figure 10 : Graine de *Moringa oleifera* [12]

Figure 11 : Amande de graine [12]

Les caractéristiques physiques des gousses et des graines sont présentées dans le tableau ci-après:

Tableau I : Caractéristiques physiques des gousses et des graines *Moringa oleifera* [18]

Détermination	Caractéristiques
Poids des gousses (g)	7,60 - 7,95
Poids des graines par gousse (g)	3,59 - 4,83
Nombre de graines par gousse	12,00 - 17,00
Poids de 100 graines (g)	29,60 - 30,20
Poids de 100 amandes (g)	21,20 - 22,50
Poids de l'amande par rapport au poids de la graine (%)	72,50 - 74,50
Poids de la coque par rapport au poids de la graine (%)	25,50 - 27,50
Teneur en eau de l'amande (%)	4,50 - 6,50
Teneur en eau de la coque (%)	9,20 - 12,90
Teneur en eau de la graine (%)	5,80 - 7,50

I.2.2.2. Physiologie

a) Croissance et développement

Les principales étapes de la croissance et de développement d'une plante sont :

- La germination
- La floraison
- La fécondation
- La maturation

a-1) Germination

La durée entre le semis et la levée varie en fonction des écotypes : 5 jours pour les écotypes malgache et nigérien et 9 jours pour les écotypes sénégalais et togolais [21]. La germination est influencée par :

- **l'intensité de l'éclaircissement** : les conditions optimales d'éclaircissement pour la germination de toutes les espèces de *Moringa* sont la demi-ombre pour un taux de germination de 92 à 94 % contre seulement 40 à 52% en pleine lumière [19] ;
- **la profondeur de semis** : les graines enfouies à 2 cm de profondeur montrent le taux de germination le plus élevé de 90 % contre 16% pour celles enfouies à 3,5 et 5 cm [21] ;
- **l'humidité du sol** : un facteur limitant pour la germination [21].

Le taux de germination des graines fraîches avoisine les 80%, mais tombe à environ 50% après 12 mois de stockage, aucune graine ne restant viable après 2 ans de stockage [12].

a-2) La croissance végétative

Elle est extrêmement rapide pour cet arbre qui peut facilement atteindre 5 à 12 mètres de hauteur dès la première année si les conditions sont favorables [10].

Des essais agronomiques effectués sur plusieurs écotypes de *Moringa oleifera* ont permis de montrer qu'à partir du 22^{ème} jour post-levée, la croissance de l'écotype togolais est nettement plus rapide que celle des autres écotypes (figure 12). L'élongation moyenne de la tige atteint 0,89 cm/j, tandis qu'elle est inférieure à 0,29 cm/j pour les graines provenant de Madagascar, du Niger et du Sénégal [21].

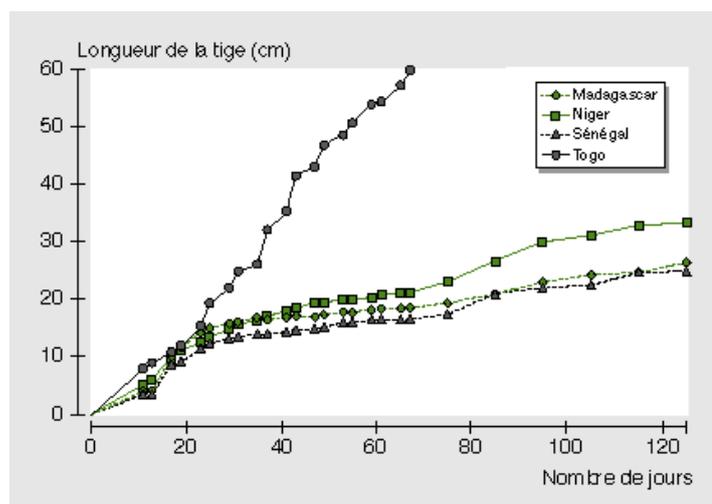


Figure 12 : Comparaison de la croissance en hauteur des semis des différents écotypes de *Moringa oleifera* [21].

La croissance des semis est également très influencée par les conditions d'éclairciment, notamment durant les périodes chaudes de l'année puisque les hauteurs moyennes et maximales de plants de *M. oleifera*, *M. stenopetala* et *M. drouhardii* sont de 1,7 à 2,2 fois supérieures sous demi-ombre qu'en pleine lumière [19].

a-3) Floraison et fructification

Les jeunes arbres issus de graines commencent à fleurir au bout de 2 ans. Sur les arbres issus de boutures, on peut espérer récolter les premiers fruits 6 à 12 mois après la plantation. La floraison précède souvent la formation de nouvelles feuilles, ou coïncide avec elle. Au Nigeria, la floraison a lieu toute l'année [12].

Le nombre de fruits croît en fonction des branches de ramification ; dans un environnement favorable, un arbre individuel rapporte jusqu'à 50 à 70 kilogrammes de fruits par an [10].

a-4) Maturation

La formation des siliques représente un tournant dans la physiologie de la plante : il apparaît une sénescence généralisée des feuilles ; d'autres organes participent alors à la photosynthèse (tige, fruits).

La maturation se traduit par un dessèchement provoqué par une saison chaude et sèche durant laquelle le mode de remplissage des graines en réserves varie suivant le nombre de jours d'éclairciment par mois. La durée de maturation varie selon les régions climatiques : 1 mois dans les régions arides et 2 mois dans les régions humides à saison sèche pluvieuse comme celle de Tamatave [10].

b) Reproduction

Moringa oleifera peut se multiplier par graine, par bouture, par rejets de souche et drageons de tiges ensevelies par les crues [1]. Mais les deux principales méthodes sont la multiplication par semis de graines et la multiplication par bouturage.

- Multiplication par semis de graines

Ce mode de multiplication est surtout utilisé en Afrique [12]. Les fruits sont récoltés à maturité sur l'arbre avant qu'ils ne tombent, séchés au soleil, battus, vannés. Il y a environ 4000 graines de Moringa (avec leur enveloppe) dans un kilo [2].

Les graines ne présentent pas de phénomène de dormance et peuvent être semées dès la récolte, sans traitement préalable. Les semis directs sont possibles mais doivent être obligatoirement protégés du bétail, du feu et des insectes [1].

- Multiplication par bouture

C'est la méthode de multiplication la plus répandue, elle est davantage pratiquée en Inde car les arbres issus de graines produisent de moins bons fruits [12].

Les boutures de rameaux, quels que soient leur longueur et leur diamètre, s'enracinent facilement. Les boutures sont mises en place directement, après que les plaies soient bien installées. Elles doivent être protégées contre le bétail. Pour de grandes plantations, les boutures peuvent être mises en place dans des sachets [1].

I.2.2.3. Ecologie

a) Climat

Moringa oleifera est une espèce pionnière, résistante à la sécheresse et qui se développe principalement dans régions tropicales ou subtropicales. Il préfère les emplacements chauds baignés par le soleil bénéficiant d'une température moyenne annuelle située entre 25 à 35°C [2], mais elle peut supporter des températures élevées allant jusqu'à 45°C. Les basses températures, moins de 15°C, nuisent à la croissance de la plante qui voit sa production de graine fortement affectée [10].

La précipitation moyenne annuelle qu'exige la plante, se situe entre 250 et 2000 mm [2]. Il peut supporter des précipitations moyennes très basses sous un climat sec assez rigoureux. Par contre, les régions trop humides sont néfastes aux siliques qui pourrissent sur pied lorsqu'ils arrivent à maturité [10].

b) Sol

Le *Moringa* s'adapte à presque tout type de sols sauf les sols argileux raides [30]. Cependant, il préfère particulièrement les sols limoneux, sableux ou sablo-limoneux légèrement acides à légèrement alcalin ayant un pH 5 à 9. L'arbre ne supporte pas un manque de drainage qui entraîne la présence d'eau résiduelle et diminue la porosité du sol [2].

c) Altitude

La plante se rencontre entre 0 à 2000 m d'altitude [2]. L'optimum de développement se situe à une altitude comprise entre 100 et 700 m au-dessus du niveau de la mer [32].

Les limites écologiques générales de *Moringa oleifera* sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II : Exigences environnementales du Moringa [2]

Paramètre	Valeur/fourchette
Climat	Tropical ou sub-tropical
Altitude	0-2000 mètres
Température	25-35°C
Pluviométrie	250 mm-2000 mm. Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH du sol	Légèrement acide à légèrement alcalin (pH: 5 à 9)

I.2.3. Culture de la plante [2]

Quatre étapes sont essentielles dans la culture du Moringa pour s'assurer que les résultats et bénéfices désirés soient obtenus :

- Choix du site
- Préparation du terrain
- Plantation/semis
- Entretien de la plantation

I.2.3.1. Choix du site

Suivant les conditions citées précédemment, il faut choisir :

- Un site dont le sol est bien drainé, afin d'éliminer les excès d'eau et de permettre les échanges gazeux entre l'atmosphère et les particules du sol. Il faut :
 - Eviter les sols argileux qui deviennent collants lorsqu'ils sont humides ou très durs lorsqu'ils sont secs.
 - Eviter les sols infestés de termites si possible.
- Un site dégagé afin de recevoir un ensoleillement maximal et protégé des divagations des animaux avec des clôtures naturelles ou artificielles.

I.2.3.2. Préparation du sol

La facilité d'enracinement est une condition nécessaire à la croissance et au développement de la plante.

Le terrain doit être défriché si nécessaire et débarrassé de tous les matériaux végétaux indésirables. Si la densité de plantation est forte, le terrain doit être labouré et hersé à une profondeur maximale de 30 cm. Si la densité de plantation est faible (> 1 m x 1 m), il vaut

mieux creuser des trous et les remplir à nouveau avec la terre, pour assurer une bonne pénétration du système racinaire sans causer trop d'érosion (le labour peut être risqué dans certains environnements tropicaux, en cas de fortes pluies, de forte pente ou de vent). Dans ce cas, les trous sont creusés sur 30 à 50 cm de profondeur et 20 à 40 cm de largeur. Au moment de reboucher le trou, mélanger la terre avec du fumier.

Pour la production à grande échelle, il est recommandé d'effectuer des analyses de terre et des tests de germination pour s'assurer un bon retour sur investissement.

I.2.3.3. Plantation/semis

a) Propagation

Le Moringa peut être propagé par graines ou par boutures ligneuses (bois dur).

a-1) Propagation par graines

Une bonne graine doit être viable, propre et sans maladie. Les graines ne doivent pas être stockées pendant de longues périodes car elles perdent leur viabilité (pouvoir germinatif) après environ un an. Les graines peuvent être semées en sachets, en planches ou directement dans le champ (*Cf Annexe 11, page 102*).

a-2) Propagation par bouturage

Les boutures ligneuses, en bois dur, doivent faire un mètre de long et au moins 4 à 5 cm de diamètre. Un tiers de la longueur doit être mis en terre. Les plantes issues de bouturage n'ont pas un système racinaire profond et sont plus sensibles au vent et à la sécheresse. Elles sont aussi plus sensibles aux attaques de termites.

b) Plantation

Selon le type de production voulu, plusieurs options peuvent être considérées.

b-1) Production intensive de feuilles

L'espacement des plants doit être de 15 x 15 cm ou de 20 x 10 cm, avec des allées à intervalles réguliers (par exemple tous les 4 mètres) pour faciliter l'entretien et les récoltes. Une autre option est d'espacer les lignes de semis de 45 cm et de semer tous les 5 cm sur ces lignes. On peut aussi espacer les lignes un peu moins (30 cm) et espacer les plants un peu plus (10 à 20 cm). Ces systèmes intensifs sont adaptés pour une production industrielle mais demandent une gestion attentive : sarclage, engraissement, prévention des maladies demandent plus de soins à cause de la forte densité.

b-2) Production semi-intensive de feuilles

L'espacement des plants est compris entre 50 cm et 1 m. Ce système est plus adapté pour les petits agriculteurs et donne de bons résultats avec moins de soins.

b-3) Agroforesterie

Les arbres de Moringa peuvent être semés en allées et associés à d'autres cultures. La distance entre les rangs de Moringa peut être comprise entre 2 et 4 m. Les lignes de plantation doivent être orientées d'est en ouest, pour un éclairage optimal des cultures pratiquées entre les lignes de plantation.

b-4) Production de graines

L'espacement doit être beaucoup plus large pour la production de graines. Les arbres doivent être espacés au minimum de 2,5 m. Pour optimiser la densité, on peut piqueter le terrain en utilisant un gabarit triangulaire de 3 m x 3 m.

c) Entretien des plants

Les soins portés aux plants de Moringa sont essentiels pour obtenir les rendements voulus. Ces entretiens sont détaillés dans l'Annexe 11 (Entretien des plants de Moringa) et constituent alors :

- Formation des arbres ;
- Irrigation ;
- Sarclage ;
- Mulching ;
- Fertilisation.

I.2.3.4. Contrôle des ravageurs et des maladies

a) Insectes

Les ravageurs les plus courants sont les sauterelles, criquets et chenilles. Ces insectes mordent et mangent des parties de la plante, entraînant la destruction de feuilles, bourgeons, fleurs, pousses, fruits ou graines ainsi que l'interruption du flux de sève. Les attaques se produisent surtout en début de saison sèche quand les insectes trouvent plus difficilement

des organes verts et tendres. La meilleure solution dans ce cas est de couper les arbres pour ne laisser aucune partie verte. La repousse est très vigoureuse ensuite si les conditions de croissance



Figure 13 : Attaque de chenille sur feuilles de Moringa [2]

(disponibilité en eau) le permettent.

Concernant les chenilles de Lépidoptères, il convient d'observer le tout début des attaques dans le cœur des pousses pour intervenir avant qu'il n'y ait trop de dégâts. Les pulvérisations doivent viser le centre et l'extrémité des pousses pour atteindre les jeunes chenilles.

b) Maladies fongiques

Ces maladies sont de loin les plus sérieuses dans la culture du Moringa. Des tâches sombres peuvent apparaître sur les feuilles et finir par les couvrir entièrement, ce qui cause le jaunissement de la feuille et sa mort. Ceci est provoqué par les champignons *Cercospora spp* et *Septoria lycopersici*.

L'alternariose est également courante : elle se présente sous forme de tâches angulaires brun noir avec des cercles concentriques. Il y a aussi des lésions noires ou brunes sur les branches. L'agent pathogène est *Alternaria solani*.

Les attaques sont souvent difficilement détectables pour ces deux maladies. Lorsqu'on les voit il est souvent trop tard et la défoliation est la plupart du temps inexorable. Il faut donc mémoriser les périodes où les dégâts apparaissent pour essayer d'intervenir plus tôt la saison suivante. Les produits efficaces et peu chers dans les deux cas sont à base de mancozèbe ou de manèbe.



Figure 14 : Attaque fongique sur feuilles de Moringa [2]

I.2.3.5. Récolte

a) Récolte des branches feuillées

Le Moringa a une feuille composée, c'est-à-dire constituée de plusieurs folioles. La feuille de Moringa est donc l'ensemble des folioles reliées entre elles par un rachis central fixé à la branche.

La récolte manuelle des branches feuillées peut se faire avec un sécateur, une faucille ou un couteau bien affûté. Toutes les branches doivent être coupées au dessus de la hauteur désirée, soit de 30 cm à 1 m au dessus du sol. En production intensive, il est aussi possible de récolter mécaniquement avec une faucheuse.

La récolte peut également se faire en prélevant seulement les feuilles, qui sont cueillies directement sur l'arbre. Elles se séparent facilement à la base du pétiole. La récolte est plus rapide mais la repousse est moindre et les arbres ne sont pas taillés à cette occasion.

De strictes normes d'hygiène doivent être respectées. Les feuilles doivent être récoltées au moment le plus frais de la journée, tôt le matin ou tard dans la soirée. Il faut

absolument éviter que les feuilles soient mouillées par la rosée, en particulier le matin, afin d'éviter le développement de moisissures pendant le transport.

Au Niger, la récolte des feuilles débute deux mois et demi après le semis. On récolte deux fois par mois [12].

b) Récolte des graines

Dans les exploitations produisant des graines, les fruits doivent être récoltés dès qu'ils arrivent à maturité, ce qui se traduit par leur changement d'aspect : ils deviennent bruns et secs. Les fruits doivent s'ouvrir facilement. Les graines sont extraites, mises en sacs et stockées dans un endroit sec. Les branches de Moringa étant fragiles, il est déconseillé de grimper dans l'arbre pour récolter des fruits.

La récolte de fruits secs pour les graines peut démarrer environ 8 mois et demi après la plantation [12].

c) Rendement

La production de feuilles est surtout élevée pendant la saison des pluies, au Niger elle est à raison de 27 sacs ou 600 kg par mois. Pendant la saison sèche, les rendements mensuels tombent de 2 à 4 sacs au cours des mois frais, et de 10 à 15 sacs pendant les mois chauds s'il y a arrosage. Cela équivaut à une production annuelle de 27 t/ha de feuilles fraîches [12].

Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an [18].

I.2.4. Importances de la plante

Le Moringa est une plante multifonction. Il a été cultivé dans les régions tropicales du monde entier pour les principales caractéristiques suivantes :

- la haute teneur en protéines, en vitamines et en minéraux de la plante entière, lui procurant une valeur nutritionnelle élevée pour l'Homme et aussi pour nutrition du bétail ;
- la teneur en huile élevée (42%) de la graine qui est comestible ;
- le coagulant des graines qui peut être utilisé pour le traitement des eaux usées

Cette plante a également été bien documentée pour son importance médicinale pendant une longue période. L'écorce de la tige, l'écorce de la racine, les fruits, les fleurs, les feuilles et les graines ont été largement utilisés dans la médecine traditionnelle dans le monde surtout en Inde [31].

I.2.4.1. Propriétés nutritionnelles

a) Nutriment

Le Moringa est la plante la plus riche en éléments nutritifs encore jamais découverte. Cette humble plante a fait de grands progrès dans les sociétés les moins développées pendant des milliers d'années, et d'importantes recherches nutritionnelles ont été menées depuis les années 1970. Il fournit une combinaison riche et rare de nutriments, d'acides aminés et d'antioxydants, utilisés pour la nutrition [23].

La plante est particulièrement prometteuse en tant que source de nourriture dans les régions tropicales, car l'arbre fournit un optimum de production de feuilles à la fin de la saison sèche quand les autres aliments sont généralement rares [20].

Parmi les différentes parties de la plante, ce sont effectivement les feuilles qui possèdent la meilleure qualité nutritionnelle. Ce sont des légumes riches en protéines, vitamines et certains minéraux comme le présente dans le tableau III.

Tableau III : Valeur nutritionnelle moyenne de 100 grammes de feuilles de *Moringa oleifera*[2][22]

Désignation	Feuilles fraîches	Poudre de feuilles séchées
Matière sèche	20-25%	90-95%
Protéines	5-7 g	20-26 g
Glucides	13,4 g	38,2 g
Lipides	1,7 g	2,3 g
Fibres	0,9 g	19,2 g
Minéraux totaux	2-3 g	8-11 g
MINÉRAUX		
Calcium (Ca)	350-550 mg	1600-2200 mg
Potassium (K)	200-500 mg	800-1800 mg
Magnésium (Mg)	80-120 mg	350-500 mg
Phosphore (P)	50-120 mg	200-600 mg
Fer (Fe)	5-8 mg	18-28 mg
Manganèse (Mn)	1,2-2,5 mg	5-9 mg
Zinc (Zn)	0,4-0,6 mg	1,5-3 mg
Cuivre (Cu)	0,2-0,3 mg	0,7-1,1 mg
VITAMINES		
Vitamine C	120-200 mg	15-100 mg
Vitamine A (β-carotène)	1500-4000 µg eq. rétinol	4000-8000 µg eq. rétinol
Vitamine E (α-tocopherol)	150-200 mg	80-150 mg

Si les feuilles fraîches de Moringa sont comparées avec d'autres aliments, connus pour leur richesse en un élément particulier, l'intérêt de ces feuilles en nutrition se voit bien : en équivalent de poids, les feuilles fraîches contiennent plus de protéines et de calcium que le lait frais, plus de vitamine C que les oranges, autant de potassium que la

banane, autant de magnésium que le chocolat, presque autant de fer que les lentilles, et presque autant de vitamine A que les carottes (Cf Annexe 1, page 91).

Les feuilles peuvent être consommées fraîches, cuites, ou stockées sous forme de poudre pendant de nombreux mois sans réfrigération, et sans perte de valeur nutritive [20].

Même si une forte proportion des vitamines est perdue pendant le séchage, la poudre de feuille constitue tout de même un complément nutritionnel très riche, car c'est un concentré de feuilles [2]. Ainsi, pour toutes catégories de population, 10 g de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* par jour couvrent les pourcentages dans le tableau suivant:

Tableau IV : Pourcentages par rapport aux AJR apportées par 10 g de poudres de Moringa [2]

Eléments	Pourcentage par rapport aux apports journaliers recommandés
Protéine	4 à 16%
Calcium	15 à 30%
Fer	7 à 30%
Vitamine A	50 à 100%

6 g de poudre sont suffisants pour compléter les besoins d'entretien journalier de personnes en alimentation normale.

Dans le cas d'une malnutrition chronique, il s'agit de supplément nutritionnel : pour les enfants de 1 à 3 ans, il faut 24 g et pour les adultes, il faut jusqu'à 50g de poudres qui apportent en moyenne plus de 50% des apports journaliers recommandés en nutriments (Cf Annexe 2 et 3, page 91) [22].

b) Antioxydants

Les feuilles de Moringa contiennent beaucoup d'antioxydants, des études montrent une teneur de 80 $\mu\text{mol/g}$ de poids sec pour les phénols, 100 $\mu\text{mol/g}$ de poids sec pour l'ascorbate (vitamine C), 2,3 $\mu\text{mol/g}$ de poids sec pour le β -carotène (précurseur de la vitamine A), et 0,7 à 1,1 $\mu\text{mol/g}$ de poids sec pour l' α -tocophérol (vitamine E)

Cette teneur en antioxydant des feuilles de Moringa est élevée, même par comparaison avec des fruits et légumes réputés pour leur forte teneur en antioxydants, tels que le piment pour l'ascorbate : 110 $\mu\text{mol}/100$ g de poids sec ; la carotte pour le β -carotène : 1,8 $\mu\text{mol}/100$ g de poids sec) et le soja pour l' α -tocophérol : 1,8 $\mu\text{mol}/100$ g de poids sec [33].

c) Inconvénients

Jusqu'à présent, aucune étude n'a été réalisée concernant les inconvénients possibles de l'utilisation du Moringa dans l'alimentation, aucunes données ne fournissent la dose journalière à ne pas dépasser. Cependant, un excès peut être tout aussi néfaste par l'apport

exagéré de nutriments comme les protéines et les différents minéraux pouvant provoquer des troubles diverses dans l'organisme.

I.2.4.2. Propriétés thérapeutiques et prophylactiques

Toutes les parties de l'arbre ont été utilisés dans les pratiques de la médecine populaire. Les feuilles, les fruits, les graines, les racines, l'écorce mais aussi les fleurs possèdent chacun des vertus médicinales particulières (*Cf Annexe 6, page 93*) [31].

a) Composition phytochimique

Le Moringa appartient à une famille de plantes riches en composés contenant du sucre simple, le rhamnose, et en un groupe assez unique de composés appelés glucosinolates et isothiocyanates dont il existe 6 biens définis (*Cf Annexe 4 et 5, page 92*). Certains composants spécifiques du Moringa ont été signalés pour avoir une activité hypotensive, anticancéreuse, et antibactérienne [20].

b) Activité antibiotique

Au début des années 1950, une équipe de scientifiques de l'Université de Bombay, après plusieurs études, à identifié un composé qu'ils ont appelé ptérygospermine, un composé qui se dissocie facilement en deux molécules d'isothiocyanate de benzyle connu pour avoir des propriétés antimicrobiennes. Ce groupe a également réalisé la caractérisation du vaste mode d'action antimicrobienne de ce composé [20].

Bien que d'autres parties de la plante Moringa sont signalées pour être efficaces contre les infections, une grande partie de la recherche formelle ont porté sur des extraits de la graine, notamment sur l'activité antibiotique contre les infections cutanées par les bactéries *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* [28].

c) Prévention du cancer.

Les espèces de Moringa ont été reconnues depuis longtemps par les praticiens de médecine traditionnelle comme ayant une vertu dans le traitement des tumeurs. L'examen récent de trois composés : 4 - (4'-O-acétyl- α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl-isothiocyanate, 4 - (α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyle isothiocyanate et niazimicine (*Cf Annexe 4, page 92*), a pu démontrer leur potentiel préventif du cancer, mais uniquement sur des souris.

Dans le cas de l'utilisation du Moringa comme une plante de prévention du cancer chez l'Homme, des études plus rigoureuses sont nécessaires afin d'obtenir des dotations biomédicales [20].

I.2.4.3. Propriétés fonctionnelles

A part ses propriétés nutritionnelles et médicinales, le Moringa est aussi exploité pour de nombreuses particularités notamment sur la purification de l'eau, la production d'huile, l'alimentation du bétail et autres.

a) Production d'huile

La teneur en huile des graines décortiquées, c'est-à-dire des amandes, est d'environ 42%. L'huile est d'un jaune brillant. Elle est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante. Elle est également utilisée comme huile de cuisine. Grâce à sa capacité à absorber et à retenir les substances volatiles, elle est également très importante en cosmétique.

L'huile des graines de Moringa contient environ 13% d'acides gras saturés et 82% d'acides gras insaturés. Elle est particulièrement riche en acide oléique (70%), avec une teneur en acides gras libres qui varie de 0,5 à 3% [18].

b) Purification de l'eau

Les graines de Moringa peuvent être utilisées pour le traitement de l'eau. Le tourteau obtenu comme sous-produit lors de l'extraction de l'huile est très riche en protéines. Certaines de ces protéines (environ 1 %) sont des polyélectrolytes cationiques actifs. Les polyélectrolytes cationiques neutralisent les matières colloïdales dans les eaux boueuses ou sales, puisque la majorité de ces matières ont une charge électrique négative. Ces protéines peuvent donc être utilisées comme polypeptide naturel non toxique pour provoquer la sédimentation des particules minérales et organiques dans les processus de purification de l'eau potable, de filtration de l'huile végétale ou de sédimentation des fibres dans la production de bière et de jus de fruits. Elle agit donc comme un coagulant primaire en créant en permanence des ponts naturels entre les particules colloïdales, contrairement aux coagulants industriels qui sont parfois toxiques [18].



Figure 15 : Evolution du traitement d'eaux sales par utilisation de graines de Moringa [28]

c) Alimentation du bétail

Les feuilles de Moringa ajoutées à l'alimentation du bétail ont augmenté leur gain de poids quotidien de près de 32%. L'alimentation des vaches laitières complétée par 15 à 17 kg de feuilles de Moringa fraîches tous les jours, augmente la production laitière des bovins de

43%. Avec un supplément de 2 kg de matière sèche par jour, la production de lait a augmenté de 58% ; avec un supplément de 3 kg, et la production de lait a augmenté de 65% [23].

d) Accélérateur de croissance végétale

Des expérimentations en laboratoire ont montré que l'extrait de feuilles de Moringa contient une hormone de croissance végétale. Cet extrait peut être utilisé en aspersion sur les feuilles pour accélérer la croissance des jeunes plants. Ce traitement augmente les rendements de 25 à 30% pour presque toutes les cultures (oignons, poivron, soja, maïs, sorgho, thé, le piment, melon...), mais aussi la robustesse des plants et leur résistance aux maladies. De plus, les fruits sont plus abondants et plus gros, ce qui augmente le rendement des arbres lors de la récolte. Cette pulvérisation foliaire doit être utilisée en plus (et non au lieu de) d'autres engrais, l'arrosage et de bonnes pratiques agricoles [18],[28].

e) Autres utilisations du Moringa

Parmi les autres utilisations de cet arbre, on peut citer :

- alimentation des poulets et des poissons ;
- production de biogaz ;
- teinture (de couleur bleue) et le tannin pour les peaux de bêtes ;
- utilisation comme engrais vert ;
- fabrication de papier, de cordes, etc...

I.2.4.4. Transformation des feuilles en poudre [2]

La transformation doit avoir lieu immédiatement après la récolte et le transport des feuilles jusqu'à l'atelier.

a) Effeillage

L'effeuillage consiste à détacher les folioles de leur pétiole. Cette opération peut se faire directement sur les branches si les feuilles n'ont pas été séparées des branches au moment du transport. A ce stade, les feuilles malades ou endommagées sont éliminées.

b) Lavage

Les folioles sont lavées dans des bacs avec de l'eau potable pour éliminer la poussière. Elles sont ensuite lavées à nouveau avec une solution saline à 1% pendant 3 à 5 min, afin de les débarrasser des germes. Enfin, elles sont lavées à nouveau à l'eau claire. Elles sont alors prêtes à être séchées. Chaque bac doit être vidé après chaque lavage : les nouvelles feuilles doivent toujours être lavées avec de l'eau neuve.

c) Egouttage

Egoutter les folioles dans des seaux perforés, puis les étaler sur des claies faites avec des filets alimentaires et laisser égoutter pendant 15 min avant de les apporter au séchoir.

d) Séchage

Il existe trois méthodes principales pour sécher les feuilles de Moringa.

Séchage à température ambiante

Étaler les folioles en couche fine sur des moustiquaires tendues sur des claies, dans une pièce bien ventilée. Cette pièce doit être protégée des insectes, des rongeurs et de la poussière. La circulation de l'air peut être favorisée par des prises d'air hautes et basses équipées d'un filtre propre pour éviter l'entrée de poussière et de soleil.

Les feuilles sont retournées au moins une fois, avec des gants stériles, afin d'obtenir un séchage uniforme. Les feuilles doivent être complètement sèches au bout de quatre jours au maximum. La densité de chargement des feuilles sur les claies ne doit pas excéder 1 kg/m². Cependant le séchage à température ambiante ne peut pas garantir des feuilles totalement exemptes de moisissures et ne permet généralement pas d'atteindre le taux d'humidité maximal recommandé de 10%.

Séchage solaire

Étaler finement les folioles sur les claies et laisser sécher pendant environ 4 heures (la fourchette de température est de 35°C à 55°C pour un jour très ensoleillé). Le produit final doit être très friable. Le séchage solaire est recommandé pour la transformation à petite comme à grande échelle, en particulier dans les zones rurales sans accès à l'électricité. La densité de charge des claies ne doit pas excéder 2 kg/m².

Séchage mécanique

Utiliser des séchoirs à air chaud, électriques ou à gaz. Les températures devront être comprises entre 50°C et 55°C. Au-delà, les feuilles brûleront et prendront une couleur brune. Les feuilles doivent être séchées jusqu'à ce que leur humidité résiduelle soit inférieure à 10%. Cette méthode est recommandée pour la transformation à grande échelle car elle assure une production en conditions contrôlées toute l'année.

La densité de charge des claies ne doit pas excéder 2.5 kg/m².

e) Broyage

Broyer les feuilles en utilisant un moulin à marteau en inox. Pour un usage personnel ou familial, les feuilles peuvent être pilées au mortier ou broyées dans un mixeur de cuisine. Les transformateurs à petite échelle peuvent aussi utiliser un moulin à marteau commercial.

f) Tamisage

Tamiser la poudre de feuilles si nécessaire. Avec un moulin à marteau, la finesse du produit dépend de la taille de la grille utilisée pour le broyage.



Figure 16 : Poudre de feuilles de Moringa (Cliché auteur, 2012)

g) Séchage et Conditionnement de la poudre

La poudre de feuilles de Moringa doit être séchée à 50°C pendant 30 minutes pour réduire l'humidité résiduelle largement en dessous de 7,5%. La poudre est ensuite conditionnée car elle attire fortement l'humidité et peut se ré-humidifier facilement.

I.3. Généralités sur les nectars de fruits et les chips de pommes de terre

I.3.1. Nectars de fruits

I.3.1.1. Définition

Le nectar de fruits est le produit non fermenté, mais fermentescible, obtenu en ajoutant de l'eau et de la pulpe du fruit, avec ou sans adjonction de sucres, de miel et/ou de sirops, et/ou d'édulcorants. Des substances aromatiques, des composés aromatisants volatils, de la pulpe et des cellules, qui doivent tous avoir été obtenus à partir du même type de fruits et par des moyens physiques adaptés, peuvent être ajoutés [15].

I.3.1.2. Caractéristiques

Comme les nectars sont obtenus en ajoutant de l'eau à des jus de fruits, ils doivent répondre à des critères bien définis. Le pourcentage de fruits ajoutés est réglementé par le codex Alimentarius qui fixe des teneurs en fruits minimales comme le montre certains exemples dans le tableau suivant :

Tableau V : Teneur minimale en jus et/ou purée de quelques fruits des nectars [15]

Fruits	Teneur minimale en jus et/ou purée de fruits des nectars de fruits (%v/v)
Orange	50
Mangue	30
Tamarin	Teneur suffisante pour atteindre une acidité minimale de 0,5
Prune	50

I.3.1.3. Législation

Il s'agit de norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits. Cette législation est utilisée comme référence pour cette étude.

I.3.1.4. Composition [15]

Les nectars doivent être tirés de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés. Ils peuvent également être reconstitués à partir de purée de fruits ou des concentrés de purée de fruits.

L'eau doit répondre aux qualités minimales d'une eau potable conformément aux Directives de l'Organisation mondiale de la santé.

Les types de sucre autorisé sont les sucres présentant une humidité inférieure à 2% à savoir : sucrose, dextrose anhydre, glucose, et fructose.

Les additifs alimentaires énumérés dans la Norme Générale pour les additifs alimentaires pour la catégorie nectar de fruits peuvent être utilisés. Ils peuvent avoir un rôle de régulateur de pH, de conservateur, de clarifiant...etc.

A des fins d'enrichissement, des nutriments essentiels (vitamines, sels minéraux, etc.) peuvent être ajoutés.

I.3.1.5. Critères de qualités

Les nectars de fruits doivent avoir la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du jus de la variété de fruits à partir de laquelle ils sont obtenus. Les constituants volatils naturels peuvent être restitués à tout jus obtenu à partir du même type de fruits auquel les dits constituants volatils naturels ont été enlevés. Selon le fruit choisi, ils doivent avoir une teneur minimale en fruits comme décrit dans les caractéristiques [15].

I.3.2. Chips de pommes de terre

I.3.2.1. Définition [16]

Les chips ou pommes chips sont des fines tranches végétales assaisonnées de sel ou d'autres condiments et frites dans l'huile. Fabriquées de façon industrielle, elles sont vendues

en sachet plastique. Elles sont généralement constituées de pommes de terre, mais peuvent aussi être faites de légume (manioc, patate douce, betterave, etc.) ou de fruits (pommes, banane, durian, etc.). Il existe aussi des chips reconstituées, fabriquées à partir de pommes de terre déshydratées.

I.3.2.2. Caractéristiques

Comme l'indique sa définition, les chips peuvent être fabriqués à partir de :

- L'utilisation d'une matière première principale fraîche (comme les pommes de terre : découpée en tranches, assaisonnée et frite) ;
- La reconstitution d'une ou plusieurs matières premières préalablement transformées (comme des farines, des fécules, des purées ...).

C'est la deuxième méthode qui convient le mieux pour notre étude dans le cadre de l'incorporation de la poudre de feuilles de Moringa.

Il n'existe pas encore de réglementation spéciale sur la fabrication de chips, les paramètres généraux à prendre en compte sont donc à déterminer par rapport aux bonnes pratiques de fabrication et aux recettes de certains fabricants.

I.4. Conclusion partielle

Moringa oleifera est une plante appartenant à la famille monogénérique des Moringacées comportant 13 espèces réparties dans le monde dont deux sont endémiques de Madagascar. Avec une morphologie caractéristique de son espèce, la plante possède une croissance végétative extrêmement rapide et peuvent se développer jusqu'à une température élevée de 45°C sans avoir besoin de beaucoup d'eau. Elle s'adapte à tout type de sol et se cultive facilement moyennant des techniques précises pour atteindre un rendement de 27 t par ha de feuilles.

Les différentes parties de l'arbre possèdent de multiples caractéristiques bénéfiques pour l'Homme, à commencer par les propriétés nutritionnelles exceptionnelles des feuilles pouvant rivaliser en terme de nutriments (protéines, vitamines, minéraux) par rapport à des aliments de référence et être valorisées en poudre. Il y a aussi les propriétés thérapeutiques, prophylactiques et fonctionnelles des différents organes de la plante qui font du Moringa une plante multifonction.

Par rapport à ces caractéristiques, il convient alors de concevoir une technologie pour valoriser les feuilles dans des aliments pratiques comme les nectars de fruits et les chips.

**PARTIE II : CONCEPTION DU
NECTAR DE FRUITS ET DES
CHIPS DE POMMES DE TERRE
ENRICHIS EN MORINGA**

PARTIE II : CONCEPTION DU NECTAR DE FRUITS ET DES CHIPS DE POMMES DE TERRE ENRICHIS EN MORINGA

II.1. Conception du nectar de fruits au Moringa

II.1.1. Mise au point

Le but est de mettre au point un nectar de *fruits*, enrichi avec la poudre de feuilles de Moringa, apte à posséder des qualités physico-chimiques, microbiologiques, nutritionnelles et aussi organoleptiques acceptables.

II.1.1.1. Etude des procédés de fabrication

Avant la formulation du produit, une étude du procédé de fabrication est nécessaire pour maîtriser la technologie et pouvoir mettre au point une ligne de production dans l'usine pilote.

a) Composition

Les différentes matières premières et ingrédients à utiliser pour la conception du nectar sont :

a-1) La poudre de feuilles séchées de Moringa

La poudre de Moringa utilisée pour la fabrication du nectar possède une granulométrie très hétérogène avec une prédominance de grosses particules qui gênent le mélange avec le nectar.

Pour pallier à ce problème, des essais de tamisage de la poudre à différents mailles ont été proposés. Les diamètres des mailles sont de :

- 0,160 mm ;
- 0,125 mm ;
- 0,100 mm ;
- 0,080 mm ;
- 0,063 mm.

Après tamisage, la poudre présente plusieurs granulométries différentes dont les pourcentages moyennes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau VI : Résultat de tamisage de la poudre de Moringa

Diamètre (en mm)	Pourcentage (en %)	
$\Phi > 0,160$	50,93	77,03
$0,160 > \Phi > 0,125$	24,59	
$0,125 > \Phi > 0,100$	11,76	22,97
$0,100 > \Phi > 0,080$	8,93	
$0,080 > \Phi > 0,063$	1,69	
$0,063 > \Phi$	0,6	

Après des essais sur les nectars de *fruits*, c'est la granulométrie de poudres avec des particules de diamètre inférieure à 0,125 mm, qui est la plus appropriée pour la fabrication. Elle représente en moyenne 23% de la poudre initiale.



Figure 17 : Poudre de Moringa tamisée (Cliché auteur, 2012)

a-2) Le fruit à utiliser

Parmi trois fruits de caractéristiques différentes qui sont disponibles sur le marché, à savoir : le tamarin, la mangue, et la prune, il s'agit de déterminer lequel est le plus apte à masquer le plus les qualités organoleptiques désagréables de la poudre de Moringa avec une couleur vert-armée, une odeur caractéristique très forte et un goût de plantes séchées.

Pour la comparaison, une faible proportion à 0,5% de poudre de Moringa, de granulométrie inférieure à 0,125 mm, a été utilisée dans chaque nectar de *fruits*. Pour les préparations, les teneurs minimales en jus et/ou purée de fruits des nectars de fruits (%v/v) dans la norme du Codex Alimentarius ont été utilisées (Cf Tableau V). Des observations, au niveau de la qualité organoleptique des produits y résultant, ont été réalisées et sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VII : Analyse préliminaire des nectars de fruits après ajout de poudre de Moringa

Produits	Observations après ajout de poudre
Nectar de mangue au Moringa	Couleur verte très désagréable, goût désagréable, odeur du Moringa non masquée.
Nectar de tamarin au Moringa	Couleur marron assez foncé, goût de tamarin dominant, odeur du Moringa atténuée par celle du tamarin.
Nectar de prune au Moringa	Couleur vire au marron, gout assez désagréable, odeur du Moringa non masquée

D'après les observations, c'est le nectar de tamarin qui a réussi à dissimulé le plus les mauvaises caractéristiques de la poudre de Moringa.

Le goût et l'odeur du tamarin prédominent dans le nectar final par rapport à ceux de la mangue et de la prune.

La couleur marron foncée du nectar de tamarin au Moringa obtenu ne s'éloigne pas trop de celle du nectar de tamarin initial qui est également de couleur marron mais plus claire. Dans les deux autres cas, le nectar de mangue de couleur jaune vire totalement à une couleur verte très désagréable et le nectar de prune de couleur rouge foncée vire à une couleur marron foncée. C'est donc le tamarin qui est choisi matière première de base.

Tamarin

Le tamarin est une gousse oblongue de 10 à 15 cm, sans nervure apparente, indéhiscente, comprimée, arquée à divisions assez nettement marquées permettant de localiser les graines à épicarpe épais. Un mésocarpe pulpeux, fibreux, acidulé et sucré avec des graines (2 à 6 par fruit) forme le fruit connu sous le nom de tamarin, au couleur noir de jais.



Figure 18 : Fruits de tamarin
[<http://www.denelmartinique.com>]

Il provient du tamarinier (*Tamarindus indica*) de la famille des fabacées, un arbre de 10 à 20 m de hauteur, à croissance lente, à feuillage persistant avec des feuilles alternes paripennées, qui fructifie de Juin à Août et de Novembre à Février à Madagascar. La production en fruit dans l'île dépasse les 250 t par an, quantité encore faiblement valorisée industriellement.

La pulpe apparaît sous forme de pâte de consistance molle et gluante, de couleur brune noirâtre. Sa saveur acide est agréable quand elle est récente et s'altère en vieillissant [7]. Elle contient peu d'eau et beaucoup de glucides à raison de 31,4% et 62,5% respectivement suivant la composition nutritionnelle de la pulpe (Cf Annexe 7, page 94) [3].

a-3) Le sucre blanc

Il a pour principal objectif d'améliorer le goût du nectar. Il doit avoir une humidité inférieure à 2%. La quantité maximale de sucre ajouté autorisée est de 20% en poids par rapport au poids total du produit fini [3].

a-4) L'eau

L'eau est utilisée à des proportions bien déterminées pour le nectar, elle doit répondre aux qualités minimales d'une eau potable. Pour la fabrication de nos produits, l'utilisation d'une eau distillée assure cette condition.

a-5) Les additifs

Le seul additif utilisé dans le produit est le sorbate de potassium ou (E,E)-hexa-2,4,-diénoate de potassium ($C_6H_7O_2K$). C'est un conservateur de type organique possédant des propriétés antifongiques et qui inhibe le développement des levures ainsi que les bactéries aérobies. Cet additif ne présente aucun risque particulier sur la santé car il est assimilé et métabolisé par l'organisme [6].



Figure 19 : Sorbate de potassium (Cliché auteur, 2012)

b) Processus de fabrication

Le diagramme de fabrication du nectar de tamarin au Moringa est illustré dans la figure 20 et présente les différentes étapes suivantes.

b-1) Prétraitements

Après la réception des fruits, ils subissent les opérations suivantes :

Triage

Cette étape consiste à éliminer les débris et impuretés grossiers, et les fruits ne correspondant pas aux critères attendus comme le manque de maturité, la pourriture, et la présence de coques brisées dans le cas du tamarin. En général, les pertes constituent 5% du lot.

Lavage - égouttage

Cette opération permet d'éliminer les impuretés comme la terre, le sable, les résidus chimiques et les microorganismes superficiels. Elle peut se faire par aspersion d'eau ou bien par immersion dans une solution désinfectante à concentration déterminée, suivi d'un égouttage. Les pertes à cette étape constituent en moyenne 1% des fruits parés.

Parage

C'est l'opération qui permet d'éliminer les parties non comestibles ou indésirables du fruit, à savoir la coque, les fibres et les graines. Ces déchets représentent 45 à 50% des fruits parés.

En principe, il est inutile de faire blanchir le tamarin car ce sont des fruits qui ne se décolorent pas [3].

b-2) Broyage

C'est la méthode d'extraction du jus de la pulpe de tamarin. L'ajout d'eau est nécessaire avant l'opération. Elle peut se faire moyennant un mixeur ménager.

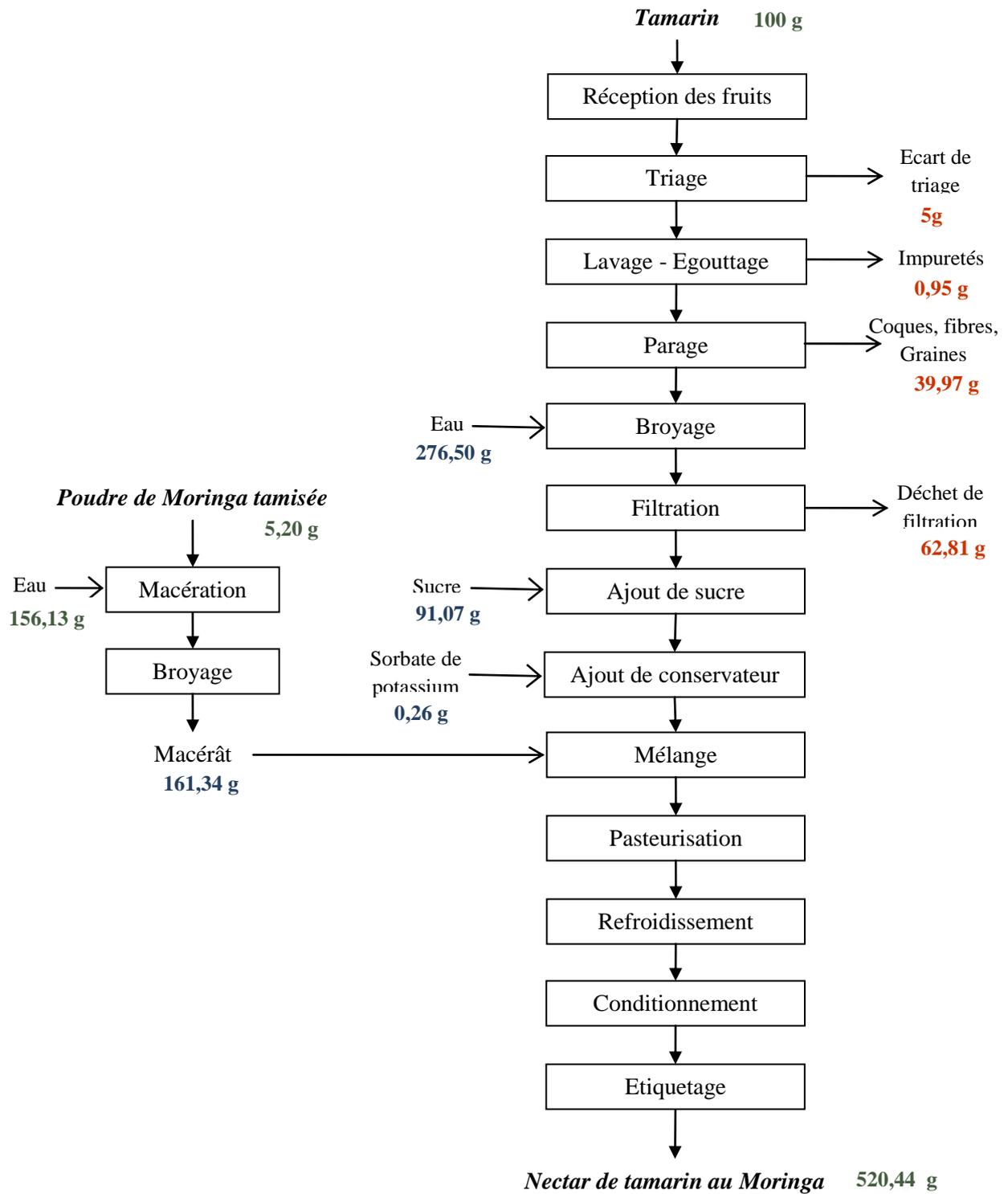


Figure 20 : Diagramme de fabrication de nectar de tamarin au Moringa

Remarques : Les pourcentages sont par rapport aux matières entrantes de l'étape.

b-3) Filtration

Après le broyage, cette étape de filtration est nécessaire pour obtenir un nectar limpide en enlevant les grosses membranes du broyat.

b-4) Ajout de sucre et ajout de conservateur

Le filtrat obtenu est additionné de sucre et de sorbate de potassium. Cette étape a pour objectifs de corriger le goût du produit et d'optimiser sa conservation par un agent chimique.

b-5) Préparation de la poudre de Moringa

Toujours dans le souci d'obtention d'une meilleure granulométrie (plus fine), la poudre de Moringa à utiliser va être macérée dans de l'eau durant une durée de 30 minutes pour imprégner les particules en eau et les fractionner facilement lors d'un broyage ultérieur.

L'ensemble est alors broyé et le broyat obtenu est ajouté avec les autres ingrédients.

Après ajout de ces différents ingrédients, ils sont mélangés et le produit y résultant prend une couleur marron foncée comparativement à celle du simple nectar de tamarin qui est plus claire.

b-6) Pasteurisation

C'est une opération ayant pour but de détruire par voie thermique la plupart des microorganismes, et en particulier les bactéries pathogènes non sporulées contenus dans un produit [40].

Elle se réalise en appliquant un couple de temps-température au produit, suivant une infinité de combinaisons, pour permettre d'atteindre un taux de réduction microbienne envisagée, c'est le barème de pasteurisation.

Pour optimiser au maximum la conservation des nutriments du Moringa, la pasteurisation devrait être d'une durée la plus courte et avec une température la plus basse possible, mais efficace.

Nous avons choisi d'utiliser un barème à 80°C pendant 10 minutes moyennant l'utilisation de bain-marie comme source de chaleur. Le produit est placé dans un bocal en verre, il faut 20 minutes de montée en température pour atteindre 80°C. C'est à partir de ce moment que les 10 minutes sont comptées et que la température de 80°C est maintenue.

b-7) Refroidissement

Après pasteurisation, le produit est refroidi jusqu'à obtention d'une température tolérable par son emballage primaire. A l'échelle de laboratoire, cette étape est assurée par immersion ou aspersion du bocal de pasteurisation avec de l'eau froide.



Figure 21 : Aspect du nectar de tamarin au Moringa (Cliché auteur, 2012)

b-8) Conditionnement et étiquetage

Dans le cas d'une production industrielle, le produit est conditionné quand la température supportable par son emballage est atteinte. Il est alors étiqueté et placé à la température ambiante avant la vente à l'étalage.

II.1.1.2. Formulation

a) Principe

La formulation permet de déterminer les proportions appropriées des différentes matières premières et ingrédients à utiliser pour parvenir à avoir un bon produit.

b) Matériels et méthodes

b-1) Matériels de formulation

♣ Matières premières et ingrédients

Les matières premières et les ingrédients utilisés pour la formulation du nectar de tamarin au Moringa sont ceux cités dans l'étude de procédé de fabrication.

♣ Equipements

Les équipements utilisés pour la formulation sont (*Cf Annexe 19, page 113*):

- Des récipients pour contenir les préparations ;
- Des tubes à essai pour une meilleure appréciation visuelle des échantillons ;
- Un mixeur pour le broyage ;
- Une balance électronique pour le pesage des ingrédients ;
- Une plaque chauffante comme source de chaleur pour la pasteurisation ;
- Une marmite pour le bain-marie ;
- Un thermomètre pour la mesure de température;
- Un filtre pour la clarification des moûts ;
- Des tamis à mailles très fines pour le tamisage de la poudre de Moringa.

b-2) Méthodes de formulation

Quantité d'eau

La quantité d'eau à ajouter dépend de la teneur minimale en jus et/ou purée de fruits des nectars de fruits (% v/v). Pour le fruit utilisé qui est le tamarin, la teneur en purée dans le nectar doit être de sorte qu'elle soit suffisante pour atteindre une acidité minimale de 0,5. Comme la détermination répétée de l'acidité du produit n'est pas accessible faute de moyens, nous avons procédé par tâtonnement sur la quantité d'eau à ajouter par un ratio [fruit/eau], en faisant en sorte que le liquide obtenu soit plus concentré et que sa couleur plus épaisse arrive à masquer la couleur verte du Moringa.

Taux de poudre de Moringa

Ce taux a un grand impact sur la qualité organoleptique du nectar. Plus il est grand, plus le produit devient désagréable, mais plus il apporte de nutriments.

Il faut donc déterminer la limite tolérée, organoleptiquement parlant, sur plusieurs essais : 0,5%, 1%, 1,5% et 2% par une analyse sensorielle préliminaire auprès de quelques collègues et du personnel du laboratoire.

Taux de sucre à ajouter

Le sucre présent dans le nectar final est apporté par la purée de fruits et par le sucre ajouté. Des essais d'addition avec plusieurs proportions par rapport au produit obtenu : 12,5%, 15% et 17,5% ont été effectués pour déterminer laquelle est adaptée à la fois pour masquer l'acidité du tamarin et pour améliorer le goût du nectar final. Une analyse de la saveur est donc nécessaire.

Doses en additifs

Selon la Norme générale pour les additifs alimentaires, la dose maximale de sorbate de potassium à utiliser dans le nectar ne doit pas dépasser les 0,1% soit 1000 mg pour 1kg de produit [14]. Une étude de stabilité à température de 45°C pendant une durée déterminée a été réalisée sur plusieurs proportions : 0,02%, 0,05% et 0,1% pour accélérer le vieillissement des produits et pouvoir choisir la dose adaptée. Un contrôle périodique de la couleur, de l'odeur et de l'aspect est alors nécessaire.

c) Résultats et discussions

Les résultats des essais de formulations sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Différentes formulations réalisées pour la conception du nectar de tamarin au Moringa

Caractéristiques	Composition	Caractéristiques	Sélection
Quantité d'eau	[1/7]*	Nectar trop visqueux	-
	[1/8]	Viscosité adaptée pour l'ajout de Moringa	+
	[1/9]	Nectar trop fluide pour l'ajout de Moringa	-
Teneur en Moringa	[1/8] + 0,5% Moringa	Nectar de bonne couleur et odeur	-
	[1/8] + 1% Moringa	Nectar de couleur et odeur acceptable	+
	[1/8] + 1,5% Moringa	Nectar de couleur et odeur désagréable	-
Taux de sucre à ajouter	[1/8] + 1% Moringa + 12,5% Sucre	Acidité du nectar fortement ressentie	-
	[1/8] + 1% Moringa + 15% Sucre	Acidité du nectar moyennement ressentie	-
	[1/8] + 1% Moringa + 17,5% Sucre	Acidité du nectar faiblement ressentie	+

* Ratio [fruit/eau]

+ : Retenue

- : Refusé

D'après ces résultats, la composition la mieux adaptée pour le nectar suit les conditions suivantes :

- L'utilisation d'un ratio [fruit/eau] de 1/8 : c'est-à-dire que pour une pulpe de 5kg, il faut ajouter 40kg d'eau. Mais 37% de cette eau est utilisée pour macérer la poudre de Moringa, et ce sont les 63% restants qui sont ajoutés à la pulpe avant le broyage ;
- L'apport de 1% de poudre de Moringa ;
- L'addition de 17,5% de sucre.

La dose en sorbate de potassium à utiliser dépend encore du résultat du test de stabilité en température d'étuve qui est présenté dans le tableau suivant :

Tableau IX : Résultats du test de stabilité des nectars à différentes doses de conservateurs

Jour	Couleur brunie			Odeur rance			Aspect		
	0,02%	0,05%	0,1%	0,02%	0,05%	0,1%	0,02%	0,05%	0,1%
0	o	o	o	o	o	o	D	D	D
15	+	+	+	+	+	+	D	D	D
30	++	++	++	++	++	++	D	D	D
45	++	++	++	++	++	++	DB++	DB+	FB+

o : absence ;
 + : faible intensité ;
 ++ : intensité moyenne ;

D : décantation ;
 DB+ : décantation avec apparition de petite quantité de bulles ;
 DB++ : décantation avec apparition de quantité moyenne de bulles ;
 FB+ : flottation avec apparition petite quantité de bulles ;

Avec les trois doses choisies, il y a brunissement de la couleur et apparition d'une odeur de rance le 15^{ème} jour, dont les intensités s'accroissent au 30^{ème} jour et restent les mêmes au 45^{ème} jour. La différenciation entre les trois doses n'est pas perceptible au niveau de la couleur et de l'odeur.

Au niveau de l'aspect, il y a toujours un phénomène de déphasage, c'est-à-dire que les particules du nectar décantent vers le bas quand il est laissé au repos. Pour les trois doses, ce phénomène reste stable même après 30 jours d'étuvage, sans aucune autre modification de l'aspect.

Après 45 jours, il y a toujours décantation pour les doses de 0,02% et 0,05% mais avec une apparition de bulles gazeuses à la surface du nectar montrant la présence de microbes. Pour la dose de 0,1%, il y a également apparition de bulles d'air à la surface ; mais au lieu d'une décantation des particules, ces dernières flottent à la surface.

D'après ces résultats, la dose de 0,1% ne convient pas au nectar car elle provoque un phénomène de flottation inhabituelle. Le choix se pose entre les doses 0,02 et 0,05% qui gardent le nectar stable. La dose la plus adéquate est choisie de la détermination des DLC des produits.

II.1.1.3. Calcul de rendement

Toute transformation présente inévitablement des pertes durant le processus. De ce fait, il est important de calculer le rendement à chaque opération pour définir les marges de perte et pour éviter les erreurs de précisions. Pour la fabrication du nectar de fruits au Moringa, les étapes définies sont : le triage, le lavage égouttage, le parage et la filtration.

a) Rendement après triage

La perte est due à l'élimination des débris, des impuretés grossiers, et les fruits ne correspondant pas aux critères attendus.

$$\mathbf{Rt = (fruit\ trié/fruit\ brut) \times 100}$$

En général, les pertes constituent 5% du lot. En moyenne est Rt donc de 95%.

b) Rendement après lavage - égouttage

La perte à cette étape est due à l'enlèvement des impuretés comme la terre, le sable, les résidus chimiques et les microorganismes superficiels.

$$\mathbf{Rl = (fruit\ trié/fruit\ brut) \times 100}$$

Cette perte ne constitue en moyenne que 1% des fruits triés, Rl est donc de 99%.

c) Rendement après parage

La perte à cette étape est due à l'élimination des parties non comestibles ou indésirables du fruit, à savoir la coque, les fibres et les graines.

$$\mathbf{Rp = (fruit\ paré/fruit\ trié) \times 100}$$

En moyenne, les déchets représentent 42,5% des fruits parés. Rp est donc de 57,5%.

d) Rendement après filtration

Les pertes y résultants constituent les déchets de filtration. Avant cette étape, la pulpe est additionnée d'eau (5,11 g d'eau pour 1g de pulpe). Le rendement en nectar à cette étape est très variable car il dépend de plusieurs facteurs comme la membrane filtrante et la pression exercée. Pour notre cas, l'utilisation d'un tissu préalablement stérilisé comme matériel de filtration et l'exercice d'une pression manuelle ont donné plusieurs rendements suivant la formule :

$$\mathbf{Rf = (Nectar\ filtré/broyat) \times 100}$$

Le rendement moyen après filtration Rf est alors de 81%. Les déchets de filtration avec les pertes de charges représentent donc à peu près 19% du poids du broyat à filtrer.

II.1.2. Test de vieillissement

Le test de vieillissement permet d'estimer la date limite de consommation d'un produit. Les protocoles de réalisation sont décrits par la norme NF V 01-003 du Février 2004.

a) Principe

Il consiste à se fixer un délai d'utilisation pour le produit. Une première analyse microbiologique des produits finis est effectuée puis ces produits seront conservés dans les conditions requises jusqu'au délai estimé. Arrivée à ce délai, une autre analyse est effectuée pour voir la stabilité des caractéristiques microbiologiques des produits.

b) Mode opératoire

- Estimer la DLC de votre produit à X jours,
- Faire « vieillir » le produit dans des conditions a priori défavorables : si le produit doit être conservé à température ambiante, le placer pendant X/3 jours à la température de 18-20°C puis pendant 2X/3 jours à la température de 35-40°C (produit oublié sur la plage arrière de la voiture du consommateur).

Les analyses microbiologiques ont été réalisées uniquement sur les flores fongiques car ce sont les microbes indicateurs d'altération des aliments. Pour être qualifiés de satisfaisants, la norme établie pour les flores fongiques concernant les nectars de fruits est de : inférieure à 10^2 UFC/g.

Le test a été réalisé sur deux doses de conservateurs pour déterminer leur efficacité et choisir la mieux adaptée pour le produit final.

c) Résultats et discussion

Les résultats du test de vieillissement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau X : Résultats du test de vieillissement des nectars de tamarin au Moringa à deux doses de conservateur

X (en jours)		Résultats	
		0,02%	0,05%
0		< 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
15	5 A	< 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
	5A +10 E	< 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
30	10 A	< 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
	10 A + 20 E	> 10^2 UFC/g	> 10^2 UFC/g
45	15 A	< 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
	15 A + 30 E	-	-
60	20 A	> 10^2 UFC/g	< 10^2 UFC/g
	20 A + 40 E	-	-

A : à la température ambiante

E : à la température de l'étuve 37°C

Pour X=15 jours, à l'issue des 5 jours à la température ambiante et plus les 10 jours à la température de l'étuve, le produit est satisfaisant avec les deux doses de conservateurs.

Pour X=30 jours, à l'issue des 10 jours à température ambiante, le produit reste satisfaisant avec les deux doses de conservateurs. C'est après la mise en étuve de 20 jours que les produits deviennent corrompus car les nombres d'UFC/g de flores fongiques pour les deux doses sont tous supérieurs aux critères.

Pour X=45 jours, seule l'analyse des produits placés à la température ambiante pendant 15 jours a été faite et elle est satisfaisante pour les deux doses de conservateurs. Il en est de même pour X=60 jours, seuls les produits placés à la température ambiante pendant 20 jours ont été analysés, mais à une différence que le produit ayant une dose de conservateur de 0,02% est jugé corrompu tandis que l'autre à 0,05% est satisfaisant.

L'analyse des produits mis en étuve, pour X=45 et X=60 jours, ne sera pas réalisée car elle donnera inévitablement un résultat non conforme.

D'après ces résultats, la DLC minimale du produit n'est que de X=15 jours après conditionnement et la dose de conservateurs choisie est de 0,05% car c'est la plus efficace. Cette durée est parfaitement normale puisque le produit est composé principalement d'eau et il est conservé à température ambiante.

Malgré la forte acidité du nectar, les microbes arrivent à se multiplier surtout dans des conditions qui leur sont favorables (étuvage à 37°C). Pour espérer augmenter cette DLC, une perspective de conservation du produit sous réfrigération est souhaitable afin d'inhiber la croissance des levures et des moisissures.

II.1.3. Analyse sensorielle du nectar de tamarin au Moringa

a) Principe

L'analyse sensorielle apparaît comme un outil nécessaire pour déterminer les caractéristiques intrinsèques des produits en faisant intervenir les organes de sens de l'homme [36]. Elle est divisée en deux parties :

- Une épreuve hédonique pour quantifier l'appréciation des consommateurs ;
- Une épreuve descriptive quantitative pour obtenir les profils sensoriels des produits.

b) Matériels et méthode

En analyse sensorielle, les outils utilisés sont des logiciels de traitements des données comme Microsoft Excel et XL Stat. Les éléments à considérer dans ce type d'analyse sont :

- le jury : les personnes choisies pour effectuer les dégustations selon le type d'analyse sensorielle ;
- le local : le lieu de déroulement des analyses sensorielles ;

- les échantillons : les produits assujettis aux analyses sensorielles ;
- le mode opératoire : la manière de procéder pour la réalisation des analyses.

Pour le nectar de tamarin au Moringa, l'analyse sensorielle s'est déroulée comme suit :

Tableau XI : Matériels et méthodes pour les analyses sensorielles du nectar au Moringa

Epreuve	Nombre d'échantillon	Types de sujets	Nombre	Mode opératoire	Echelle
Hédonique	1	Naïfs	114	Les sujets sont invités à donner leur impression sur le produit sur une échelle à 5 niveaux	1- Très désagréable 2- Désagréable 3- Ni agréable, ni désagréable 4- Agréable 5- Très agréable
Descriptive quantitative	1	Initiés (étudiants de l'IAA)	16	Les sujets sont invités à évaluer chaque descripteur de l'échantillon à l'aide d'une échelle d'intensité allant de 0 à 5	0- Absence 1- Seuil identifiable 2- Faible 3- Moyenne 4- Forte 5- Très forte

c) Résultats et discussions

c-1) Epreuve hédonique

Les résultats de l'analyse hédonique de l'échantillon de nectar de tamarin au Moringa sont présentés dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau XII : Résultats statistiques pour l'analyse sensorielle hédonique du nectar

Caractéristiques	Notes
Min	2
Max	5
Moyenne générale	3,67
Ecart type	0,71

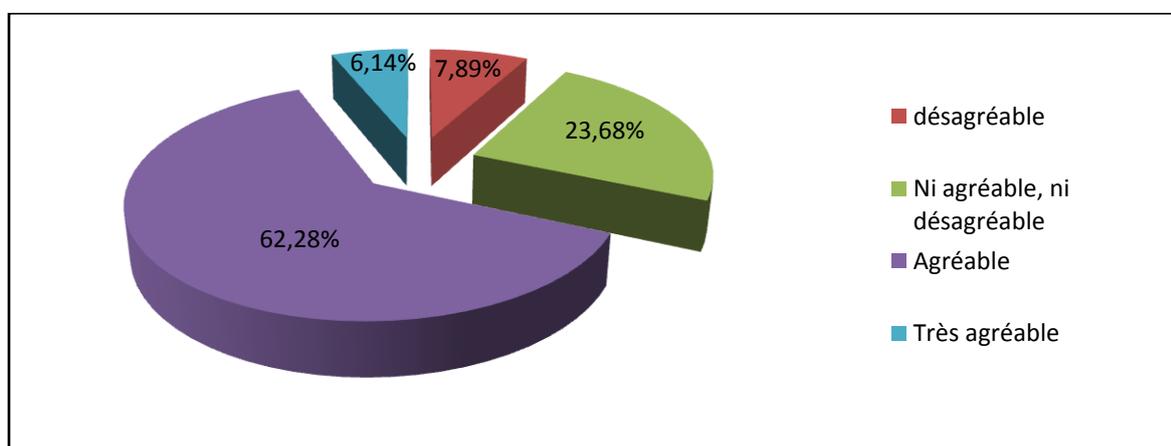


Figure 22 : Représentation graphique des différentes appréciations du nectar de tamarin au Moringa

Le produit a reçu une appréciation allant de désagréable à très agréable. Il a obtenu une moyenne générale de 3,67 soit entre ni agréable, ni désagréable et agréable.

62% des sujets, en majorité représentés par des personnes entre 20 et 30 ans, ont trouvé le produit agréable et uniquement 7,89% l'ont trouvé désagréable.

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que le nectar de tamarin au Moringa est apprécié par les consommateurs.

c-2) Epreuve descriptive

Le résultat de l'analyse descriptive du produit est résumé sous forme de toile d'araignée, représentant les moyennes des intensités des différents descripteurs, dans le graphe suivant :

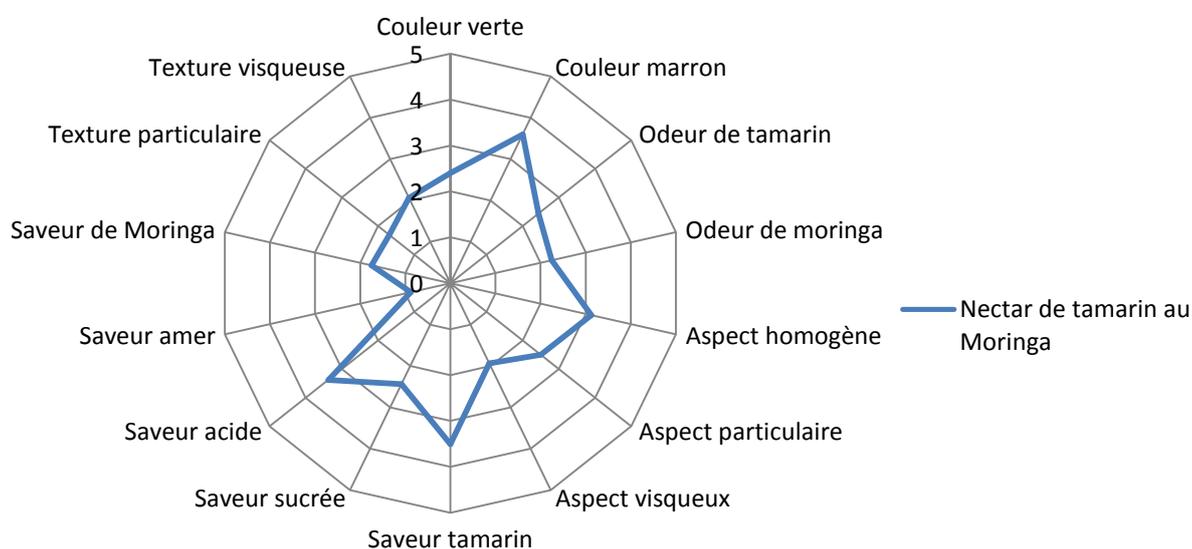


Figure 23 : Représentation graphique du profil sensoriel du nectar de tamarin au Moringa

D'après ce graphique, le nectar présente une couleur marron d'une intensité assez élevée et une couleur verte qui est faiblement perçue par les juges.

L'odeur de tamarin est faiblement perçue mais c'est sa saveur ainsi que l'acidité qu'il procure qui sont d'une intensité assez forte. L'odeur du Moringa est atténuée dans le nectar avec une faible intensité et sa saveur n'est perçue qu'à un seuil légèrement supérieure au seuil identifiable.

Concernant l'aspect visuel, le liquide est décrit comme moyennement homogène, faiblement visqueux et avec une faible présence de particules en suspension. Après dégustation, sa viscosité est perçue de la même manière que lors de l'examen visuel ; l'effet des particules sur la texture en bouche est très faiblement marqué.

II.1.4. Caractéristiques physico-chimiques du nectar de tamarin au Moringa

Ces caractéristiques permettront d'évaluer la qualité ainsi que la valeur nutritionnelle du produit final. Ils sont déterminés par des analyses physico-chimiques dont les paramètres à analyser sont établies par les institutions responsables dans les pays. Toutes les analyses, appartiennent à la détermination de la densité, ont été réalisées au laboratoire ACSSQDA.

Pour les nectars de fruit, les paramètres à analyser sont :

- L'extrait sec : qui s'agit de la quantité de matières sèches dans le nectar.
- Le pH : un indice caractérisant l'acidité ou la basicité du produit en tenant compte des ions hydrogène H⁺ de la solution. Pour les nectars, il doit être inférieur à 4,5 pour assurer une bonne conservation [25] ;
- La densité à 20°C : permettant de connaître la correspondance de poids sur volume du produit ;
- L'acidité en acide citrique : exprimant l'acidité par rapport à un acide de référence qui est l'acide citrique. Elle tient compte des acides dissociés (acides forts) et des acides faiblement dissociés, et influe principalement sur le goût du produit.
- La teneur en sucre réducteur et en saccharose : qui constituent les sucres totaux dans le nectar donnant un aperçu sur le goût et les réactions enzymatiques pouvant se passer dans le produit.

Le résultat des analyses effectuées sur le produit est alors présenté dans le tableau suivant (Cf Annexe 12, page 104) :

Tableau XIII : Résultats des analyses physico-chimiques du nectar de tamarin au Moringa

Caractéristiques	Valeurs
Extrait sec (en g/l)	228,32
pH	2,9
Densité à 20°C	1,08579
Acidité en acide citrique (en g/l)	14,0
Sucres réducteurs (en g/l)	71,42
Saccharose (en g/l)	71,82

D'après ces résultats, le teneur en extrait sec du nectar de tamarin au Moringa est de 228,32 g/l. D'après la densité du produit, la valeur du degré Brix peut être déduite comme étant égale à 21. Le pH, égal à 2,9, suit la norme pour assurer une bonne conservation. L'acidité en acide citrique de 14,0 g/l et la teneur en saccharose de 71,82 g/l témoigne de la forte saveur acide et du goût moyennement sucré du nectar.

II.1.5. Caractéristiques microbiologiques du nectar de tamarin au Moringa

Afin d'assurer la sécurité alimentaire des consommateurs, un produit doit passer à des analyses microbiologiques. Les germes à analyser sont celles indispensables pour la sécurité alimentaire, mais moyennant les possibilités du laboratoire microbiologique de l'HOMEOPHARMA, à savoir :

- La flore fongique : regroupant les levures et les moisissures qui sont des indicateurs d'altération du produit ;
- Le *Candida albicans* : l'espèce de levure la plus importante et la plus connue du genre *Candida* qui provoque des infections fongiques essentiellement au niveau des muqueuses digestive et gynécologique ;
- L'*Aspergillus niger* : un des champignons les plus connus du genre *Aspergillus* qui peut engendrer une otite externe invasive dont les conséquences peuvent aller de la perte définitive de l'audition au décès du patient
- Les Coliformes totaux : ce sont des entérobactéries fermentant le lactose (*Escherichia*, *Cetobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*). La présence de ces germes traduit une contamination fécale récente ou une recontamination après traitement.
- Les salmonelles : des entérobactéries du genre *Salmonella* qui provoque une toxi-infection alimentaire.

Le résultat des analyses microbiologiques du nectar de tamarin au Moringa est présenté dans le tableau suivant (Cf Annexe 13, page 106) :

Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques du nectar de tamarin au Moringa

Germes recherchés	Critères	Résultats
<i>Levures et moisissures</i>	< 10 ² UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Candida albicans</i>	ABS	ABS
<i>Aspergillus niger</i>	< 10 ² UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Coliformes totaux</i>	ABS	ABS
<i>Salmonelles</i>	ABS/25 g	ABS/25 g

D'après les résultats, le produit possède des caractéristiques microbiologiques correspondant aux normes imposées sur les nectars de fruits. Sa qualité microbiologique est donc satisfaisante.

II.1.6. Apport nutritionnel du nectar

La teneur en poudre de Moringa utilisée dans le nectar est de 1%. Le produit apporte donc 5 g de poudre pour une quantité de 500 g. Boire approximativement un demi-litre du nectar final parvient donc, à couvrir le besoin d'entretien en poudre de Moringa d'une personne en alimentation normale.

II.2. Conception des chips de pommes de terre au Moringa

II.2.1. Mise au point

Le but est également de mettre au point des chips, enrichies avec de la poudre de feuilles de Moringa, aptes à posséder des qualités physico-chimiques, microbiologiques, nutritionnelles et aussi organoleptiques acceptables.

II.2.1.1. Etude des procédés de fabrication

Une étude du procédé de fabrication est toujours nécessaire pour maîtriser la technologie et pouvoir mettre au point une ligne de production dans l'usine pilote.

a) Composition

a-1) La poudre de feuilles séchées de Moringa

La poudre est utilisée en intégralité, c'est-à-dire sans avoir subi aucune opération de tamisage.

a-2) La pomme de terre

La pomme de terre est issue d'une plante herbacée appartenant à la famille des Solanacées. Elle comprend des tiges principales à ports plus ou moins dressés ou étalés et des tiges secondaires petites et arrondies avec des bourgeons aériens plus ou moins abondantes.

Les feuilles sont alternes, disposées sur la tige suivant une phyllotaxie d'environ 2/5 de tour : elles sont de type composé et imparipenné avec des folioles simples et il peut y avoir des folioles secondaires, des folioles intercalaires et des foliolules.

Le système racinaire est fascicule. Il prend naissance au niveau de la base des germes et de façon moins importante au niveau des entre-nœuds des stolons. Les bourgeons souterrains des tiges émettent des stolons. Les tubercules, se formant aux extrémités des stolons, sont des tiges modifiées par accumulation des réserves et épaissement des entre-nœuds. Ils portent des bourgeons qui sont les sites de germination du tubercule [11].



Figure 23 : Tubercules de pommes de terre (Cliché Yahia Loukkal, 2010)

Ce sont les tubercules proprement dites qui constituent la pomme de terre. Elle renferme environ les trois-quarts de son poids en eau, une quantité élevée d'hydrates de carbone (sucres), un faible taux de substances azotées et très peu de lipides. Sa composition moyenne est donnée dans le tableau suivant [5] :

Tableau XV : Composition chimique des tubercules de pommes de terre [5].

Constituants	Valeurs moyennes (% de la matière fraîche)	Ecart
Eau	78,5	73 - 84
Matière sèche	21,5	16 - 27
Glucides totaux (sucres)	18,5	13 - 20
Protides	1,9	0,7 - 4,4
Lipides	0,1	0,02 - 0,96
Cendres	1,0	0,4 - 1,9

Les sucres représentent la partie la plus importante de la matière sèche du tubercule, les trois-quarts de celle-ci étant constitués par l'amidon (*Cf Annexe 8, page 94*).

a-4) Fécule de manioc

La fécule de manioc est l'amidon extrait des racines de manioc. Elle contient une faible teneur en matières secondaires et surtout en protéines par rapport aux autres amidons (pommes de terre, blé...). C'est un polymère de D-glucose avec deux constituants principaux : l'amylose et l'amylopectine.



Figure 24 : Fécule de manioc
(Cliché auteur, 2012)

Il a une structure chimique fortement hydrophile et présente donc un comportement intimement lié à sa teneur en eau. Au-delà de 55-60°C, en présence d'un excès d'eau, apparaît le phénomène irréversible de l'empesage ou gélatinisation. Le granule gonfle et les liaisons hydrogènes intramoléculaires sont rompues. Quand la température continue de s'élever, la viscosité se développe, le grain perd sa structure et les molécules d'amylose et d'amylopectine passent en solution colloïdale. Au cours du refroidissement, il y a formation d'un gel (gélification) puis recristallisation partielle du réseau macromoléculaire [9].

C'est cette propriété de la fécule qui est exploitée dans la fabrication des chips. En présence d'eau et sous une température élevée, elle permet d'assembler et de souder entre eux les différents ingrédients. Exposé à une température supérieure à 140°C, les cristaux d'amidon subissent un phénomène d'expansion qui a un grand impact dans la croustillance du produit final [13].

a-5) Le sucre et le sel alimentaire

Ils ont pour principal objectif d'améliorer le goût des chips. Il n'y a pas de quantité maximale ou minimale à respecter mais l'ajout dépend de l'impact sur le goût du produit.

a-6) Des arômes

Les arômes sont utiles pour optimiser la saveur du produit. Parmi ceux qui sont disponibles sur le marché et adaptés pour la fabrication chips, il y a l'arôme fromage.

Des essais d'incorporation d'épices ont été réalisés, mais ils n'ont d'impact sur la saveur du produit qu'à une certaine proportion assez élevée qui dégrade l'aspect du produit final. Les épices ont donc été enlevés comme ingrédient.

a-7) L'eau

L'eau est utilisée essentiellement comme agent de liaison entre les différents ingrédients du produit. Elle de la même qualité que celle utilisée pour la fabrication du nectar.

b) Processus de fabrication

b-1) Prétraitements

Il s'agit des opérations nécessaires pour la réduction de la pomme de terre en purée.

Triage

Cette étape consiste à éliminer les débris et impuretés grossiers, et les fruits ne correspondant pas aux critères attendus comme le manque de maturité et la pourriture.

Lavage - égouttage

Après leur réception, les tubercules de pommes de terre sont sales. Cette opération permet d'éliminer les impuretés comme la terre, le sable, les résidus chimiques, et les microorganismes superficiels et doit être suivi d'une opération d'égouttage. Généralement, ces pertes ne représentent que jusqu'à 1% du lot trié.

Cuisson

Les pommes de terre sont alors cuites de façon artisanale, dans un bain-marie de marmite d'eau bouillante qui les submerge complètement. La durée de cette cuisson dépend de la puissance de la source de chaleur et de la marmite utilisée, mais en général elle est comprise entre 30 et 45 min. Après cette étape, les tubercules perdent un peu d'eau.

Epluchage et réduction en purée

Les tubercules sont épluchées immédiatement après cuisson, ou jusqu'à obtention d'une température supportable par les mains du manipulateur. La chair est réduite en purée quand sa température reste encore élevée, ceci pour avoir une purée de meilleure qualité.

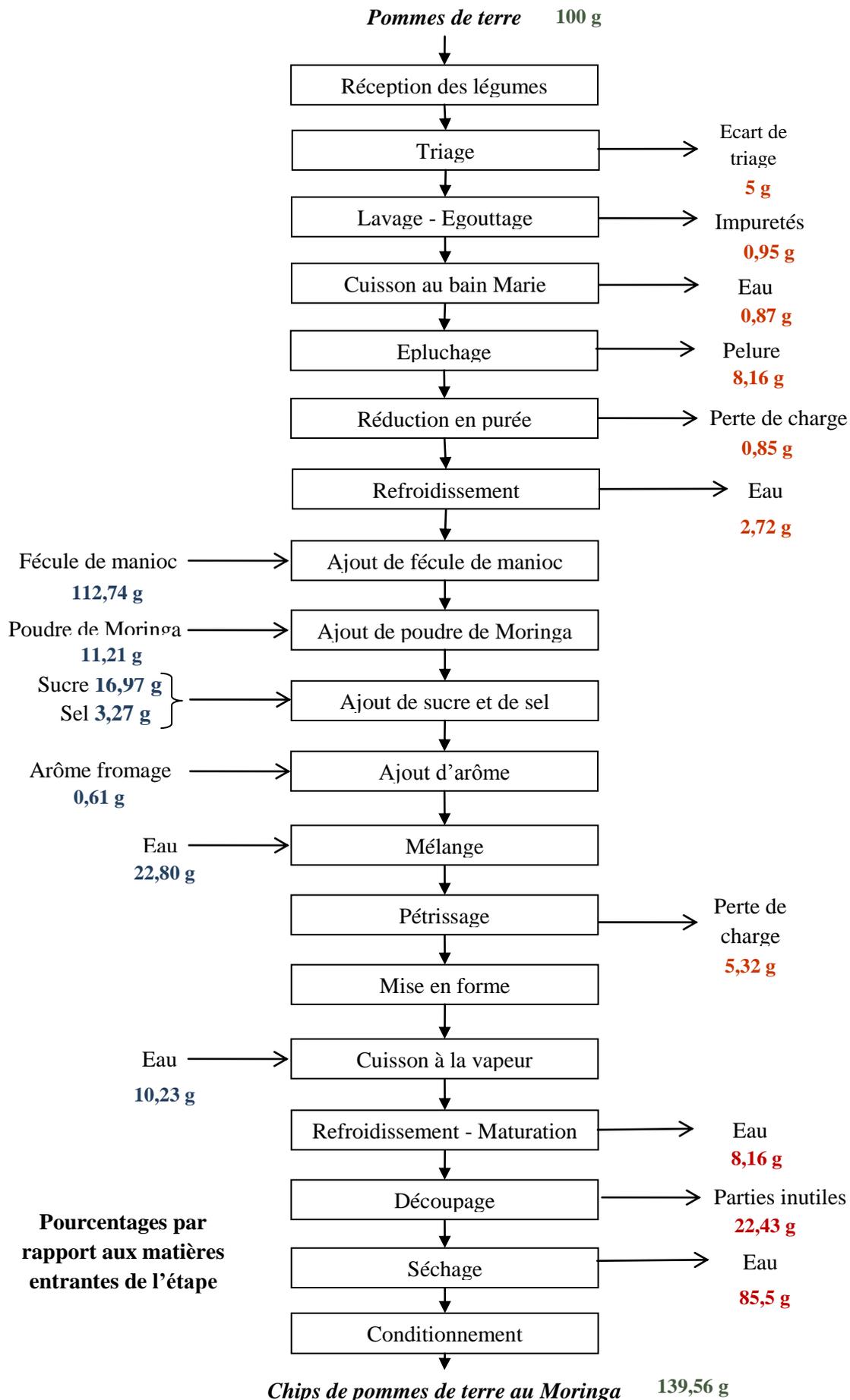


Figure 25 : Diagramme de fabrication de chips de pommes de terre au Moringa

Refroidissement

La purée obtenue est refroidie à la température ambiante jusqu'à obtention d'une température constante. Au fur et à mesure de cette étape, la purée perd du poids car il se dégage de la vapeur d'eau. Le poids se stabilise quand la température de la purée devient constante.

b-2) Ajout de fécule de manioc, de poudre de Moringa, de sel, de sucre et d'arôme

Quand la purée de pommes de terre est terminée, la fécule de manioc, la poudre de Moringa, le sel, le sucre et l'arôme sont ajoutés.

b-3) Mélange et pétrissage

L'ensemble est mélangé et forme une pâte non ferme. Cette pâte est alors pétrie manuellement durant une quinzaine de minutes et de l'eau est ajoutée progressivement jusqu'à obtenir une texture ferme et modelable.



Figure 26 : Pâte ferme et modelable

b-4) Mise en forme

La pâte est façonnée sous forme de boudin et placée sur des moules demi-cylindriques ; la partie inférieure de la pâte épouse la forme de la moule et la partie supérieure se trouve à l'air libre pour faciliter l'imprégnation ultérieure en vapeur d'eau de la pâte.



Figure 27 : Mise en forme de la pâte

b-5) Cuisson à la vapeur

La pâte est alors cuite par l'intermédiaire de vapeur d'eau à l'aide d'un cuiseur à vapeur adapté artisanalement. C'est là que se passe le phénomène de gélatinisation de l'amidon de la fécule et éventuellement de la purée. Pour assurer une bonne répartition de la vapeur d'eau tout le long du boudin, la durée de la cuisson doit durer entre 20 à 30 minutes selon la puissance de l'appareil utilisé.

Quand la fécule, de couleur blanche se gélatinise, il devient transparent. La pâte se prend alors en une couleur vert noirâtre due à la présence de Moringa.

b-6) Refroidissement et maturation

Après cuisson, la pâte est refroidie et laissée en maturation à l'air ambiant pendant une durée de 24 heures, le temps de laisser cristalliser l'amidon. Il y a une faible perte d'eau à cette étape.



Figure 28 : Boudin de pâte mûre (Cliché auteur, 2012)

b-7) Découpage

Après leur maturation, les boudins sont assez durs pour pouvoir être découpés en fines lamelles par l'utilisation d'une râpe ménagère. L'épaisseur des lamelles ne doit pas dépasser les 2 mm. Les parties inutiles, comme les deux extrémités du boudin, sont alors retirées.

b-8) Séchage

Les fines lamelles sont séchées pour rendre dur l'amidon cristallisé. Le séchage s'effectue à une température de 45°C pendant 24 heures, une grande quantité d'eau est alors perdue.

Ce sont les chips obtenues à cette étape qui sont conditionnées et vendues. Une étape de friture est toutefois incontournable auprès des consommateurs.



Figure 29 : Lamelles de chips séchées (Cliché auteur, 2012)

b-9) Friture

Les lamelles de chips sont prêtes à être frites à l'huile à une température supérieure à 140°C pour une bonne expansion de l'amidon. La friture des chips doivent se faire durant un laps de temps très court afin d'optimiser la conservation des nutriments du Moringa. Il faut augmenter la température pour diminuer le temps de friture, mais des températures trop élevées peuvent causer des mauvaises cuissons. Pour notre produit, l'optimal est de 200°C pendant 5 secondes.



Figure 30 : Lamelles de chips frites (Cliché auteur, 2012)

Après friture, la couleur vert-noirâtre des lamelles vire à une couleur plus ou moins beige. Lors de son expansion, l'amidon reprenne une couleur blanche et la purée devient jaune orangé.

II.2.1.2. Formulation du produit

a) Principe

La formulation permet de déterminer les proportions appropriées de différentes matières premières et ingrédients à utiliser pour parvenir à avoir un bon produit.

b) Matériels et méthodes

b-1) Matériels de formulation

♣ Matières premières et ingrédients

Les ingrédients utilisés pour la formulation des chips au Moringa sont : la poudre de feuilles séchées de Moringa, la purée de pommes de terre, la fécule de manioc, le sel, le sucre, l'arôme fromage et l'eau.

♣ Equipements

Les équipements utilisés pour la formation sont :

- Une balance électronique pour le pesage des ingrédients ;
- Une plaque chauffante comme source de chaleur pour les cuissons et la friture ;
- Une marmite pour la cuisson des pommes de terre et le bain-marie ;
- Des assiettes et des bols ;
- Une râpe ménagère pour découper les boudins ;
- Une étuve pour le séchage des lamelles de chips.

b-2) Méthodes de formulation

La matière principale est la purée de pommes de terre. Les proportions des différents ingrédients sont alors déterminées un par un en commençant par celui qui a le plus d'impact sur les caractéristiques du produit obtenu, à savoir :

- La proportion de fécule de manioc ;
- La proportion de poudre de Moringa ;
- La proportion de sel ;
- La proportion d'arôme ;
- La proportion de sucre.

Ces proportions sont celles obtenues par rapport au produit résultant du mélange des ingrédients, c'est-à-dire avant l'étape d'ajout d'eau et la cuisson à la vapeur de la pâte.

c) Résultats et discussions

Les résultats des essais de formulation des chips au Moringa sont résumés dans le tableau XVI. Seules les proportions donnant des meilleures caractéristiques sont choisies pour être utilisées avec le produit.

La composition de base pour obtenir des chips de bonnes caractéristiques organoleptiques est de :

Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel

A partir de cette composition de base, l'arôme et/ou le sucre peuvent être ajoutés pour améliorer la flaveur. Trois compositions ont ainsi été sélectionnées pour l'épreuve d'analyse sensorielle hédonique :

- Composition 1 : Purée + 50% Féculé + 5% Moringa + 1,5% Sel (Code C1) ;
- Composition 2 : Purée + 50% Féculé + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,27% Arôme (Code C2) ;
- Composition 3 : Purée + 50% Féculé + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,27% Arôme + 7,5% sucre (Code C3).

PARTIE II : Conception du nectar de fruits et des chips de pommes de terre enrichis en Moringa

Tableau XVI : Différentes formulations réalisées pour la conception des chips de pommes de terre au Moringa

Caractéristiques	Essai	Caractéristiques du produit obtenu	Sélection
Proportion de fécule de manioc	Purée seule	Non consistant	-
	Purée + 5% Fécule	Non consistant	-
	Purée + 10% Fécule	Faiblement consistant	-
	Purée + 20% Fécule	Faiblement consistant	-
	Purée + 30% Fécule	Moyennement consistant	-
	Purée + 40% Fécule	Moyennement consistant	-
	Purée + 50% Fécule	Consistant	+
Proportion de poudre de Moringa	Purée + 50% Fécule + 10% Moringa	Aspect et couleur très désagréable	-
	Purée + 50% Fécule + 7,5% Moringa	Aspect et couleur désagréable	-
	Purée + 50% Fécule + 6% Moringa	Aspect et couleur désagréable	-
	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa	Aspect et couleur acceptable.	+
Proportion de sel	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 2% Sel	Goût trop salé	-
	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel	Goût convenablement salé	+
Proportion d'arôme	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,2% Arôme	Arôme fromage faiblement perçu	-
	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,27% Arôme	Arôme fromage moyennement perçu	+
	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,33% Arôme	Arôme fromage fortement perçu	-
Proportion de sucre	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,27% Arôme + 10% sucre	Goût trop sucré	-
	Purée + 50% Fécule + 5% Moringa + 1,5% Sel + 0,27% Arôme + 7,5% sucre	Goût convenablement sucré-salé	+

+ : retenu

- : refusé

II.2.1.3. Calcul de rendement

Pour la fabrication des chips au Moringa, les étapes définies pour calculer le rendement, afin de définir les marges de perte et pour éviter les erreurs de précisions, sont : le lavage-égouttage, la cuisson au bain-marie, l'épluchage, la réduction en purée, le refroidissement de la purée, le pétrissage, le refroidissement-maturation, le découpage, et le séchage. Pour les trois compositions choisies, les résultats des calculs sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XVII : Résultats des calculs de rendement des pertes pour la fabrication de chips au Moringa

Étapes	Pertes	Rendements utiles			Rendements des pertes		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3
Triage	Débris – Fruits non conformes	95			5		
Lavage-égouttage	Impuretés	99%			1%		
Cuisson bain-marie	Eau	99%			1%		
Epluchage	Pelures	91%			9%		
Réduction en purée	Perte de charge	99%			1%		
Refroidissement de la purée	Eau	96%			4%		
Pétrissage	Perte de charge	98%			2%		
Refroidissement-maturation	Eau	98%	98%	97%	2%	2%	3%
Découpage	Parties inutiles	90%			10%		
Séchage	Eau	53%	53%	62%	57%	57%	38%

C1 : composition 1

C2 : composition 2

C3 : composition 3

II.2.2. Analyse sensorielle des chips au Moringa

Comme pour le nectar, l'analyse sensorielle des chips au Moringa est réalisée en deux épreuves :

- Une épreuve hédonique ;
- Une épreuve descriptive quantitative.

a) Matériels et méthodes

Pour les chips au Moringa, l'analyse sensorielle s'est déroulée comme avec le nectar, sauf pour certains points de l'épreuve hédonique :

- Nombre de sujets : 65 ;
- Nombre de niveaux de l'échelle d'appréciation : 7 dont :
 - 1- Très désagréable
 - 2- Désagréable
 - 3- Assez désagréable

- 4- Ni agréable, ni désagréable
- 5- Assez agréable
- 6- Agréable
- 7- Très agréable

- Nombre d'échantillon : 3 dont chacun est caractérisé par les compositions 1, 2 et 3 représentées respectivement par les codes C1, C2 et C3.

Un test de LSD de Fisher est réalisé pour permettre d'identifier le(s) échantillon(s) différent(s) significativement des autres. Il sert alors à analyser la différenciation des groupes avec un intervalle de confiance de 95%. En cherchant les moyennes de chaque produit, c'est celui qui est le plus apprécié par les sujets qui subit une épreuve descriptive pour obtenir son profil sensoriel.

b) Résultats et discussion

b-1) Epreuve hédonique

Les résultats de l'épreuve hédonique sur les chips au Moringa sont résumés dans les tableaux XVIII et XIX et la figure 29.

Tableau XVIII : Résultat de l'épreuve hédonique des chips au Moringa par un test de Fisher (LSD) par analyse de différences entre les groupes

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
C1 ~ C3	-1,400	-9,296	1,979	< 0,0001	Oui
C1 ~ C2	-0,246	-1,634	1,979	0,105	Non
C2 ~ C3	-1,154	-7,662	1,979	< 0,0001	Oui

Intervalle de confiance à 95% :

D'après ce tableau, l'appréciation de l'échantillon C3 est significativement différente de celles des échantillons C1 et C2. Les sujets ne trouvent pas de différences significatives d'appréciation entre C1 et C2.

Tableau XIX : Résultats de classement et regroupement des groupes non significativement différents

Modalités	Moyenne	Regroupements
C1	4,415	A
C2	4,662	A
C3	5,815	B

C1 et C2 appartiennent alors dans un groupe A, leur moyenne d'appréciation respective est de 4,415 et 4,662. C3 est le seul à appartenir à un groupe B car il est apprécié différemment des deux autres, avec une moyenne de 5,815.

Ce résultat fait de l'échantillon C3, le produit le plus apprécié des juges, sans aucune ambiguïté de choix avec les autres produits.

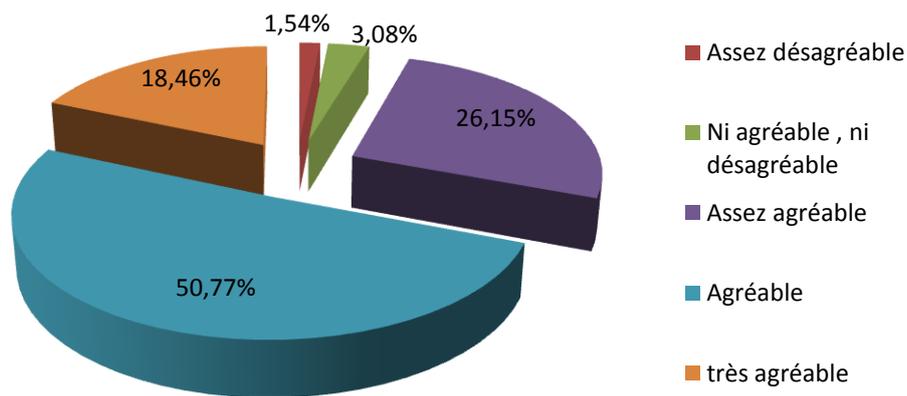


Figure 31: Représentation graphique des différentes appréciations des chips de pommes de terre au Moringa

Selon ce graphique, plus de 50% des sujets ont trouvé le produit C3 agréable et 18,46% très agréable. Ce qui reconferme le fait qu’il est apprécié par les consommateurs.

C’est l’échantillon C3 qui sera le seul à caractériser par les analyses qui suivent.

b-2) Epreuve descriptive

Le résultat de l’analyse descriptive de l’échantillon C3 est résumé sous forme de toile d’araignée dans le graphe suivant :

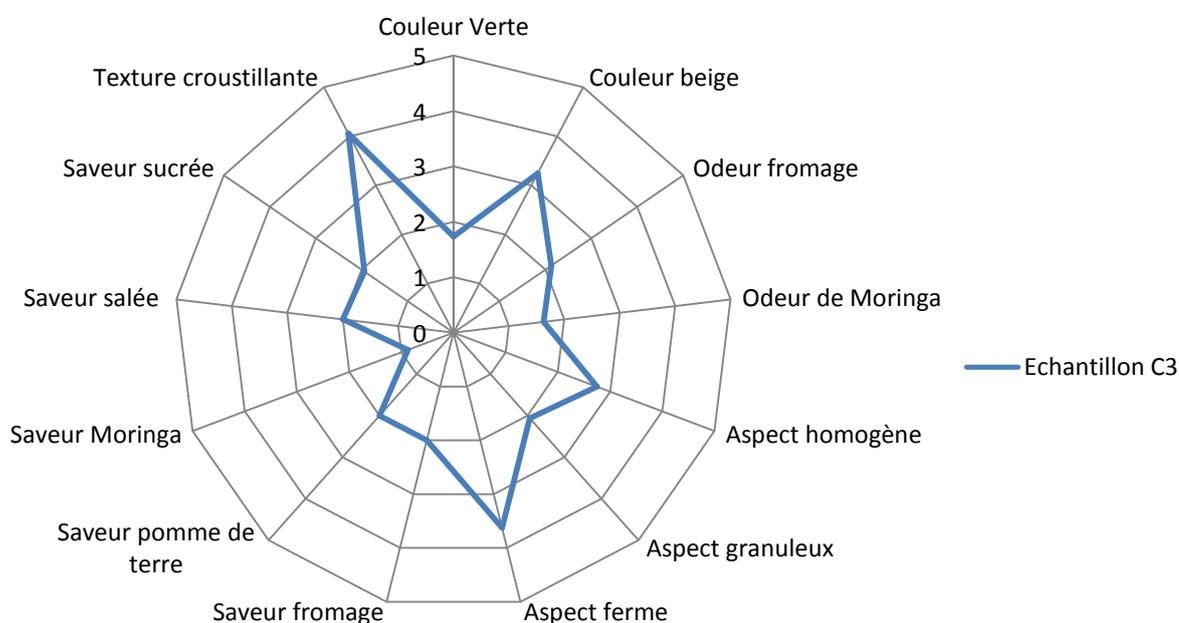


Figure 32 : Représentation graphique du profil sensoriel des chips de pommes de terre au Moringa

L’échantillon de chips C3 a un aspect très ferme et une texture bien croustillante.

La saveur et l'odeur du Moringa sont de très faible intensité, jusqu'à un seuil identifiable. La couleur verte de la poudre est faiblement perçue, c'est plutôt une couleur beige d'assez forte intensité, due principalement à la présence de la purée, qui caractérise les chips.

Par contre, les autres saveurs : sucrée, salée, de pommes de terre et de fromage sont identifiées mais faiblement.

L'observation visuelle montre que le produit présente un aspect faiblement granuleux à la surface et pas assez homogène.

II.2.3. Caractéristiques physico-chimiques des chips au Moringa

Ces caractéristiques sont déterminées par des analyses physico-chimiques dont certains paramètres à analyser sont également établies par les institutions responsables dans les pays comme l'ACSSQDA dans lequel les analyses ont été effectuées.

Pour les aliments de type des chips, ces paramètres sont :

- Taux d'humidité ;
- Acidité exprimée en acide sulfurique ;
- Teneur en protéines ;
- Teneur en lipides ;
- Teneur en glucides.

Ce sont les chips à l'état non frit, c'est-à-dire en absence de l'opération de friture finale qui ont été analysées.

Les résultats des analyses effectuées sur le produit sont alors présentés dans le tableau suivant (*Cf Annexe 12, page 104*) :

Tableau XX : Résultats des analyses physico-chimiques des chips au Moringa C3

Caractéristiques	Valeurs
Humidité (en %)	5,91
Acidité (% en H ₂ SO ₄)	0,049
Protéines (en %)	3,16
Lipides (en %)	Traces
Glucides (en %)	84,90
Valeur énergétique (en calorie/100g de produit)	352,24

Les chips ont un taux d'humidité très bas, à raison de 5,91%, cet élément est indispensable pour une bonne conservation du produit. Elles présentent une très faible acidité (0,049%) et des traces de lipides.

Le produit contient une très grande quantité de glucides, à raison de 84,90%, apportée essentiellement par l'amidon de la fécula. Les protéines représentent 3,16% du poids total, une teneur exclusivement due à l'apport en poudre de Moringa et, en faible partie à la purée de pommes de terre.

Par rapport à ces valeurs, 100g de chips possèdent une valeur énergétique de 352,24 Calories.

II.2.4. Caractéristiques microbiologiques des chips

Les chips au Moringa ont également subi des analyses microbiologiques pour assurer la sécurité alimentaire des consommateurs. Les germes à analyser sont :

- Les staphylocoques coagulase positif : qui sont responsable d'intoxications alimentaires ;
- *Salmonella* : qui provoque une toxi-infection alimentaire.
- Les Coliformes totaux ;
- Microorganismes à 30°C : dont la flore aérobie mésophile totale qui sont des indicateurs sanitaires.

Les résultats de ces analyses sont alors présentés dans le tableau suivant (Cf Annexe 13, page 106) :

Tableau XXI : Résultats des analyses microbiologiques des chips au Moringa C3

Germes recherchées	Critères	Résultats
<i>Staphylocoques coagulase positif</i>	< 10 UFC/g	10 ² UFC/g
<i>Salmonella</i>	ABS	ABS
<i>Coliformes totaux</i>	< 10 UFC/g	10 UFC/g
<i>Microorganismes à 30°C</i>	200 UFC/g	< 10 ² UFC/g

D'après ces résultats, la qualité du produit analysée est jugée satisfaisante selon les critères donnés.

II.2.5. Test de stabilité à température ambiante

Les chips de Moringa non cuites sont très fermes et possèdent un très faible taux d'humidité. Leur durée de vie devrait donc être très longue. Une étude de stabilité à température ambiante a été réalisée pour caractériser l'évolution organoleptique du produit, conditionné sous scellage, au cours du temps.

Jusqu'à une durée de trois mois, aucun changement organoleptique n'a encore été détecté. Une durée de vie d'au minimum trois mois caractérise donc le produit.

II.2.6. Apport nutritionnel des chips au Moringa

Par rapport au nectar, les chips au Moringa ont plus de valeur nutritionnelle car la teneur en poudre ajoutée est de 5%. Cette teneur est déterminée avant l'ajout d'eau et l'étape de cuisson à la vapeur. Or, à partir de cette étape, il y a des pertes d'eau lors de la maturation et du séchage. Cette valeur de 5% s'accroît, et à la fin de l'opération de séchage la teneur en Moringa dans le produit s'élève approximativement à 7,88%.

Pour les enfants de 1 à 3 ans mal nourris, manger 300 g de chips par jour recouvre l'apport recommandé en poudre de Moringa de 24 g comme complément alimentaire source de protéine, de minéraux et de certaines vitamines. Cette quantité arrive également à couvrir la totalité du besoin journalier en glucide pour toutes les catégories d'âge en activité réduite.

Le nectar de tamarin et les chips au Moringa peuvent être considérés comme des alicaments car ils constituent des aliments enrichis naturellement dont la consommation comporte des impacts médicaux positifs sur la santé.

II.3. Recommandations pour optimiser la production des produits

Dans le but d'une amélioration de la qualité et du rendement des produits, il faut avant tout optimiser la qualité des matières premières et surtout de la poudre de Moringa qui est achetée directement auprès de producteurs dont les procédés de fabrication n'ont pas été contrôlés.

Nous pouvons intervenir le plus en amont possible lors de la fabrication de la poudre en :

- Appliquant rigoureusement les différents paramètres (*Cf Paragraphe I.2.4.4, page 22*) ;
- Utilisant des matériels plus performant ;
- Exigeant une hygiène stricte vis-à-vis des producteurs.

Ainsi, non seulement la poudre sera meilleure organoleptiquement (couleur plus agréable, granulométrie plus fine avec des particules de diamètre inférieur à 0,125 mm dépassant les 23% pour optimiser la production de nectar), mais sa qualité microbiologique permettra de maximiser les dates limites de consommation des produits.

II.4. Conclusion partielle

La conception du nectar de fruits au Moringa a été initialement réalisée sur trois fruits dont le plus adapté à l'ajout de la poudre de feuilles séchées est le tamarin. Comme tout nectar de *fruits*, il est composé essentiellement d'eau ajoutée à des pulpes de tamarin avec d'autres

ingrédients comme la poudre de Moringa tamisée à des fins organoleptiques, du sucre et un additif conservateur, dont les proportions ont été sciemment étudiées pour n'obtenir à la fin qu'un produit à teneurs bien définies en composants. Les étapes fabrication suivent celles des nectars de fruits en général sauf au niveau de l'ajout de poudre de Moringa, préalablement macérée à l'eau pour améliorer sa granulométrie. Les analyses réalisées sur le produit ont démontré une appréciation agréable par un échantillon de consommateurs et des résultats satisfaisants les critères imposées au niveau physico-chimique, et au niveau microbiologique pour une DLC de 15 jours sans réfrigération.

La fabrication des chips ne présente qu'un très faible fondement théorique. La conception des chips au Moringa se base alors sur plusieurs recettes et bonnes pratiques de fabrication, tout en réalisant plusieurs types de technologie et diverses essais de proportions d'ingrédients. La synthèse de différentes techniques ne forme alors qu'un seul procédé de fabrication qui a aboutit à l'obtention de trois produits, différents entre eux par les ingrédients utilisés et leurs proportions, et dont le plus apprécié sera le seul destiné à la vente. Le produit choisi présente alors des caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques satisfaisantes avec un apport en Moringa de 7,88% largement supérieur à celui du nectar de tamarin de 1%.

**PARTIE III : INGENIERIE ET
EVALUATION ECONOMIQUE**

PARTIE III : INGENIERIE ET EVALUATION ECONOMIQUE

III.1. Etude de marché

Cette étude permet d'illustrer d'une part la place que pourra acquérir les produits par l'examen de l'offre par l'analyse de la concurrence, et d'autre part de déceler l'existence de consommateur par l'analyse de la demande.

III.1.1. Analyse de la concurrence

III.1.1.1. Nectar de tamarin au Moringa

Du point de vue national, les nectars de fruits sont inclus dans la catégorie des jus de fruits naturels avec les purs jus et les concentrés. Or notre produit est un nectar qui a la particularité d'avoir été enrichi avec de la poudre de Moringa qui augmente largement sa valeur nutritionnelle. L'analyse de la concurrence se porte donc sur le jus de fruits naturel en général et une catégorie de boissons qualifiées d'énergisantes.

Les nectars de fruits industrialisés répondant aux normes sont en majorité occupés par les produits étrangers. Il existe également les jus de fruits traditionnels et artisanaux qui se répandent sur le marché dont il est difficile de déterminer la catégorie de jus naturel à laquelle ils appartiennent à cause du manque de précision sur les proportions de fruits qu'ils utilisent.

Les jus de fruits étrangers sont surtout dominés par les produits arabes, sud africains et français. Les jus de fruits industriels locaux sont en majorité produits par Eoah et CODAL qui sont depuis peu les seuls produits pouvant faire concurrence avec les produits importés. Les boissons énergisantes quant à elles sont essentiellement importées, et dont les marques les plus connues sont « Dynamic » et « Boost ».

III.1.1.2. Chips au Moringa

Les aliments du type chips sont classés dans les catégories d'apéritifs salés [16]. Les chips au Moringa étant enrichies, il convient de les comparer à d'autres apéritifs ayant la même caractéristique. Cependant, des produits répondant à cette particularité n'existent pas localement, l'analyse porte donc sur les chips simples.

Les concurrents directs de notre produit sont les chips de type « chipette » ou chips aux crevettes fabriquées à partir de pommes de terre et de féculés additionnées d'arôme ou d'extraits de crevettes, qui ne sont que des fabrications locales par les sociétés TAF (récemment en arrêt de production) et L'Asiatic. Les concurrents indirects sont constitués par les chips de tranches de pommes de terre importées, représentées exclusivement par la marque « Pringles ».

III.1.2. Analyse de la demande

III.1.2.1. Matériels et méthodes

L'analyse s'effectue à partir d'une enquête en ligne d'un échantillon de la population sur la consommation des produits enrichis en feuilles de Moringa. Elle est réalisée à partir de questionnaires préétablis (Cf Annexe 9, page 95) qui seront remplis par les enquêtés.

L'objectif est de connaître le besoin et l'attitude du marché, par rapport au prix, à la qualité, à la quantité et à la marque.

III.1.2.2. Résultats

Dans l'ensemble, 34 enquêtés en ligne ont répondu au questionnaire. Les 44% représentent des hommes et les 56% des femmes ; 68% représentent des individus de 15 à 25 ans. Parmi ces sujets, 62% ont déjà consommé des aliments enrichis principalement pour obtenir plus de force et d'énergie pour leurs activités et secondairement pour un souci de santé et de nutrition. Les produits constituent en premier lieu les boissons énergisantes, et en second lieu les aliments usagers portant des indications « fortifié en » ou « enrichi en » comme les Corn Flakes, laits concentrés, biscuits, céréales, beurres... Ces produits sont en majorité importés et en général, les sujets ne les consomment qu'occasionnellement.

Les sujets achètent les aliments enrichis en premier lieu en fonction de leur marque, puis de leur prix, ensuite de leur efficacité et à la fin de leur composition. Pour nos produits, la marque HOMEOPHARMA sera un atout à prendre en compte par sa renommée dans tout l'île et même à l'extérieur ; les prix seront abordables suivant les budgets des consommateurs dont plus de 44% sont prêts à les augmenter de 5 à 10% pour l'achat des nouveaux produits ; et l'efficacité des composants ayant déjà été prouvée scientifiquement.

85% des enquêtés ont été intéressés par des boissons aux fruits naturellement enrichies en Moringa et 76% par les chips enrichies naturellement en Moringa principalement parce que ce sont des produits nouveaux, naturels, fabriqués localement et riches nutritionnellement.

III.1.3. Politique marketing

Le politique marketing utilisé est le « Marketing mix » également connu sous le nom des « 4 P » c'est-à-dire : Produit, Prix, Place (distribution) et Promotion (communication).

III.1.3.1. Produits

Il s'agit de voir les caractéristiques qui constituent des atouts pour les produits.

a) Qualités

En plus d'être de nouveaux produits à mettre sur le marché, nos produits enrichis possèdent plusieurs particularités qui font d'eux des produits de qualité :

- Appréciation des consommateurs avec une note de 3,67 sur 5 pour le nectar de tamarin au Moringa et de 5,81 sur 7 pour les chips au Moringa concernant l'analyse hédonique ;
- Caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques irréprochables suivant les critères des normes ;
- Richesse nutritionnelle par les caractéristiques des ingrédients mais surtout par l'ajout de poudre de feuille de Moringa.

b) Conditionnements

Ils sont réalisés à partir d'emballages qui ont une fonction première de protéger le produit mais aussi une fonction de présentation visant à retenir l'attention et à séduire l'acheteur [34].

Types d'emballages et quantité de produits

Pour le nectar, le contenant utilisé est une bouteille en polyéthylène de couleur blanche opaque de 25 cl ayant une forme attractive. Tandis que pour les chips, l'utilisation d'une gaine transparente thermosoudable est plus facile d'utilisation et adaptée à des produits qui nécessitent encore une préparation culinaire auprès des consommateurs. Les rondelles de chips sont alors conditionnées par paquets de 50 g dans une gaine de 13 cm de largeur.

Etiquette

L'étiquette assure une fonction de présentation mais surtout une fonction d'information associée à une servitude réglementaire d'exactitudes des renseignements donnés [34].

La conception est faite par référence aux normes du Codex Alimentarius tout en cherchant à donner un effet attrayant aux produits de ses concurrents. Les mentions obligatoires sont :

- La dénomination de vente ;
- La liste des ingrédients ;
- La quantité ou la contenance ;
- La date limite de consommation ou d'utilisation optimale selon le produit ;
- Adresse du fabricant.

Les mentions supplémentaires, c'est-à-dire pouvant ne pas être affichées, sont :

- Le mode d'emploi et de stockage
- L'image pour attirer l'attention des consommateurs qui ne doit pas induire en erreur concernant le produit lui-même ;
- Le logo du producteur ;
- Autres indications servant à véhiculer des informations, des concepts ou des publicités contribuant à la promotion de la qualité et de l'image des nectars de fruits.

Les modèles d'étiquettes ainsi que les produits finis prêts à la vente, pour le nectar de tamarin au Moringa et les chips au Moringa sont présentés dans les figures suivantes :



FACE

Figure 33 : Etiquette du nectar de tamarin au Moringa

DOS

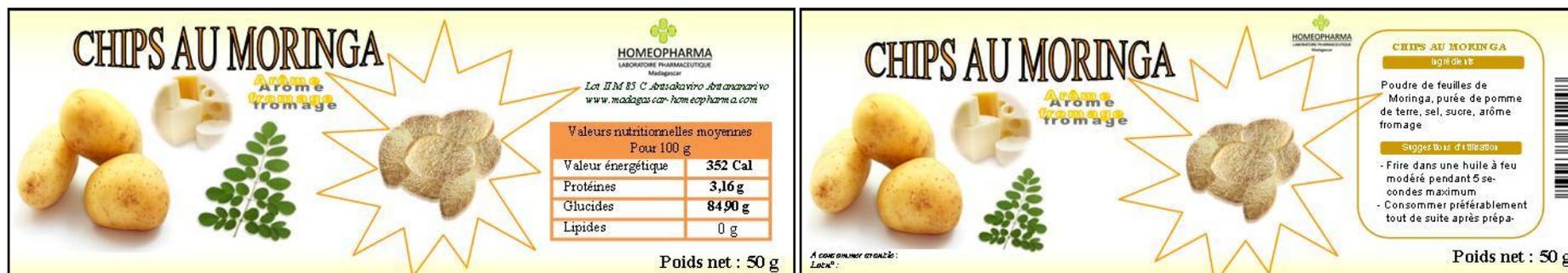


Figure 34 : Etiquettes des chips de pommes de terre au Moringa



Figure 35 : Nectar de tamarin au Moringa conditionné (Cliché auteur, 2012)



Figure 36 : Chips de pommes de terre au Moringa conditionnées (Cliché auteur, 2012)

III.1.3.2. Etude des prix

Il faut fixer des prix de lancement jugés abordables par la clientèle tout en prenant en compte la qualité des produits. Ces prix seront à peu près au même niveau que ceux qui se trouvent sur le marché, l'essentiel est d'obtenir un maximum de marché et de savoir fidéliser les consommateurs.

Cette étude prend en compte les différents éléments suivants :

- Prix des produits concurrents sur le marché local et international (produits biologiques) ;
- Type de la clientèle cible susceptible de consommer le produit ;
- Les charges affectées aux produits directes ou indirectes.

Les prix de quelques produits concurrents sur le marché sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XXII : Quelque prix de nectars de fruits et de chips sur le marché

Désignation	Marque	contenance	Prix (Ar)
Nectar orange	NECTAR	Brique de 11	4980
Nectar mangue		PET de 20cl	2380
Nectar mangue		Carton de 20cl	1380
Nectar mangue	ZING	Brique de 11	3590
Nectar goyave		Carton de 20cl	590
Nectar de goyave	CIDOU	Brique de 11	6500
Boisson énergisante	Dynamic	Canette 25 cl	1600
Boisson énergisante	Boost	Canette 33 cl	1700
Chips de tranches de pommes de terre	Pringles	Boite de 150 g	7000
Chips aux crevettes	L'Asiatic	Sachets de 50 g	1500

Par rapport aux prix de ces produits concurrents sur le marché, pour 25 cl de nectar de tamarin au Moringa, le prix de Ar 1200 a été fixé et pour les chips d'une quantité de 50 g, le prix de Ar 1000. Ces prix sont jugés abordables par rapport à la qualité de nos produits et à la clientèle ciblée représentée surtout par les populations jeunes de 15 à 30 ans.

III.1.3.3. Politique de communication

Afin d'attirer l'attention de la clientèle, la mise en exergue des caractéristiques et des atouts du produit est primordiale. Les moyens mis en œuvre sont alors : les mass-médias et la promotion de vente.

III.1.3.4. Place ou distribution du produit

Elle comprend les activités qui rendent les produits disponibles et accessibles sur le marché [17]. Pour nos produits, ces activités suivent celles appliquées par la société avec un circuit de distribution simple, allant de l'usine aux différentes agences puis aux points de vente réparties dans l'île.

III.2. Etude économique

III.2.1. Implantation d'une sous-unité dans l'usine de production

La production de nectar de tamarin au Moringa et de chips au Moringa est un projet à réaliser au sein de la société HOMEOPHARMA. Il nécessite alors la création d'une sous-unité de fabrication réservée à ces deux produits. En considérant qu'il existe déjà des locaux pour la mise en place de la sous-unité, il ne reste plus qu'à les aménager de façon à ce qu'ils conviennent mieux aux activités de production.

III.2.1.1. Proposition d'architecture

Etant donné que l'usine dispose déjà de bureaux administratifs, de salles de stockage des matières premières, des fournitures et des produits finis, les locaux de la sous-unité de production à créer ne sont réservés qu'à une activité de fabrication. Elle doit comporter au minimum :

- Une salle de réception et de préparation des matières premières ;
- Une salle de fabrication de nectar de tamarin au Moringa ;
- Une salle de fabrication de chips au Moringa.

Le plan de masse du local à aménager est décrit dans la figure suivante :

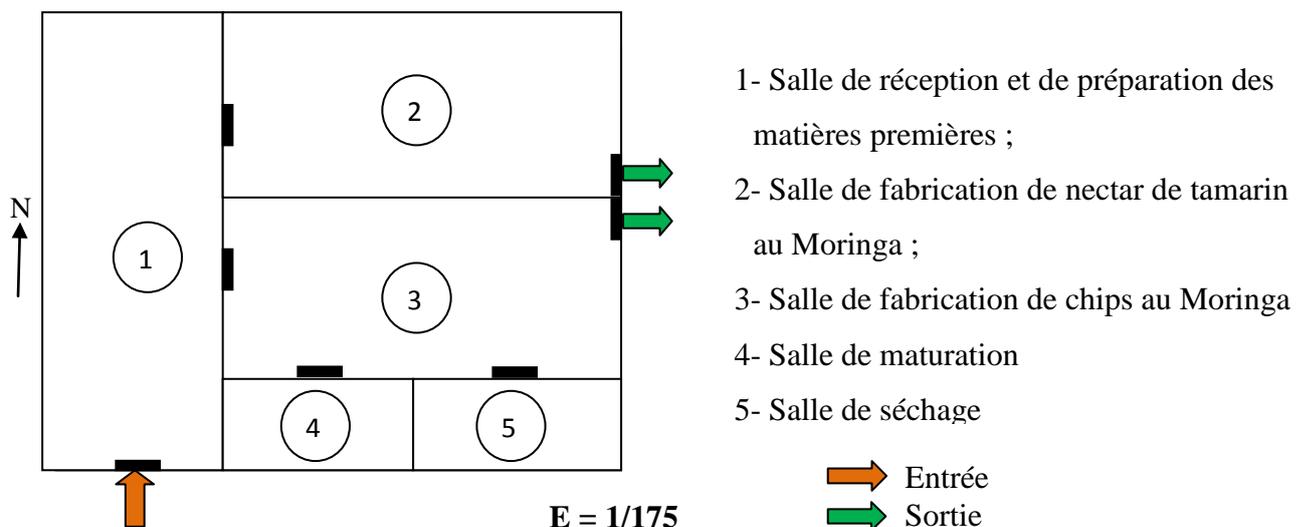


Figure 37 : Plan de masse de la sous-unité de production

III.2.1.2. Aménagement

Il s'agit de l'ensemble de réhabilitation des locaux (sol, mur, plafond, plomberie, installations électriques, etc.) avec les divers frais de construction. Il faut aménager les salles de façon à respecter une bonne hygiène de fabrication avec :

- Sol carrelé ;
- Mur carrelé jusqu'à 1,50 m du sol et le reste peint avec une peinture à l'huile blanc mate ;
- Paillasse en carreaux ;
- Plafonds en isorel lavable ;
- Portes et vitres en métal avec ou sans vitre ;
- Bouche d'aération avec filtre à air.

III.2.2. Etude sommaire de production

III.2.2.1. Capacité de production

La sous-unité peut traiter 15kg de tamarin par jour (en 8 h). Or le processus de fabrication du nectar à partir de l'obtention de la pulpe est d'à peu près 5 heures. Un cycle de production de nectar de tamarin au Moringa s'étale donc de deux journées et quatre cycles peuvent être réalisés en une semaine. Avec ces 15 kg de tamarin, nous pouvons obtenir 287 bouteilles de 250 ml du nectar par jour soit un équivalent de 59 696 bouteilles par année de douze mois de production (*Cf Annexe 16*).

Quant aux pommes de terre, la sous-unité peut en traiter 25 kg par jour. Le processus de fabrication de chips est de trois jours après obtention de la purée. Un cycle de production de chips dure donc quatre jours et uniquement deux cycles peuvent être réalisées en une semaine. Les 25 kg de pommes de terre correspondent à une production de 697 paquets de chips de 50 g par jour et 72 488 paquets par an (*Cf Annexe 17, page 111*).

Etant donné que les prévisions de vente de la première année de production est de 60% et la deuxième et troisième année, de 80% chacune, les objectifs de vente annuels sont alors résumés dans les tableaux XXIII suivant :

Tableau XXIII : Objectifs de vente de la sous-unité

Paramètres	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production (%)	60	80	80	100	100
Nectar de tamarin au Moringa	35 817	47 756	47 756	59 696	59 696
Chips au Moringa	43 492	57 990	57 990	72 488	72 488

III.2.2.2. Coûts sommaire de production

Il s'agit de voir les coûts des matières premières et des intrants réservés pour la fabrication d'unités de conditionnement d'un produit. Les tableaux XXIV et XXV résument alors les différents calculs sur les coûts de production.

Tableau XXIV : Prix de revient sommaire pour 250 ml de nectar au Moringa

Désignation	Quantité (g)	Prix (Ar/g)	Montant (Ar)
Eau distillée	225,65	0,40	90,26
Tamarin	52,16	1,20	62,59
Moringa	2,71	5,00	13,57
Sorbate	0,14	15,00	2,04
Sucre	47,50	2,25	106,64
Bouteille blanc opaque	1 unité	145,20	145,20
Etiquette	1 unité	12,00	12,00
Total pour 1 unité			432,30
Total pour 59 696 unités			25 806 634

Tableau XXV : Prix de revient sommaire pour 50 g de chips au Moringa

Désignation	Quantité (g)	PU (Ar/g)	Montant (Ar)
Pommes de terre	36,24	0,80	28,99
Fécule	40,83	4,40	179,66
Poudre	4,08	5,00	20,42
Sel	1,22	0,75	0,92
Sucre	6,12	3,00	18,37
Arôme	0,22	200,00	43,55
Eau distillée	8,17	0,40	3,27
Etiquette	1 unité	12,00	12,00
Gaine	1 unité	10,00	10,00
Total pour 1 unité			317,17
Total pour 72 488 unités			22 991 321

Le coût sommaire de production d'une bouteille de 25 cl de nectar de tamarin au Moringa est de Ar 432,30 soit une charge de production de Ar 25 806 634 par an et pour un sachet de 50 g de chips au Moringa Ar 317,17 soit Ar 22 991 321 par an. En somme, pour les deux produits, le coût annuel s'élève à Ar 48 797 955.

III.2.2.3. Recettes prévisionnelles

Compte tenu des prix des produits fixés lors de l'étude marketing, et des objectifs de vente, les recettes prévisionnelles totales sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau XXVI : Recettes prévisionnelles de la sous-unité (en Ar)

Paramètres	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production (%)	60	80	80	100	100
Production de nectar au Moringa	35 817	47 756	47 756	59 696	59 696
PU nectar au Moringa	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Recettes nectar au Moringa	42 980 400	57 307 200	57 307 200	71 635 200	71 635 200
Production de chips au Moringa	43 492	57 990	57 990	72 488	72 488
PU chips au Moringa	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Recettes chips au Moringa	43 492 000	57 990 000	57 990 000	72 488 000	72 488 000
Recettes totales	86 472 400	115 297 200	115 297 200	144 123 200	144 123 200

III.2.3. Frais généraux

III.2.3.1. Aménagement

Les différents coûts d'aménagement des différentes salles de fabrication sont résumés dans le tableau suivant (Cf Annexe 15, page 109) :

Tableau XXVII : Frais d'aménagement

Désignation	Montant (Ar)	Amortissement (Ar)
Sol	1 572 500	314 500
Mur	1 805 77	601 925
Plafond	517 500	172 500
Paillasse	269 500	53 900
Plomberie et installation électrique	320 100	88 420
Portes et fenêtres	2 045 000	681 667
Main d'œuvre	2 400 000	
TOTAL	8 930 375	1 912 912

Le coût total de l'aménagement des salles de fabrication est de Ar 8 930 375 pour des amortissements de Ar 1 912 912.

III.2.3.2. Immobilisation

a) Matériels de production

L'ensemble des matériels de production à acquérir dépend des procédés de fabrication des produits. Pour le nectar de tamarin au Moringa, il s'agit de :

- Broyeur – centrifugeur professionnel pour les opérations de broyage et de clarification du nectar ;
- Pasteurisateur pour la pasteurisation du nectar ;

- Operculeuse de bouteilles pour la mise en place de film thermosoudable sur le goulot des bouteilles assurant une étanchéité ;
- Petits matériels comme les cuvettes et les couteaux pour les prétraitements ;
- Tamis pour le tamisage des poudres de Moringa ;Balances pour les pesages ;
- Thermomètres pour le contrôle de la température
- Etiqueteuses pour le placement des étiquettes sur les bouteilles.

Pour les chips au Moringa, ces matériels de production sont constitués de :

- Séchoir pour le séchage des lamelles de chips ;
- Marmites et réchauds à gaz pour la cuisson au bain Marie des pommes de terre ;
- Pétrin pour le pétrissage de pâtes ;
- Presses purée électrique pour réduire facilement les pommes de terre cuites en purée ;
- Four à vapeur pour la cuisson à la vapeur des boudins de pâtes ;
- Découpeuses électriques pour le découpage des boudins mûres ;
- Petits matériels comme les cuvettes et les couteaux pour les prétraitements et les moules pour y placer les boudins avant la cuisson à la vapeur ;
- Thermomètre pour le contrôle de la température ;
- Thermosoudeuses pour le soudage des gaines de conditionnement et la mise en place des étiquettes.

La quantité de ces appareils avec leurs prix et leurs amortissements sont présentés dans le tableau XXVIII.

Tableau XXVIII : Coûts des matériels de production

Désignation	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)	Durée de vie (an)	Amortissement (Ar)
Broyeur - Centrifugeur	189 000	1	189 000	1	189 000
Pasteurisateur	1 064 932	1	1 064 932	10	106 493
Operculeuse	100 000	1	100 000	10	10 000
Séchoir	5 075 622	1	5 075 622	10	507 562
Marmite (20 l)	14 000	3	42 000	10	4 200
Pétrin (10 litres)	1 950 000	1	1 950 000	5	390 000
Presse purée électrique	60 000	2	120 000	1	120 000
Four à vapeur (24 l)	2 052 000	1	2 052 000	10	205 200
Cuvettes	2 000	8	16 000	1	16 000
Moules (demi-cylindrique)	3 000	25	75 000	10	7 500
Découpeuse électrique	79 000	2	158 000	10	15 800
Couteaux	1 000	15	15 000	1	15 000
Réchaud à gaz	50 000	3	150 000	10	15 000
Thermosoudeuses	30 000	2	60 000	10	6 000
Tamis (0,125 mm)	400 000	2	800 000	5	160 000
Balances	100 000	4	400 000	10	40 000
Thermomètre	50 000	2	100 000	10	10 000
Etiqueteuses	200 000	2	400 000	10	40 000
Total			12 767 554		1 829 855

b) Fournitures de bureau

Parallèlement à la fabrication, le bon déroulement d'un processus de production nécessite l'acquisition de fournitures de bureau pour une meilleure gestion de production. Ces matériels sont les outils informatiques comme les ordinateurs et les imprimantes, les chaises, les tables, les étagères, et les téléphones. Le tableau XXIX montre les besoins concernant ces fournitures avec les coûts divers.

Tableau XXIX : Coûts des fournitures de bureau

Désignation	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)	Durée de vie (an)	Amortissement (Ar)
Chaises	10 000	6	60 000	5	12 000
Tables	20 000	2	40 000	5	8 000
Téléphone	100 000	1	100 000	5	20 000
Etagère	30 000	1	30 000	5	6 000
Ordinateur	800 000	1	800 000	8	100 000
Imprimante	100 000	1	100 000	5	20 000
Total			1 130 000		166 000

III.2.3.3. Consommables

Ces sont les ressources qui n'entrent pas directement dans le processus de fabrication mais dont leur consommation dépend des volumes de production. Ils sont représentés par les matériels et produits d'hygiène, de nettoyage et désinfection, et les petits matériels de bureau.

Tableau XXX : Coûts de consommables

Désignation	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)
Blouses (unité)	10 000	50	500 000
Calots (unité)	1 000	50	50 000
Cache-bouches (unité)	1 000	50	50 000
Boîte de gants (500 pièces)	10 750	200	2 150 000
Gants de ménage (unité)	4 000	24	96 000
Sachet de coton (boite de 500g)	8 750	150	1 312 500
Alcool (1 litre)	5 600	416	2 329 600
Eau de Javel (1 litre)	510	78	39 780
Uniclean (1 litre)	2 200	312	686 400
Balais (unité)	5 000	12	60 000
Serpillières (unité)	1 000	24	24 000
Eponge (unité)	100	30	3 000
Torchon (unité)	600	48	28 800
Paille de fer (unité)	400	20	8 000
Encre pour imprimante (recharge cartouche)	5 000	12	60 000
Papier pour imprimante (1 rame)	8 000	6	48 000
Cahiers (100 pages – grand format)	1 200	10	12 000
Stylos (unité)	300	6	1 800
Règles (unité)	300	2	600
Gommes (unité)	300	2	600
Crayons (unité)	300	4	1 200
Total			7 462 280

III.2.3.4. Charges énergétiques et maintenance

Aucune unité de production ne fonctionne sans avoir recours à l'utilisation d'énergie. Pour notre part, ces charges constituent les dépenses relatives à la consommation d'eau et d'électricité à régler avec le JIRAMA, et les quantités en gaz et en pétrole utilisées étant donné que qu'un cycle de production de chips peut consommer en moyenne 2 kg de gaz pour la cuisson des pommes de terre et 20 litres de pétroles pour le séchoir.

La maintenance des appareils de production est également indispensable en cas de panne. On fixe à Ar 30 000 le coût d'une réparation et à 30 le nombre de réparations à effectuer en une année.

Le tableau suivant montre alors les différentes dépenses relatives à l'énergie et à la maintenance en une année :

Tableau XXXI : Coût des charges énergétiques et de maintenance

Désignation	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)
Electricité	-	-	1 200 000
Eau	-	-	300 000
Gaz (1kg)	7 200	208	1 497 600
Pétrole (1 litre)	2 000	2 160	4 320 000
Maintenance	30 000	30	900 000
Total			8 217 600

Les charges relatives aux dépenses énergétiques et à la maintenance en une année font donc un total de Ar 8 217 600.

III.2.3.5. Ressources humaines

La sous-unité à créer est considérée comme à moyenne échelle, l'effectif du personnel doit correspondre à cet effet. En plus d'un chef de production, il faut 8 ouvriers pour la fabrication de nectar de tamarin au Moringa et 8 pour celle de chips au Moringa, soit un total de 16 ouvriers. Les salaires sont déduits par rapport à ceux de la société en général. Les charges annuelles concernant les ressources humaines sont alors présentées dans le tableau suivant :

Tableau XXXII : Coût de rémunération du personnel

Désignation	Qualification	Salaire mensuel (Ar)	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)
Chef de production	Bacc + 4 et plus	600 000	7 200 000	1	7 200 000
Ouvriers	BEPC et plus	120 000	1 440 000	16	23 040 000
Cotisations sociales : OSTIE et CNaPS (14%)					4 233 600
Total					34 473 600

Les ressources humaines représentent donc une charge de Ar 34 473 600 par an.

III.2.3.6. Promotion et distribution

Les charges de promotion sont représentées par les coûts engendrés par la publicité. Les charges de distributions, quant à elles constituent les coûts de déplacement des véhicules

de transport des produits finis par achat de carburant. En moyenne, les charges de promotion mensuelles sont de Ar 300 000 et les charges de distribution de Ar 400 000. Le tableau XXXIII montre les charges engendrées une année.

Tableau XXXIII : Coûts de distribution et de promotion

Paramètres	Coûts mensuels (en Ar)	Coûts annuels (en Ar)
Charges de promotion	300 000	3 600 000
Charges de distribution	400 000	4 800 000
TOTAL		8 400 000

Les charges de promotion et de distribution sont donc de Ar 8 400 000 par an.

III.2.4. Evaluation financière du projet

III.2.4.1. Immobilisation

Les besoins en immobilisation sont la somme des coûts des divers matériels utilisés par la sous-unité et les coûts des aménagements des salles. Le coût total des immobilisations est résumé dans le tableau suivant :

Tableau XXXIV : Besoin en immobilisation de la sous-unité

Désignation	Coûts (en Ar)	Amortissement (en Ar)
Aménagement	8 930 375	1 912 912
Matériels de production	12 767 554	1 829 855
Matériels de bureau	1 130 000	156 000
TOTAL	22 827 929	3 898 767

La sous-unité a besoin d'une immobilisation de Ar 22 827 929 avec un amortissement de Ar 3 898 767.

III.2.4.2. Fond de roulement initial (FDRI)

Pour que la réalisation de ce projet soit pérenne, il faut prévoir un fond minimum non discutable afin que toutes les charges nécessaires soient liquidées sans avoir recours au bénéfice de l'entreprise.

La valeur à calculer du fond de roulement représente l'argent nécessaire pour faire marcher l'usine par mois, soit une durée de 30 jours dans une année comptable de 210 jours.

$$F.D.R.I = (\Sigma \text{Charges totales}) * \frac{30}{210}$$

Ces charges sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau XXXV : Charges totales de production

Désignation	Coûts (en Ar)
Production	48 797 955
Personnel	34 473 600
Distribution et promotion	4 800 000
Imprévus	3 600 000
Energie	2 580 752
TOTAL	102 329 053

En suivant la formule,

$$\text{FDRI} = \text{Ar } 30\,698\,716$$

Le FDRI propre de la production est évalué à Ar 30 698 716.

III.2.4.3. Capital investi (CI)

Le capital investi représente la somme de tout argent nécessaire à la réalisation et pérennisation du projet, c'est-à-dire la somme du fond de roulement, l'immobilisation et les consommables. Suivant cette formule,

$$\text{CI} = \text{Ar } 60\,988\,925$$

Le capital investi est donc évalué à Ar 60 988 925.

III.2.4.4. Charges décaissées

Ce sont les charges que la sous-unité doit prendre en main pour la réalisation intégrale de toutes les activités. Elles représentent la somme des charges totales de production et des consommables.

Les charges annuelles pour 5 ans sont figurées dans le tableau suivant :

Tableau XXXVI : Charges décaissées (en Ar)

Paramètres	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production (%)	60	80	80	100	100
Charges	61 397 432	81 863 242	81 863 242	102 329 053	102 329 053
Consommables	4 477 368	5 969 824	5 969 824	7 462 280	7 462 280
Charges décaissées	65 874 800	87 833 066	87 833 066	109 791 333	109 791 333

III.2.5. Etude de rentabilité du projet

III.2.5.1. Marge brute d'autofinancement (MBA)

C'est le résultat net prévisionnel obtenu par l'entreprise durant un laps de temps (5 ans) mais actualisé pour que le chiffre acquis soit réel. Le taux d'actualisation est de 10 % dans notre cas. Ce résultat est présenté dans le tableau XXXVII.

Tableau XXXVII : Cash flow (en Ar)

Eléments	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Niveau de production (%)	60	80	80	100	100
Recettes	86 472 400	115 297 200	115 297 200	144 123 200	144 123 200
Charges décaissées	65 874 800	87 833 066	87 833 066	109 791 333	109 791 333
Charges calculées	3 908 767	3 908 767	3 908 767	3 908 767	3 908 767
Résultats imposables	16 688 833	23 555 367	23 555 367	30 423 100	30 423 100
Impôts sur les bénéfices*	752 362	896 486	896 486	1 040 616	1 040 616
Résultats nets	15 936 471	22 658 881	22 658 881	29 382 484	29 382 484
Amortissement	3 908 767	3 908 767	3 908 767	3 908 767	3 908 767
MBA	19 845 238	26 567 648	26 567 648	33 291 251	33 291 251
(1+i)-n	0,91	0,83	0,75	0,68	0,62
MBA actualisée	18 039 322	21 944 877	19 960 274	22 737 925	20 670 538
MBA cumulée	18 039 322	39 984 199	59 944 473	82 682 397	103 352 935

*320 000Ar + 5% recettes

Jusqu'ici, les valeurs sont toutes positives pour les marges brutes calculées, l'autofinancement peut continuer, mais la rentabilité du projet n'est pas détaillée. Par contre, à l'aide des indicateurs financiers, les détails de cette rentabilité peut être estimée par les calculs de certains indices sous mentionnés.

III.2.5.2. Valeur nette actualisée (VNA)

C'est le résultat net de la différence des flux générés actualisés (MBA cumulée) et du capital investi (la somme de l'immobilisation et le fond de roulement). Elle est calculée d'après la formule suivante :

$$VNA = \sum_{i=1}^5 MBA_j (1 + t)^{-5} - Investissement = MBA \text{ cumulé} - C.I$$

D'après cette formule, la valeur de la VNA est de

$$VNA = \text{Ar } 42\,364\,010$$

La valeur de VNA est largement positive : l'entreprise est bénéficiaire, donc l'estimation de la rentabilité de cette implantation tient encore.

III.2.5.3. Indice de profitabilité (IP)

C'est le rapport net des flux générés actualisés (MBA cumulée) et le capital investi. Elle est calculée d'après la formule suivante :

$$I.P = \frac{\sum_{j=1}^5 MBA_j (1 + t)^{-j}}{C.I}$$

Le résultat pour notre sous-unité est de

$$I.P = 1,69$$

Cet indice montre que Ar 1 investi apporte Ar 0,69 de profit.

III.2.5.4. Délai de récupération des capitaux investis (DRCI)

Le D.R.C.I. est la date exacte de retour du montant du capital investi à partir de la commercialisation, autrement dit c'est le temps au bout duquel le cumule des MBA est égal au montant du capital investi. Par récapitulation, le capital investi évalué à Ar 61 876 305.

Eléments	Année 2	Année 3
Niveau de production (%)	80	80
Recettes	115 297 200	144 123 200
MBA cumulée	59 944 473	82 682 397

Ar 60 988 925

Par interpolation par rapport à l'année fonctionnelle correspondante de l'usine, la valeur fictive de récupération des capitaux investis est :

$$DRCI = 3,045934368$$

Soit la date exacte de :

$$DRCI = 3 \text{ ans et } 16 \text{ jours}$$

Donc, après 3 ans et 16 jours de fonctionnement, le capital investi revient.

III.3. Conclusion partielle

Le nectar de tamarin et les chips de pommes de terre au Moringa ont comme atout d'être des produits nouveaux. Bien que la concurrence sur les simples nectars de fruits et les chips semblent être importante, la qualification de nos produits comme étant des enrichis naturellement est un avantage pour leur ouvrir plusieurs voies du marché. Les prix de vente sont de Ar 1200 pour les nectars de tamarin au Moringa et de Ar 1000 pour les chips de pommes de terre au Moringa, coûts estimés abordables par les consommateurs et raisonnables par rapport à la concurrence. De plus, au minimum 75% des consommateurs enquêtés en ligne semblent être intéressés par nos produits.

Un projet de création d'une sous-unité de fabrication dans l'usine de l'HOMEOPHARMA est alors envisagé en aménageant des locaux annexes. L'évaluation financière montre que la sous-unité nécessite un capital investi de Ar 60 988 925 pour un fond de roulement de Ar 30 698 716.

Selon l'étude de rentabilité, le projet s'annonce prometteuse car il présente un indice de profitabilité de 1,69 pour une marge brute d'autofinancement de Ar 103 352 935. De plus le capital investi sera remboursé au bout d'une durée de 3 ans 16 jours de fonctionnement de la sous-unité.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Moringa oleifera est une plante appartenant à la famille monogénérique des Moringacées qui possèdent une croissance végétative extrêmement rapide et peuvent se développer à des conditions extrêmes de sécheresse. Il s'adapte à tout type de sol et se cultive facilement pour atteindre un rendement de 27 tonnes par ha de feuilles. C'est une plante multifonction dont les différentes parties présentent plusieurs vertus mais la plus importante reste la richesse nutritionnelle des feuilles pouvant rivaliser en termes de nutriments (protéines, vitamines, minéraux) par rapport à des aliments de référence.

La conception d'aliments dans lesquels les feuilles sont introduites est alors une alternative pour leur valorisation. En suivant, les critères et les conditions préétablies sur les nectars de fruits, du nectar de tamarin enrichi avec 1% de poudre de Moringa tamisée a été conçu suivant un processus de fabrication dérivé de celui d'un nectar de fruits simple. Les chips constituent également un aliment de valorisation des feuilles de Moringa dont la conception du produit à fortifier a nécessité plusieurs essais pour parvenir à obtenir une formulation adéquate de chips de pommes de terre enrichies avec 7,88% de Moringa.

Le nectar de tamarin et les chips de pommes de terre au Moringa issus de ces conceptions sont considérés comme des bons produits puisque leurs qualités physico-chimiques et microbiologiques sont satisfaisantes, et leurs qualités organoleptiques appréciées par les consommateurs. De plus, ce sont des nouveaux produits qui peuvent conquérir une large part du marché avec les particularités qu'ils apportent et les prix de vente de Ar 1200 pour les nectars de tamarin au Moringa et de Ar 1000 pour les chips de pommes de terre au Moringa qui sont largement abordables par les consommateurs ciblés.

L'étude économique d'une création d'une sous-unité dans l'usine de l'HOMEOPHARMA est profitable. Selon une évaluation financière, la sous-unité nécessite un capital investi de Ar 60 988 925 pour un fond de roulement de Ar 30 698 716. Avec une marge brute d'autofinancement de Ar 99 752 831, le projet présente un indice de profitabilité de 1,69 avec un remboursement du capital investi au bout d'une durée de 3 ans et 16 jours de fonctionnement.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

1. BESSE F ; 1996 ; L'Arbre du mois : *Moringa oleifera* Lam. Le Flamboyant; 40 : p 4-7.
2. DE SAINT SAUVEUR A, BROIN M. ; 2010 ; Produire et transformer les feuilles de Moringa ; Moringanews / Moringa Association of Ghana ; 69 p.
3. FAKAANTENAINA R. ; 2010 ; Formulation, fabrication et étude de conservabilité des nectars de fruits en bouteilles plastiques ; Mémoire de fin d'études pour le diplôme d'ingénieur ; Département IAA ; ESSA ; Université d'Antananarivo.
4. KERAUDREN-AYMONIN M. ; 1982 ; « *Moringaceae* ». Flore de Madagascar et des Comores, famille 85 ; Muséum national d'histoire naturelle ; Paris ; p 33-40.
5. MARTIN M., GRAVOUEILLE J.M. ; 2001 ; Stockage et conservation de la pomme de terre ; Institut technique des céréales et des fourrages ; Paris ; 88 p.
6. MULTON J.L. ; 2002 ; Additif et auxiliaire de fabrication dans les industries agroalimentaires ; Technique et documentation ; Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires 3ème édition, 746 p.
7. RAJERISON H. E. ; 1981 ; Contribution à la valorisation du fruit du Tamarinier ; Mémoire de fin d'études pour le diplôme d'Ingénieur ; Département IAA ; ESSA ; Université d'Antananarivo.
8. RASOARAHONA F.H. ; 2009 ; Mise au point d'une gamme de produits cosmétiques pour bébés et enfants ; Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome ; Option Industries Agricoles et Alimentaires ; ESSA
9. RASOLONDRALIBE M.N.A ; 2004 ; Essai de fabrication d'amidon à partir de manioc sec ; Mémoire de fin d'études pour le diplôme d'Ingénieur ; Département IAA ; ESSA ; Université d'Antananarivo
10. RATSIFERA A.N. ; 2004 ; Etude de la fraction lipidique des graines de *Moringa oleifera* de la région de Tamatave et conception d'une technologie semi-industrielle d'extraction d'huile ; Mémoire de fin d'études en Ingénieur ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecoles Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo
11. TIRILLY Y., BOURGEOIS C.M. ; 1999 ; Technologie des légumes ; Technique et documentation ; Collection Sciences & Techniques agroalimentaires ; Paris ; 558 p.

WEBOGRAPHIE

12. BOSCH, C.H. ; 2004 ; *Moringa oleifera Lam* ; Fiche de Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. ; PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas ; consulté le 23/03/12 sur <http://database.prota.org>.
13. CHENE C. ; 2004 ; Les amidons ; Journal de l'ADRIANOR ; consulté le 18/06/12 sur : <http://www.adrianor.com>
14. CODEX ALIMENTARIUS ; Norme générale pour les additifs alimentaires ; Codex Stan 192-1995 ; consulté le 15/03/12 sur <http://www.codexalimentarius.org>
15. CODEX ALIMENTARIUS ; Norme générale pour les jus et les nectars de fruits ; Codex Stan 247-2005 ; consulté le 15/03/12 sur <http://www.codexalimentarius.org>.
16. Encyclopédie libre Wikipédia ; Chips ; consulté le 30/07/12 sur <http://fr.wikipedia.org>
17. Encyclopédie libre Wikipédia ; Marketing ; consulté le 30/07/12 sur <http://fr.wikipedia.org>
18. FOIDL N., MAKKAR H.P.S., BECKER K. ; 2001 ; Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie ; Potentiel de développement des produits du Moringa, Dar es Salaam, Tanzanie ; consulté le 13/12/11 sur <http://www.Moringanews.org>
19. JAHN S.A., MUSNAD H.A., BURGSTALLER H.; 2003 ; L'arbre qui purifie l'eau: Culture de *Moringa spp.* au Soudan ; La génétique et les forêts de l'avenir ; Archives de documents de la FAO ; Département des forêts ; consulté le 07/02/12 sur <http://www.fao.org>
20. JED W., FAHEY S.D.; 2005 ; *Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1; Johns Hopkins School of Medicine, Department of Pharmacology and Molecular Sciences; consulté le 11/01/12 sur <http://www.bib.fsagx.ac.be>
21. KOKOU K., JOËT T., BROIN M., AIDAM A.; 2001 ; Recherches sur la culture de *Moringa oleifera Lam.* au Togo ; Cahiers Agricultures. Volume 10 ; Laboratoire de botanique et écologie végétale, Faculté des sciences, Université du Bénin ; consulté le 30/03/12 sur <http://www.jle.com>
22. LOWELL F. J. ; 2001 ; L'Arbre Miracle ; Church World Service Dakar Sénégal, consulté le 02/08/12 sur <http://www.Moringabenin.org>

23. MAHMOOD K.T., MUGAL T., HUQ I.U.; 2010 ; *Moringa oleifera*: a natural gift-A review ; Journal of pharmaceutical science and research 2(11) : p775--781; consulté le 20/05/12 sur <http://www.jpsr.pharmainfo.in>
24. MUNYANZIZA, E. ; 2007 ; *Moringa drouhardii* Jum. ; Fiche de Protabase. van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. ; consulté le 17/16/12 sur <http://database.prota.org>
25. NOUT R., HOUNHOUGAN J. D., VAN BOEKEL T. ; 2003 ; Les aliments: transformation, conservation et qualité ; Edition Backhuys Publishers&CTA ; 268p ; consulté le 17/03/12 sur <http://www.anancy.net>
26. OLSON M.E., RAZAFIMANDIMBISON S.G. ; 2000 ; *Moringa hildebrandtii* (Moringaceae): a tree extinct in the wild but preserved by indigenous horticultural practices in Madagascar ; ADANSONIA, série 3 ; consulté le 24/05/12 sur <http://www.mnhn.fr>
27. PHILIPPE ; 2008 ; *Moringa drouhardii* Jumelle 1930 ; in Annales de l'Institut Botanico-Géologique Colonial de Marseille ; consulté le 18/02/12 sur <http://www.cactuspro.com>
28. PRICE M.L.; 2007 ; The Moringa tree ; Echo Technical Note ; Durrance Road, North Fort Myers, USA; consulté le 25/07/12 sur <http://www.echonet.org>
29. RAJANGAM J., AZAHAKIA MANAVALAN R. S., THANGARAJ T., VIJAYAKUMAR A., MUTHUKRISHAN N.; 2001 ; Production et utilisation du Moringa en Inde du Sud : la situation actuelle ; Potentiel de développement des produits du Moringa, Dar es Salaam, Tanzanie ; consulté le 03/12/12 sur <http://www.Moringanews.org>
30. RAMACHANDRAN C., PETER K.V., GOPALAKRISHNAN P.K.; 1980 ; Drumstick (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Indian Vegetable ; Economy and biology ; p 276-283 ; consulté le 22/04/12 sur <http://www.springerlink.com>
31. REBECCA H., MIDCAP S., ARBAINSYAH, DE WITTE L.; 2006 ; *Moringa oleifera* , medicinal and socio-economic uses ; Herbarium Leiden, the Netherlands ; consulté le 22/06/12 sur <http://www.rubyrockbookstore.com>
32. SAQALLI M. ; 2002 ; *Moringa oleifera* ; Les essais en Tanzanie ; consulté le 18/03/12 sur <http://www.plantbyplant.com>
33. YANG R-Y. CHANG L-C., HSU J-C., WENG B.B.C., PALADA M.C., CHADHA M.L., LEVASSEUR V. ; 2006 ; Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa : Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et

à la santé ; Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique. Accra, Ghana ; consulté le 29/01/12 sur <http://www.Moringanews.org>

SUPPORT DE COURS

34. RAMAROSON J.B. ; 2010 ; Emballages et conditionnement ; Cours 4ème Année ; Département IAA ; ESSA ; Université d'Antananarivo
35. RAMAROSON, J. B. ; 2011 ; Ingénierie Agro-alimentaire ; cours 5ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo
36. RANDRIATIANA, R. ; 2010 ; Analyse sensorielle ; cours 4ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo
37. RANDRIATIANA, R. ; 2011 ; Technologie de transformation des fruits et légumes ; cours 5ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo
38. RAONIZAFINIMANANA B. ; 2010 ; Français technique ; cours 4ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo
39. RAONIZAFINIMANANA B. ; 2010 ; Méthodes d'Analyse et de Contrôle I ; cours 4ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo
40. RASOARAHONA J.R.E ; 2011 ; Génie Industrielle et Alimentaires : les opérations unitaires ; Cours 5ème année IAA ; ESSA ; Université d'Antananarivo
41. RAZAFIMBELO, F. ; 2011 ; Conception et réalisation de projet ; cours 5ème année, IAA, ESSA, Université d'Antananarivo

PARTIES EXPERIMENTALES

PARTIES EXPERIMENTALES

Partie expérimentale I : Mesure de pH

1. Matériel ;
 - pH - mètre
2. Mode opératoire
 - Rincer la sonde du pH-mètre puis l'étalonner avec une solution tampon pH=7
 - Mesurer le pH de l'échantillon

Partie expérimentale II : Détermination de la teneur en eau (% Humidité)

1. Matériels :
 - Capsule en verre
 - Etuve
 - Dessiccateur
 - Balance de précision
2. Mode opératoire
 - Peser 10g d'échantillon dans une capsule préalablement tarée
 - Porter à l'étuve pendant 6 heures de temps à 100°C
 - Laisser refroidir dans un dessiccateur
 - Peser la capsule contenant l'échantillon étuvé après refroidissement

La valeur du pourcentage d'humidité s'obtient par la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = (m_i - m_f) \times 10$$

m_i : masse de la capsule contenant le produit de départ (g) ; (échantillon de 10g)

m_f : masse de la capsule contenant le produit séché à l'étuve (g) ; ($m_f < m_i$)

Partie expérimentale III : Détermination de l'acidité

1. Matériels :
 - Pipette graduée
 - Erlen Meyer
2. Mode opératoire
 - Prendre 10ml et étendre à environ 100ml avec eau distillée.
 - Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine

- Titrer avec hydroxyde de soude 0.1N jusqu'à apparition de coloration rose pertinente. Relever la Chute de Burette (CB)

L'acidité est donnée par la formule

$$\%A = CB \times f$$

0,07 : facteur de conversion pour l'acide citrique.

Partie expérimentale IV : Détermination de la teneur en Sucre réducteurs

1. Matériels

- Bêcher
- Ballon et barreaux rotatifs
- Pipette graduée
- Eprouvette graduée
- Balance de précision

2. Mode opératoire

- Mélanger 10g de l'échantillon avec 50ml d'eau distillée ;
- Doser la solution avec 10ml de Liqueur de Fehling (Scc A + Scc B) • Relever la Chute de Burette (CB)

La teneur en sucres réducteurs est donnée par la formule

$$\%SR = 25/CB - \%SR \times 0,95$$

Partie expérimentale V : Détermination de la teneur en Saccharose

1. Matériels

- Bêcher
- Ballon et barreau rotatifs
- Pipette graduée
- Eprouvette graduée
- Balance de précision

2. Mode opératoire

- Mélanger 10g de l'échantillon avec 50ml d'eau distillée
- Prendre 40ml de cette solution et y ajouter quelques gouttes de H₂S₄ pur
- Chauffer à reflux la solution pendant 15 minutes et puis filtrer
- Ramener le filtrat à 100ml avec de l'eau distillée

- Doser la solution avec 10ml de Liqueur de Fehling (Scc A + Scc B)
- Relever la Chute de Burette (CB)

La teneur en saccharose est donnée par la formule

$$\% \text{ Saccharose} = (125/\text{CB} - \% \text{SR}) \times 0,95$$

Partie expérimentale VI : Dosage des protéines (dosage de la matière azotée totale par méthode de KJELDHAL)

1. Réactifs

- Sulfate de potassium p.a.
- Catalyseur : oxyde cuivrique (CuO) p.a. ou sulfate cuivrique cristallisé (CuSO₄, 5H₂O) p.a. ou mercure ou oxyde mercurique (HgO)p.a.
- Zinc p.a. en granulés
- Acide sulfurique p.a. d=1,84
- Acide sulfurique 0,1N
- Acide sulfurique 0,5N
- Indicateur rouge de méthyle : dissoudre 300 mg de rouge de méthyle dans 100ml d'éthanol à 95-96% (v/v)
- Solution à 40% (p/v) d'hydroxyde de sodium
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,1N
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,25N
- Solution saturée de sulfate de sodium p.a.
- Solution à 8% (p/v) de thiosulfate de sodium, Na₂S₂O₂, 5H₂O p.a.
- Pierre ponce en graine, lavée à l'acide chlorhydrique et calcinée

2. Matériels

- Appareil à minéralisation et à distillation selon KJELDAHL

3. Mode opératoire

Minéralisation

- Peser, à 1mg près, 1g de l'échantillon et introduire la prise d'essai dans le ballon de l'appareil à minéraliser

- Ajouter 10g de sulfate de potassium, une quantité appropriée de catalyseur (0,3 à 0,4g d'oxyde cuivrique ou 0,9 à 1,2g de sulfate cuivrique ou une goutte de mercure ou 0,6 à 0,7g d'oxyde mercurique), 25ml d'acide sulfurique et quelques granulés de pierre ponce, homogénéiser
- Chauffer le ballon d'abord avec modération et en agitant de temps en temps jusqu'à la carbonisation de la masse et à la disparition de l'écume, ensuite plus intensément jusqu'à ébullition régulière du liquide. Eviter la surchauffe des parois et l'adhérence de particules organiques
- Lorsque la solution apparaît limpide et incolore (vert-clair en présence de catalyseur à base de cuivre), maintenir l'ébullition durant 1 heure encore
- Laisser ensuite refroidir

Distillation

- Ajouter 250 à 350ml d'eau avec précaution et tout en agitant pour dissoudre complètement les sulfates, laisser refroidir
- Ajouter ensuite quelques granulés de zinc
- Introduire dans le flacon collecteur de l'appareil à distiller 25ml exactement mesurés d'acide sulfurique selon la teneur présumée en azote (pour les produits pauvres en matières azotées, le volume d'acide sulfurique à introduire dans le flacon collecteur peut être réduit, si nécessaire, à 10 ou 15ml et complété à 25ml par de l'eau)
- Introduire quelques gouttes d'indicateur au rouge de méthyle
- Connecter le ballon au réfrigérant de l'appareil à distiller et plonger l'extrémité de ce dernier sur une hauteur de 1cm au moins dans le liquide du flacon collecteur
- Introduire lentement dans le ballon par l'entonnoir à robinet 100ml de solution d'hydroxyde de sodium. Si l'on utilise un catalyseur à base de mercure, introduire en outre dans le ballon soit 10ml de solution de sulfate de sodium, soit 25ml de solution de thiosulfate de sodium
- Chauffer le ballon de façon à distiller 150ml environ de liquide en 30mn. Après ce temps, vérifier la neutralité du distillât qui s'écoule au moyen de papier tournesol. Si la réaction est alcaline, poursuivre la distillation
- Arrêter celle-ci lorsque le distillât apparaît neutre au papier tournesol. Au cours de la distillation, remuer de temps en temps le contenu du flacon collecteur et

surveiller sa coloration. Si celle-ci vire au jaune, ajouter immédiatement un volume exactement mesuré d'acide sulfurique.

Titration

- Titrer dans le flacon collecteur l'excès d'acide sulfurique par la solution d'hydroxyde de sodium selon la normalité de l'acide sulfurique utilisé, jusqu'au virage de la coloration au jaune clair.

4. Calcul

- Déterminer le volume d'acide sulfurique consommé, 1ml d'acide sulfurique 0,1N correspond à 1,4 mg d'azote
- Multiplier la quantité d'azote par le facteur 6,25
- Exprimer le résultat en pour cent de l'échantillon

Partie expérimentale VII : Détermination de la teneur en matières grasses (lipides)
(méthode SOXLHET)

1. Réactif

- n- hexane

2. Matériels

- Ballon de récupération avec billes de verre
- Chauffe-ballon
- Soxhlet muni de réfrigérant à reflux
- Evaporateur rotatif
- Dessiccateur
- Etuve isotherme
- Balance analytique

3. Mode opératoire

- Peser 10g d'échantillon
- Placer l'échantillon dans le récipient de distillation après l'avoir mis dans une cartouche
- Verser par l'embout supérieur de l'extracteur, de l'hexane en quantité suffisante
- Faire circuler l'eau de réfrigérant
- Chauffer doucement pour distiller l'hexane pendant 12 heures
- Ces 12 heures passées, tous les lipides de l'échantillon sont considérés comme extraits

- Evaporer l'hexane contenu dans le ballon de récupération
- Mettre ce dernier dans l'étuve pour chasser l'hexane résiduel
- Placer immédiatement le ballon sortant de l'étuve dans un dessiccateur pour équilibrer la température
- Peser le ballon à l'aide de la balance analytique
- Désolvantiser la farine déshuilée et récupérer l'hexane pour les analyses ultérieures

4. Calcul

$$\text{Teneur en huile} = \frac{M}{E} \times 100$$

Avec M : masse en g de l'huile extraite

E : masse de la prise d'essai

Partie expérimentale VIII : Densimétrie

1. Matériels

- Pycnomètre ;
- Balance de précision

2. Mode opératoire

- Nettoyer avec soin, puis rincer le pycnomètre (avec l'alcool), et sécher à l'étuve.
- Refroidir
- Lorsque l'équilibre avec la salle de balance est réalisé, peser le pycnomètre vide à 1 mg près
- Remplir le pycnomètre avec de l'eau distillée. Laisser reposer. Ajuster, si nécessaire, ce niveau d'eau au trait de repère. Si nécessaire, essuyer l'extérieur
- Lorsque l'équilibre avec la salle de balance est réalisé, peser le pycnomètre plein à 1 mg près, Effectuer les mêmes manipulations en remplaçant l'eau par l'échantillon à analyser.
- Faire 2 mesures et donner la moyenne comme résultat.

La densité relative d_{20} est donnée par la formule :

$$d^{20} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

m_0 = masse du pycnomètre vide

m_1 = masse du pycnomètre rempli d'eau

m_2 = masse du pycnomètre rempli du liquide

Or, la température de la salle est différente de 20°C, et pour l'échantillon on aura comme mode de calcul :

$$d = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times \Delta + 0,0012 \times \left[1 - \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times \pm \Delta \right]$$

Δ est la densité de l'eau à la température de la mesure (température de la salle). La précision de la mesure est de $\pm 0,0005$

Quelques chiffres

Température en °C	Densité de l'eau
15°	0,99913
20°	0,99823
25°	0,99707
30°	0,99567

Faire 2 mesures et donner la moyenne comme résultat

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Comparaison de la composition nutritionnelle des feuilles de Moringa fraîches avec d'autres aliments de référence**Tableau XXXVIII : Comparaison de la composition nutritionnelle des feuilles de Moringa fraîches avec d'autres aliments de référence [20]**

Elément	<i>Moringa oleifera</i>	Lait frais	Viande de bœuf (muscle)	Banane	Poisson	Chocolat	Lentilles	Carotte	Orange
Protéines digestibles (g)	6,3	3,3	20						
Potassium (mg)	325			360					
Calcium (mg)	525	125							
Phosphore (mg)	78				350				
Magnésium (mg)	101					100			
Fer (mg)	6,8		2				8		
Vitamine A (UI)	3556							1500	
Vitamine C (mg)	213								50

Annexe 2 : Apport de 25g de poudre de feuilles pour un enfant de trois ans**Tableau XXXIX : Apport de 25g de poudre de feuilles pour un enfant de trois ans [22]**

Elément	Pourcentage par rapport à AJR
Protéines	42%
Calcium	125%
Magnésium	61%
Potassium	41%
Fer	71%
Vitamine A	310%
Vitamine C	22%

Annexe 3 : Apport de 50g de poudre de feuilles pour une femme en période de grossesse ou d'allaitement**Tableau XL : Apport de 50g de poudre de feuilles pour une femme en période de grossesse ou d'allaitement [22]**

Elément	Pourcentage
Protéines	21%
Calcium	84%
Magnésium	54%
Potassium	22%
Fer	94%
Vitamine A	162%

Élément	Pourcentage
Vitamine C	9%

Annexe 4 : Liste des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa

- 4 - (4'-O-acétyl- α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl-isothiocyanate [1],
- 4 - (α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyle isothiocy-Anate [2],
- niazimicin [3],
- ptérygospermine [4],
- benzyle isothiocyanate [5],
- 4 - (α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyle glucosinolates [6]

Annexe 5 : Structures des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa

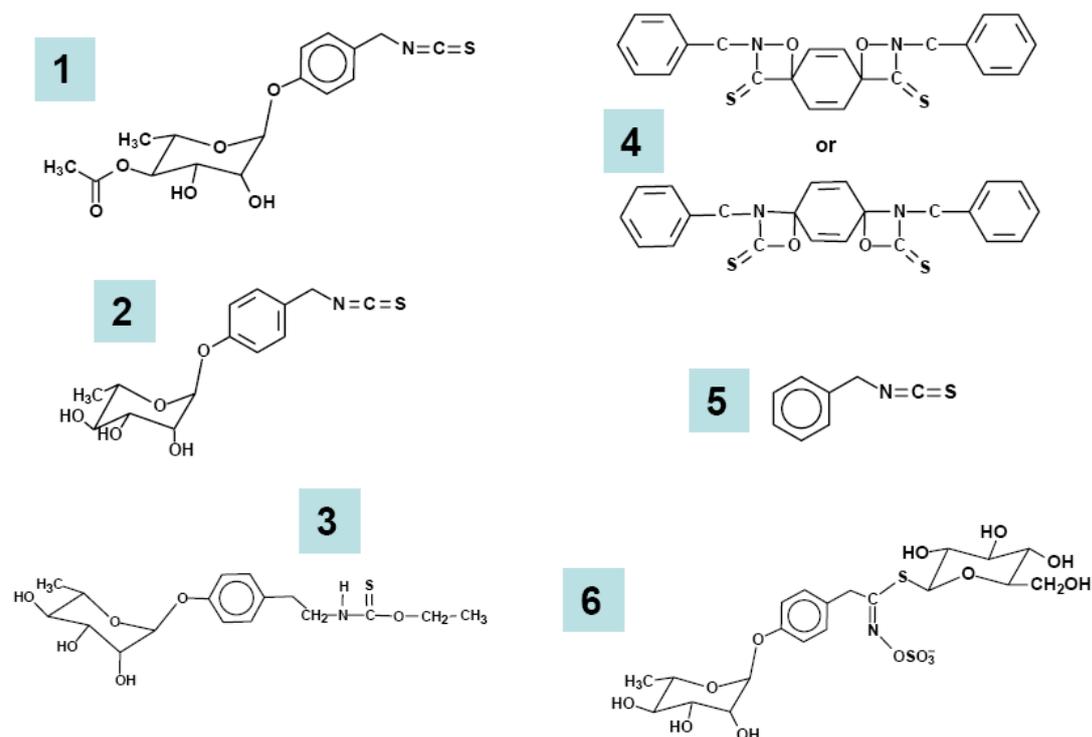


Figure 38 : Structures des composés phytochimiques sélectionnés de la plante de Moringa [20]

Annexe 6 : Utilisation du Moringa dans la médecine traditionnelle

Tableau XLI : Utilisation du Moringa dans la médecine traditionnelle [31]

Les parties de plantes	Utilisation traditionnelles	Composés pharmacognosiques
Feuilles	Antibactérienne, infection des voies urinaires, Epstein-Bar Virus (EBV), Herpes Simplex Virus (HSV-1), le VIH-sida, Helminthes, trypanosomes, bronchite, plaies externes, ulcère, fièvre, hépatique, anti-tumorale, antianémique, antihypertenseur, diabète / hypoglycémie, diurétique, thyroïde, hépatorénal, colite, diarrhée, dysenterie, ulcère, gastrite, rhumatismes, maux de tête, antioxydant, carence en fer, protéines, vitamines et minéraux, scorbut, déficit de lait maternel, antiseptique.	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer
Ecorce	Carie dentaire ou maux de dents, rhume, plaies externes, ulcère, anti-tumorale, morsure de serpents, morsure de scorpion, colite digestive, épilepsie, hystérie, maux de tête, scorbut	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer
Racines	Carie dentaire ou maux de dents, rhume, trypanosomes, ulcère, fièvre, asthme, cardiotonique, diurétique, hépatorénal, diarrhée, flatulences, antispasmodique, épilepsie, hystérie, maux de tête, abortif, aphrodisiaque, rubéfiant, vésicant, goutte, douleurs du bas du dos, douleur des reins, scorbut et splénomégalie.	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer
L'exsudat	Carie dentaire ou maux de dents, syphilis, typhoïde, fièvre, asthme, diurétique, dysenterie, rhumatismes, maux de tête, abortif et Rubéfiant.	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer
Fleurs	Infection de la gorge, rhume, vermifuge, anti-tumorale, rhumatismes, diurétique, tonique, hystérie.	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer
Gousse	Anthelminthique, cancer de la peau, antihypertenseur, diabète, douleurs articulaires	[6] et [2] : antibiotique
Graine	Anthelminthique, verrues, anti-tumorale, l'ulcère, rhumatismes, arthrite, antispasmodique, carence en vitamine	- [6] et [2] : antibiotique - [1] et [3] : prévention contre cancer

Annexe 7 : Composition nutritionnelle de 100 g de pulpe de tamarin

Tableau XLII : Composition nutritionnelle de 100 g de pulpe de tamarin [3]

Composants	Quantité
Eau	31,4 g
Protéines	2,8 g
Lipides	0,6 g
Glucides	62,5 g
Fibres	5,1 g
Vitamine C	3,5 mg
Calcium	74 mg
Fer	2,8 mg
Magnesium	92 mg
Phosphore	113 mg
Potassium	628 mg
Sodium	28 mg

Annexe 8 : Composition en glucides des tubercules de pommes de terre

Tableau XLIII : Composition en glucides des tubercules de pommes de terre [5]

Tableau 6: Composition en glucides du tubercule		
Constituants	Valeurs moyennes (% de la matière fraîche)	Écarts
Amidon	15,1	10-20
Saccharose *	0,1-0,2	0,04-0,34
Glucose (G) et fructose(F) (sucres)	0,06-0,45	0,05-0,70
Cellulose brute	0,7	0,2-2,2
Pectines	0,6	

Annexe 9 : Formulaire d'enquête en ligne sur la consommation des produits alimentaires enrichis en feuilles de Moringa (ananambo)

Vous êtes *

- Homme
- Femme

Quel âge avez-vous? *

- moins de 15ans
- 15 à 25 ans
- 26 à 35 ans
- 36 à 45 ans
- 46 à 60 ans
- plus de 60 ans

Avez-vous déjà consommé des aliments enrichis auparavant? *

Ce sont des aliments auxquels ont été ajoutés des éléments à vertu nutritionnelles comme les protéines, les vitamines, les minéraux et les oligo-éléments . Exemples : boissons protéinées, céréales enrichis en fer, jus enrichis en vitamine C, gelule de complément nutritionnel ...etc

- Oui
- Non

Si OUI, répondez aux suites de questions A, B et C suivantes. Si NON passez à la prochaine question obligatoire.

A - Pour quelles raisons vous consommez ces aliments? Ecrivez vos raisons sur le blanc

B - Citez deux (2) exemples d'aliments enrichis que vous avez déjà consommés. Ceux-ci peuvent être des aliments liquides (boissons protéinées, boissons énergétiques, jus enrichis en vitamine C, ... etc), ou des aliments solides (biscuits, crackers,

laits concentrés, chips, snacks, gelules, ... etc). Mettez : PRODUIT 1 : boissons énergétiques ; PRODUIT 2 : laits concentrés



B.1 - PRODUIT 1

a) Précisez la marque de votre produit (si possible). Exemple : DYNAMIC, LU, ...



b) Est-ce que ce produit a été efficace selon vos besoins? Sur une échelle de 1 à 5, dont (1) pas très efficace et (5) très efficace, évaluez l'efficacité des vos produits. Exemple : PRODUIT 1 : (3)

1 2 3 4 5

PRODUIT 1

c) Ce produit est-il :

- un produit local
- un produit importé
- les deux à la fois

d) A quelle fréquence consommez-vous ce produit?

- Une à plusieurs fois par jour
- Une fois tous les deux ou trois jours
- Une fois par semaine
- Une fois par mois
- Occasionnellement

e) Durant combien de temps avez-vous continué à prendre ce produit? Il s'agit de la durée de prise du produit (dans le cas où ce n'est pas occasionnel)

- Durant 1 à 2 mois
- Durant 3 à 5 mois
- Durant 6 à 8 mois
- Durant 9 à 12 mois
- Plus d'une année

B.2 - PRODUIT 2

a) Précisez la marque de votre produit (si possible). Exemple : DYNAMIC, LU, ...



b) Est-ce que ce produit a été efficace selon vos besoins? Sur une échelle de 1 à 5, dont (1) pas très efficace et (5) très efficace, évaluez l'efficacité des vos produits. Exemple : PRODUIT 2 : (3)

1 2 3 4 5

PRODUIT 2

c) Ce produit est-il :

- un produit local
- un produit importé
- les deux à la fois

d) A quelle fréquence consommez-vous ce produit?

- Une à plusieurs fois par jour
- Une fois tous les deux ou trois jours
- Une fois par semaine
- Une fois par mois
- Occasionnellement

e) Durant combien de temps avez-vous continué à prendre ce produit? Il s'agit de la durée de prise du produit (dans le cas où ce n'est pas occasionnelle)

- Durant 1 à 2 mois
- Durant 3 à 5 mois
- Durant 6 à 8 mois
- Durant 9 à 12 mois
- Plus d'une année

C - Sur quel critère vous référez-vous lorsque vous choisissez vos produits? Cochez dans l'ordre de vos préférences selon les critères : prix, marque, propriétés, et composition. Exemple : prix (5) ; marque (2) ; propriété (3) ; composition (1)

	1	2	3	4	5
Prix	<input type="radio"/>				
Marque	<input type="radio"/>				
Propriété ou efficacité	<input type="radio"/>				
Composition	<input type="radio"/>				

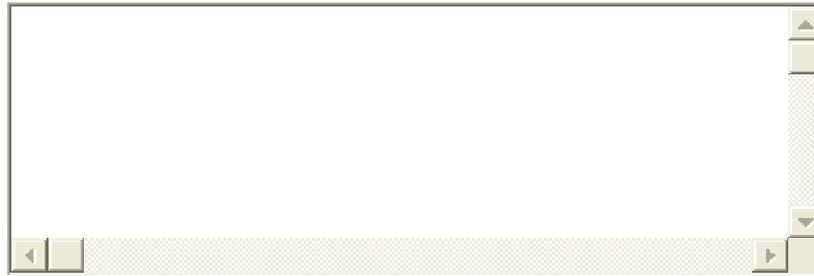
Connaissez-vous *Moringa oleifera* ou l' "ananambo" en malgache. *

- Oui
- Non

Si OUI, que savez-vous de cette plante Précisez toutes les connaissances que vous en avez.

Seriez-vous intéressé par des boissons au fruit naturel enrichies naturellement en *Moringa oleifera*? * *Moringa oleifera* ou "Ananambo" est une plante très riche nutritionnellement avec une teneur élevée en protéine, vitamines (A, C, B) et plusieurs minéraux (Fer, Calcium, Magnésium)

- Oui
- Non



Si OUI, précisez les raisons.

Seriez-vous intéressé par des chips enrichies naturellement en *Moringa oleifera*? *

- Oui
- Non



Si OUI, précisez les raisons.

Seriez-vous prêt à augmenter votre budget pour l'achat d'aliments enrichis naturellement? *

- Oui
- Non

Si Oui, de quel ordre de prix seriez-vous prêt à augmenter votre budget?

- inférieur à 5%
- 5 à 10%
- 15 à 20%
- 20 à 25%
- 25 à 30%
- 30 à 35%
- 35 à 40%
- supérieur à 40%

Annexe 10 : Entretien des plants de Moringa [2]

a) Formation des arbres

Lorsque l'arbre atteint une hauteur de 0,5 à 1 m, il faut pincer le bourgeon terminal de la tige centrale avec les ongles. Ceci provoque la croissance de branches latérales qui seront également pincées. Ainsi, d'autres ramifications seront créées, ce qui augmentera les rendements en feuilles les et réduira la hauteur de l'arbre que si l'on laisse les arbres pousser naturellement. De plus, le pinçage réduit les dégâts dus aux vents violents et rend la récolte beaucoup plus facile.

b) Irrigation

Le Moringa peut germer et se développer sans irrigation s'il est semé à la saison des pluies. Sa racine tubéreuse se forme vingt jours après le semis et permet aux jeunes plants de supporter la sécheresse. Cependant, pour une croissance optimale, il est conseillé d'irriguer pendant les trois mois suivant le semis.

L'irrigation est également nécessaire pour produire des feuilles toute l'année, y compris pendant les saisons sèches.

Tout système d'irrigation peut convenir : tuyau d'arrosage, arrosoir, asperseur, goutte à goutte. Pour réduire l'évaporation, il est conseillé d'irriguer tôt le matin, le soir ou la nuit. Si l'eau est rare, un mulching ou un sarclage très superficiel des mauvaises herbes réduira l'évaporation.

c) Sarclage

Pour une bonne production, les parcelles de Moringa doivent être sarclées régulièrement à cause de la compétition avec la végétation adventice, notamment pour l'azote. Les sarclages sont plus fréquents à la mise en place de la plantation, lorsque les plants sont de faible hauteur et permettent à la lumière d'atteindre le sol.

Il est recommandé au moins 4 sarclages par an pour une plantation adulte, avec des opérations plus rapprochées en saison des pluies.

d) Mulching

Le mulching consiste à couvrir le sol avec des résidus de culture ou de sarclage afin de réduire l'évaporation et de minimiser les besoins en irrigation pendant la saison sèche. De plus, la croissance des mauvaises herbes est également limitée.

e) Fertilisation

Le Moringa peut produire de grandes quantités de feuilles, mais seulement s'il reçoit des apports organiques suffisants. Ses feuilles sont riches en protéines, il a donc besoin de trouver de l'azote dans le sol. Les minéraux et oligo-éléments si importants dans ses feuilles doivent aussi être apportés par le sol.

Plutôt que des engrais chimiques, le compost et le fumier peuvent apporter les nutriments nécessaires tout en améliorant la structure du sol.

La fertilisation se fait d'abord au moment de la préparation du sol, avant le semis. Ensuite, il est important d'apporter du fumier ou/et du compost au moins une fois par an, par exemple en début de saison des pluies, lorsque les arbres vont reprendre une production importante. S'il y a deux saisons des pluies, deux apports sont conseillés.

Il faut appliquer environ du compost ou de fumier bien décomposé ferme au taux de 1 à 2 kg par arbre.

f) Taille

Après la taille initiale de formation, une taille d'entretien est nécessaire.

Elle peut être faite à chaque récolte. Si le tronc central est trop épais, les branches terminales peuvent être coupées comme pour la taille de formation. Il est important de couper juste au dessus d'un noeud pour éviter la pourriture des parties terminales.

Dans les parcelles produisant des graines, la taille permet de produire davantage de fruits et de plus grands fruits. Couper le bourgeon terminal lorsque l'arbre atteint environ un mètre pour induire les ramifications.

Annexe 11 : Explication de la propagation des plantes de Moringa par bouture [2]

Les graines de Moringa peuvent être semées en sachets, en planches ou directement dans le champ.

- semis direct au champ

Il est préférable lorsque le pouvoir germinatif est élevé, ce qui est le cas de *Moringa oleifera*. Les graines doivent être semées à une profondeur maximale de 2 cm. Un semis plus profond réduit fortement le taux de germination. On sème 1 à 2 graines par poquet ou trou de semis

Si les 2 graines du poquet germent, on arrache le plant le plus grêle pour ne garder que le plus vigoureux lorsque les plants atteignent une hauteur d'environ 30 cm. Cet arrachage doit être délicat pour abîmer le moins possible le système racinaire du plant qui reste en place. Le repiquage de plants issus de semis direct au champ est déconseillé, encore une fois pour préserver la racine principale. Une graine de Moringa germe en moyenne 5 à 12 jours après la mise en terre. Si la graine n'a pas germé au bout de 15 jours (maximum), elle ne germera pas et doit être remplacée.

Lorsqu'aucune des 2 graines du poquet n'a germé, il faut déterrer les graines et les observer pour vérifier avant de ressemer qu'il n'y a pas un problème localisé d'attaque d'insectes (fourmis ou termites).

- La technique de pépinière en sachets

Le sachet doit être en polyéthylène et rempli d'un mélange humide de terre limoneuse ou de terreau. La profondeur de semis ne doit pas dépasser 2 cm. Les graines doivent germer de 5 à 12 jours après le semis.

Placer les sachets dans un lieu légèrement ombragé et protégé des fortes pluies. Si ce n'est pas possible, pratiquer deux ou trois petites incisions dans le sachet pour faciliter le drainage. Arroser tous les 2 ou 3 jours selon l'humidité du sol, environ 10 à 20 ml par sachet. A ce stade, le jeune plant doit être bien protégé des sauterelles, criquets, termites et ruminants. L'arrosage doit se faire avec beaucoup de soin pour ne pas faire plier les jeunes pousses. Celles qui sont endommagées doivent être soutenues par un tuteur.

Les jeunes plants de Moringa doivent être élevés pendant 4 à 6 semaines avant d'être transplantés lorsqu'ils atteignent environ 30 cm de haut. Il faut ôter le sachet au moment de la plantation en s'assurant que la racine n'est pas endommagée.

Cette technique présente les inconvénients suivants :

- est très consommatrice en temps de travail pour sa mise en place (remplissage et disposition des sachets), son entretien, ainsi que pour les activités de plantation (transport et mise en terre des sachets) ;
- coûte plus cher en main d'œuvre et en matériel.

- **La technique de pépinière en planches**

Elle présente les inconvénients suivants :

- nécessite plus de temps de travail, principalement pour les activités de repiquage ;
- met en danger la racine principale (racine pivotante) lors du repiquage. Or cette racine, qui est fragile, est la condition de la bonne production ultérieure du plant et de sa résistance, notamment à la sécheresse.

Annexe 12 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana -Tanindrazana--Fandrosoana

MINISTÈRE
DE LA SANTE PUBLIQUE
SECRETARIAT GENERAL
AGENCE DE CONTROLE DE LA SECURITE
SANITAIRE ET DE LA QUALITE DES DENREES
ALIMENTAIRES

Monsieur ANDRIANIRINA Tojo Ivan

BULLETIN D'ANALYSE N°3191/12

DENOMINATION ET IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon de Jus « **Nectar de Tamarin** », adressé par Monsieur ANDRIANIRINA Tojo Ivan, enregistré au Laboratoire sous le N°3191/12 du 20/07/12

DESCRIPTION ET CARACTERES ORGANOLEPTIQUES

Aspect	Liquide
Texture	Opaque
Couleur	Marron
Saveur	Sucrée acidulée
Odeur	Caractéristique
Emballage	Non conforme
Denomination	Jus de tamarin
Date de fabrication	-
Date de consommation	-
Lot	-
Origine	Locale
Quantité	0,5litre

CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

Extrait sec en g/l	228,32
pH	2,9
Acidité en acide citrique g/l	14,0
Sucres réducteurs en g/l	71,42
Saccharose g/l	71,82

INTERPRETATION ET CONCLUSION

Analyse faite à la demande

Communiqué le : 25 JUL 2012

Le Chef de Division

Le Chef de Service d'Analyse
et de Surveillance des Aliments



Dr. RAJEMARIMOLISOA
Miraho Felaniana
Médecin Diplômé d'Etat



Dr. RAJEMARIMOLISOA Fidele

MINISTERE
DE LA SANTE PUBLIQUE
SECRETARIAT GENERAL

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana - Tanindrazana - Fandrosoana

AGENCE DE CONTROLE DE LA SECURITE
SANITAIRE ET DE LA QUALITE DES DENREES
ALIMENTAIRES

Monsieur ANDRIANIRINA Tojo

BULLETIN D'ANALYSE N°3242/12

DENOMINATION ET IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon de **Chips ananambo**, adressé par Monsieur ANDRIANIRINA Tojo, enregistré au laboratoire sous le N°3242/12 du 23/06/12

DESCRIPTION ET CARACTERES ORGANOLEPTIQUES

Aspect	Solide
Texture	Dure
Couleur	Verte noirâtre
Saveur	-
Odeur	Caractéristique
Emballage	Non conforme
Denomination	Chips
Date de fabrication	-
Date de consommation	-
Lot	-
Origine	Locale
Quantité	60g

CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

Humidité %	5,91
Acidité % en H2SO4	0,049
Protéines %	3,16
Lipides %	Traces
Glucides %	84,90

INTERPRETATION ET CONCLUSION

Analyse faites à la demande.

Communiqué le : 25 JUL 2012

Le Chef de Division



RAJEMIA RIMOELISOA
Miraho Felaniaina
Médecin Diplômé d'Etat

Le Chef de Service d'Analyse et de
de Surveillance des Aliments.



ANDRIANIRINA Fidele

Annexe 13 : Résultats des analyses microbiologiques des produits


HOMEOPHARMA

Direction Scientifique
 Laboratoire de Contrôle Qualité

N°: 222 CM-LCQM/ Mai 2012

Antananarivo, 15/05/2012

R A P P O R T D ' E S S A I S

Examen demandé par : Désignation du produit : JUS MORINGA R&D Lot conservateur 0,05%	Commémoratifs : Code Labo : 1005222-SRD Prélèvement effectué(e) par : Agent Service Vahona Date du prélèvement : ? Lieu de prélèvement : Usine Manakambahiny Conditionnement : Flacon teinté de 500 ML Nombre d'échantillon : 01 Date de réception au laboratoire : 10 mai 2012 Température à la réception : Température ambiante Date des manipulations : 10 mai 2012 Manipulateur : CM 02
---	--

		Résultat	Critères	Signification	Etape d'application du critère	Action si résultat insatisfaisant	Référence
Jus de plante	<i>Levures et moisissures</i>	<10 UFC/g	< 10 ² UFC/g	Alteration	Etape finale de la procédure de fabrication (Mise au point)		-
	<i>Candida albicans</i>	ABS	ABS	Santé 2			-
	<i>Aspergillus niger</i>	<10 UFC/g	< 100 UFC/g	BPH			-
	<i>Coliformes totaux</i>	ABS	ABS	BPH			V 08-0500 / 54
	<i>Salmonelles</i>	ABS	ABS/25 g	Santé 1			NF V 08-013

ABS : Absence de colonie
 Inc : Colonies indénombrable,
 P : Présence de colonies caractéristiques

Conclusion :

La qualité de l'échantillon analysée est satisfaisante selon les critères donnés.

Directeur scientifique,

Dr RAKOTOMALALA ANDRIANANJA Max
PHARMACIEN RESPONSABLE

Responsable Technique,

Mr RABE Odilon

Annexe 14 : Formulaires d'analyses sensorielles

1. Type pour l'épreuve descriptive

Sujet :

FORMULAIRE D'ANALYSE SENSORIELLE

Date : _____

Sexe : _____ Age : _____ Echantillon : _____

Epreuve descriptive

Évaluez à l'aide d'une échelle d'intensité allant de 0 à 5 les descripteurs de l'échantillon :

1. Couleur

Intensité	0 (très claire)	1	2	3	4	5 (très foncée)
Verte						
Marron						
Autres (à préciser) :						

2. Odeur

Intensité	0 (Absence)	1	2	3	4	5 (Très forte)
De tamarin						
De Moringa						
De plante verte						
Autres (à préciser) :						

3. Aspect

Intensité	0 (Absence)	1	2	3	4	5 (Très forte)
Homogénéité						
Présence de particules en suspension						
Viscosité						
Autres (à préciser) :						

4. Saveur

Intensité	0 (absence)	1	2	3	4	5 (Très forte)
De tamarin						
Sucrée						
Acide						
Amer						
De plante						
Autres (à préciser) :						

5. Texture en bouche

Intensité	0 (absence)	1	2	3	4	5 (Très forte)
Particulaire						
Viscosité						
Autres (à préciser) :						

Remarques :

2. Type pour l'épreuve hédonique

Sujet :				
Sexe :		Age :		
Echantillon :				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Très désagréable	Désagréable	Ni agréable, ni désagréable	Agréable	Très agréable
Remarques: _____				

Annexe 15 : Détails des coûts d'aménagement des salles de production

Désignation	PU (Ar)	Quantité	Montant (Ar)	Durée de vie (an)	Amortissement (Ar)
Fondement					
Sol	37 000	43 m ²	1 572 500	5	314 500
Mur	24 077	75 m ²	1 805 775	3	601 925
Plafond	11 500	45 m ²	517 500	3	172 500
Paillasse	24 500	11 m ²	269 500	5	53 900
Sous total			4 165 275		1 142 825
Plomberie et installation électrique					
évier simple bac	75 000	2	150 000	5	30 000
bande d'évier	6 000	2	12 000	5	2 400
tuyau PPR	6 000	2	12 000	5	2 400
tuyau PVC40	400	4	1 600	5	320
lampe à réglette	5 000	3	15 000	3	5 000
câble	1 000	10	10 000	5	2 000
prise	2 000	6	12 000	5	2 400
attache	3 000	2	6 000	5	1 200
dominos	2 000	2	4 000	5	800
boîte de dérivation	2 000	4	8 000	5	1 600
interrupteur	2 000	5	10 000	5	2 000
collier pour tuyaux	300	5	1 500	5	300
vanne d'arrêt	14 000	2	28 000	3	9 333
robinet	9 000	2	18 000	1	18 000
hublot	11 000	1	11 000	3	3 667
disjoncteur	3 000	2	6 000	3	2 000
autres accessoires			15 000	3	5 000
Sous total			320 100		88 420
PORTES					
Portes	160 000	7	1 120 000	3	373 333
Fenêtres	60 000	5	300 000	3	100 000
Vitres	75 000	5	375 000	3	125 000
Autres accessoires	50 000	5	250 000	3	83 333
Sous total Portes			2 045 000	3	681 667
MAIN-D'ŒUVRE					
Maçon	2 000 000	1	2 000 000		
Plombier-électricien	400 000	1	400 000		
Sous total MO			2 400 000		
TOTAL AMENAGEMENT BATIMENT			8 930 375		1 912 912

Annexe 16 : Bilan matière pour la production de nectar de tamarin au Moringa

Pour 15 kg de fruits de tamarin :

Étapes	Rendement %	Matières sortantes	
Réception	100,0	15,00	
Pesage	100,00	15,00	
Triage (écart:5%)	95,00	14,25	
Lavage - égoutage	99,00	14,11	
Parage	57,50	8,11	
Broyage	611,29	49,59	
Filtration	81,00	40,17	
Ajout de sucre et sorbate	134,11	53,87	
Ajout de macérat de poudre	144,93	78,07	
Pasteurisation	100,00	78,07	
Refroidissement	100,00	78,07	
Conditionnement	100,00	78,07	
Etiquetage	100,00	78,07	
Mise en carton	100,00	78,07	
Quantité par bouteille 250 ml (kg)			0,27
Objectif pour nectar de tamarin Moringa			287,5921118

Annexe 17 : Bilan matière pour la production de chips de pommes de terre au Moringa

Pour 25 kg de pommes de terre,

Étapes	Rendement %	Matières sortantes	
Réception	100,0	25,00	
Pesage	100,00	25,00	
Triage (écart:5%)	95,00	23,75	
Lavage - égoutage	99,00	23,51	
Cuisson bain marie	99,08	23,30	
Epluchage	91,24	21,26	
Réduction en purée	99,00	21,04	
Refroidissement purée	96,77	20,36	
Ajout de Féculés, poudre Moringa, sel, sucre et arôme	279,85	56,99	
Mélange	110,00	62,68	
Pétrissage	97,88	61,36	
Moulage	100,00	61,36	
Cuisson à la vapeur - maturation	104,17	63,91	
Découpage	96,81	61,87	
Séchage	90,94	56,27	
Conditionnement	62,01	34,89	
Etiquetage	100,00	34,89	
Mise en carton	100,00	34,89	
Quantité par SACHET 50 g (kg)			0,05
Objectif pour CHIPS au Moringa			697,8281185

Annexe 18 : Organigramme de la société HOMEOPHARMA

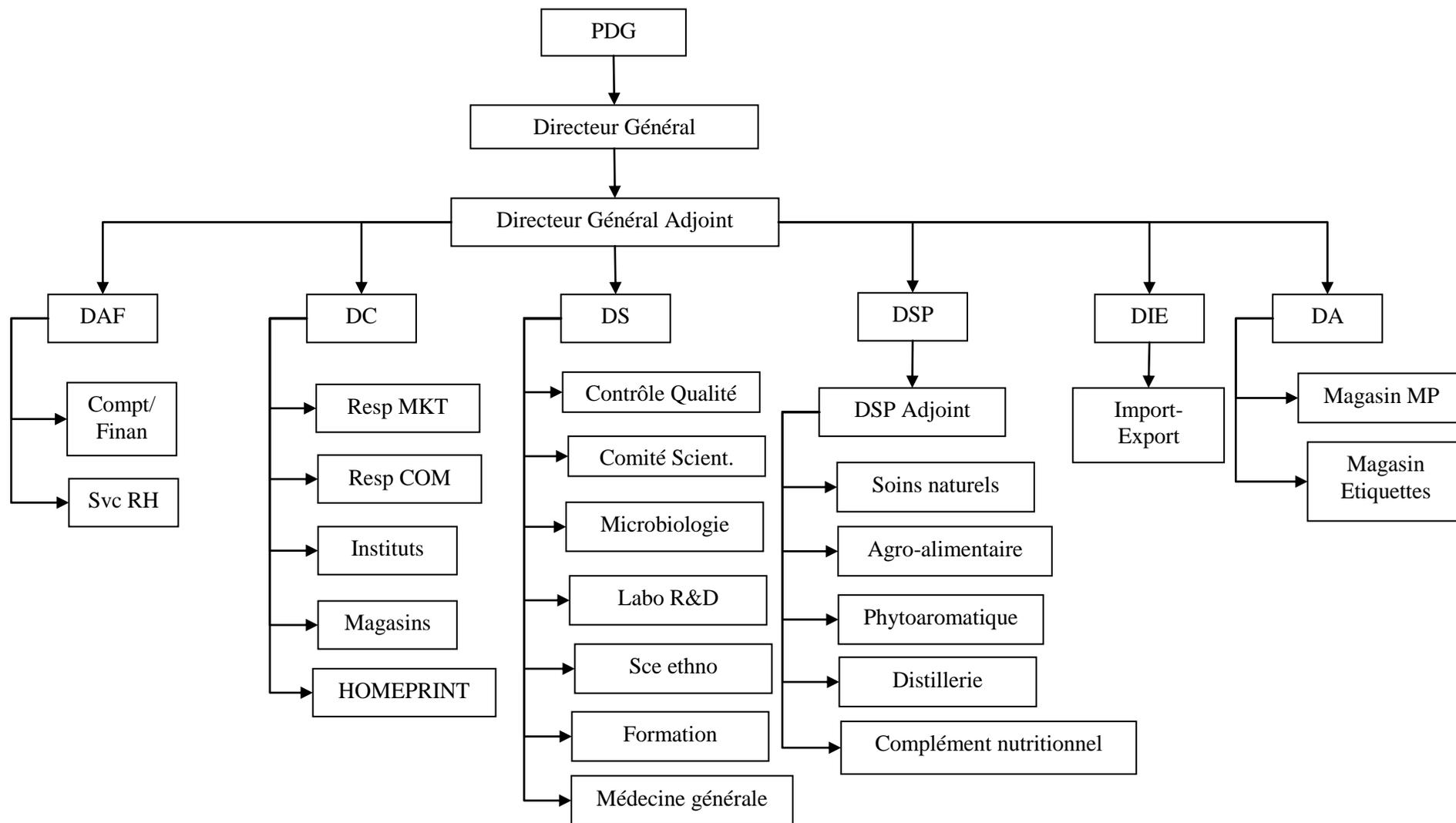


Figure 39 : Organigramme de la société HOMEOPHARMA (Source : HOMEOPHARMA, 2012)

Annexe 19 : Photos de matériels de laboratoire de mise au point



Figure 40 : Râpe ménagère (Cliché auteur, 2012)



Figure 41 : Balance électrique (Cliché auteur, 2012)



Figure 42 : Plaque chauffante (Cliché auteur, 2012)



Figure 43 : Marmite (Cliché auteur, 2012)



Figure 44 : Etuve de séchage (Cliché auteur, 2012)



Figure 45 : Récipient de contenance (Cliché auteur, 2012)



Figure 46 : Thermomètre (Cliché auteur, 2012)

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome - Option Industries
Agricoles et Alimentaires



Tojo Ivan ANDRIANIRINA
Tel : 033 14 138 56
E-mail : tojoiv@gmail.com

« Utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* pour
l'amélioration de la qualité nutritionnelle de
nectars de fruits et de chips de pommes de terre »

FAMINTINANA

Ny *Moringa oleifera* na ananambo dia zava-maniry iray tena mitondra soa, indrindra fa ny raviny izay tena betsaka otrik'aina tokoa. Nisy ny fanomezan-danja ireo ravina ireo, izay navadika ho vovoka, tamin'ny fanamboarana ranom-boankazo vita amin'ny voamadilo sy "chips" vita avy amin'ny ovy. Nampidirana vovoka ananambo 1% ilay ranom-boankazo ary 7,88% ilay "chips". Ireo sakafo namboarina ireo dia azo antoka satria manara-penitra ny mombamomba azy ary koa tian'ny olona. Ny fanaovana fikarohana ara-ekaonomika momba ny fananganana toerana anamboarana ireo sakafo ireo ao amin'ny orinasa HOMEOPHARMA dia mampiseho fa ahazoana tombony izany. Mila vola mitentina Ar 60 988 925 izay miverina afaka 3 taona, sy 16 andro fihodinana izany raha toa ka manana "Indice de profitabilité" 1,69.

Teny manan-danja : Ananambo, otrik'aina, ranom-boankazo, voamadilo, "chips", ovy.

RESUME

Le *Moringa oleifera* ou Moringa est une plante à vertus exceptionnelles, en particulier les feuilles qui présentent une très grande richesse en nutriments. La valorisation de ces feuilles, transformées en poudre, a été réalisée dans la fabrication de nectar de tamarin et de chips de pommes de terre. Le taux d'incorporation de la poudre de *Moringa oleifera* est de 1% pour le nectar de tamarin et de 7,88% pour les chips de pommes de terre. Ces deux produits ont été jugés satisfaisants aux normes sur le plan physico-chimique et microbiologique en plus d'être appréciés par les consommateurs. L'étude économique d'implantation d'une sous-unité de fabrication dans la société HOMEOPHARMA est rentable. Un capital investi de Ar 60 988 925 est alors remboursé au bout de 3 ans et 16 jours de fonctionnement avec une Indice de Profitabilité de 1,69.

Mots clés : Moringa, nutrition, nectar, tamarin, chips, pommes de terre.

ABSTRACT

The *Moringa oleifera* or Moringa is an exceptional virtues plant, especially the leaves which are very rich in nutrients. The valorisation of these leaves, processed into powder, was conducted in the manufacture of tamarind nectar and potato chips. *Moringa oleifera* powder incorporation rate is 1% for the tamarind nectar and 7.88% for potato chips. These two products are considered satisfactory standards on the physical-chemical and microbiological plan and be appreciated by consumers. The economic study for the implementation of a subunit of manufacturing in the HOMEOPHARMA company is profitable. A capital investment of Ar 60 988 925 is then reimbursed after 3 years and 16 days of operation with an Profitability Index of 1,69.

Key words : Moringa, nutrition, nectar, tamarind, chips, potato.