

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| DEDICACES | a |
| REMERCIEMENTS | b |
| SOMMAIRE | c |
| LISTE DES TABLEAUX | e |
| LISTE DES FIGURES | g |
| LISTE DES ANNEXES | i |
| LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS | j |
| INTRODUCTION | 1 |
| Partie I- GENERALITES SUR LA FILIERE CACAO | 3 |
| I. Historique et origine du cacao | 3 |
| II. Présentation botanique de la plante | 3 |
| III. Ecologie du cacaoyer | 9 |
| IV. Préparations du cacao | 10 |
| V. Filière cacao | 15 |
| VI. La Chocolaterie Confiserie Robert | 19 |
| VII. Conclusion partielle..... | 22 |
| Partie II- ETUDE ANALYTIQUE DU BEURRE DE CACAO | 23 |
| I. Le beurre de cacao | 23 |
| II. L'extraction du beurre de cacao au sein de la Chocolaterie Robert | 27 |
| III. Les normes sur le beurre de cacao | 35 |
| IV. Le beurre de cacao produit au sein de l'usine..... | 36 |
| V. Poudre de cacao | 45 |

| | |
|---|-----|
| VI. Conclusion partielle | 46 |
| Partie III- ESSAI DE RAFFINAGE | 47 |
| I. Raffinage | 47 |
| II. Essais de désodorisation du beurre de cacao | 56 |
| III. Conclusion partielle | 68 |
| Partie IV- CONSIDERATIONS ECONOMIQUES | 70 |
| I. Spécifications de l'unité de production de beurre de cacao désodorisé | 70 |
| II. Etude de la rentabilité de l'installation | 77 |
| III. Conclusion partielle | 83 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 84 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 86 |
| ANNEXE 1 : Exportation des principaux produits de madagascar..... | 89 |
| ANNEXE 2 : Normes à respecter pour chaque livraison de cacao à la Chocolaterie Robert .. | 90 |
| ANNEXE 3 : Températures de fusion des différentes formes cristalline du beurre de cacao.. | 91 |
| ANNEXE 4 : Mesure de l'indice de réfraction..... | 92 |
| ANNEXE 5 : NORME NFT 60 206, indice de saponification..... | 93 |
| ANNEXE 6 : NORME NFT 60 205 teneur en insaponifiable | 94 |
| ANNEXE 7 : NORME NFT 60 204 indice d'acide | 95 |
| ANNEXE 8 : Impuretés non solubles..... | 96 |
| ANNEXE 9 : Questionnaire analyse de classification..... | 97 |
| ANNEXE 10 : Résultats de l'analyse par classement | 98 |
| ANNEXE 11 : Questionnaire analyse triangulaire | 99 |
| ANNEXE 12 : Résultats de l'analyse triangulaire..... | 100 |
| ANNEXE 13 : Coût d'achat de matériels et d'installation | 101 |
| ANNEXE 14 : Matériel de désodorisation | 102 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Normes internationales sur la qualité des fèves..... | 13 |
| Tableau 2: Norme AFCC et CAL..... | 14 |
| Tableau 3: Norme brésilienne..... | 14 |
| Tableau 4: La norme CMA..... | 14 |
| Tableau 5: Les sociétés œuvrant dans la filière cacao à Madagascar | 18 |
| Tableau 6: Composition en acides gras du beurre de cacao | 24 |
| Tableau 7: Norme sur les caractéristiques physico-chimique du beurre de cacao | 36 |
| Tableau 8: Indices de réfraction du beurre de cacao | 39 |
| Tableau 9: Indice de saponification du beurre de cacao | 40 |
| Tableau 10: Teneur en insaponifiable du beurre de cacao..... | 42 |
| Tableau 11: Indice d'acide du beurre de cacao | 43 |
| Tableau 12: Acidité libre du beurre de cacao | 44 |
| Tableau 13: Comparaison de l'acidité libre avec la norme | 45 |
| Tableau 14: Résultats de décantation du beurre de cacao | 49 |
| Tableau 15: Résultats de l'essai de filtration..... | 51 |
| Tableau 16: Conditions opératoires des essais de désodorisation | 62 |
| Tableau 17: Tableau récapitulatif des résultats des essais de désodorisation | 65 |
| Tableau 18: Qualifications du personnel de l'unité..... | 76 |
| Tableau 19: Charge du personnel | 79 |
| Tableau 20: Fond de Roulement Interne..... | 79 |
| Tableau 21: Chiffre d'affaire annuel prévisionnel | 80 |
| Tableau 22: Bilan de fonctionnement annuel | 80 |
| Tableau 23: Principaux produits d'exportation de Madagascar | 89 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 24: Critères de qualité des fèves reçues à l'usine | 90 |
| Tableau 25: Températures de fusion des différentes formes cristallines du beurre de cacao ... | 91 |
| Tableau 26: Résultats de l'analyse par classement..... | 98 |
| Tableau 27: Résultats de l'analyse triangulaire..... | 100 |
| Tableau 28: Coût d'achat de matériels | 101 |
| Tableau 29: Coût d'installation de l'unité..... | 101 |
| Tableau 30: Caractéristiques du désodorisateur | 102 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: Cacao Criollo (source www.wikipedia.com , 2011) | 7 |
| Figure 2: Cacao Forastero (source www.wikipedia.com , 2011) | 8 |
| Figure 3: Instrument de collecte de cabosse (cliché auteur, 2011) | 11 |
| Figure 4: Mucilage sur graines de cacao (source www.chococlic.com , 2011) | 12 |
| Figure 5: Installation de fermentation de fèves de cacao (cliché auteur, 2011) | 12 |
| Figure 6: Production mondiale de cacao en 2005 | 15 |
| Figure 7: Consommation mondiale de cacao en 2005 | 16 |
| Figure 8: Evolution des exportations malagasy de fèves de cacao | 17 |
| Figure 9: Exportation de produits dérivés de cacao à Madagascar | 17 |
| Figure 10: Organigramme de la société Chocolaterie Confiserie Robert | 20 |
| Figure 11: Acide linoléique | 25 |
| Figure 12: Acide oléique | 25 |
| Figure 13: La théobromine | 26 |
| Figure 14: Diagramme de transformation de la fève de cacao | 29 |
| Figure 15: Un torréfacteur | 31 |
| Figure 16: Schéma général d'une presse hydraulique | 34 |
| Figure 17: Beurre de cacao avant décantation | 49 |
| Figure 18: Beurres de cacao après décantation avec culot de décantation vers le haut | 50 |
| Figure 19: Installation pour la filtration | 51 |
| Figure 20: Installation sans pompe à vide | 57 |
| Figure 21: Système d'injection | 58 |
| Figure 22: Générateur de vapeur | 58 |
| Figure 23: Schéma général de l'installation avec pompe à vide | 59 |
| Figure 24: Pompe à vide | 60 |
| Figure 25: Aspect du beurre de cacao normal et après surfusion | 64 |

| | |
|---|-----|
| Figure 26: Bilan matière de production journalière..... | 70 |
| Figure 27: Organigramme de notre unité de production..... | 77 |
| Figure 28: le désodorisateur..... | 102 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|---|-----|
| ANNEXE 1 : Exportation des principaux produits de madagascar..... | 89 |
| ANNEXE 2 : Normes à respecter pour chaque livraison de cacao à la Chocolaterie Robert .. | 90 |
| ANNEXE 3 : Températures de fusion des différentes formes cristalline du beurre de cacao.. | 91 |
| ANNEXE 4 : Mesure de l'indice de réfraction..... | 92 |
| ANNEXE 5 : NORME NFT 60 206, indice de saponification..... | 93 |
| ANNEXE 6 : NORME NFT 60 205 teneur en insaponifiable | 94 |
| ANNEXE 7 : NORME NFT 60 204 indice d'acide | 95 |
| ANNEXE 8 : Impuretés non solubles..... | 96 |
| ANNEXE 9 : Questionnaire analyse de classification..... | 97 |
| ANNEXE 10 : Résultats de l'analyse par classement | 98 |
| ANNEXE 11 : Questionnaire analyse triangulaire | 99 |
| ANNEXE 12 : Résultats de l'analyse triangulaire..... | 100 |
| ANNEXE 13 : Coût d'achat de matériels et d'installation | 101 |
| ANNEXE 14 : Matériel de désodorisation | 102 |

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

FAO/OMS : Food and Agricultural Organisation / Organisation Mondiale de la Santé

AFCC : Association Française du Commerce du Cacao

CAL: Cocoa Association of London

CMA: Cocoa Merchant Association

ICCO: International Cocoa Organisation

INSTAT: Institut National de STATistique

POP: 1,3-palmitoyl-2oléoylglycérol

POS : 1-palmitoyl-2-oléoyl-3stéaroylglycérol

SOS: 1,3-stéaroyl-2-oléoylglycérol

LDL: Low density lipoprotein

HDL: High density lipoprotein

UV: ultra violet.

V: Volt.

kW: Kilowatt.

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION

A Madagascar, la filière cacao est essentiellement axée sur la production de fèves destinées à l'exportation. La production des produits de transformation des fèves comme le chocolat ou la poudre de cacao est encore très peu exploitée. Celle du beurre de cacao l'est d'ailleurs encore moins. Sur le plan mondial, on observe pourtant une forte prépondérance de la demande en beurre de cacao par rapport à l'offre de celui-ci.

La Chocolaterie Robert est une société malgache qui s'est spécialisée dans le domaine de la transformation et de la commercialisation de produits dérivés du cacao, notamment les produits chocolatés. Consciente de l'opportunité que représente cette filière et de son potentiel économique, cette société cherche actuellement à se tourner vers la perspective de la production de beurre de cacao à l'échelle industrielle.

A part son utilisation dans la fabrication du chocolat, le beurre de cacao est aussi largement utilisé dans des applications pharmaceutiques, cosmétiques et culinaires pour ses propriétés physico-chimiques et nutritionnelles. Dans ces applications précitées, l'arôme chocolat du beurre de cacao est souvent non souhaité par les utilisateurs. De plus, avec le raffinage, et ainsi l'élimination de cet arôme, le beurre de cacao acquiert un surplus de valeur ajoutée. Ainsi, dans l'intention de fournir un produit à utilisation multiple et plus rentable, la Chocolaterie Robert a décidé de produire du beurre de cacao raffiné.

C'est dans ce contexte que nous apportons notre contribution en tant qu'ingénieur Agronome option de spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires et que nous abordons ce travail de recherche intitulé « **Etude de faisabilité technico-économique de l'implantation d'une unité de raffinage de beurre de cacao au sein de la société Chocolaterie Robert** ».

Afin de mener à bien cette étude, nous nous sommes posé deux questions principales :

- Le raffinage du beurre de cacao est-il réalisable techniquement ?
- Est-ce que cet investissement est rentable et l'installation économiquement viable ?

Quatre parties principales constituent l'ensemble de ce travail. Dans un premier temps, il a été établi un profil général sur le cacaoyer et sur la filière cacao dans le monde et à Madagascar. En effet,

il s'avère nécessaire de se familiariser avec les réalités botaniques, écologiques, économiques et historiques de cette plante avant de mener des études supplémentaires à ce sujet.

Lorsque les généralités sur la plante et la filière en général sont acquises, on commence à s'intéresser plus particulièrement au beurre de cacao en tant que matière première à nos travaux de recherches. Ceci constitue la deuxième partie de notre étude qui s'intitule étude analytique du beurre de cacao.

Par la suite, des essais de raffinage ont été menés afin de déterminer la faisabilité technique du processus de raffinage du beurre de cacao et de déterminer la méthode la plus appropriée pour ce faire.

Finalement, le projet de mise en place de cette unité est confronté aux critères d'évaluation économique de projet. Cette dernière partie a été réalisée afin de déterminer la faisabilité économique de notre projet.

PARTIE I

GENERALITES SUR LA FILIERE CACAO

Partie I- GENERALITES SUR LA FILIERE CACAO

I. Historique et origine du cacao [1] [2] [3]

Les scientifiques s'accordent à admettre l'existence de quelques zones du globe comme étant les « berceaux botaniques » du cacaoyer. Le plus important de ceux-ci se situe dans la zone tropicale, dans le cours supérieur du fleuve amazone. Le cacaoyer tel que nous le connaissons est originaire de l'Amérique central où sa culture remonterait à plus de 3000 ans. La culture Maya attribue la découverte de cette plante aux dieux. En effet « *Theobroma* » (du grec *Theos* = dieu et *broma* = *nourriture*) signifie littéralement nourriture des dieux.

Au début, le cacao fut utilisé pour la fabrication d'une boisson amère souvent aromatisée à la vanille ou aux épices et utilisé à des fins thérapeutiques et culturelles comme certains rituels tels que le mariage. De plus, les fèves de cacao furent aussi utilisées comme des monnaies d'échange.

Au XVe et XVIe siècle, avec la découverte de l'Amérique et les expéditions de conquête espagnoles, le cacao gagne l'Europe et s'y développe rapidement. Il faut attendre le début du XIXe siècle et la révolution industrielle pour que le chocolat, sous sa forme actuelle, puisse être découvert.

Pour le cas de Madagascar, vers les années 1900, le cacao du groupe Criollo est introduit dans la grande île pendant la colonisation. Une dizaine d'années plus tard, les cacaoyers de type Forastero sont introduits à Madagascar et sont connus sous l'appellation locale de « cacao TAMATAVE ».

II. Présentation botanique de la plante [4] [29]

1. Systématique

Le cacaoyer est une plante diploïde à $2n = 20$ chromosomes. On rencontre deux classifications possibles du cacaoyer :

- La classification classique
- La classification phylogénétique

1.1. Classification classique

La classification classique est une méthode basée sur une analyse comparative entre la morphologie des espèces.

La classification du cacaoyer se fait comme suit

- **Règne** : *Plantae*
- **Superdivision** : *Spermatophyta* (plantes à graines)
- **Division** : *Magnoliophyta* (plantes à fleurs)
- **Classe** : *Magnoliopsida* (dicotylédone)
- **Ordre** : *Malvales*
- **Famille** : *Sterculiaceae*
- **Genre** : *Theobroma*

1.2. Classification phylogénétique

La classification phylogénétique prend en compte le degré de parenté entre les espèces et peut même se vérifier par l'analyse des séquences ADN.

Dans cette classification, la famille du cacaoyer est différente :

- **Règne** : *Plantae*
- **Superdivision** : *Spermatophyta* (plantes à graines)
- **Division** : *Magnoliophyta* (plantes à fleurs)
- **Classe** : *Magnoliopsida* (dicotylédone)
- **Ordre** : *Malvales*
- **Famille** : *Malvaceae*
- **Genre** : *Theobroma*

1.3. Nomination binomiale

Le cacaoyer répond au nom scientifique : *Theobroma cacao L.*

2. Description du cacaoyer [5][6][7]

2.1. Le port

Le cacaoyer est un « arbre », botaniquement parlant. À l'âge adulte, il peut atteindre une hauteur de 5 à 7 m, voire plus, selon les conditions de son environnement

2.2. Les feuilles

Le cacaoyer est doté de feuilles simples, entières, alternées qui sont disposées suivant une phyllotaxie 3/8 qui peut varier jusqu'à 5/13 selon LENT (1966). Ces feuilles comportent des pétioles de 3 à 6 cm de long dotés de deux renflements permettant à la feuille de mieux s'exposer au soleil. A la base de ce pétiole se trouvent deux stipules caduques. Le limbe est entier, lancéolé et penninervé et peut atteindre jusqu'à 50 cm de long.

2.3. Les fleurs

Elles prennent naissance sur des coussinets floraux à même le tronc et sur les branchages de l'arbre. Les premières fleurs apparaissent vers la troisième et la quatrième année de la plante. L'abondance et la fréquence de la floraison dépendent des conditions climatiques et des facteurs liés au groupe de cacaoyer.

La fleur est soutenue par un pédicule de 1 à 3 cm. Elle est formée de cinq sépales blancs ou teintés, soudés à leur base. L'ovaire est subdivisé en cinq loges contenant les ovules disposées autour d'un axe central. Le style est tubulaire et se termine par cinq stigmates. Les cinq étamines sont alternées de cinq staminodes stériles pour former l'androcée.

2.4. Les fruits

Les fruits sont de forme plus ou moins allongée de 10 à 30 cm de long sur 8 à 10 cm de diamètre et pèsent entre 200 et 800g chacun. On les appelle « cabosse » à maturité et « chérelles » lorsqu'ils sont encore jeunes. La couleur des fruits varie beaucoup du vert au rouge ou jaune.

Les cabosses sont marquées de 10 sillons et elles renferment un péricarpe, une pulpe blanche à l'intérieur de laquelle se trouvent 5 rangées de graines.

2.5. Les graines

Les dénominations de « graine » et de « fève fraîche » sont utilisées pour désigner la graine telle qu'elle est extraite de la cabosse mûre. On utilise le terme de « fève de cacao » quant on fait référence aux graines ayant déjà subit une fermentation et un séchage.

La graine est essentiellement constituée par l'embryon enveloppé lui-même dans la « coque ». On peut caractériser la graine par :

- Son poids qui est l'un des critères les plus importants surtout pour évaluer la valeur marchande du cacao.
- La couleur des cotylédons frais qui se trouve être l'élément le plus pratique pour connaître le groupe auquel appartient le cacao en question.
- Ses mensurations. Cette caractéristique est également très importante car elle permet sa classification dans l'industrie.
 - o La longueur varie de 20 à 30 mm
 - o La largeur peut varier de 10 à 17 mm
 - o L'épaisseur se situe entre 7 à 12 mm

2.6. La tige

La croissance de la tige se fait par poussées successives et non pas en continu. A la fin de la croissance en hauteur de la tige, il se forme à partir de cinq bourgeons axillaires cinq branches constituant ce qu'on appelle la « couronne ».

2.7. Le système racinaire

Le système racinaire du cacaoyer et formé par :

- Un pivot central pouvant atteindre 2 à 3 m de profondeur
- Une dizaine de grosses racines latérales qui se subdivisent fortement mais qui ne dépassent généralement pas 50 cm de profondeur.
- Le chevelu superficiel qui est très abondant dans la couche humifère du sol

3. Les principaux groupes de cacao les plus utilisés dans le monde [5][6][8][9]

Le genre *Theobroma* compte vingt deux espèces différentes dont la classification par la morphologie de la cabosse, de la fleur ou de la graine s'avère assez flou et peu pratique. PITTIER (1930) admet l'existence de deux formes différentes de cacaoyers :

- Le Criollo
- Le Forastero

Au XIXe siècle, un nouveau groupe de cacaoyer a été créé par hybridation entre les deux groupes précédents afin de pallier à une destruction massive des anciennes plantations à Trinidad. Ce nouveau groupe est appelé «Trinitario ».

3.1. Le groupe des Criollos

Les Criollos sont très fragiles et nécessitent des conditions de cultures très rigoureuses. Ils représentent seulement 1 à 5% de la production mondiale. Toutefois, ils donnent un cacao fin, à arôme très développé, et présentant très peu d'amertume. Ils sont utilisés pour la fabrication de chocolat de luxe. Ce sont les cacaos qui se rapprochent le plus des cacaos vénézuéliens d'origine. Ils sont caractérisés par

- Staminodes de couleur rose pâle
- Cabosse de couleur rouge ou verte avant maturité
- Forme généralement allongée avec une pointe accentuée
- Cabosse profondément sillonnée
- Péricarpe verruqueux et mince
- Mésocarpe mince et peu lignifié
- Fèves de section presque ronde aux cotylédons de couleur blanche.



Figure 1: Cacao Criollo (source www.wikipedia.com, 2011)

On peut distinguer trois types de Criollos dans le monde

- Le Criollo « centre-américain » cultivé au sud du Mexique, au Guatemala et au Costa-Rica
- Le Criollo « Sud-Américain » cultivé en Colombie et au Vénézuela
- MARTY (1992) fait une distinction particulière sur les Criollos de Madagascar qui sont assez spécifiques par leur cabosse de petite taille et leurs petites fèves. Cependant, par leur arôme, leur finesse exceptionnelle, ils se démarquent sur le marché mondial.

3.2. Le groupe des Forastero

C'est un groupe rencontré à l'état spontané en Amazonie. Ce cacaoyer présente une forte rusticité et est très répandu dans le monde. Les cacaos Forasteros ont un arôme peu développé et un

goût plus amer avec une note prononcée d'acidité. Ils sont utilisés pour la fabrication de chocolat standard et représentent à eux seuls plus de 80% de la production de cacao mondial.

Le groupe des Forasteros se distingue par :

- Staminodes pigmentés de violet
- Cabosse de couleur verte qui vire au jaune à maturité et de forme variable.
- Surface de cabosse lisse, peu ou pas sillonnée à extrémité arrondie ou émoussée.
- Les fèves sont plus ou moins aplatis avec des cotylédons frais de couleur pourpre foncé.
- Le péricarpe est épais et difficile à couper à cause de la forte lignification du mésocarpe.

En équateur, une variété locale de Forastero, le « Nacional », est réputé pour rivaliser avec la qualité du Criollo tout en présentant la rusticité du Forastero.



Figure 2: Cacao Forastero (source www.wikipedia.com, 2011)

3.3. Le groupe des Trinitario

Ce groupe est issu de l'hybridation entre les deux premiers. Ses caractéristiques présentent une très importante diversité entre celles des Criollos et des Forasteros. Il produit également un cacao de qualité intermédiaire.

Son importance sur le marché couvre 10 à 20% de la production mondiale de cacao.

III. Ecologie du cacaoyer [1][6][10]

Le cacaoyer est une plante qui nécessite un assez grand nombre de critères écologiques spécifiques pour pouvoir se développer et surtout pour produire normalement.

1. La température

Originaire des forêts amazoniennes, le cacaoyer demande une température assez importante. MARTY (1992) et MOSSU (1990) préconisent les intervalles de températures suivantes :

- Une température moyenne de 24-28°C pour une production optimale.
- Aux températures inférieures à 18°C et supérieures à 32°C, la production diminue considérablement.
- La température de 10°C se trouve être le minimum absolu de survie de la plante.

2. Besoin en eau

Le cacaoyer est très sensible à une déficience hydrique. Ce besoin doit être satisfait tant en quantité de pluie qu'en fréquence tout au long de l'année. En général, une pluviométrie moyenne de 1500 à 2000 mm par an est nécessaire et ce, à condition qu'elle ne baisse au dessous de 100 mm pendant une durée de 3 mois.

Les études menées par LEMEE (1955) mettent en évidence un optimum de croissance pour une teneur en eau du sol comprise entre 2/3 et 3/3 de l'eau utilisable (quantité d'eau comprise entre l'humidité équivalente et le pourcentage de fanaison permanente).

3. Humidité atmosphérique

Le cacaoyer a besoin d'une atmosphère chaude et humide. Les valeurs optimales se situent autour de 82%. Afin de maintenir cette humidité de l'air, il est préconisé de limiter l'action des vents desséchant par l'utilisation de brise-vent.

4. Lumière et ombrage

Le niveau d'éclairement joue un rôle très important dans la vie du cacaoyer. Le jeune cacaoyer a besoin d'un ombrage dense ne laissant passer que 25 à 50% de la lumière totale. Jusqu'à 2 ans, cet éclairement ne doit pas dépasser 50% puis il pourra être diminué progressivement pour s'arrêter à 70% de lumière solaire totale. Cette mesure est prise pour protéger la plante de l'action

directe des rayons solaires, conserver l'humidité de l'air et garantir l'approvisionnement du sol en matières organiques.

5. Le sol

Le sol destiné à la culture du cacaoyer doit présenter quelques caractéristiques de bases dont les plus importants sont :

- Profondeur minimum de 1,5 m dans les conditions standards de plantation.
- Forte teneur en humus et en matières minérales. La couche superficielle du sol doit au moins contenir 3,5% de matières organiques.
- La structure doit permettre une bonne pénétration des racines
- La texture doit pouvoir assurer à la fois une bonne rétention en eau, être aérée et bien drainée.
- Un rapport N/P voisin de 1,5.

6. L'altitude

L'altitude favorable à la culture du cacaoyer est en étroite relation avec la latitude du lieu de plantation. Au niveau de l'équateur, le cacaoyer peut croître à 1000 m d'altitude. A mesure que l'on s'éloigne de cette zone, l'altitude adéquate diminue également. La limite se situe aux latitudes 20 – 23° (Nord ou Sud) où la culture n'est possible qu'au niveau de la mer.

IV. Préparations du cacao [30]

1. La récolte

La récolte s'effectue à la maturité du fruit du cacaoyer. Cette maturité est jugée suivant les critères suivants :

- La couleur de la cabosse qui vire du vert au jaune ou du rouge à l'orange suivant le groupe.
- Le son que fait la cabosse lorsqu'elle est frappée avec le doigt. Cette méthode demande de l'habitude de la part des ouvriers.

Un outil spécial est utilisé pour pouvoir atteindre les fruits haut placés dans les arbres. Il s'agit d'une lamelle incurvée placée au bout d'une perche de bois.



Figure 3: Instrument de collecte de cabosse (cliché auteur, 2011)

La période de récolte est un facteur très important pour la qualité du cacao. Effectuée précocement, elle engendre une baisse considérable du rendement en cacao tandis que tardivement, elle favorise l'apparition de maladies et de pourriture des graines.

La récolte de cacao commence vers la quatrième année du cacaoyer et s'effectue tout au long de l'année à intervalle de 7 à 15 jours. Le pic de récolte est atteint entre le mois d'octobre et de janvier.

2. L'écabossage

On regroupe sous le terme d'écabossage l'ensemble des opérations effectuées pour extraire les graines de l'intérieur des cabosses. Les méthodes les plus utilisées consistent à :

- Fracasser la cabosse avec un gourdin en bois ou sur un socle en pierre
- Utiliser un outil tranchant pour trancher la cabosse perpendiculairement ou parallèlement à l'axe de la longueur de celle-ci.

Cette dernière méthode présente de grands risques de blesser les graines.

L'écabossage doit être fait, au plus tard, six jours après la récolte.

3. La fermentation

Après l'écabossage, les graines sont encore entourées de mucilages qui peuvent favoriser le développement de moisissures.



Figure 4: Mucilage sur graines de cacao (source www.chococlic.com, 2011)

La fermentation est l'une des étapes les plus importantes dans la préparation du cacao marchand. Elle offre plusieurs avantages. D'une part, elle permet l'élimination des mucilages entourant les graines et évite donc les attaques des insectes tels que les mouches et les moustiques. D'abord, elle assure la mort du germe de la graine empêchant ainsi la destruction des réserves, donc d'une importante perte de masse. Ensuite, la fermentation assure la formation des précurseurs de l'« arôme chocolat ».

Le matériel de fermentation est constitué de bacs en bois disposés en cascade afin de faciliter un brassage de la masse de graines et d'obtenir une fermentation uniforme.



Figure 5: Installation de fermentation de fèves de cacao (cliché auteur, 2011)

4. Le séchage

Le séchage arrête le processus de fermentation et augmente la durée de conservation du cacao en abaissant la teneur en eau de celui-ci à environ 7%. Elle peut s'effectuer au soleil ou dans une chambre ventilée ; à même le sol ou sur des claires en tiroir.

5. Conditionnement du cacao marchand

Le cacao fermenté et séché, cacao marchand, est conditionné en sacs de jutes avant d'être expédié. Des traitements par fumigation sont parfois utilisés pour contrer les attaques d'insectes avant l'approvisionnement des chocolateries.

6. Le stockage du cacao

Afin de veiller à une bonne conservation du cacao, il faut qu'il soit soumis à certaines conditions de stockage :

- Humidité ambiante de l'air inférieure à 70%
- Local de stockage bien espacé permettant une bonne circulation d'air.
- Absence de matériaux à forte odeur qui peuvent contaminer l'arôme du cacao.
- Lutte efficace contre les rongeurs et insectes.

7. Les critères de qualité du cacao marchand

L'appréciation de la qualité du cacao marchand se base objectivement sur la teneur en eau, sur la richesse en beurre de cacao ou l'importance de résidus de produits phytosanitaires tels que les pesticides. Or, la sélection des cacaos marchands s'effectue le plus souvent par un examen visuel des fèves. Ainsi, suivant les pays, il peut y avoir plusieurs considérations de qualité du cacao.

La norme internationale est comme suit :

Tableau 1: Normes internationales sur la qualité des fèves

| | Fèves moisies (%) | Fèves ardoisées (%) | Autres fèves défectueuses (attaquées par des insectes, plates ou germées) (%) |
|------------|-------------------|---------------------|---|
| Grade I | 3 | 3 | 3 |
| Grade II | 4 | 8 | 6 |
| Hors Grade | > 4 | > 8 | > 6 |

Source : FAO/OMS in [1]

La norme AFCC et CAL (France et Grande Bretagne)

Tableau 2: Norme AFCC et CAL

| | Fèves ardoisées (%) | Autres fèves défectueuses (germées, moisies, attaquées par des insectes) (%) |
|----------------------|---------------------|--|
| Good fermented | 5 | 5 |
| Fair fermented | 10 | 10 |
| Fair average quality | >10 | 12 |

Source : FAO/OMS in [1]

La norme brésilienne :

Tableau 3: Norme brésilienne

| | Fèves moisies (%) | Fèves ardoisées (%) | Fèves attaquées par les insectes (%) | Fèves germées et autres fèves défectueuses (%) |
|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|--|
| Superior | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Bom | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Abaiso do prado | 8 | 8 | 5 | 10 |

Source : FAO/OMS in [1]

La norme CMA (Etats Unis)

Tableau 4: La norme CMA

| Fèves moisies (%) | Autres fèves défectueuses (%) | Ensemble des défauts (%) |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 4 | 4 | 6 |

Source : FAO/OMS in [1]

V. Filière cacao

1. Dans le monde [11][12][13]

1.1. La production mondiale

Le cacao est l'une des denrées les plus importantes sur le marché international à l'instar du café et de la vanille. La production mondiale est assurée par 70 pays dont les plus importants sont localisés en Afrique de l'Ouest comme la Côte d'Ivoire et le Ghana. Cette production a atteint 3.4 millions de tonnes de cacao marchand en 2006/2007 sur le marché. Malgré quelques fluctuations annuelles, la répartition générale de l'importance de production suivant les producteurs se fait selon la figure suivante.

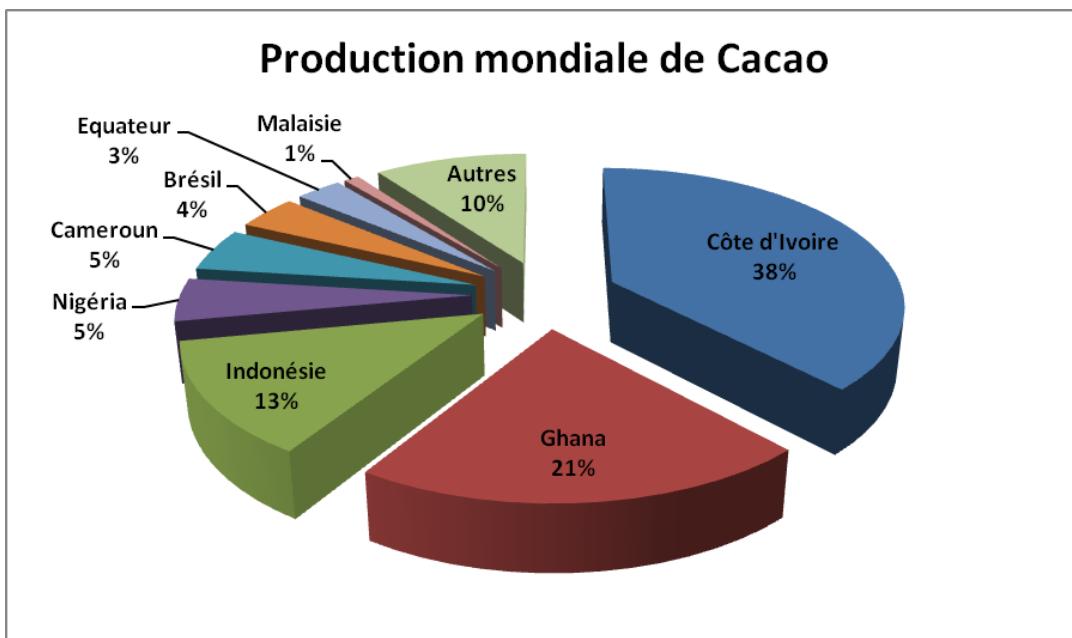


Figure 6: Production mondiale de cacao en 2005

Source : ICCO, 2007 in [14]

1.2. La consommation mondiale

La consommation de cacao d'un pays est estimée par la quantité de fève qu'il importe et par l'importance de son cacao broyé ou transformé. Les Etats-Unis figurent parmi les plus grands consommateurs de cacao du monde avec les pays industrialisés européens comme l'Allemagne. La figure suivante montre l'importance de cette tendance.

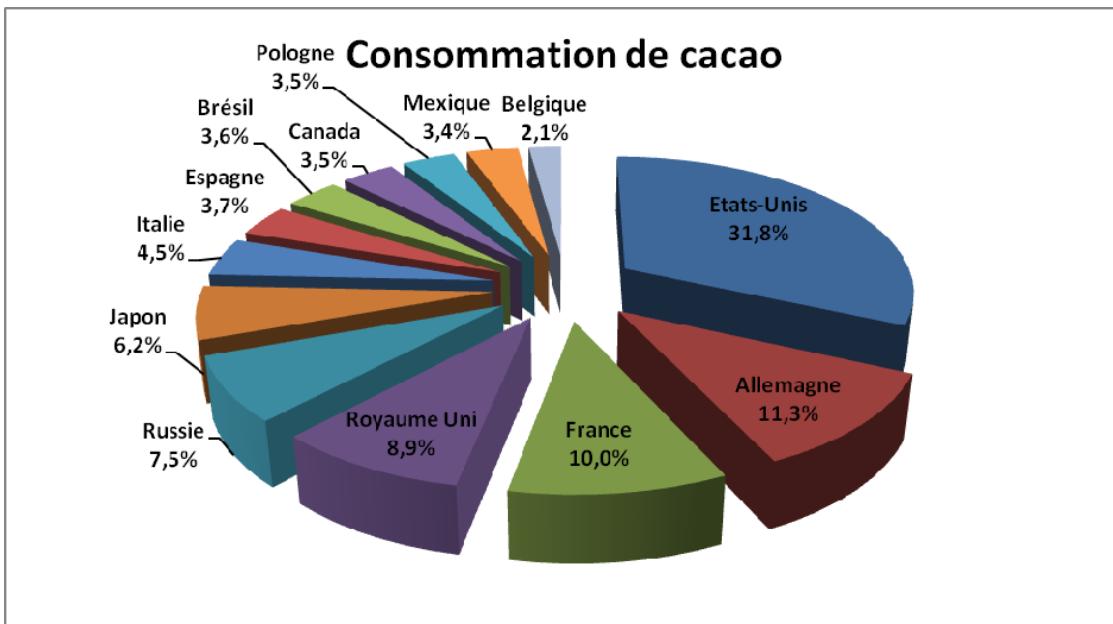


Figure 7: Consommation mondiale de cacao en 2005

Source : ICCO, 2007 in [14]

2. A Madagascar [12][14]

2.1. Exploitation de cacao fève

Madagascar, comme la plupart des pays en voie de développement, produit du cacao plus qu'il n'en consomme. Sur le marché mondial, notre pays s'impose plutôt par la qualité de notre cacao que par sa quantité.

A partir de 2005, (cf ANNEXE 1) la production de cacao marchand malgache a connu une croissance soutenue jusqu'en 2009. Par la suite, cette production subit une baisse rapide jusqu'à nos jour. Cette régression pourrait s'expliquer par la crise politique et économique que connaît le pays depuis cette année là.

D'autre part, le prix du cacao à l'exportation subit une baisse progressive depuis les années 2007. Cette situation est due à l'abondance de l'offre par rapport à la demande en sus de l'accumulation des stocks en matière des années précédentes sur le marché.

Cette évolution peut se résumer dans le graphique suivant :

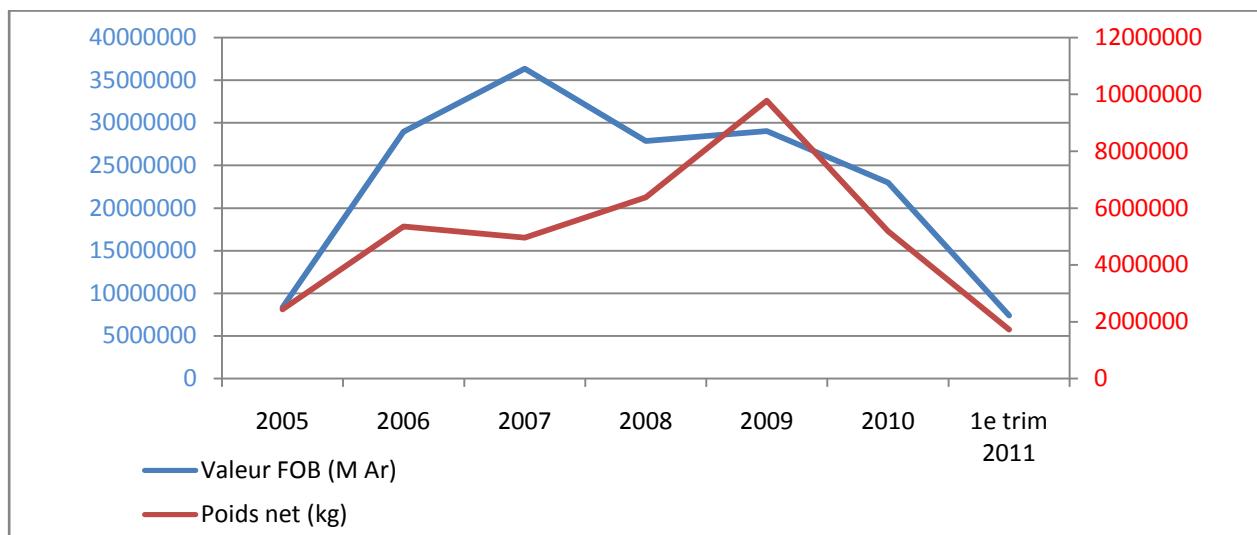


Figure 8: Evolution des exportations malagasy de fèves de cacao

Source : INSTAT, 2011

2.2. Marché de chocolat et produits dérivés de cacao

2.2.1. Exportation

Suite à la diminution de l'exportation des fèves de cacao en 2009, on assiste à une croissance du marché extérieur de chocolats et produits dérivés du cacao (cf ANNEXE 1). Pourtant, à partir de 2010, avec le manque de matières premières, cette production de produits finis et/ou semi fini à base de cacao commence à diminuer.

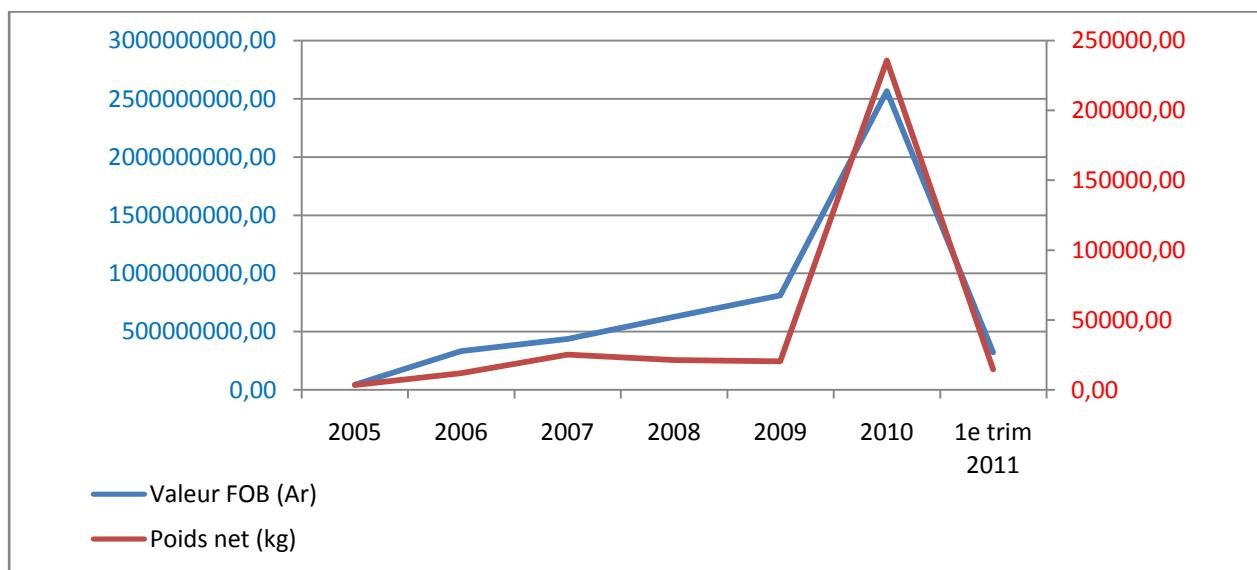


Figure 9: Exportation de produits dérivés de cacao à Madagascar

Source : INSTAT, 2011

2.2.2. Marché intérieur

Sur le marché intérieur, le cacao produit est utilisé presque exclusivement dans les industries chocolatières. Dans certaines firmes, les cacaos de reconstitution (mélange de poudre de cacao, de matière grasse végétale autre que du beurre de cacao et d'une moindre fraction de cacao brut) sont plus utilisés. Cette situation entraîne une mise à disposition de produits chocolatés à moindre prix sur le marché intérieur et une diminution du part de marché du chocolat à base de cacao naturel.

2.2.3. Firmes œuvrant dans le domaine du cacao malagasy

Plusieurs sociétés malagasy exploitent la filière cacao. La liste non exhaustive suivante donne un aperçu des principaux exploitants malagasy.

Tableau 5: Les sociétés œuvrant dans la filière cacao à Madagascar

| Sociétés | Localisation | Produits exportés | Sociétés | Localisation | Produits exportés |
|------------------------------|--------------|-------------------|---|--------------|-------------------|
| BEMIRAY EXPLOITATION SARL | Sambava | Cacao | SAVONNERIE ARTISANALE DE NOSY-BE SARL | Nosy be | Cacao |
| Ets ARINJAKA FANJA E.I | Antalaha | Cacao | SCIM (société commerciale et industrielle de Madagascar) SA | Toamasina | Cacao |
| MAHABIBO DE MADAGASCAR SARL | Ambovomby | Cacao | SAGI (société agricole d'Ambovomby) SA | Antananarivo | Cacao |
| MILLOT SA | Ambovomby | Cacao | EPICEO.COM | Antananarivo | Chocolat |
| RAMANANDRAIBE EXPORTATION SA | Antananarivo | Cacao + Chocolat | CINAGRA (compagnie industriel Agro-alimentaire) | Antananarivo | Chocolat |

Source : INSTAT

VI. La Chocolaterie Confiserie Robert [15][16]

1. Historique

En 1937 un couple de réunionnais, les Robert, ont fondé une société du nom de « Chocolaterie Robert » à Brickaville. Cette société était alors spécialisée dans la production de chocolat en tablette. Trois ans après sa création, la société fût transférée à Antananarivo à cause de son climat plus adapté au conditionnement du chocolat. Initialement « société à responsabilité limitée » ou SARL, elle se transforme en « société anonyme » ou SA en 1969.

C'est en 1977 que la famille RAMANANDRAIBE a racheté la société Chocolaterie Robert. Et depuis, la direction de cette firme est assurée par monsieur RAMANANDRAIBE Marcel. Dans une optique de développement et d'expansion, la société a commencé à diversifier sa gamme de production. Actuellement, elle tient une part de marché dans les domaines de la chocolaterie, de la confiserie et de la pâtisserie.

La Chocolaterie Robert a commencé à prendre une part de marché international à partir de 1989. Plus tard, les chocolats produits par la Chocolaterie Robert ont su s'imposer par rapport aux produits étrangers et gagner le premier prix du *world chocolate award* notamment par la marque « MORA MORA » en 2006.

2. Organigramme de la société chocolaterie Robert

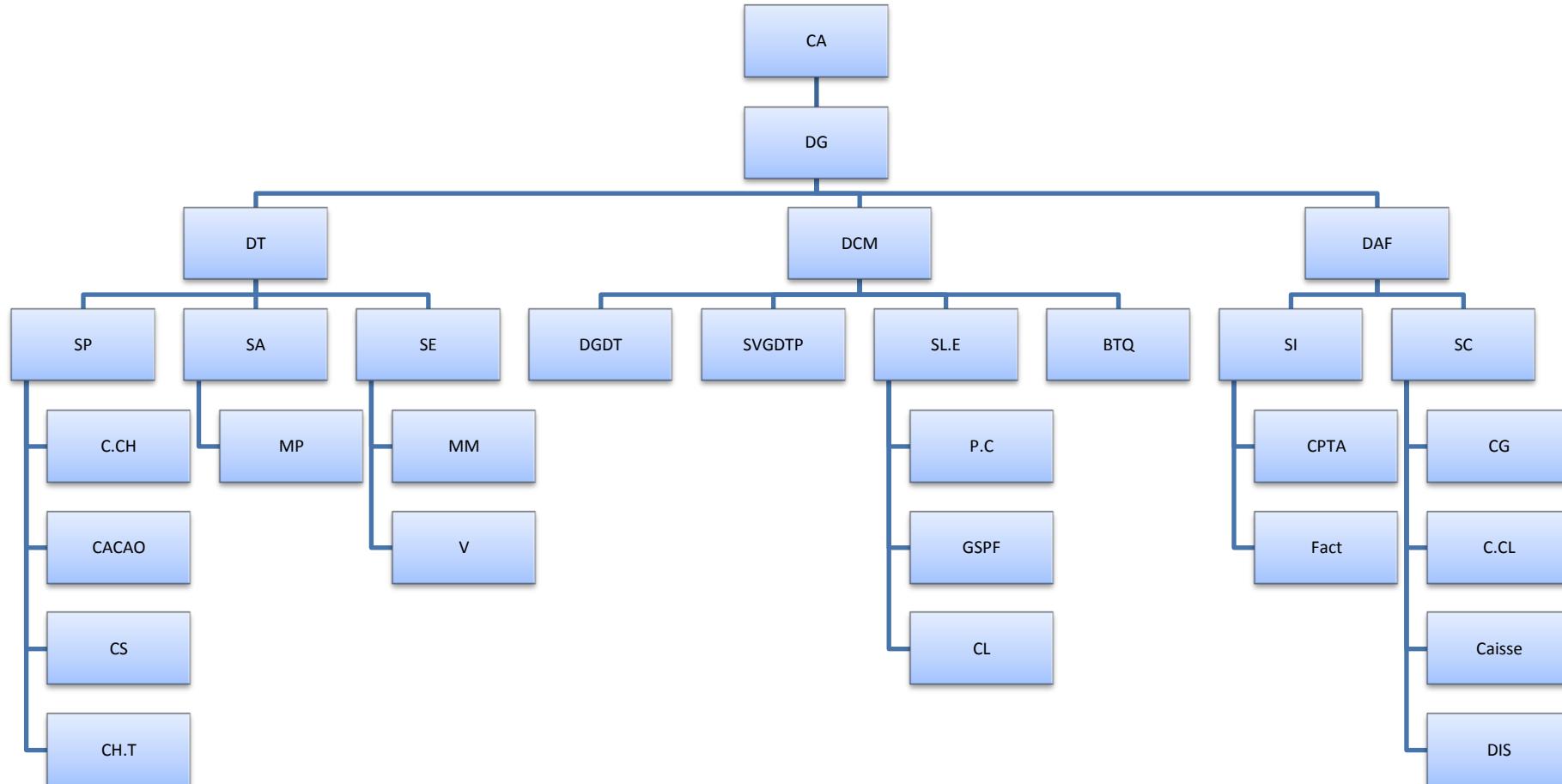


Figure 10: Organigramme de la société Chocolaterie Confiserie Robert

LEGENDES :

CA : Conseil d'Administration

DGDT : Démarcheurs Grossistes et Détaillants Tana

DG : Directeur Général

SVGDTP : Service Vente Grossistes et Détaillants Tana et Province

SP : Service Production

SLE : Service Livraison et Expédition

CCH : Confiserie Chocolat

PC : Préparation Commande

CS : Confiserie Sucre

BTQ : Boutiques

CHT : Chocolat Tablette

DAF : Directeur Administratif et Financier

SA : Service Approvisionnement

SI : Service Informatique

MP : Matières Premières

CPTA : Comptabilité

SE : Service Entretien

FACT : Facturation

MM : Maintenance Machine

GSPF : Gestion de Stocks des Produits Finis

V : Véhicules

SC : Service Comptabilité

DCM : Directeur Commercial et Marketing

CG : Comptabilité Générale

CIS : Comptabilité Inter Sociétés

CL : Chauffeurs Livreurs

VII. Conclusion partielle

Le cacaoyer ou *Theobroma cacao* trouve ses origines en Amérique centrale où il a revêtu des valeurs tant thérapeutiques et économiques que culturelles. Les peuples Mayas et Aztèques considéraient le cacao comme un présent des dieux. Après avoir atteint l'Europe pendant les expéditions coloniales, cette denrée fut introduite à Madagascar à partir des années 1900.

Appartenant à la famille des *Sterculaceae* ou des *Malvaceae* selon le mode de classification considéré, le cacao est différencié en trois groupes distincts. Les Criollos sont des cacaos fins à fort arôme mais de moindre vigueur. Les Forasteros se cultivent plus facilement mais donnent un cacao de moins bonne qualité. Les Trinitarios présentent des caractéristiques intermédiaires entre ces premiers.

Dans la préparation du cacao marchand, l'une des étapes la plus importante consiste en la fermentation. Ce traitement influe largement sur la qualité du cacao produit. Sur le marché mondial, la production de cacao marchand est dominée par les pays africains qui accaparent plus de 70% de la production totale. La consommation et la transformation, par contre, sont monopolisées par les pays européens et les Etats Unis.

A Madagascar, le marché du cacao est principalement axé sur la production de fève avec des sites de production concentrés sur la partie nord ouest de l'île. Les firmes œuvrant dans la transformation du cacao malagasy sont peu nombreuses et l'une des plus importantes est la Chocolaterie Confiserie Robert.

En effet, sur le territoire, la Chocolaterie Confiserie Robert est l'une des rares sociétés à produire du beurre de cacao dans ses locaux. Dans la partie suivante de cette étude, nous allons porter une attention particulière à cette denrée, à sa production et à son importance.

PARTIE II

ÉTUDE ANALYTIQUE DU BEURRE DE CACAO

Partie II- ETUDE ANALYTIQUE DU BEURRE DE CACAO

I. Le beurre de cacao

1. Généralités [17][18]

D'après la norme révisée du *Codex Alimentarius*, on désigne sous l'appellation « beurre de cacao » la graisse obtenue à partir de fèves de cacao présentant les caractéristiques suivantes :

- Teneur en acides gras libres (exprimé en acidité oléique) : moins de 1,75% (m/m)
- Matières insaponifiables : moins de 0,5% (m/m)
moins de 0,35% (m/m)
pour le cacao de pression.

Le beurre de cacao peut être obtenu de plusieurs façons différentes :

- Par **pression**, on obtient le beurre de cacao de pression
- Par **torsion** ou **méthode expeller** pour avoir le beurre de cacao de torsion
- Par extraction avec du **solvant**.
- Par **combinaison** de deux ou plusieurs de ces procédés.

2. Composition [19][24]

Le beurre de cacao est composé à 98% de triglycérides. L'importance de ces triglycérides est telle que :

- 70% de triglycérides monoinsaturés dont la majorité est issue de la combinaison de Acide palmitique (C 16:0), Acide stéarique (C 18:0), Acide oléique (C 18:1).
 - 1,3-palmitoyl-2oléoylglycérol (POP)
 - 1-palmitoyl-2-oléoyl-3stéaroylglycérol (POS)
 - 1,3-stéaroyl-2-oléoylglycérol (SOS)
- 20% de triglycérides diinsaturés
- 6% de triglycérides polyinsaturés
- 2% de triglycérides triinsaturés.

La composition du beurre de cacao en acide gras est donnée par le tableau suivant :

Tableau 6: Composition en acides gras du beurre de cacao

| Formule général | Nom | Limites extrêmes (%) | Moyenne (%) |
|-------------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| C_{16:0} | Acide palmitique | 25,0 – 29,6 | 27,3 |
| C_{16:1} | Acide palmitoléique | 0,0 – 0,8 | 0,2 |
| C_{18:0} | Acide stéarique | 32,7 – 35,0 | 34,7 |
| C_{18:1} | Acide oléique | 33,0 – 34,5 | 34,0 |
| C_{18:2} | Acide linoléique | 2,5 – 3,8 | 3,2 |
| C_{20:0} | Acide arachidique | 0,0 – 1,0 | 0,6 |

Source : WOLFF, 1968

3. Vertus et utilisations [20][21][22][31][32]

Le beurre de cacao présente de nombreuses vertus qui sont étroitement liées à sa composition.

Il est possible de classifier ces particularités en deux catégories principales :

- La richesse en acides gras essentiels
- Les caractéristiques physico-chimiques utiles.

3.1. Les acides gras essentiels

Certains acides gras sont dits « essentiels » parce qu'ils ne peuvent pas être synthétisés par le corps humain et doivent donc être apportés directement par l'alimentation. Il existe deux (02) grands groupes d'acides gras essentiels :

- Les oméga-3
- Les oméga-6

Dans le beurre de cacao, on rencontre surtout des oméga-6 (acide linoléique C_{18:2}) à une teneur moyenne de 4-6%.

3.1.1. Oméga 6

Les oméga-6 sont des acides gras polyinsaturés dont la double liaison se situe à la sixième liaison carbone-carbone en comptant à partir de l'extrémité opposé au groupe carboxyle (carbone ω).

Le premier représentant de cette catégorie est l'acide linoléique (acide 9-cis, 12-cis octadécadienoïque). Parmi le groupe des oméga-6, seul l'acide linoléique peut être qualifié, au sens

strict du terme, d'acide gras essentiel. En effet, les autres acides gras du groupe peuvent être synthétisés à partir de cet acide qui sert donc de précurseur. La figure suivante donne une représentation de l'acide linoléique.

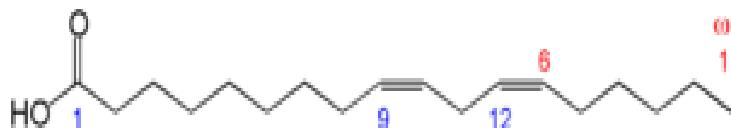


Figure 11: Acide linoléique

Du point de vue physiologique, les Oméga-6 agissent sur le développement du système nerveux, de l'équilibre cardiovasculaire, de l'immunité, de la guérison des blessures et sur la protection contre les réactions allergiques et inflammatoires.

3.2. Autres caractéristiques

3.2.1. Les oméga-9

Les oméga-9 sont des acides gras mono-insaturés dont la double liaison se situe au niveau de la neuvième liaison carbone-carbone à partir du carbone ω .

Ces acides gras présentent des effets bénéfiques sur la protection contre les maladies cardiovasculaires par la régulation de la teneur en cholestérol dans le sang en diminuant la teneur en LDL et en augmentant le HDL.

Dans le beurre de cacao, l'acide oléique (acide cis-9-octadécenoïque), premier représentant du groupe, est présent à une teneur moyenne de 31- 38%.

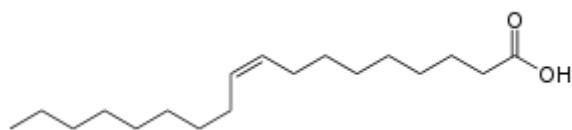


Figure 12: Acide oléique

3.2.2. Les antioxydants

Le beurre de cacao est très riche en composés antioxydants dont les plus importants sont la vitamine E et les polyphénols. Du point de vue chimique, la présence de ces antioxydants ainsi que la

faible insaturation fait du beurre de cacao l'une des graisses les plus stables et résistantes au rancissement.

Sur l'organisme, les antioxydants bloquent l'action néfaste des radicaux libres sur les cellules et permettent ainsi de lutter contre les cancers et assurent aussi une protection des cellules contre les agressions extérieures comme les rayonnements UV.

3.2.3. Propriété hydratante

Le beurre de cacao possède une grande propriété hydratante et apaisante grâce à sa très forte teneur en acide gras. Cette caractéristique est largement mise à profit dans l'industrie cosmétique utilisant le beurre de cacao.

3.2.4. La théobromine

La théobromine est un alcaloïde de la famille des méthylxanthines, à l'instar de la caféine et de la théophylline, présent dans le cacao et donc dans le beurre de cacao mais à petite dose.

La théobromine serait à l'origine de l'effet du cacao sur la bonne humeur du consommateur. Par ailleurs, cette substance possèderait des propriétés diurétiques, vasodilatatrices et cardiotoniques. La théobromine a également des propriétés lipolytiques, d'où son utilisation dans les produits pharmaceutiques amincissants.

La molécule de théobromine se schématise de la façon suivante :

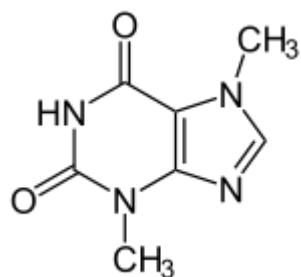


Figure 13: La théobromine

II. L'extraction du beurre de cacao au sein de la Chocolaterie Robert

1. La matière première cacao [16]

1.1. Approvisionnement

La chocolaterie Robert s'approvisionne en fèves de cacao fermentées et séchées issues de la région du Sambirano (Haut Sambirano surtout). Les matières premières sont prises auprès de collecteurs qui s'approvisionnent eux-mêmes auprès de paysans.

La livraison des fèves se fait par voie terrestre avec des camions et la fréquence varie en fonction du rythme de production de l'usine. L'approvisionnement se fait à intervalle régulier tout au long de l'année. En moyenne, la société consomme plus de 216 tonnes de fèves par an.

L'approvisionnement en matière première ne constitue pas encore un problème pour la société. Le prix des cacaos varie suivant le cours mondial.

1.2. Critères de qualité selon l'usine

Les fèves commercialisées sont classifiées selon un ordre de qualité. Il existe des critères des classifications au niveau du fournisseur, de la société consommatrice mais également au niveau mondial. Ces critères sont basés surtout sur l'importance des impuretés (fèves défectueuses, fèves moisies, corps étrangers, ...) dans le lot livré.

Pour le cas de la société Chocolaterie Robert, le cacao est classifié en deux catégories dont les critères de qualité sont donnés dans l'annexe 2 :

- Supérieur
- Standard

Les conditions de traitement de ces matières varient en fonction de cette classification.

1.3. Autres traitements au niveau de l'usine : la fumigation.

Avant toute utilisation au sein de l'usine, le cacao est directement soumis à un traitement de fumigation pendant 72h avec des doses de Phosphinon en comprimés. L'efficacité de la fumigation dure 15 jours. Après cette période, si le cacao n'est pas encore transformé, on devra renouveler le traitement.

Après la fumigation, le cacao est envoyé au magasin de stockage ou directement dans la chaîne de production. Ce magasin est muni d'un système de protection contre l'attaque des insectes et des rongeurs. Sa capacité nominale est de 70 tonnes de cacao.

2. Processus d'extraction du beurre de cacao [23]

2.1. Diagramme de fabrication

Le processus d'obtention du beurre de cacao peut se résumer dans le diagramme suivant.

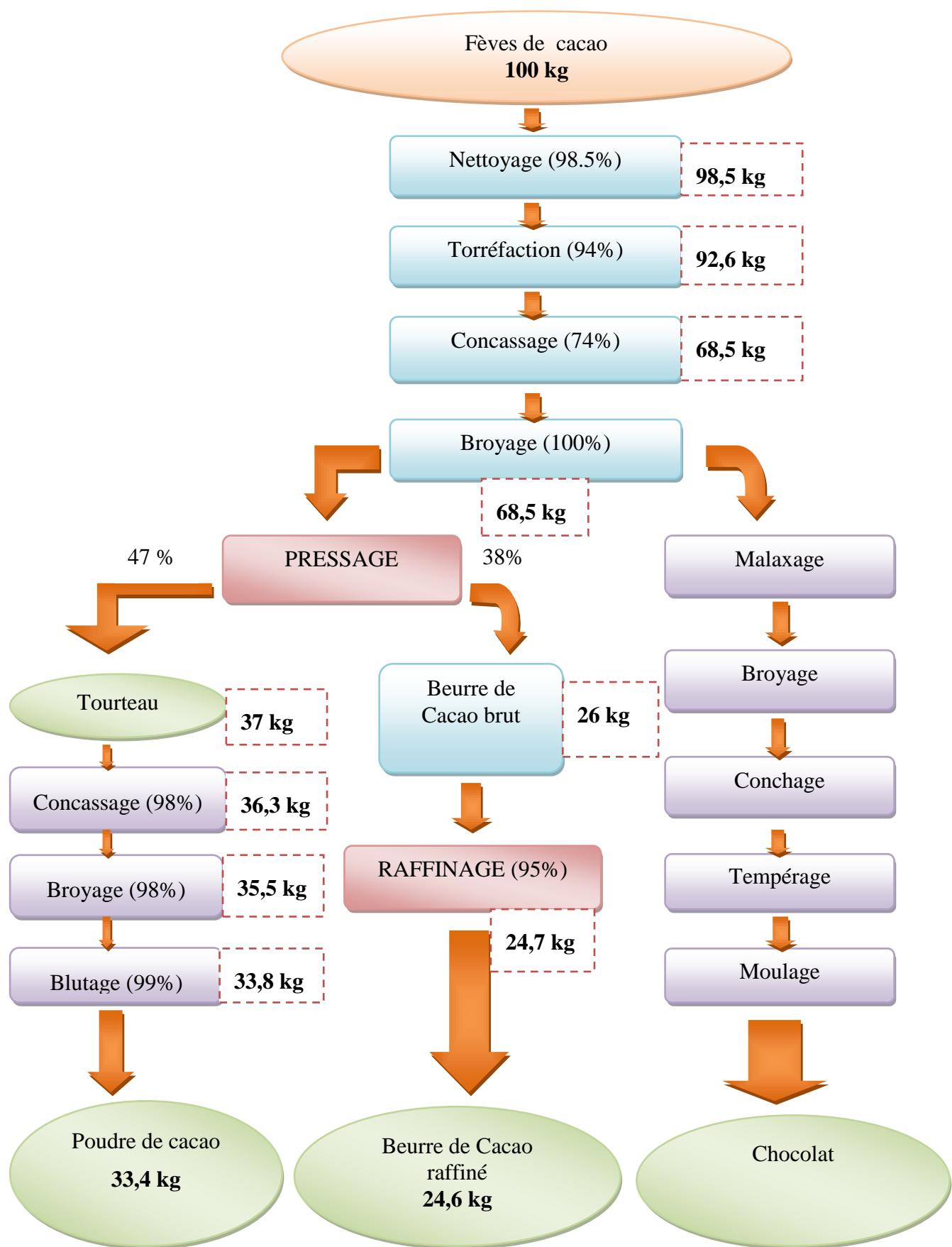


Figure 14: Diagramme de transformation de la fève de cacao

2.2. Nettoyage

Au début du traitement, le cacao subit une étape de nettoyage. Cette opération vise à éliminer du lot toutes impuretés solides telles que débris de métaux, cailloux, poussières, sable ou des débris de cabosse.

2.2.1. Machinerie

La machine de nettoyage utilise un courant d'air et des aimants pour éliminer les impuretés. Ensuite, un tamisage permet de compléter la purification des fèves avant de passer à l'étape suivante de son traitement.

2.2.2. Paramètres considérés

A la fin du nettoyage, il faut veiller à l'élimination de toutes les impuretés contenues initialement dans les lots de fèves. La présence de débris métalliques peut endommager les machines et les résidus végétaux peuvent altérer la qualité organoleptique du cacao (goût amer).

2.2.3. Rendement

Le rendement de cette opération varie en fonction de la qualité de la matière première traitée. En général, la teneur en impureté varie de 1 à 1.5% du poids total de fèves traitées.

2.3. Torréfaction

La torréfaction est une étape très importante pour la transformation du cacao. Elle consiste à passer le cacao sous une chaleur sèche pendant une durée bien déterminée. La torréfaction a plusieurs impacts sur le cacao :

- Elle facilite l'opération de décorticage par le détachement de la coque de l'amande sous l'effet de la chaleur.
- Du point de vue physique, elle permet d'avoir une amande plus friable et facilite ainsi l'opération de broyage qui va suivre. La torréfaction assure également l'abaissement du taux d'humidité des fèves.
- Du point de vue microbiologique et biochimique :
 - o La torréfaction garantit l'élimination des bactéries et moisissures qui peuvent se trouver sur le cacao.

- En outre, cette opération permet le développement de l' « arôme chocolat » ainsi que l'élimination des composés volatiles indésirables.

2.3.1. Machinerie

Le torréfacteur peut être divisé en cinq parties distinctes :

- Un système d'admission de matière constitué d'une trémie pouvant contenir 100 kg de fèves.
- Une chambre de traitement constituée par un tambour cylindrique à l'intérieur duquel se trouve une hélice qui imprime un mouvement continu aux fèves pour avoir un traitement homogène.
- Un brûleur à gaz à débit réglable.
- Une plate-forme de refroidissement muni de pales rotatives et d'un puissant ventilateur.
- Un panneau de contrôle.

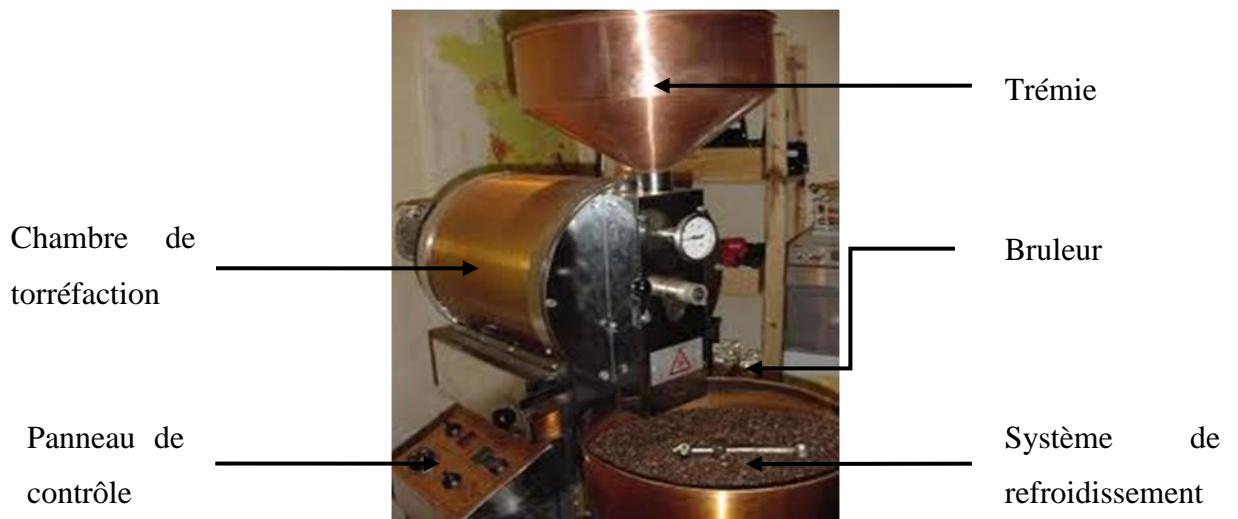


Figure 15: Un torréfacteur

Source google image.

2.3.2. Paramètres considérés

Pour avoir une torréfaction optimale, il faut prendre en compte plusieurs facteurs.

a. Température de traitement

La température optimale varie suivant la qualité des fèves traitées. Notre traitement s'effectue par un accroissement progressif de la température de 96°C jusqu'à 125-128°C, selon la qualité du cacao.

b. Modalité de traitement

Le four (chambre de torréfaction) est d'abord préchauffé à 120°C. Après introduction du cacao, cette température s'abaisse à 96°C puis est remontée par chauffage. On observe l'application de trois à quatre paliers de température entre le début et la fin du traitement.

c. Durée de traitement

La durée totale de traitement d'un lot de 100 kg est égale à 45 mn. Le temps imparti à chaque palier de température doit être strictement respecté pour avoir la meilleure qualité de cacao possible.

2.3.3. Rendement

Sur un total de 100 kg de fèves traitées, on peut obtenir de 92 à 96 kg de fèves torréfiées. On peut donc avoir un rendement moyen de 94%.

2.4. Concassage

Cette étape consiste à séparer l'amande de la coque. Cette opération influe beaucoup sur la qualité et le rendement du produit fini (beurre de cacao et/ou chocolat). Elle se pratique en trois opérations unitaires : le cassage, le criblage et le vannage.

a. Cassage

La fève subit un ensemble de choc et de friction dans le but de casser la coque sans trop altérer l'amande. Une trop grande quantité de brisure a pour effet une mauvaise séparation entre les graines utiles ou « Nibs » et les coques.

b. Criblage

Une fois les coques détachées des amandes, l'ensemble est soumis à une série de tamis afin de différencier les concassât selon leurs granulométries respectives.

c. Vannage

Le vannage utilise un courant d'air ascendant. Cette étape assure la séparation des coques (de densité plus faible) qui sont entraînées par l'air et les « nibs » qui retombent et sont recueillis plus bas.

2.4.2. Rendement

Le rendement moyen de concassage est de 71%.

2.5. Broyage

Le broyage transforme les nibs en une pâte plus ou moins épaisse qu'on appelle « masse de cacao ». La texture plus ou moins fluide de la masse de cacao vient de la libération de la graisse contenue dans le cacao sous l'action du broyage.

2.5.1. Machinerie

Le broyeur utilisé est un broyeur à marteau. Pour obtenir une granulométrie suffisamment fine, on utilise une série de deux broyeurs au sein de l'usine. Dans d'autres installations, des broyeurs à broches peuvent également être utilisés.

Pour garantir l'absence de débris métalliques qui risquent de nuire au broyeur, un aimant est disposé à l'entrée de celui-ci.

2.5.2. Paramètres considérés

Afin d'assurer un meilleur traitement, les nibs doivent être légèrement réchauffés avant d'être broyés.

2.5.3. Rendement

Les pertes pendant le broyage sont pratiquement nulles. Le rendement peut donc être assimilé à 100%.

2.6. Pressage

Le pressage est l'étape de production proprement dite du beurre de cacao. Elle se pratique sur la masse de cacao dans notre cas. Le pressage se fait d'une manière discontinue à raison de 9 à 10 cycles de pressage par jour.

2.6.1. Machinerie

L'extraction du beurre de cacao se fait avec une presse hydraulique à pots (12 pots) d'une capacité de 170 kg de masse de cacao par tournée de pression. La figure suivante donne une représentation schématique de la presse.

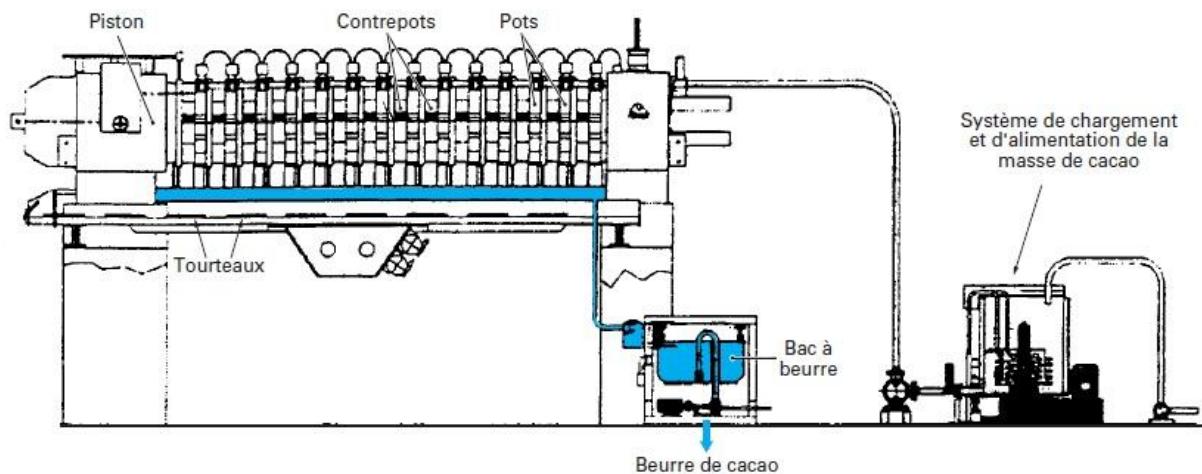


Figure 16: Schéma général d'une presse hydraulique

Source [22]

2.6.2. Paramètres considérés

a. Finesse de la masse

La première caractéristique à vérifier est la finesse de la masse. Pour apprécier cette finesse on doit considérer deux paramètres :

- La granulométrie des particules de la masse : une trop grande taille des particules diminue le rendement d'extraction. Un micromètre est utilisé pour vérifier la granulométrie.
- La viscosité de la masse : une masse trop visqueuse rend difficile le travail de la presse et peut causer un grippage des vérins hydrauliques.

- Le contrôle de cette viscosité se fait d'une manière empirique au sein de l'usine. Elle consiste à mesurer la distance parcourue par la masse versée sur une surface plane inclinée pendant une durée déterminée.

b. Pression d'extraction

Pour extraire le beurre de cacao, la masse de cacao est soumise à une pression hydraulique de 500 bars.

c. Durée de traitement

Chaque cycle de pressage dure 22 minutes et 30 secondes, hors temps de chargement de la masse dans la presse et de déchargement des tourteaux.

d. Température d'extraction

L'extraction du beurre de cacao doit se faire à chaud à 70°C. Aussi, il est nécessaire de préchauffer la presse à cette température avant de commencer le pressage. La température de la masse est tolérable jusqu'à 60°C au début de l'extraction.

2.6.3. Rendement

L'opération de pressage donne les rendements moyens suivants :

- Beurre de cacao : 38%
- Poudre de cacao : 57%
- Pertes : 5%

III. Les normes sur le beurre de cacao

1. Normes à Madagascar

A Madagascar, le beurre de cacao est commercialisé et produit seulement pour la fabrication de chocolats. Compte tenu de cette faible importance de marché, il n'existe pas encore de normes sur cette denrée.

2. Normes internationales [24]

Mis à part les normes décrites dans le *Codex Alimentarius*, les travaux de WOLFF (1968), donne les indications supplémentaires suivantes sur les caractéristiques du beurre de cacao :

Tableau 7: Norme sur les caractéristiques physico-chimique du beurre de cacao

| Caractéristiques | Valeurs | Unités |
|-----------------------------------|---------------|--------|
| Indice de réfraction à 40° | 1,456 – 1,458 | - |
| Indice de saponification | 192 – 200 | - |
| Point de fusion | 32 – 35 | °C |
| Insaponifiable | 0,5 – 1,0 | % |

Source WOLFF, 1968 in [24]

IV. Le beurre de cacao produit au sein de l'usine

Ce chapitre vise à déterminer les caractéristiques spécifiques du beurre de cacao qui est produit au sein de l'usine de la Chocolaterie Robert. Deux catégories de critères ont été étudiées : les caractéristiques organoleptiques et les caractéristiques physico-chimiques.

1. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques regroupent toutes les appréciations de la qualité du produit par un humain en usant de ses cinq sens.

1.1. Présentation

Le beurre de cacao se présente sous forme solide à la température ambiante de l'environnement (soit environ 25°C). La surface externe a un aspect lisse au toucher et cireux.

Au contact de la température corporelle humaine, le beurre de cacao commence à fondre et à partir de 32 à 35°C, le beurre de cacao est sous forme liquide.

1.2. Couleur

La couleur du beurre de cacao solidifié varie d'un blanc laiteux à une nuance de jaune plus ou moins clair.

Une fois fondu, il peut présenter une coloration brune claire à marron foncé en fonction de la quantité de particule de cacao en suspension qu'il renferme.

1.3. Odeur

N'ayant subi aucune forme de raffinage, le beurre de cacao produit par la Chocolaterie Robert présente l'odeur caractéristique appelé « arôme chocolat ». Cet arôme est d'autant plus prononcé que la quantité de particules solides en suspension dans le beurre est importante.

2. Caractéristiques physico-chimiques

Cette catégorie concerne les caractéristiques du beurre de cacao qui sont révélées après des analyses physico-chimiques selon des méthodes normalisées.

2.1. Choix des échantillons pour les analyses

2.1.1. Choix des échantillons

Afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques du beurre de cacao produit à l'usine de la chocolaterie Robert, nous avons retenu trois lots d'échantillons :

- **Lot I :** beurre récolté à la sortie de la première batterie de la presse. Ce beurre est le moins contaminé par les fuites de masse de cacao (particules solides qui s'échappent des mailles de la presse et se déversent dans le beurre) et donc a l'aspect le plus limpide.
- **Lot II :** beurre récolté dans le bac à beurre de la presse. Cet échantillon représente la qualité moyenne du beurre de cacao produit au sein de l'usine juste après sa production.
- **Lot III :** échantillon de beurre de cacao après une durée de conservation d'une semaine. Ce lot peut donner une idée sur la qualité de conservation du beurre de cacao et de l'évolution de celui-ci en fonction du temps de stockage.

2.1.2. Nombres d'échantillons analysés

Le nombre d'échantillons analysés a été choisi selon la méthode suivante :

L'analyse est effectuée sur deux échantillons et on enregistre les résultats obtenus.

- Si la différence relative entre les deux résultats est petite ($< 2\%$), alors le résultat obtenu est la moyenne arithmétique de ces deux résultats.

- Si cette différence est par contre supérieure à ce seuil de 2%, alors on effectue une troisième analyse et on fait la moyenne arithmétique des trois résultats.

2.1.3. Observation sur les résultats

Les analyses montrent que les différences entre les résultats obtenus sur les trois lots ne sont pas significatives. Ainsi, nous avons adopté comme résultats à interpréter les moyennes de ceux recueillis sur l'ensemble des trois lots.

2.2. Densité [25]

La densité ou densité relative d'un corps est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps pris comme référence. Pour un liquide, ce corps de référence est l'eau.

Faute de matériel adéquat pour la mesure de la densité du beurre de cacao, nous utiliserons une valeur obtenue dans la bibliographie. Les travaux de RAOELIJAONA (1982) donnent une valeur de la densité du beurre de cacao Malagasy de l'ordre de 0,952 – 0,980.

2.3. Température de fusion [19]

Pour le cas du beurre de cacao, on ne parle pas de point de fusion mais plutôt d'un intervalle de température de fusion. En effet, la fusion du beurre de cacao s'étale de 13°C à 34°C à cause de la présence de différentes formes cristallines. En général, on admet comme intervalle de température de fusion de l'ensemble à 32 – 34°C.

L'annexe 3 donne les différents intervalles de fusion suivant chaque forme cristalline du beurre de cacao.

2.4. Indice de réfraction

2.4.1. Définition et principe

On peut définir l'indice de réfraction d'une matière solide, liquide ou gazeuse comme étant le pouvoir que possède cette matière à ralentir et ainsi dévier la lumière qui la traverse. Cette grandeur sans unité est égale au rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et sa vitesse dans la matière.

Dans la pratique, l'indice de réfraction se mesure à l'aide d'un appareil appelé réfractomètre. Dans nos expérimentations, nous avons utilisé un réfractomètre d'ABBE. Les modes opératoires sont décrites dans l'annexe 4.

2.4.2. Résultats

Les résultats des mesures de l'indice de réfraction sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Indices de réfraction du beurre de cacao

| Mesures | n_D^{20} | n_D^{40} |
|---------|---------------|----------------------|
| 1 | 1,4639 | 1,4567 |
| 2 | 1,4638 | 1,4566 |
| 3 | 1,4641 | 1,4569 |
| 4 | 1,4638 | 1,4566 |
| | | |
| Moyenne | 1,4639 | 1,4567 |
| Normes | | 1,456 - 1,458 |

Les mesures ont été effectuées à 20°C. Les valeurs à 40°C ont été obtenues par calcul suivant le principe que pour les acides gras, la variation de l'indice de réfraction par degré est de 0,00036.

Ainsi on en déduit la formule de calcul : $n_D^{t'} = n_D^t + 0,00036 (t - t')$

Avec t = température à laquelle la mesure est effectuée, ici 20°C

t' = température à calculer, ici 40°C

2.4.3. Interprétations

L'indice de réfraction est une grandeur caractéristique d'un corps gras. La valeur mesurée correspondant à la norme indique que le beurre de cacao produit est exempt de toute forme de falsification par ajout de produit extérieur.

2.5. Indice de saponification

2.5.1. Définition et principe

L'indice de saponification correspond à la masse de potasse (KOH), en mg, nécessaire pour neutraliser les acides gras libres et pour saponifier les acides gras combinés dans un gramme de corps gras.

La quantité de potasse KOH utilisée varie avec la masse molaire des acides gras. Plus la masse molaire est élevée, plus l'indice de saponification est faible : l'indice de saponification est donc une mesure indirecte de la masse molaire des acides gras.

L'ensemble des analyses a été effectué suivant la norme NF T 60 206 (cf annexe 5).

Pour l'expression des résultats :

Soient M la masse en gramme de la prise d'essai,

V 0 : le volume en millilitre d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc,

V 1 : le volume en millilitre d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai avec la matière grasse.

L'indice de saponification est alors donné par la formule : $IS = \frac{(V_0 - V_1) * 28}{M}$

2.5.2. Résultats

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 9: Indice de saponification du beurre de cacao

| M | V 0 | V 1 | IS |
|---------|------|-----|-----|
| 2,0158 | 23,9 | 9,6 | 199 |
| 2,0167 | 23,9 | 10 | 193 |
| 2,0158 | 24 | 10 | 194 |
| Moyenne | | | 195 |

2.5.3. Interprétations

Les indices de saponification trouvés lors des analyses tombent parfaitement dans la fourchette imposée par les normes internationales (192 – 200). Ceci confirme également la pureté du beurre de cacao étudié.

2.6. Teneur en insaponifiable

2.6.1. Définition et principe

On appelle insaponifiable l'ensemble des constituants, naturels ou accidentels, qui ne réagissent pas avec la soude ou la potasse pour donner des savons, et qui après saponification restent solubles dans les solvants classiques des corps gras tels que l'hexane ou l'oxyde diéthylique. Ce sont normalement des stérols, des alcools terpéniques et aliphatiques, des tocophérols, des caroténoïdes et des carotènes, des hydrocarbures saturés et/ou insaturés et des vitamines (A, D, K).

Après saponification par de la potasse alcoolique, la solution contient du glycérol et les constituants de l'insaponifiable. Ceux-ci sont extraits avec de l'alcool à 90°, lavés avec de l'eau distillée avant d'être séchés puis pesés.

Pour la détermination de la teneur en insaponifiable, nous nous sommes référés à la norme NF T 60 205 utilisant la méthode à l'hexane (cf annexe 6).

Soient M la masse en grammes de la prise d'essai

m la masse en grammes du résidu

Le pourcentage de l'insaponifiable est égal à : $\frac{m}{M} * 100$

2.6.2. Résultats

Le tableau suivant montre les résultats obtenus sur les différents lots de beurre de cacao analysé.

Tableau 10: Teneur en insaponifiable du beurre de cacao

| Echantillons | Lot | M (g) | ballon | Ballon + insaponifiable | m (g) | Teneur Insaponifiable | MOYENNE |
|--------------|-----|--------|----------|-------------------------|--------|-----------------------|---------|
| 1 | I | 5,0161 | 121,3468 | 121,3909 | 0,0441 | 0,879% | 1,032% |
| 2 | I | 5,0538 | 97,0205 | 97,0804 | 0,0599 | 1,185% | |
| 3 | II | 5,0159 | 116,2638 | 116,3186 | 0,0548 | 1,093% | 1,319% |
| 4 | II | 5,0042 | 103,4325 | 103,5098 | 0,0773 | 1,545% | |
| 5 | III | 5,0113 | 95,7183 | 95,7595 | 0,0412 | 0,822% | 1,137% |
| 6 | III | 5,0032 | 95,7296 | 95,8022 | 0,0726 | 1,451% | |

2.6.3. Interprétations

On remarque que la différence relative entre deux mesures effectuées sur un même lot peut être assez grande. Il semble alors justifié d'émettre une certaine réserve quant à l'efficacité, la précision et l'adéquation de la méthode de mesure utilisée avec le beurre de cacao. En effet, le moindre refroidissement fait précipiter certains acides gras notamment l'acide stéarique et l'acide palmitique. Ces précipités peuvent s'ajouter à l'insaponifiable et ainsi fausser les résultats. Mise à part cette réserve, les interprétations suivantes peuvent être avancées.

D'une façon générale, il n'existe pas de différence représentative entre les valeurs correspondantes aux différents lots, et on remarque que les valeurs moyennes de la teneur en insaponifiable sont tous largement supérieures à la norme imposée par le *Codex Alimentarius* (0,35%).

Il faut noter que la teneur en insaponifiable dans un corps gras ne peut être corrigé, ou très légèrement, par un procédé de raffinage.

Pour pouvoir corriger ce paramètre, il faut procéder à des analyses supplémentaires afin de déterminer la nature et l'importance de ces composés après extraction ; ensuite, une étude plus approfondie sur les causes probables de cette valeur doit être effectuée en amont de l'extraction du beurre de cacao.

Une remarque très importante est à souligner sur le fait que ces éléments insaponifiables sont souvent très recherchés dans le cadre de l'utilisation du beurre de cacao dans les produits pharmaceutiques et surtout cosmétiques.

2.7. Indice d'acide et acidité libre

2.7.1. Indice d'acide

a. Définition et principe

Par définition, l'indice d'acide est le nombre de milligramme de potasse nécessaire pour neutraliser l'acidité de 1g de corps gras.

L'indice d'acide se détermine par la mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvant, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution éthanolique de potasse. La détermination de l'indice d'acide s'est fait conformément à la norme NF T 60 204 (cf annexe 7).

Pour l'expression des résultats :

Soient : V : le volume en ml de potasse employé

N : la normalité de la solution potassique. Dans notre cas il est égal à **0,1**

P : le poids de la prise d'essai

$$IA = \frac{V * 56,1 * N}{P}$$

b. Résultats

Comme dans le cas de la teneur en insaponifiables, nous avons effectué les mesures sur les trois lots

Tableau 11: Indice d'acide du beurre de cacao

| Echantillons | Lot | P (g) | V (ml) | IA |
|--------------|-----|--------|--------|-------|
| 1 | I | 2,047 | 1 | 2,741 |
| 2 | I | 2,0157 | 1 | 2,783 |
| 3 | II | 2,008 | 0,85 | 2,375 |
| 4 | II | 2,0417 | 0,85 | 2,336 |
| 5 | III | 2,0328 | 0,9 | 2,484 |
| 6 | III | 2,0328 | 0,9 | 2,484 |

c. Interprétations

Dans la pratique, l'indice d'acide représente plus un système d'identification d'un corps gras qu'un critère d'appréciation de sa qualité. Pour avoir une idée précise de la qualité d'un corps gras, on utilise surtout l'acidité libre.

2.7.2. Acidité libre

a. Définition et principe

L'acidité est le pourcentage d'acide gras libre exprimé conventionnellement selon la nature du corps gras. L'acidité oléique est utilisée pour tous les corps gras sauf l'huile de palme dont l'acidité est exprimée en acide palmitique et les graisses lauriques (coprah et palmiste) dont l'acidité est exprimée en acide laurique.

Pour la caractérisation des corps gras dans l'industrie, c'est l'acidité oléique qui est la plus employée car il présente un grand aspect pratique. Le calcul peut être assimilé à la formule suivante :

$$\text{Acidité oléique} = \frac{V * 282}{P * 100}$$

Avec V : le volume en millilitre de potasse utilisée

P : le poids en gramme de la prise d'essai.

b. Résultats

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 12: Acidité libre du beurre de cacao

| Echantillons | Lot | P (g) | V (ml) | Acidité |
|--------------|-----|--------|--------|---------|
| 1 | I | 2,047 | 1 | 1,4 |
| 2 | I | 2,0157 | 1 | 1,4 |
| 3 | II | 2,008 | 0,85 | 1,2 |
| 4 | II | 2,0417 | 0,85 | 1,2 |
| 5 | III | 2,0328 | 0,9 | 1,2 |
| 6 | III | 2,0328 | 0,9 | 1,2 |

c. Interprétations

Pour l'interprétation de ces valeurs, nous nous basons sur leur moyenne.

Tableau 13: Comparaison de l'acidité libre avec la norme

| Valeur moyenne mesurée | Valeur norme |
|------------------------|--------------|
| 1,3% | < 1,7% |

L'acidité moyenne de notre beurre de cacao est de 1,3%. A partir de cette indication nous pouvons tirer deux conclusions :

- Le beurre de cacao produit à l'usine ne présente pas d'altération. Ceci témoigne également de l'efficacité des procédures de préparation et de traitement des fèves.
- Une opération de neutralisation n'est pas nécessaire lors du processus de raffinage.

V. Poudre de cacao

La production de poudre de cacao se fait par concassage, puis broyage et blutage ou pulvérisation du tourteau obtenu après extraction du beurre de cacao. La commercialisation de ce sous produit est doublement intéressante pour l'unité de production de beurre de cacao.

D'un côté, la poudre de cacao représente un manque à gagner en termes de valeur ajoutée pour l'unité. En effet, la vente de poudre de cacao permet d'obtenir un surplus financier qui ne peut qu'être favorable au fonctionnement de l'unité. D'un autre côté, la conservation de cette denrée risque d'engendrer des charges très importantes pour l'unité.

Concernant les caractéristiques de la poudre de cacao produite au sein de la Chocolaterie Robert, nos analyses ont montré que la **teneur résiduelle moyenne en matière grasse** est de **18,48%**. Cette valeur est conforme à celle donnée dans la littérature (18 à 22%).

Au sein de la société Chocolaterie Robert, il existe déjà une unité de production de poudre de cacao. Pour les besoins de nos calculs, nous allons considérer que la poudre de cacao produit est directement vendue comme matière première à cette unité de la société.

VI. Conclusion partielle

Le *Codex Alimentarius* donne une définition explicite du beurre de cacao comme étant la graisse obtenue à partir de fèves de cacao par un procédé physique ou chimique et présentant une acidité libre inférieure à 1,75% en acidité oléique et une teneur en insaponifiable inférieure à 0,35%.

Le beurre de cacao est donc une graisse végétale composée à 98% de triglycérides présentant des caractéristiques physico-chimiques et nutritionnels très intéressants tels que la présence d'acides gras essentiels et des antioxydants.

La Chocolaterie Robert produit du beurre de cacao dont les caractéristiques physico-chimiques sont conformes aux limites imposées par les normes internationales. Toutefois, la teneur en matière insaponifiable de ce beurre s'avère largement supérieure à celle indiquée dans la littérature. Cette situation ne constitue par forcément un handicap à la qualité du beurre de cacao produit par la société. En effet, pour l'utilisation pharmaceutique, ces matières insaponifiables sont les plus recherchées dans le beurre de cacao.

Ayant mesuré les différentes caractéristiques du beurre de cacao produit au sein de la chocolaterie Robert, nous pouvons nous pencher sur la mise en place de son protocole de raffinage.

PARTIE III

ESSAI DE RAFFINAGE DU BEURRE DE CACAO

Partie III- ESSAI DE RAFFINAGE

I. Raffinage

Le raffinage est l'ensemble des opérations qui visent à transformer l'huile brute impropre à une utilisation à l'état (consommation, incorporation dans d'autres produits) en une huile présentant des qualités satisfaisantes et utilisables.

Pour le cas des huiles végétales alimentaires, le raffinage comprend en général les opérations suivantes :

- Clarification par filtration ou centrifugation
- Neutralisation
- Décoloration
- Désodorisation

1. Clarification

Juste après son extraction, le beurre de cacao brut contient une quantité plus ou moins importante de résidus solides en suspension. La présence de ces contaminants nuit à la qualité commerciale du beurre de cacao en lui donnant un aspect trouble, outre une forte odeur de chocolat qui n'est parfois pas recherchée. En fait, une trop importante quantité de résidu solide risque de donner un mauvais goût au beurre de cacao par carbonisation des particules lors de l'étape de désodorisation.

La clarification peut se faire par centrifugation, par décantation ou par filtration. Compte tenu du coût très élevé d'une centrifugeuse industrielle, nous nous sommes focalisés sur les procédés de décantation et de filtration.

1.1. Impuretés non solubles

On entend par « impuretés » l'ensemble des substances contenues dans un corps gras, insolubles dans un solvant dans des conditions expérimentales définies. Les solvants les plus utilisés sont l'hexane et l'oxyde diéthylique.

Dans cette étude, nous nous sommes basé sur la détermination de la teneur en impuretés non solubles dans l'hexane. Cette méthode permet de mesurer la teneur de tout composant non lipidique du beurre de cacao et elle présente en plus un avantage certain du point de vue technique par sa facilité de mise en œuvre et par la disponibilité des réactifs.

Sa mise en œuvre a été réalisée suivant la norme NF T 60 202 (cf annexe 8).

1.2. Essai de décantation

1.2.1. Définition et principe

On peut définir la décantation comme étant une opération de séparation mécanique, par différence de gravité de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide. Il est possible de séparer des phases liquides ou une phase solide en suspension dans une phase liquide comme dans notre cas.

Le principe de la décantation consiste à laisser reposer une suspension solide dans une phase liquide. On observe alors que les particules, sous l'action de la pesanteur et de la poussée d'Archimède, tendent à tomber vers le fond ou à remonter à la surface selon leur densité et leur taille. Par la suite, on peut séparer les différentes phases suivant une méthode appropriée.

1.2.2. Matériels et méthodes

Pour nos travaux de recherche, nous avons conditionné environ 100g de beurre de cacao brut dans des pots de yaourt en plastiques. Puis, ces pots ont été mis au repos dans une étuve pendant 12h à une température de 72°C pour assurer une bonne fluidité du beurre.

Selon des informations recueillies auprès des responsables des la Chocolaterie Robert, les limites de conservation du beurre de cacao sont de 45°C pendant 72h.

Après cette durée, les pots sont directement placés au réfrigérateur à une température de 4°C afin de solidifier le beurre le plus rapidement possible et l'empêcher de se troubler de nouveau.

Après solidification, le pot est découpé et la masse de beurre solide est examinée et mesurée.

L'efficacité du traitement est évaluée par la mesure de la hauteur des différentes phases une fois solidifiées d'une part, et par la détermination de la teneur moyenne en impuretés non solubles d'autre part.

Les images suivantes représentent les trois lots de beurre de cacao étudiés avant la décantation. Nous pouvons remarquer les différents niveaux de trouble des beurres.



Lot I

Lot II

Lot III

Figure 17: Beurre de cacao avant décantation

Clichés auteur, 2011

1.2.3. Résultats

Les résultats obtenus par ce traitement sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau 14: Résultats de décantation du beurre de cacao

| Echantillons | Température de traitement (°C) | Durée de décantation (h) | Hauteur totale (mm) | Hauteur de la couche trouble (mm) | Hauteur du culot de décantation (mm) | Impureté non soluble moyenne initial (%) | Impureté non soluble moyenne après décantation (%) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| I | 72 | 12 | 58,5 | 0 | 0,2 - 0,3 | 6,82 | 2,49 |
| II | 72 | 12 | 58 | 0 | 0,3 - 1,0 | | |
| III | 72 | 12 | 53 | 0 | 1,0 - 2,0 | | |

Les images suivantes montrent les trois lots de beurre de cacao après décantation et solidification. Les photos ont été prises culot de décantation vers le haut.



Lot I



Lot II



Lot III

Figure 18: Beurres de cacao après décantation avec culot de décantation vers le haut*Clichés : auteur, 2011*

1.2.4. Interprétations et recommandations

On remarque d'une part que la hauteur de la couche trouble est nulle. Les conditions de décantation sont donc satisfaisantes car la différenciation entre les différentes phases est très nette, mais il est possible, si besoin est, de réduire cette durée de décantation à l'équivalent d'une nuit.

D'autre part, on remarque que la teneur moyenne en impuretés non solubles après décantation n'est que de 2,49% s'il était de 6,82% initialement. Nous avons jugé que cette teneur finale n'était pas encore satisfaisante pour obtenir un beurre de cacao de qualité.

Ainsi, la décantation semble être une opération de clarification qui permet une bonne séparation de la phase solide en suspension dans le beurre de cacao mais il apparaît que la qualité de beurre de cacao obtenue n'est pas satisfaisante. En plus, les conditions opératoires requises (la durée assez longue, le besoin en chaleur puis en froid) semblent peu adaptées à une exploitation industrielle de ce procédé.

1.3. Essai de filtration

1.3.1. Définition et principe

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui renferme une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux appelé filtre.

Le filtre permet de retenir les particules dont les dimensions sont supérieures à sa porosité, tout en laissant passer les autres. Nous avons eu recours à la technique de filtration appelée « filtration frontale » qui consiste à faire passer le fluide perpendiculairement à la surface du filtre.

1.3.2. Matériels et méthodes

Le filtre utilisé est du type « papier Joseph » plié en cône et placé dans un entonnoir en verre. Le filtrat est recueilli à la sortie de l'entonnoir dans un erlenmeyer. La filtration se fait à une température constante de 70°C (en étuve).

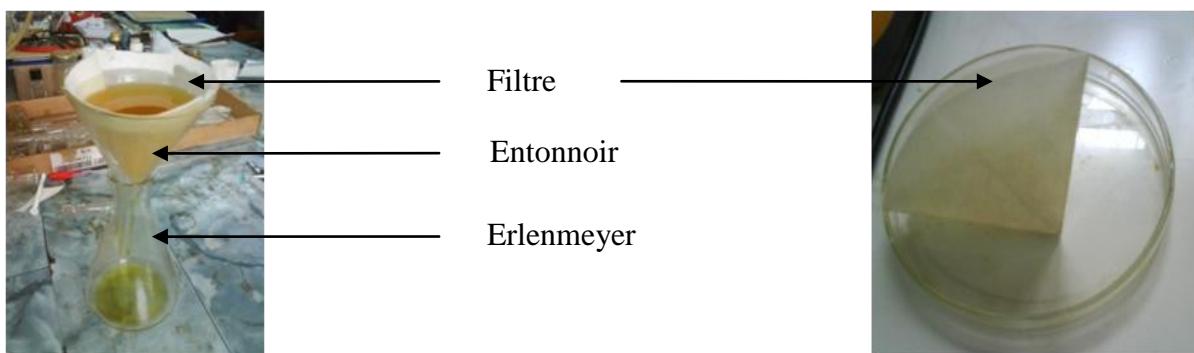


Figure 19: Installation pour la filtration

1.3.3. Résultats

De même que pour le cas de la décantation, l'efficacité de la filtration a été évaluée avec la valeur de la teneur en impuretés non solubles à l'hexane.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 15: Résultats de l'essai de filtration

| Echantillons | Température de traitement (°C) | Impureté non soluble moyenne initial (%) | Impureté non soluble moyenne après filtration (%) |
|--------------|--------------------------------|--|---|
| I | 70 | | |
| II | 70 | | |
| III | 70 | 6,82 | 1,1 |

1.3.4. Interprétations et recommandations

La teneur en impuretés non solubles après la filtration n'est plus que de 1.1% ce qui est une valeur satisfaisante pour la poursuite des opérations de raffinage, d'autant plus que le traitement par filtration est beaucoup plus rapide que la décantation et se prête plus au cadre d'une production industrielle.

La méthode de clarification par filtration est alors préconisée dans notre unité de raffinage de beurre de cacao. L'utilisation d'un filtre industriel est cependant nécessaire car l'utilisation du papier Joseph n'est pratique que dans une échelle de laboratoire.

2. Neutralisation

La neutralisation vise à éliminer la teneur en acides gras libres dans une huile. Ces acides gras libres sont considérés comme des impuretés. Si cette teneur est trop importante, l'huile devient non comestible et très sujette à l'oxydation.

Les résultats que nous avons obtenus sur notre beurre de cacao (cf Partie II § III-2.7.2.b) nous permettent de nous passer de la neutralisation dans notre unité de raffinage.

Il faut également noter que l'acidité libre du beurre de cacao est en étroite relation avec la bonne conduite de la fermentation des fèves. Un protocole de contrôle de l'acidité libre du beurre est donc à prévoir pour l'unité.

3. Décoloration

La décoloration est une opération qui vise à réduire ou à éliminer les particules colorantes d'une huile. La décoloration est également appelée blanchiment.

Dans le domaine industriel, la décoloration se fait par passage sur de la terre décolorante. Malheureusement, nous n'avons pas pu expérimenter ce traitement de décoloration lors de notre étude.

4. Désodorisation

La désodorisation est l'étape du raffinage de l'huile qui vise à éliminer toute trace de molécules odorantes afin d'obtenir un produit exempt d'odeur.

4.1. Principe général

Il existe deux principales voies de désodorisation utilisées dans le domaine industriel :

- La désodorisation par voie chimique qui utilise des produits chimiques afin d'éliminer les odeurs du beurre de cacao.
- La désodorisation par voie physique en utilisant un traitement par entraînement à la vapeur d'eau. C'est à cette méthode que nous allons nous intéresser plus particulièrement.

4.2. Désodorisation par voie physique [26][27]

4.2.1. Principe

L'opération de désodorisation par voie physique, aussi connue sous le terme d'entraînement à la vapeur ou *steam stripping*, consiste à injecter de la vapeur d'eau dans l'huile maintenue sous vide à haute température. Les substances odorantes, plus volatiles que l'huile, sont alors entraînées par la vapeur suivant les règles générales de la thermodynamique.

D'une manière artisanale, on peut avoir recours à ce qu'on appelle « désodorisation à ciel ouvert » qui consiste à porter l'huile à ébullition dans un contenant dépourvu de couvercle puis à ajouter une petite quantité d'eau à la surface de l'huile. Cette eau, en se vaporisant, entraîne les molécules odorantes de l'huile.

4.2.2. Considérations théoriques des paramètres de désodorisation

Pour obtenir une bonne désodorisation, il faut tenir compte de certains paramètres importants dans l'ensemble des manipulations. Ce sont surtout :

- La température de traitement
- La quantité et le débit de vapeur utilisée
- Le vide utilisé
- L'efficacité de la vaporisation

Une équation générale théorique permet de déterminer les rapports entre ces différents paramètres. Elle est donnée par :

$$\Delta N_{vap} = \frac{P * N_{huile}}{E * Pv (\log (\frac{N_{vv}}{N_{vh}}))}$$

Où ΔN_{vap} : le nombre de moles de vapeur nécessaires pour faire passer le composé volatil de l'huile dans la vapeur

P : pression totale qui est représentée par le vide utilisé

N huile : nombre de moles d'huile

E : efficacité de la vaporisation

Pv : tension de vapeur du composé volatil pur

N vv : nombre de moles de composé volatil dissout dans la vapeur

N vh : nombre de moles de composé volatil dissout dans l'huile

Il apparaît que les seuls paramètres sur lesquels on peut agir dans cette équation sont l'efficacité de la vaporisation, le vide utilisé, et le nombre de mole de vapeur utilisée.

a. L'efficacité de la vaporisation

L'efficacité de la vaporisation représente la qualité de distribution de la vapeur au sein de l'huile à désodoriser. Le désodorisateur doit assurer une dispersion uniforme aussi fine que possible des bulles de vapeur et une profondeur de dispersion la plus faible, afin d'optimaliser la surface de contact par rapport au poids de vapeur injectée, sans trop augmenter l'influence de la pression hydrostatique au sein de chaque bulle.

L'efficacité de la vaporisation est aussi intimement liée à la température de traitement.

b. La température de traitement

La température de traitement est très importante dans le cadre de la désodorisation du beurre de cacao. D'une part, elle doit être suffisamment élevée pour pouvoir évacuer la vapeur d'eau et

empêcher sa condensation. D'autre part, un trop fort traitement thermique peut dégrader la qualité du beurre de cacao en provoquant ce qu'on appelle « surfusion ».

La surfusion est un phénomène de dégradation provoqué par une désorganisation irréversible du système de cristallisation du beurre de cacao. Quand le beurre de cacao subit cette détérioration, il perd ses principales caractéristiques physico-chimiques et ainsi, toute sa valeur marchande et technologique.

Lors de nos essais, nous avons utilisé des températures allant de 90°C à 180°C.

c. La quantité et le débit de vapeur

L'importance de l'entraînement des composés volatils odorants est directement liée au nombre de moles de vapeur passant dans la masse de l'huile et à son débit.

Pour la réalisation de ce travail, faute de vapeur, nous avons joué sur le volume d'eau distillée utilisé dans le traitement.

d. Le vide utilisé

L'utilisation du vide a une importance capitale dans le processus de désodorisation. En effet :

- Il régule, avec la température, la surface de contact entre les bulles de vapeur et l'huile. Cette surface sera d'autant meilleure que la pression sera faible et la température élevée. Et pour un vide donné, on peut choisir une durée de traitement d'autant plus courte que la température est plus élevée.

- Avec le vide, la température d'évaporation de l'eau se trouve abaissée. Ceci permet un traitement à une température beaucoup plus basse et de prévenir ainsi les risques de surfusion du beurre de cacao.

- Le vide permet aussi de faciliter l'entraînement des composés odorants. S'il est bien maîtrisé, le vide offre également la possibilité de faire la distinction entre ce que l'on désire entraîner (substances sapides) et ce qu'il convient de garder pour des raisons de stabilité oxydative du beurre (tocophérols).

Afin de mener cette étude, le vide a été produit par une pompe à vide non réglable, donc sa valeur est demeurée constante.

II. Essais de désodorisation du beurre de cacao

1. Matériels et méthodes

Deux principales méthodes ont été adoptées pour déterminer la faisabilité technique de l'opération de désodorisation du beurre de cacao.

- Une première série d'essais fait appel à des traitements sous vide fourni par une trompe à eau.
- Une deuxième série d'essais s'est effectuée avec l'utilisation d'une pompe à vide électrique.

1.1. Matériels de traitement

1.1.1. Installation pour traitement sans production de vide

a. Schéma général

L'installation de désodorisation utilisée peut se subdiviser en cinq parties principales :

- Le réservoir d'eau distillée (remplacé par le générateur de vapeur dans certains essais).
- Une chambre à vide qui est l'adaptation du condenseur sous vide d'un rotavapor.
- Le robinet. Cette élément est très important car il permet de maintenir et de casser le vide d'une part, puis, de lancer l'injection d'eau et de vapeur dans la chambre de traitement.
- Une trompe à eau pour créer le vide dont l'intensité dépend de la pression d'eau fournie par la JIRAMA.
- La chambre de traitement est constituée par un ballon de 250 ml chauffée au bain marie. C'est dans cette partie que le beurre de cacao est placé.
- Un système d'injection créé à partir de tuyaux en plastique flexibles terminés par une fine aiguille dans la chambre de traitement.

Il est possible de représenter le principe général de l'installation par le schéma suivant :

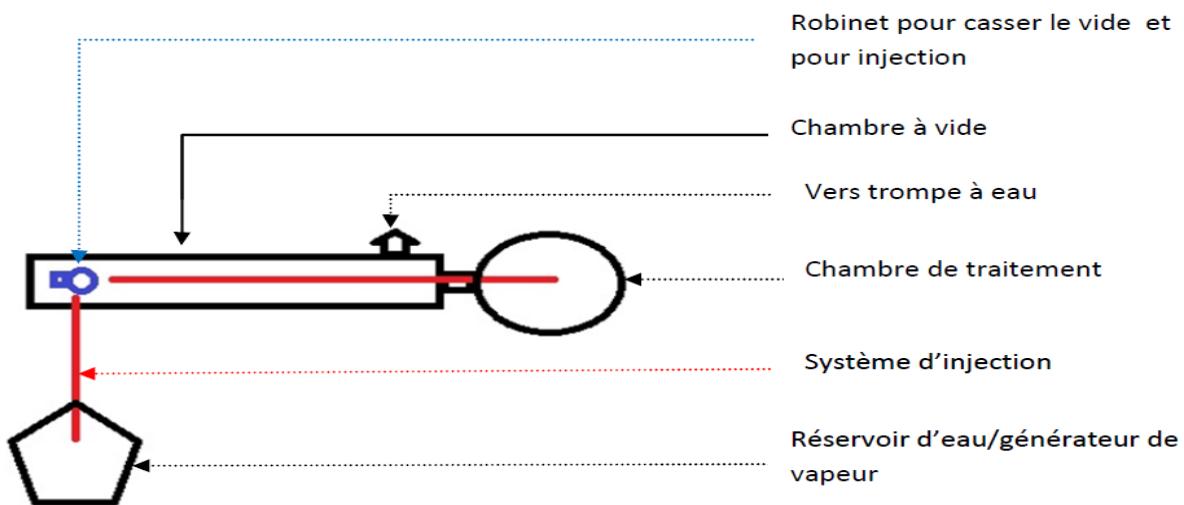


Figure 20: Installation sans pompe à vide

b. Production de chaleur

La chaleur nécessaire à la totalité des essais de désodorisation est fournie par des bains-maries à eau et à huile pour les températures supérieures à 100°C. Cette forme de chauffage a été choisie parce qu'elle permet une très bonne maîtrise de la température au sein de la masse de beurre de cacao traité.

Pour le générateur de vapeur (cf § 1.1.1.d), nous avons utilisé un chauffe-ballon.

c. Système d'injection

Pour l'injection de l'eau distillée ou de la vapeur d'eau, nous avons adapté un rotavapor afin qu'il injecte l'eau dans le ballon contenant le beurre de cacao en s'aidant de la dépression créée par une trompe à eau.



Robinet de
régulation
d'injection

Chambre à vide
adapté sur rotavapor

Embout du système
d'injection

Chambre de
traitement

Figure 21: Système d'injection

Clichés auteur, 2011

d. Générateur de vapeur

Le générateur de vapeur est constitué par un ballon contenant de l'eau distillée placé sur un chauffe-ballon. Un bouchon est utilisé pour fermer le ballon et un tube de verre coiffe ce premier pour réguler la pression au sein du ballon. Le système d'injection est directement branché sur le dessus de ce générateur.

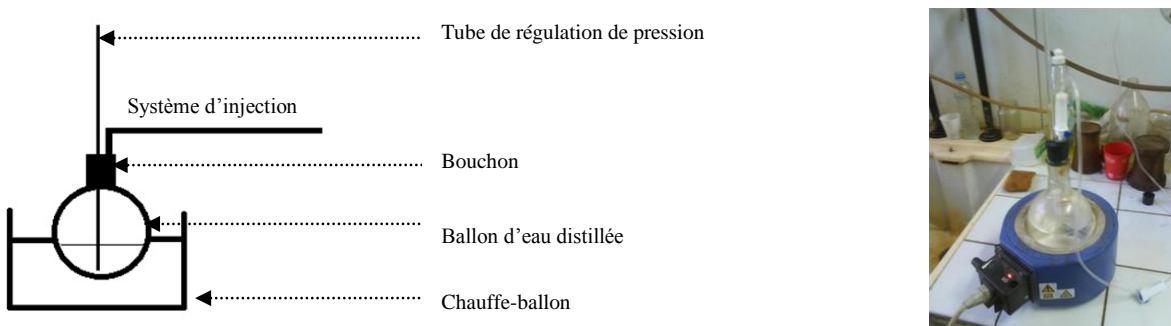


Figure 22: Générateur de vapeur

Clichés auteur, 2011

1.1.2. Installation pour traitement avec utilisation de pompe à vide

a. Schéma général

Cette installation est constituée par cinq parties principales :

- Un bain marie pour assurer le chauffage de la chambre de traitement.
- Une chambre de traitement constituée par un erlenmeyer coiffé par un bouchon en caoutchouc. L'injection de l'eau distillée se fait par le dessus de ce bouchon avec une seringue.
- Un condenseur. C'est une chambre intermédiaire qui assure la condensation des vapeurs d'eau et de matière grasse. Cette partie empêche également que les projections de beurre et les condensats soient entraînés dans la pompe à vide.
- Une pompe à vide.
- La connexion entre les différentes parties de l'installation est assurée par un tube flexible en plastique.

La figure suivante schématise cette installation.

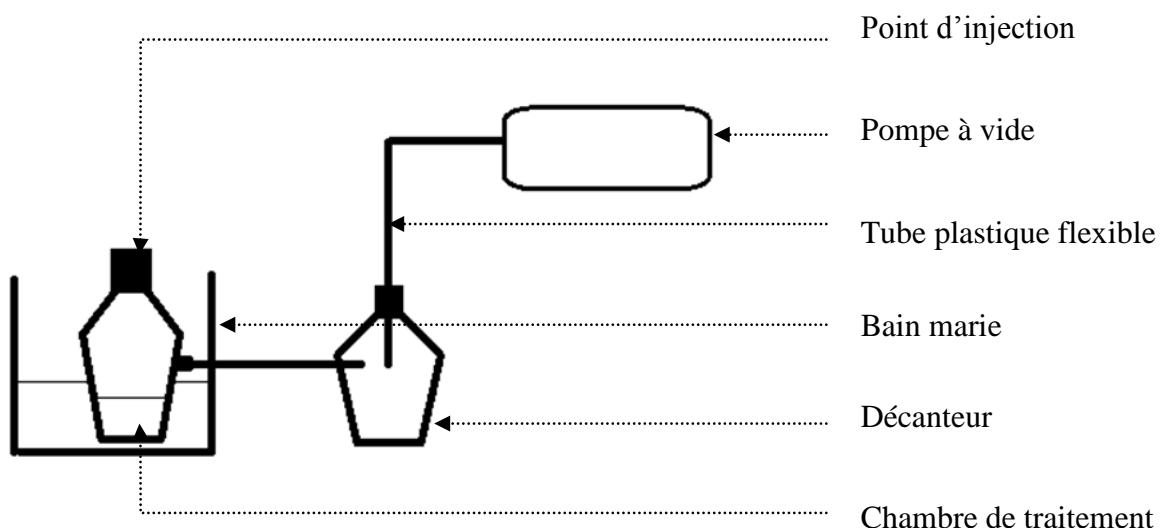


Figure 23: Schéma général de l'installation avec pompe à vide

b. Pompe à vide

Nous avons utilisé une pompe à vide électrique.



Figure 24: Pompe à vide

1.2. Paramètres considérés

1.2.1. Prise d'essai

L'ensemble des traitements s'effectuant au laboratoire dans des ballons de 250 ml, les prises d'essai ont été fixées à 80 g de beurre de cacao. Cette quantité présente un grand intérêt pratique lors des différentes manipulations.

1.2.2. Forme et mode de traitement

Nous avons eu recours à quatre formes de traitements lors de nos essais de désodorisation au laboratoire :

- **Par injection directe d'eau distillée** au sein de la masse du beurre de cacao.
- **Par injection de vapeur d'eau.** Pour cette méthode, nous avons dû créer un générateur de vapeur avec les matériels disponibles dans le laboratoire. Le problème rencontré relève du fait que nous n'avons pu produire qu'une vapeur à une pression proche de la valeur atmosphérique.
- **Par aspersion** de goûtelettes d'eau à la surface de l'huile portée à température proche de sa température d'ébullition.
- **De l'eau distillée en co-ébullition** dans le beurre de cacao chauffé.

1.2.3. Volume utilisé

Le volume d'eau distillée a été réglé suivant l'efficacité du traitement. Dans l'ensemble, ce volume a varié de 5 à 30 ml. Les volumes de 20ml et 30ml se sont révélés les plus intéressants.

1.2.4. Traitements supplémentaires

A part la mise en contact de l'eau distillée ou de la vapeur d'eau avec le beurre de cacao chauffé, certains essais ont été accompagnés de traitements supplémentaires :

- **Agitations fréquentes** dans le but d'améliorer le contact entre l'eau et l'huile.
- **Aérations** : qui consistent à briser de temps en temps le vide en laissant passer de l'air dans la chambre de traitement pendant une durée de 10 secondes. Cette opération a pour but de favoriser l'élimination de la vapeur saturée en molécules odorantes et de réduire les projections qui impliquent d'importantes pertes en beurre via le système de vide.
- Dans les traitements sans production de vide poussé, on assiste à une rapide condensation de l'eau. Cette eau condensée retourne alors dans la chambre de traitement et s'élimine difficilement. Ainsi nous avons utilisé un « **piège à eau** » pour capter les vapeurs d'eau dans certains essais. Ce piège à eau est constitué de cristaux de soude.

1.2.5. Température de traitement

Les températures de traitement ont été variées de 90 à 180°C suivant les différents essais.

1.2.6. Durée du traitement

Des expérimentations préliminaires ont permis de déduire que la durée de traitement adéquate était de 60 minutes, sauf pour les essais utilisant des températures supérieures à 140°C.

1.3. Conditions opératoires

Tout au long des essais, nous avons fait varier certains des paramètres considérés ci-dessus. Le tableau suivant représente les différentes conditions opératoires des essais que nous avons réalisés.

Tableau 16: Conditions opératoires des essais de désodorisation

| Essais | PE (g) | Forme | Mode | volume (ml) | Traitement supplémentaire | Température (°C) | Durée du traitement (mn) |
|--------|--------|---------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------|--------------------------|
| 1 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | - | 90 | 60 |
| 2 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | - | 90 | 60 |
| 3 | 80 | Eau distillée | injection | 30 | - | 90 | 60 |
| 4 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | - | 90 | 60 |
| 5 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | - | 100 | 60 |
| 6 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | - | 100 | 60 |
| 7 | 80 | Eau distillée | injection | 30 | - | 100 | 60 |
| 8 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | - | 100 | 60 |
| 9 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | piège à eau | 120 | 60 |
| 10 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | piège à eau | 120 | 60 |
| 11 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | piège à eau | 150 | 30 |
| 12 | 80 | Vapeur d'eau | injection | - | piège à eau | 150 | 30 |
| 13 | 80 | Goûtelette | aspersion | - | - | 180 | 10 |
| 14 | 80 | Eau distillée | injection | 5 | - | 100 | 60 |
| 15 | 80 | Eau distillée | injection | 10 | Agitation | 100 | 60 |
| 16 | 80 | Eau distillée | injection | 15 | Agitation/aération | 110 | 60 |
| 17 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | Agitation/aération | 110 | 60 |
| 18 | 80 | Eau distillée | injection | 30 | Agitation/aération | 110 | 60 |
| 19 | 80 | Eau distillée | Co-ébullition | 20 | Agitation/aération | 110 | 60 |
| 20 | 80 | Eau distillée | injection | 20 | Agitation/aération | 120 | 60 |
| 21 | 80 | Eau distillée | injection | 30 | Agitation/aération | 120 | 60 |

Avec utilisation de trompe à eau

Avec utilisation de pompe

2. Expression des résultats

Comme notre travail consiste à des essais de désodorisation, l'appréciation des résultats obtenus a été faite par une approche sensorielle : en sentant le produit traité et en vérifiant l'importance de l'arôme chocolat encore présent dans celui-ci.

Dans un premier temps, nous nous sommes basés sur notre propre appréciation et sur celle d'un nombre réduit de personnes pour évaluer l'efficacité de chaque essai. Les résultats suivants ont été retenus.

2.1. Essais 1 à 12

Tous les essais qui ont été réalisés sans utilisation de pompe à vide se sont révélés inefficaces sauf pour l'essai 13. Mis à part la présence d'eau condensée dans le beurre après traitement, on a remarqué que l'odeur de chocolat n'a pas du tout été éliminée.

Même l'utilisation de piège à eau n'a pas permis d'empêcher l'eau de se condenser et de retourner dans le beurre de cacao.

2.2. Essai 13

Dans l'essai 13, l'odeur du beurre de cacao a été éliminée mais le fort traitement thermique a endommagé les propriétés physiques du beurre de cacao. D'une part, cette détérioration se traduit par un retardement très prononcé de sa vitesse de solidification, et d'autre part, il a été remarqué que le beurre solidifié présente une surface ondulée et fripée au lieu d'une surface bien plane et lisse.

Les images suivantes montrent la différence d'aspect entre un beurre de cacao normal et celui ayant subit le phénomène de surfusion.



Figure 25: Aspect du beurre de cacao normal et après surfusion

Clichés : auteur, 2011

2.3. Essais 14 et 15

Les essais 14 et 15 conduits à 100°C se sont montrés très peu efficaces. On commence à observer l'élimination de l'arôme chocolat du beurre mais à un degré moindre. Nous avons alors pensé à augmenter la température de traitement à 110°C ainsi que le volume d'eau distillée utilisée.

2.4. Essais 16 à 17

Dans les essais 16 à 17, une amélioration croissante de l'efficacité des traitements a été observée.

2.5. Essai 18

Conduit sous une température de 110°C et un volume de 30ml, l'essai 18 paraît très intéressant.

2.6. Essais 19

Dans l'essai 19, il a été pensé que le volume total d'eau distillée soit placé directement dans la masse de beurre de cacao, puis le mélange est chauffé en co-ébullition jusqu'à élimination totale de l'eau.

Cette méthode a occasionné la plus grande perte de beurre de cacao par des projections très importantes, alors que le résultat obtenu du point de vue désodorisation est très médiocre.

2.7. Essai 20

Dans l'essai 20 le volume d'eau utilisé est de 20 ml et la température de 120°C. Par comparaison, cet essai est moins performant que l'essai 18. Il en a été conclu que le volume d'eau utilisé soit à l'origine de cette différence. Ce qui nous a menés à l'essai 21.

2.8. Essai 21

L'essai 21 semble le plus réussi par rapport à tous les autres. Seulement, il faut vérifier cette hypothèse d'une manière objective.

2.9. Tableau récapitulatif des résultats

Afin d'avoir une vue globale de l'ensemble des résultats obtenus, le tableau suivant a été dressé.

Tableau 17: Tableau récapitulatif des résultats des essais de désodorisation

| Essais | Niveau de désodorisation | Remarques |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 à 12 | Nul | Condensat non éliminé |
| 13 | Bonne | Dégénération du beurre de cacao |
| 14 à 15 | Faible | - |
| 16 à 17 | Moyenne | - |
| 18 | Bonne | - |
| 19 | Faible | Perte importante en beurre |
| 20 | Moyenne | - |
| 21 | Bonne | - |

Dans le souci d'obtenir des résultats validés scientifiquement, nous avons soumis les résultats jugés les plus intéressants à des analyses sensorielles à savoir les essais : 13, 18 et 21.

3. Confirmation des résultats par analyse sensorielle [28][33]

L'analyse sensorielle représente l'ensemble des méthodes permettant d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, en faisant intervenir les organes de sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vision, le toucher et l'audition.

Lorsque conduite suivant des conditions bien déterminées, l'analyse sensorielle peut être considérée comme étant une méthode objective. En effet, AFNOR-ISO définit « une méthode objective » comme étant une méthode à laquelle les effets de l'influence personnelle sont minimisés.

Deux types d'analyse sensorielle ont été réalisés pour évaluer l'efficacité de nos trois essais :

- Une épreuve de classement
- Une épreuve discriminative.

3.1. Epreuve de classement par rang d'intensité

Dans cette épreuve, les sujets doivent classer les échantillons d'après l'intensité de l'arôme chocolat qu'ils ont perçue. Ce test nous a permis de déterminer s'il y a une différence perceptible de l'intensité de l'arôme chocolat dans les différents échantillons, et de repérer ainsi l'essai le plus efficace.

Pour la réalisation de cette épreuve, nous avons présenté à des juges entraînés quatre échantillons dont trois représentants les trois essais sélectionnés et un échantillon d'huile de soja du commerce. L'utilisation de ce quatrième échantillon nous permet de vérifier la fiabilité du résultat donné par chaque juge.

Sur une totalité de 25 juges, 19 d'entre eux ont classé l'échantillon de l'essai 21 comme présentant la plus faible intensité de l'arôme chocolat. On en a retenu que l'essai 21 constituait la méthode de traitement à retenir pour le résultat de notre étude.

Les détails de ces analyses sont donnés dans les annexes 9 et 10.

3.2. Epreuve triangulaire

L'épreuve triangulaire est une épreuve discriminative. Pour sa réalisation, on présente aux juges trois échantillons codés, deux identiques et un différent, et on leur demande d'identifier l'échantillon différent. Ils doivent choisir un échantillon, même s'ils ne trouvent pas de différence entre les échantillons.

Dans cette analyse, nous avons fait une comparaison entre le beurre de cacao traité dans l'essai 21 et un échantillon de beurre de cacao qui n'a subi qu'un traitement de filtration. Le choix du

beurre de cacao filtré au lieu du beurre de cacao brut a été effectué afin d'éviter que la couleur trouble de ce dernier ne biaise le choix des juges.

Les résultats obtenus montrent que 20 juges sur 25 reconnaissent la différence sensible entre le beurre de cacao traité et celui qui ne l'est pas. Nous pouvons donc avancer que le traitement mis au point est efficace et que **la désodorisation du beurre de cacao est techniquement faisable** par le procédé d'entraînement à la vapeur.

Les détails de ces résultats sont donnés dans les annexes 11 et 12.

4. Limites du travail

4.1. Répétabilité et reproductibilité

Par définition, une méthode est dite répétable lorsque qu'il n'existe pas de différence notable entre les résultats obtenus simultanément par un même opérateur dans un même laboratoire. Une méthode est dite reproductible s'il n'existe pas de différence notable entre les résultats obtenus par deux opérateurs différents dans deux laboratoires différents.

La méthode que nous avons mise au point est **répétable**. En effet, sur 5 lots de beurre de cacao soumis à la même méthode (essai 21), aucune différence notable n'a été observée.

Cependant, notre méthode semble difficilement reproductible parce que, faute d'appareils appropriés, nous avons dû adapter les matériels disponibles pour réaliser nos essais. Ainsi, de nombreux paramètres de manipulations restent hors de notre contrôle.

4.2. Application industrielle

Lors de nos essais, nous avons dû utiliser de l'eau distillée pour faire les traitements parce que nous ne pouvions pas produire la vapeur d'eau sous pression préconisée dans la littérature. Or, toutes les machines industrielles qu'on prévoit d'utiliser dans notre unité de traitement fonctionnent à la vapeur surchauffée sous pression.

En revanche, pour une application à une échelle plus petite ou ne permettant pas l'achat d'un générateur de vapeur, notre méthode peut très bien être adaptée.

De plus, la quantité d'un lot étudiée de 80g est très éloignée de la quantité traitée industriellement (environ 400 kg). Comme nous avons affaire à un traitement physique, mais pas chimique, l'extrapolation directe des résultats risque d'engendrer d'importantes erreurs. Mais compte tenu du matériel disponible, nous ne pouvions traiter davantage de matière première.

5. Recommandations

Le protocole de recherche que nous avons adopté nous a permis de mettre en place une méthode avec une bonne répétabilité. Il nous semble préférable de vérifier sa reproductibilité en ayant recours à des matériels plus adéquats avec des spécifications bien déterminées. Par conséquent, une étude plus poussée s'avère nécessaire.

Avant de lancer la production au sein de l'unité que nous allons mettre en place, il faut pratiquer quelques essais en se basant sur les résultats que nous avons déjà obtenus et en utilisant le nouveau matériel. Cette mesure permet de déterminer exactement les paramètres de traitement appropriés et d'établir un cahier de charges utilisable par la société.

III. Conclusion partielle

Ainsi, les résultats suivants ont été retenus de l'ensemble des essais techniques de raffinage du beurre de cacao.

Le traitement de clarification par décantation est efficace pour obtenir une bonne séparation du beurre de cacao et des particules de cacao solides qu'il renferme. Toutefois, les conditions de traitements requis en termes de température et de temps sont trop contraignantes pour une application à grande échelle de cette technique. De plus, la teneur en impuretés non solubles du beurre décanté demeure encore trop importante. La technique par filtration est alors recommandée.

Un traitement de neutralisation du beurre de cacao produit au sein de la Chocolaterie Robert semble superflu compte tenu de l'acidité libre moyenne de celui-ci de 1,23% si la norme impose une limite de 1,7%.

Sur vingt et un essais de désodorisations différents, trois ont été retenus puis étudiés plus en profondeur par des analyses sensorielles. L'ensemble des résultats obtenu a donné que le meilleur procédé utilise 30ml d'eau distillée avec une température de traitement de 120°C pendant 60 mn.

La désodorisation du beurre de cacao par entraînement à la vapeur sans utilisation de vide est impossible sans détériorer la qualité du beurre.

A la fin de nos essais, on a pu vérifier l'hypothèse que la désodorisation du beurre de cacao est techniquement faisable et la méthode mise en place présente une bonne répétabilité. La vérification de cette première hypothèse de travail nous conduit à vérifier si la réalisation de notre projet est économiquement faisable. Ce qui nous amène à la partie suivante de l'étude.

PARTIE IV

CONSIDERATIONS ÉCONOMIQUES

Partie IV- CONSIDERATIONS ECONOMIQUES

I. Spécifications de l'unité de production de beurre de cacao désodorisé

1. Généralités

L'unité de production de beurre de cacao désodorisé sera une entité directement rattachée à la société Chocolaterie Confiserie Robert S.A. Elle ne possède donc pas une identité juridique propre et son fonctionnement dépend de la société à laquelle elle est rattachée.

Seulement, cette unité possède son propre programme de production.

2. Bilan matière de production

Le bilan matière de production journalière est représenté par la figure suivante.

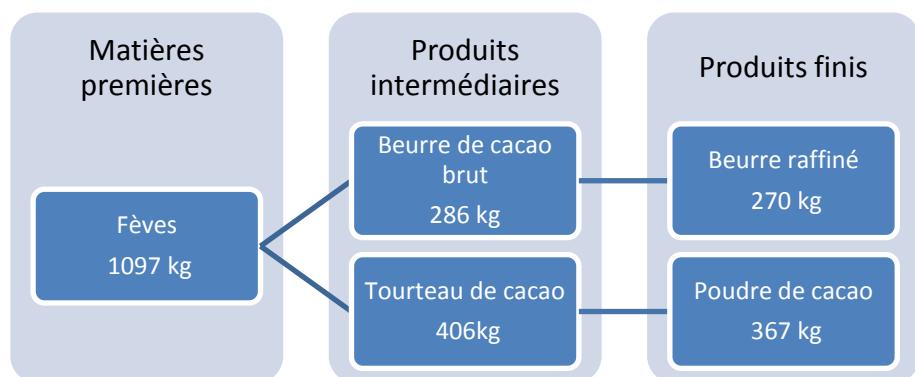


Figure 26: Bilan matière de production journalière

3. Etude du marché

3.1. Etat actuel du marché

3.1.1. Offre

Actuellement à Madagascar, il n'existe encore aucune firme qui produit du beurre de cacao destiné au commerce intérieur ou extérieur. Donc la concurrence directe sur le territoire malagasy peut être considérée comme nulle.

Sur le marché mondial, les principaux pays producteurs de beurre de cacao sont également les pays producteurs de fèves comme la Côte d'Ivoire, le Ghana, l'Indonésie et le Cameroun. Cependant, le marché des fèves demeure la principale activité de ces pays.

3.1.2. Demande

Les principaux consommateurs de beurre de cacao sont les Etats-Unis, l'Allemagne, le Pays-Bas, la Belgique et la France dont les consommations annuelles varient en moyenne entre 69 000 et 102 000 tonnes par année chacun. Par ailleurs, les autres pays consommateurs de beurre de cacao sont essentiellement européens.

Malgré cette importante consommation, la demande en beurre de cacao est encore supérieure à l'offre du marché.

3.1.3. Prix

En moyenne, le prix du beurre de cacao raffiné sur le marché est de l'ordre de 19 à 20 euro le kilogramme.

3.2. Politique marketing

3.2.1. Politique de produit

Le politique de produit consiste à miser sur la qualité de notre produit par rapport à la concurrence. Par « qualité » on entend deux aspects principaux :

- La qualité de fabrication et de production.
- La qualité de présentation et de distribution.

Concernant ce premier aspect, il faut mettre en place un système de suivi de qualité à tous les postes intervenant dans le processus de fabrication. Un cahier des charges strict doit être mis en place et des programmes de formation du personnel sont envisagés.

Concernant l'aspect présentation et distribution, nous allons déposer une marque commerciale pour distinguer nos produits vis-à-vis des concurrents et pour faciliter le service de publicité du produit.

3.2.2. Politique de prix

Le politique de prix est basé sur l'analyse des prix offerts par les concurrents et de proposer un prix plus compétitif afin de se créer une part de marché. Si le prix moyen sur le marché est de l'ordre de **19 à 20 €** le kilogramme de beurre de cacao raffiné, nous proposons un prix de **13,5 à 15 €** le kilogramme au prix FOB.

3.2.3. Politique de promotion

La promotion et la publicité de notre produit doivent être considérées comme une priorité. En effet, il faut encore percer le marché et se faire une image de marque auprès des consommateurs. Une part de budget annuel devra être allouée à cet effet.

Pour ce faire, il nous faut mettre en avant certaines caractéristiques valorisant notre produit. En effet, il nous est possible de produire du beurre de cacao de pureté exceptionnelle. Ceci constitue un atout considérable sur le marché international. D'ailleurs, le cacao malagasy est reconnu mondialement pour sa finesse.

4. Production de l'unité [34]

A part la production principale qui concerne le beurre de cacao raffiné, l'unité produit également un produit secondaire : la poudre de cacao obtenue après extraction. La valorisation de ce « sous-produit » s'avère être une nécessité tant technique (problème de conservation et/ou d'élimination) qu'économique pour l'unité de raffinage.

Nous considérerons donc deux types de productions de l'unité :

- Production de beurre de cacao désodorisé
- Production de poudre de cacao.

4.1. Production de beurre de cacao désodorisé

4.1.1. Définition et présentation

L'unité de raffinage à mettre en place produit et commercialise du beurre de cacao de Madagascar désodorisé. Le conditionnement se fait dans des fûts en plastique à raison de 100 kg de beurre traité par fût.

4.1.2. Planning de production et de vente

Les calculs ont montré que la capacité actuelle de l'usine ne peut assurer que la production de 270 kg de beurre de cacao désodorisé par jour. Cette quantité correspond à un cycle de désodorisation par jour en tenant compte de la capacité de la machine utilisée. Tous les calculs économiques réalisés par la suite sont basés sur cette valeur de la capacité. Le principal facteur limitant de cette production est la trop faible performance du torréfacteur actuellement utilisé dans l'usine.

A part la production de beurre de cacao destiné au raffinage, l'usine de la Chocolaterie Robert en produit également pour subvenir à ses besoins en chocolaterie et confiserie. Ainsi, notre unité devra fonctionner seulement trois jours par semaines.

Par ailleurs, en considérant l'état du marché actuel où la demande en beurre de cacao est encore largement supérieure à l'offre, on suppose que toute la production effectuée sera vendue.

4.2. Production de poudre de cacao

4.2.1. Définition et présentation

A part le beurre de cacao désodorisé, notre unité produit également de la poudre de cacao conditionné en sachet plastiques de 500g / 1kg / 5kg / 50kg. Ces formats sont choisis de façon à avoir un large éventail de clients cibles.

4.2.2. Planning de production et de vente

L'unité peut produire en moyenne 367 kg de poudre de cacao conditionné par jour de travail.

5. Ressources nécessaires

Le terme « ressource » regroupe tout ce qui est nécessaire à la conception, à la mise en place et au bon fonctionnement du projet. On peut grouper ces ressources en trois principales catégories :

- Les ressources physiques,
- Les ressources financières,
- Les ressources humaines.

5.1. Ressources physiques

5.1.1. Matières premières

Les matières premières sont les fèves de cacao. L'approvisionnement en ces matières premières ne pose aucun problème puisque la société Chocolaterie Robert assure cet approvisionnement par ses fournisseurs.

5.1.2. Consommables

On regroupe sous cette appellation les ressources nécessaires au fonctionnement de l'unité de traitement. Ce sont donc tous les éléments dont la consommation varie en fonction du taux d'utilisation de l'unité. On considère parmi les consommables :

- La puissance électrique consommée,
- Le bois de chauffe qui alimente la chaudière,
- L'eau utilisée pour les processus de refroidissement et/ou pour la production de vapeur,
- Les matériaux de conditionnement (fûts, sacs en plastiques, étiquettes).
- Les budgets de publicité et de promotion des produits ont également été intégrés dans ce rubrique des consommables.

5.1.3. Matériels et équipements

C'est l'unité de raffinage proprement dite. Cette catégorie regroupe les différentes machines utilisées.

A part les machines, on compte également parmi ces ressources les locaux de traitements et les locaux de stockage de matières ainsi que les matériaux pour la conservation du produit fini avant leur écoulement.

5.2. Ressources financières

Il s'agit du besoin financier du projet. Elles interviennent tout au long de la vie du projet de son élaboration à son accomplissement.

5.3. **Ressources humaines**

Le personnel doit être organisé de façon à favoriser la réalisation d'un travail efficient et fiable, permettant d'atteindre un optimum de production en vue de récupérer dans les meilleurs délais les montants des capitaux investis et d'éviter tout gaspillage de temps et d'équipement.

- Personnel administratif qui doit assurer les tâches administratives et financières afférentes au fonctionnement de l'unité. Ce groupe est composé par un(e) responsable de production et un(e) assistant(e) qui le seconde.
- Personnel technique, ce groupe est subdivisé en trois équipes de deux à trois personnes. Chaque équipe comporte également un chef d'équipe.

5.3.1. **Responsable de production**

Il assume les tâches administratives et financières nécessaires au bon fonctionnement de l'unité. Le responsable de production doit également prendre les décisions les plus importantes concernant l'unité de raffinage.

5.3.2. **Assistant du responsable de production**

Comme son nom l'indique, l'assistant du responsable de production apporte son appui à la réalisation des assignations de ce dernier. Il peut assurer certaines tâches spécifiques selon l'organisation du responsable de production.

5.3.3. **Chef de ligne**

Le chef de ligne est responsable du fonctionnement de l'unité en accord avec les termes du cahier de charge. Il supervise et contrôle le travail des ouvriers dans l'usine et rend compte au responsable de production de la réalisation des activités au sein de celle-ci.

5.3.4. **Chefs d'équipes**

Les chefs d'équipes sont les premiers superviseurs de la bonne exécution des tâches par les ouvriers. Ils sont chargés de garantir une bonne coordination des ouvriers de leur équipe respective. Ces chefs d'équipes sont sous l'autorité directe du chef de ligne.

5.3.5. Opérateurs

Les opérateurs sont des ouvriers formés pour manœuvrer les machines de production. Leur assignation consiste à faire fonctionner correctement les machines et à effectuer les petites réparations et/ou réglages si nécessaires.

Pour une bonne organisation de travail, trois équipes sont formées :

- L'équipe I est composée de trois ouvriers (chef d'équipe compris)
- L'équipe II contient quatre ouvriers.
- L'équipe III se compose de trois ouvriers.

5.3.6. Qualification du personnel

Tableau 18: Qualifications du personnel de l'unité

| Postes | Diplôme |
|---|--|
| Responsable de production | Ingénieur Agronome IAA ou diplôme équivalent |
| Assistant du responsable de production | Diplôme de technicien supérieur dans le domaine industriel ou équivalent |
| Chef de ligne | Diplôme de technicien supérieur dans le domaine industriel ou équivalent |
| Chefs d'équipes | Baccalauréat |
| Opérateurs | BEPC |

6. Organisation générale de l'unité

L'organisation générale de cette unité peut se résumer dans l'organigramme suivant :

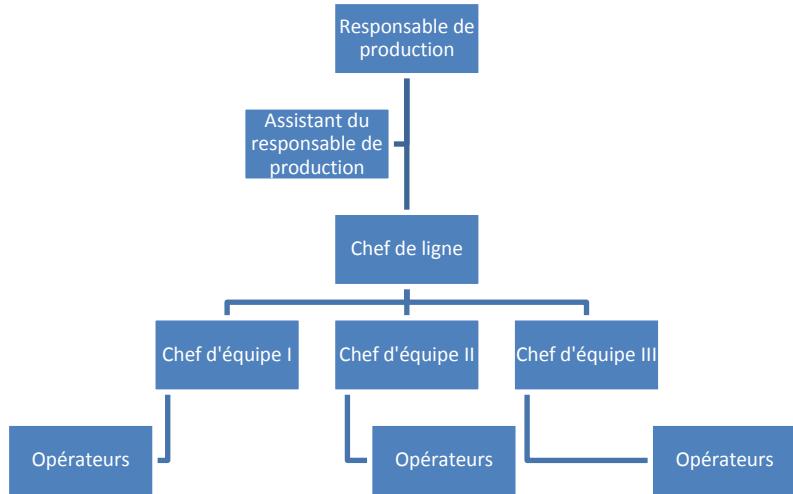


Figure 27: Organigramme de notre unité de production

II. Etude de la rentabilité de l'installation

1. Les investissements

1.1. Coût de l'installation de l'unité

Cette section comprend les différents coûts associés à l'aménagement du local qui doit accueillir l'unité de raffinage. La rémunération d'un prestataire de service qui va se charger de l'installation et de la mise en marche de l'unité fait également partie de ce coût.

Ce coût est estimé à 10.000.000 Ar.

1.2. Achat de matériels

L'achat de matériel implique toutes les charges occasionnées de la commande jusqu'à l'arrivée de l'unité de raffinage au sein de l'usine Chocolaterie Robert à Ankadimbahoaka Antananarivo.

Cette rubrique concerne également la mise à disposition de matériaux de conservation de produit tels que des bidons en plastiques d'une capacité de 150l. Le prix de ces bidons est évalué à 150 000 Ar l'unité.

L'achat de matériel est estimé à 70.000.000 Ar. (Cf annexe 13).

1.2.1. Description du matériel

Le désodorisateur proposé est le modèle YBS-type B fourni par **ZHENGZHOU RUIHUI INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.** La représentation de cette machine ainsi que ses caractéristiques sont données en annexe 14.

L'achat d'une filtre-centrifugeuse peut également être envisagé. Dans nos calculs, nous avons d'abord écarté cette option compte tenu de la faible capacité de production de l'unité et du coût plus élevé de l'investissement que cela requiert (environ 1 500 USD de plus).

2. Analyse des charges

Les charges sont toutes les dépenses occasionnées par le fonctionnement normal de l'unité. Elles concernent l'achat de matières premières, les dépenses liées à l'approvisionnement en consommables et les charges de personnel.

2.1. Achat de matière première

L'unité s'approvisionne en fèves de cacao auprès des mêmes fournisseurs que la chocolaterie et au même prix.

En considérant les fluctuations possibles du prix de la matière première, celui-ci est fixé à 8.800 Ar/kg.

2.2. Dépenses liés à l'approvisionnement en consommable

Par définition, l'importance des consommables varie en fonction de l'utilisation des machines. Dans nos calculs, nous avons pris comme valeur de ces dépenses un pourcentage de 30% des charges rattachées à l'approvisionnement en matière première.

2.3. Charge du personnel

Le tableau suivant présente la ventilation des charges liées au personnel.

Tableau 19: Charge du personnel

| Postes | Salaires mensuels (Ar) |
|--|------------------------|
| Chef de production | 1 000 000 |
| Assistant du chef de production | 400 000 |
| Chef de ligne | 400 000 |
| Chef d'équipe | 175 000*3 |
| Opérateurs | 150 000*7 |

Parmi les charges de personnel, on considère également les droits du personnel :

- OSTIE : 5%
- CNAPS : 13%

3. **Fond de roulement interne**

Le fond de Roulement Interne ou FRI se définit comme la somme utilisée par l'unité pour couvrir les charges indispensables au moment du montage de son projet jusqu'à l'obtention de ses premières recettes. Dans le cas présent, cette durée est estimée au 3 premiers mois de fonctionnement de l'unité.

L'ensemble des charges constituant le FRI est résumé dans le tableau suivant.

Tableau 20: Fond de Roulement Interne

| Désignation | Montant |
|---------------------------------|-------------|
| Achat matières premières | 236 952 000 |
| Consommable | 71 085 600 |
| Charge de personnel | 11 947 500 |
| Total | 319 985 100 |

4. **Chiffre d'affaire prévisionnel**

Dans les calculs, le prix du beurre de cacao désodorisé est fixé à 13,5 €/kg FOB avec un taux de 2500Ar l'euro.

Le chiffre d'affaire prévisionnel pour chaque année est donné par le tableau suivant.

Tableau 21: Chiffre d'affaire annuel prévisionnel

| | Désignation | Quantité (kg) | P.U (Ar) | Chiffre d'affaire |
|--------------|----------------------------|---------------|----------|-------------------|
| Par produit | Beurre de cacao désodorisé | 29 160 | 33 750 | 984 150 000 |
| | Poudre de cacao | 39 636 | 8 800 | 348 796 800 |
| Total | | | | 1 332 946 800 |

5. Bilan de fonctionnement annuel

Le bilan de fonctionnement annuel de cette unité est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 22: Bilan de fonctionnement annuel

| Désignation | Année 1 | Année 2 | Année 3 | Année 4 | Année 5 | Année 6 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Recettes | 1 332 946 800 | 1 332 946 800 | 1 332 946 800 | 1 332 946 800 | 1 332 946 800 | 1 332 946 800 |
| Charges décaissées | 1 279 940 400 | 1 279 940 400 | 1 279 940 400 | 1 279 940 400 | 1 279 940 400 | 1 279 940 400 |
| Charges calculées | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 |
| Résultat imposable | 48 439 733,3 | 48 439 733,3 | 48 439 733,3 | 48 439 733,3 | 48 439 733,3 | 48 439 733,3 |
| Impôt sur les sociétés (42%) | 20 344 688 | 20 344 688 | 20 344 688 | 20 344 688 | 20 344 688 | 20 344 688 |
| Résultat net | 28 095 045,3 | 28 095 045,3 | 28 095 045,3 | 28 095 045,3 | 28 095 045,3 | 28 095 045,3 |
| Amortissement | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 | 4 566 666,67 |
| MBA | 32 661 712 |
| MBA actualisé (taux d'actualisation = 9%) | 30 048 775 | 27 435 838,1 | 25 149 518,2 | 23 189 815,5 | 21 230 112,8 | 19 475 111,7 |
| MBA actualisé cumulé | 30 048 775 | 57 484 613,1 | 82 634 131,4 | 105 823 947 | 127 054 060 | 146 529 171 |

6. Evaluation du projet [35]

6.1. Valeur Actuelle Nette (VAN)

La valeur actuelle nette correspond à la somme des valeurs actuelles des flux financiers provenant de l'investissement. C'est un flux de trésorerie actualisée représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les apporteurs de capitaux. Elle est exprimée par la valeur constatée à la date zéro de l'ensemble des opérations attachées à l'investissement, les dépenses étant affectées d'un signe négatif et les recettes d'un signe positif. Elle découle généralement du Cash Flow ou de la Marge Brute d'Autofinancement en l'affectant d'un taux d'actualisation.

Si :

$VAN > 0$, la rentabilité est supérieure au taux exigé ; l'investissement est à retenir.

$VAN < 0$, la rentabilité est inférieure au taux exigé ; l'investissement est à écarter.

$VAN = 0$, la rentabilité est égale au taux exigé ; l'investissement est à écarter aussi.

Elle se calcule par la formule

$$VAN = \sum_{1}^n MBAj (1 + i)^{-j} - C$$

Dans notre cas

$VAN = 66529171,39 > 0$

Nous avons ici une valeur actuelle nette positive. On peut donc en conclure qu'il peut être intéressant de procéder à l'investissement dans ce projet.

6.2. Indice de Profitabilité (IP)

L'indice de profitabilité est une mesure du taux de rendement du capital investi. C'est le rapport entre le cumul actualisé des flux de trésoreries et le capital investi. Cet indice mesure la comparaison entre les flux de trésorerie ou cash flow (actualisés) et le capital investi.

- Si l'indice de profitabilité peut être supérieur à 1, le projet est rentable.
- Si l'indice de profitabilité est inférieur à 1, le projet n'est pas rentable.

On calcule l'indice de profitabilité par la formule suivante

$$IP = \sum_{1}^n \frac{MBAj (1 + i)^{-j}}{C}$$

Dans notre cas :

$$IP = 1,8316 > 1$$

Nos calculs donnent un indice de profitabilité supérieur à 1. Notre investissement s'avère donc rentable. Concrètement, cette valeur 1,8316 signifie que pour 1 Ar investi on perçoit 1,8316Ar.

6.3. Taux de rentabilité interne

Par définition, le taux de rentabilité interne ou TRI est la valeur du taux d'actualisation qui annule la VAN de base. Dans la formule de calcul de la VAN, le TRI représente la valeur de i qui résout l'équation suivante :

$$VAN = \sum_{1}^n MBAj (1 + i)^{-j} - C = 0$$

Le calcul du TRI a été effectué avec le logiciel Excel 2007.

$$TRI = 33,67 \%$$

On remarque que cette valeur est largement supérieure au taux d'actualisation du projet de 9%. De plus cette valeur est également supérieure au taux d'actualisation des banques qui est de

18%. Ceci signifie qu'il est plus intéressant d'investir l'argent dans ce projet que de le placer en banque.

6.4. Durée de récupération des Capitaux Investis

Le DRCI ou délai de récupération des capitaux investis représente le temps au bout duquel le cumul des marges brutes est égal au montant du capital investi ou au montant de l'investissement initial. Il découle surtout d'une interpolation entre ce nouvel investissement et le cash flow actualisé.

Pour notre investissement le

DRCI = 2 ans 10 mois 23 jours

Ce DRCI signifie que la totalité du coût de l'investissement est remboursé après un délai de deux ans cinq mois et vingt trois jours de fonctionnement de l'unité. Ceci est très intéressant compte tenu de l'importance de l'investissement initial.

III. Conclusion partielle

On a vu que, sur le marché mondial du beurre de cacao, la demande est encore supérieure à l'offre. Pour le cas de Madagascar, il n'existe actuellement pas de producteur de beurre de cacao à l'échelle industrielle à part la Chocolaterie Robert.

Il nous est possible de produire du beurre de cacao désodorisé de très bonne qualité, compte tenu de la qualité du cacao local, mais surtout à un prix très compétitif. D'ailleurs, la poudre de cacao, sous produit de la production de beurre peut également être commercialisée. Il semble donc tout à fait réalisable de prendre une part de marché sur le plan national, régional et mondial.

Ainsi, il a été proposé de mettre en place une unité rattachée directement à la Chocolaterie Robert qui se spécialiserait dans la production de beurre de cacao raffiné. Après l'évaluation économique nous avons trouvé que cet investissement présentait une valeur actuelle nette positive, un indice de profitabilité supérieur à 1. De plus la DRCI est également intéressante.

On peut alors affirmer que la mise en place de l'unité de raffinage de beurre de cacao au sein de la Chocolaterie Robert est économiquement viable.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le cacaoyer est un arbre d'origine centre américaine qui s'est très bien adapté à l'environnement malagasy. La partie nord-ouest de l'île est actuellement le plus important producteur de fève de cacao du pays. Sur le marché intérieur, la filière transformation de ces fèves demeure actuellement peu exploitée. Une demande mondiale encore supérieure à l'offre justifie le projet de mise en place d'une unité de production et de commercialisation de beurre de cacao au sein de la Chocolaterie Robert.

Les installations actuelles de cette société lui permettent déjà de fournir du beurre de cacao brut. Toutefois, la capacité des machines disponibles n'est pas encore exploitée d'une façon optimale. Des analyses physico-chimiques effectuées sur ce beurre de cacao ont permis de se rendre compte de sa très bonne qualité.

L'indice de réfraction et l'indice de saponification conformes aux normes internationales témoigne de la pureté du beurre de cacao produit par cette société. L'indice d'acide et la mesure de l'acidité libre offrent la possibilité de se rendre compte de l'absence de dégradation du beurre. Ainsi, dans le processus de raffinage, l'opération de neutralisation a pu être éliminée.

L'essai de raffinage s'est focalisé alors sur la mise en place d'une méthode de désodorisation du beurre de cacao. Après vingt et un essais différents, une méthode a pu être identifiée qui utilise un traitement sous vide avec 30 ml d'eau distillée. La température de traitement appropriée est de 120°C pendant une durée de 60 mn.

La qualité de cette méthode a été vérifiée par des analyses sensorielles qui confirment sans équivoque son efficacité. On a pu établir que cette technique présentait une bonne répétabilité. Tout ceci permet alors d'affirmer la faisabilité technique de l'opération de désodorisation du beurre de cacao.

Suite à une évaluation économique du projet, il a été obtenu une valeur actuelle nette positive et un indice de profitabilité supérieur à 1. Ces critères confirment que l'investissement nécessaire par le projet est intéressant et profitable pour les fournisseurs de capitaux. De plus, cet investissement présente une durée de récupération des capitaux investis inférieur à trois ans. Ceci constitue un grand

intérêt compte tenu du capital investi dans ce projet. Le projet de mise en place d'une unité de production de beurre de cacao raffiné est alors économiquement viable.

A Madagascar, il n'existe actuellement pas encore de normes bien définies sur le beurre de cacao. De même, il existe encore certains domaines dans l'étude du beurre de cacao qui méritent des études plus approfondies notamment sur la l'identification des matières insaponifiables.

L'exploitation du beurre de cacao peut assurer un avenir meilleur pour la société Chocolaterie Robert et même pour l'économie nationale. Dans la conjoncture actuelle, l'exportation de produits dérivés du cacao peut améliorer considérablement la balance commerciale et qui sait ? Ça pourrait être le coup de pouce pour développer l'économie malagasy.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : MOSSU G., « le cacaoyer », Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, 1990
- [2] : GASTON-BRETON T., « Joseph Fry et le chocolat en tablette », article du journal l'Echo, Paris, 17 juillet 2008.
- [3] : RAZANAKOTO, « le cacao de Madagascar », présentation lors du RSCE 2, Abidjan, 2006.
- [4] : BERTIN M.A, LEFEBVRE S., « le cacaoyer », Ed. Exode tropical, France, 2011
- [5]: BRAUDEAU J., « le cacaoyer », Ed. Maisonneuve et Larose, France, 1969
- [6]: MARTY P., « fiche technique d'agriculture spéciale », Ed. Ministère de la Coopération, Paris, 1992
- [7]: LENT R., « the origin of cauliflorous inflorescence of *Theobroma cacao*”, in [24]
- [8]: PITTIER H., “A propos des cacaos spontanés”, in [24]
- [9]: HALL C.J.J, « Cacao », Ed. Macmillan and Co, Londres, 1932
- [10]: LEMEE G., “influences de l'alimentation en eau et de l'ombrage sur l'économie hydrique et la photosynthèse du cacaoyer », Ed. Agronomie tropicale, Paris, 1955
- [11] : GUICHARD S., « le marché du cacao », Ed. Dogfinance, 2007
- [12] : ANONYME, données fournies par FAOSTAT, 2011
- [13] : ANONYME, Rapport annuel 2006/2007 de l'ICCO

[14] : ANONYME, données recueillies auprès de l'INSTAT, 2011

[15] : RAZAKASOAVINA, « mise en place de la comptabilité analytique au sein de la société Chocolaterie et confiserie Robert », mémoire de maitrise en gestion, option finance et comptabilité de la faculté DEGS Antanananarivo, 2007

[16] : ANONYME, archives consultées auprès de la Chocolaterie Robert, 2011

[17] : ANONYME, « *Codex Alimentarius* », 2011

[18] : ANONYME, Bulletin officiel Maroc, 2010

[19] : CALVIGNAC, « Mise au point de méthodes de caractérisation de binaires en milieu CO₂ supercritique et modélisation des propriétés physiques et thermodynamiques mesurées », Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris Spécialité “Génie des Procédés”, 2009.

[20] : ANONYME, « Le beurre de cacao », Ed. Centifolia : bio par nature, 2010

[21] : WILLIAM M. M., “*Dictionary of Bio-Chemistry and Related Subjects*”, Ed. Philosophical Library, New York, 1943

[22] : ANONYME, “Monographs: Theobromine”, Ed. EUROPEAN PHARMACOPOEIA 5.0, Londres, 2005.

[23] : PEPIN V., « cacaos et chocolats : traitements et fabrications », Techniques de l'ingénieur, 2008.

[24] : WOLFF J. P., « Manuel d'analyse des corps gras », Ed. AZOULAY, Paris, 1968.

[25] : RAOELIJAONA J., « Les succédanées du beurre de cacao : cas de l'huile de palmiste et du kaola », mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, option Industries Agricoles et Alimentaires de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 1982.

[26] : TIRTIAUX A., GIBON V., « évolution technologique et corps gras », Ed. Tirtiaux Fractionnement, Toulouse, 1997

[27] : RANJALAHY J., « Contribution à l'amélioration d'une huilerie artisanale d'arachide : étude de faisabilité technico-économique par l'introduction du raffinage », mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, option Industries Agricoles et Alimentaires de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 2003

[28] : WATTS B.M., YLIMAKI G.L., JEFFERY L.E., ELIAS L.G, "Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments », Ed. Centre de Recherches pour le Développement international, Ottawa Canada, 1991.

WEBOGRAPHIE

[29] : ANONYME, disponible en ligne sur <http://www.wikipedia.com>, «cacaoyer », consultation en avril 2011

[30] : ANONYME, disponible en ligne sur <http://www.chococlic.com>, consultation avril 2011

[31] : ANONYME, disponible en ligne sur <http://www.omega3.be>, consultation en mars 2011

[32] : ANONYME, disponible en ligne sur <http://www.Omega6.be>, consultation en mars 2011

SUPPORT DE COURS

[33] : RANDRIANTIANA R., cours d'analyse sensorielle, ESSA IAA 4^e année.

[34] : RAZAFINDRAJAONA J.A., RAMAROSON J.B., cours d'ingénierie, ESSA IAA 5^e année

[35] : RAZAFIMBELO F., cours d'évaluation de projet, ESSA IAA 5^e année.

ANNESES

ANNEXE 1 : EXPORTATION DES PRINCIPAUX PRODUITS DE MADAGASCAR

Tableau 23: Principaux produits d'exportation de Madagascar

| | 2005 | | 2006 | | 2007 | | 2008 | |
|--------------------------|-----------------|----------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| libellés | Valeur FOB (Ar) | Poids net (kg) | Valeur FOB | Poids net | Valeur FOB | Poids net | Valeur FOB | Poids net |
| Café vert | 1,274E+10 | 6727069 | 2,964E+10 | 11764567 | 3,221E+10 | 10746759 | 2,538E+10 | 7624115,1 |
| Poivre | 3,584E+09 | 1229423,5 | 8,161E+09 | 1995458,4 | 9,276E+09 | 1444554 | 6,026E+09 | 1208745,3 |
| Vanille | 9,461E+10 | 2028624,2 | 1,007E+11 | 1678541,8 | 1,042E+11 | 3084533,9 | 8,575E+10 | 2228303,7 |
| Cannelle | 462660301 | 329803 | 814513902 | 580476,5 | 2,258E+09 | 1605716 | 2,17E+09 | 1434092,8 |
| Girofle | 3,409E+10 | 6313782,5 | 5,699E+10 | 10465875 | 6,994E+10 | 13582952 | 5,151E+10 | 8308441,2 |
| Cacao en fèves | 8,327E+09 | 2429996 | 2,895E+10 | 5353880,6 | 3,637E+10 | 4952492,6 | 2,788E+10 | 6377470,1 |
| Cacao et chocolat | 44818957 | 3395 | 333279168 | 11937,17 | 438896527 | 25199,18 | 627411006 | 21352,98 |

| | 2009 | | 2010 | | 2011 (1er Trimestre) | |
|--------------------------|------------|-----------|------------|-----------|----------------------|-----------|
| libellés | Valeur FOB | Poids net | Valeur FOB | Poids net | Valeur FOB | Poids net |
| Café vert | 5,117E+09 | 1984465 | 2,282E+10 | 8177042 | 6,697E+09 | 2029188 |
| Poivre | 7,496E+09 | 1606130,3 | 1,042E+10 | 1863685,1 | 719435614 | 123890,53 |
| Vanille | 8,669E+10 | 2052837,1 | 3,657E+10 | 667611,85 | 2,251E+09 | 47739,97 |
| Cannelle | 2,738E+09 | 1735745,6 | 3,813E+09 | 2440263,9 | 628498098 | 347715,58 |
| Girofle | 9,462E+10 | 15742013 | 6,575E+10 | 8305913,7 | 5,038E+10 | 5402875 |
| Cacao en fèves | 2,905E+10 | 9782918 | 2,298E+10 | 5175976,6 | 7,396E+09 | 1718250 |
| Cacao et chocolat | 811536306 | 20385,59 | 2,566E+09 | 235815,38 | 321836095 | 14659,73 |

ANNEXE 2 : Normes à respecter pour chaque livraison de cacao à la Chocolaterie Robert

Tableau 24: Critères de qualité des fèves reçues à l'usine

| Critères | Résultats |
|---|----------------------|
| Humidité moyenne | ≤ 8% |
| Taux de fèves défectueuses PLATES | ≤ 5% |
| Taux de fèves défectueuses BRISURES | ≤ 3% |
| Taux de fèves moisies extérieures excessives | ≤ 3% |
| Taux de fèves moisies internes | ≤ 1% |
| Taux de fèves violettes | ≤ 8% |
| Taux de fèves ardoisées | ≤ 2% |
| Taux de fèves mitées | ≤ 0% |
| Taux de fèves germées | ≤ 1% |
| Taux de particules étrangères | ≤ 0,1% |
| Granulométrie | ≤ 100 fèves par 100g |
| | |
| Fèves bien fermentées (amandes bien gonflées, de couleur brun marron, marron foncé) | ≥ 60% |
| Fèves moyennement fermentées (amandes moins gonflées, avec une très légère trace de couleur violette) | ≤ 30% |
| Fèves mal fermentées (fèves violettes) | ≤ 8% |
| Fèves non fermentées (fèves ardoisées et également toutes fèves à amande complètement compacte) | ≤ 2% |

ANNEXE 3 : Températures de fusion des différentes formes cristalline du beurre de cacao

Tableau 25: Températures de fusion des différentes formes cristallines du beurre de cacao

| Forme cristalline | Domaine de fusion (°C) |
|--------------------------|-------------------------------|
| I | 13,1 à 17,6 |
| II | 17,8 à 19,9 |
| III | 22,4 à 24,5 |
| IV | 26,4 à 27,9 |
| V | 30,7 à 34,4 |
| VI | 33,8 à 34,1 |

ANNEXE 4 : Mesure de l'indice de réfraction

Matériel :

- Réfractomètre d'ABBE
- coton

Réactifs :

- Eau distillée
- Alcool éthylique

Mode opératoire :

- Laver le prisme du réfractomètre à l'alcool.
- Essuyer avec du coton
- Verser 2 à 3 goûtes du corps gras sur le prisme
- Attendre que l'échantillon atteigne la température de l'appareil
- Déplacer la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de la plage sombre se situe à la croisée des fils du réticule.
- Lire l'indice de réfraction.
- Etalonner à l'eau distillée avant chaque mesure

ANNEXE 5 : NORME NFT 60 206, indice de saponification

Réactifs :

- Acide chlorhydrique en solution 0.5N
- Potasse en solution 0.5N dans l'alcool éthylique.
- Phénolphtaléine en solution à 1% dans l'alcool éthylique.

Mode opératoire :

- Prise d'essai : peser au milligramme près dans un erlenmeyer ou dans un ballon à fond plat, 2g de matières grasses.
- Détermination de l'indice :
 - o Ajouter 25 ml, exactement mesurés, de potasse alcoolique et porter à ébullition sous un réfrigérant à reflux. Il est conseillé d'ajouter dans l'erlenmeyer un régulateur d'ébullition (pierre ponce, bille de verre, morceaux de porcelaines, ...). Maintenir l'ébullition pendant 1h en agitant de temps en temps. Il convient de prolonger l'ébullition dans le cas des corps à hauts points de fusion. Titrer l'alcali dans la solution savonneuse chaude avec l'acide chlorhydrique en présence de phénolphtaléine.
- Essai à blanc : faire un essai à blanc dans les mêmes conditions pour titrer la liqueur alcoolique de potasse.

Expression des résultats :

Soient M la masse en gramme de la prise d'essai,

V 0 : le volume en millilitre d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc,

V 1 : le volume en millilitre d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai avec la matière grasse.

L'indice de saponification est alors donné par la formule : $IS = \frac{(V_0 - V_1) * 28}{M}$

ANNEXE 6 : NORME NFT 60 205 teneur en insaponifiable

Réactifs :

- Hexane normal pur
- Acide chlorhydrique $d= 1.19$.
- Alcool éthylique à 50°.
- Solution de potasse caustique à 12% environ dans l'alcool éthylique à 95°.

Mode opératoire :

- Prise d'essai : peser au centigramme près 5g de matières grasses.
- Dosage :
 - Mettre la prise d'essai dans le ballon muni du réfrigérant ascendant, y ajouter 50 ml de la solution alcoolique de potasse et porter à légère ébullition. Il est recommandé d'ajouter un régulateur d'ébullition. Maintenir l'ébullition pendant 1h et prolonger jusqu'à 2h pour les produit à haut point de fusion et spécialement les cires. Ajouter alors par le haut du réfrigérant 50 ml d'eau distillée. Agiter, laisser refroidir et transvaser le contenu du ballon dans un ampoule à décantation. Rincer le ballon, en opérant en plusieurs fois, avec, au total, 50 ml d'hexane, qui est ensuite transvasé dans l'ampoule à décantation. Agiter pendant 1 mn pour assurer un contact intime entre l'hexane et la solution savonneuse. Abandonner au repos et, quand les deux phases sont complètement séparées, soutirer dans une deuxième ampoule à décantation la solution savonneuse qu'on épouse de nouveau, avec 50 ml d'hexane. Si par exception des émulsions se présentent, les détruire par l'addition de petites quantités d'alcool ou de lessive de potasse concentrée, ou éventuellement de chlorure de potassium en solution dans l'alcool.
 - Les trois portions d'hexane sont alors réunies dans une même ampoule et lavées trois fois de suite avec chaque fois 50 ml d'alcool. S'il y a lieu, éliminer l'eau par addition de sulfate de sodium anhydre, puis filtrer. Transvaser la solution d'hexane dans le ballon. Chasser le solvant par distillation et porter, dans une étuve réglée à 100° - 105°C, le ballon maintenu en position horizontale. Après un quart d'heure minimum de séjour à l'étuve, laisser refroidir et peser. Faire des pesées jusqu'à ce que la perte de masse entre deux pesées successives soit inférieure à 2 mg.

ANNEXE 7 : NORME NFT 60 204 indice d'acide

Réactifs :

- Alcool
- Phénolphtaléine à 1% dans l'alcool
- Potasse à 0.1N

Mode opératoire :

- Peser au milligramme près 2g de matière grasse.
- Prendre 10 ml de d'alcool à l'aide d'un bêcher
- La neutraliser avec la potasse 0.1N en présence de phénolphtaléine
- Faire bouillir l'alcool neutralisé.
- Verser dans le ballon contenant l'huile et agiter
- Titrer cette solution avec la potasse alcoolique à 0.1N

Expression des résultats :

Soient V : le volume de soude employé,

N: la normalité de la solution, ici 0.1N

P : le poids de la prise d'essai

L'indice d'acide est égal à :

$$IA = \frac{V * 56.1 * N}{P}$$

ANNEXE 8 : Impuretés non solubles

Principe : Traitement du produit par un excès de solvant, filtration de la solution, lavage du résidu avec le même solvant et séchage à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à masse constante.

Réactifs :

- N-hexane

Matériel :

- Fiole conique avec bouchon en verre rodé.
- Etuve réglée à 103°C
- Dessiccateur
- Vase en verre muni d'un couvercle.

Mode opératoire :

- Peser à 0.001g près environ 20g d'échantillon
- Ajouter à la prise d'essai 200 ml de solvant
- Abandonner au repos à environ 20°C pendant environ 30 mn.
- Sécher à l'étuve. Laisser refroidir au dessiccateur puis peser.
- Répéter les opérations de séchage, refroidissement et pesage jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.001g.

Calcul :

$$\text{Teneur en impureté non soluble} = (M_1 - M_0) * (100/E)$$

Avec E : masse de la prise d'essai

M_0 : masse du filtre séché

M_1 : masse du filtre et des impuretés après séchage.

ANNEXE 9 : Questionnaire analyse de classification

Nom : _____

Date : _____

On vous a remis quatre échantillons de beurre de cacao.

Faites l'évaluation des échantillons dans l'ordre suivant, du haut vers le bas, puis ranger les échantillons suivant l'ordre d'intensité de l'arôme cacao qu'ils renferment en les notant de 1 à 4. Attribuer à l'échantillon présentant la plus forte intensité la note 4 et à celui avec la plus faible intensité la note 1.

| Codes | Note attribuée |
|--------------|-----------------------|
| <u>361</u> | |
| <u>427</u> | |
| <u>548</u> | |
| <u>146</u> | |

Parmi ces codes :

- 361 : échantillon de l'essai 18
- 427 : échantillon d'huile de soja
- 548 : échantillon de l'essai 21
- 146 : échantillon de l'essai 13

ANNEXE 10 : Résultats de l'analyse par classement

Tableau 26: Résultats de l'analyse par classement

| Sujets | Echantillons | | | |
|--------|--------------|-----|-----|-----|
| | 361 | 427 | 548 | 146 |
| 1 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 3 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 4 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 6 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 7 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 8 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 9 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 11 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 12 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 13 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 14 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 15 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 16 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 17 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 18 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 19 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 20 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 21 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 22 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 23 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 24 | 4 | 1 | 3 | 3 |
| 25 | 4 | 1 | 2 | 3 |

| | | | | |
|---------------|----|----|----|----|
| Somme de rang | 78 | 26 | 57 | 90 |
|---------------|----|----|----|----|

ANNEXE 11 : Questionnaire analyse triangulaire

Nom : _____

Date : _____

On vous a remis trois échantillons de beurre de cacao. Deux d'entre eux sont identiques et l'un est différent.

Sentez les échantillons et marquer un crochet à côté du numéro de code de l'échantillon qui vous semble différent

Codes

L'échantillon différent est :

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

ANNEXE 12 : Résultats de l'analyse triangulaire

Pour chaque sujet qui arrive à reconnaître l'échantillon différent parmi ceux qui lui sont présentés, on attribut la note (+).

Lorsque le sujet ne reconnaît pas l'échantillon différent, son résultat est noté par (-).

Tableau 27: Résultats de l'analyse triangulaire

| Sujet | Résultat |
|-------|----------|
| 1 | + |
| 2 | + |
| 3 | + |
| 4 | + |
| 5 | + |
| 6 | + |
| 7 | - |
| 8 | + |
| 9 | + |
| 10 | - |
| 11 | + |
| 12 | + |
| 13 | + |

| Sujet | Résultat |
|-------|----------|
| 14 | + |
| 15 | + |
| 16 | + |
| 17 | + |
| 18 | - |
| 19 | + |
| 20 | + |
| 21 | + |
| 22 | - |
| 23 | + |
| 24 | + |
| 25 | - |

ANNEXE 13 : Coût d'achat de matériels et d'installation

Tableau 28: Coût d'achat de matériels

| Désignation | Unité | Quantité | P.U (Ar) | Montant (Ar) | durée de vie (ans) | Amortissement (Ar) |
|--|-------|----------|------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Désodorisateur | U | 1 | 40 000 000 | 40 000 000 | 30 | 1 333 333,33 |
| Bidons de conditionnement (150 litres) | U | 200 | 150 000 | 30 000 000 | 10 | 3 000 000 |
| | | | | | | |
| | | | total | 70 000 000 | | 4333333,33 |

Tableau 29: Coût d'installation de l'unité

| Désignation | Unité | Quantité | P.U (Ar) | Montant (Ar) | durée de vie (ans) | Amortissement (Ar) |
|------------------------|-------|----------|-----------|--------------|--------------------|--------------------|
| aménagement du local | Lot | 1 | 7 000 000 | 7 000 000 | 30 | 233 333,3333 |
| prestataire de service | | 1 | 3 000 000 | 3 000 000 | | |
| | | | total | 10000000 | | 233333,3333 |

ANNEXE 14 : Matériel de désodorisation



Figure 28: le désodorisateur

Caractéristiques du matériel

Les différentes caractéristiques de cette machine sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 30: Caractéristiques du désodorisateur

| Paramètres | Unité | Valeur |
|---------------------------|-------|----------------|
| Capacité | l | 500 |
| Puissance | kW | 0,75/2,2 |
| Tension de fonctionnement | V | 380/220 |
| Format | mm | 1740×1100×1660 |
| Poids | kg | 500 |



Vahatra RAKOTOBE

Promotion VONA (2006 – 2011) – IAA

+261331486706 / +2613401336706

vahatrarak@yahoo.fr

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme d'Ingénieur Agronome option de spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires

« Etude de faisabilité technico-économique de la mise en place d'une unité de raffinage de beurre de cacao au sein de la Chocolaterie Robert »

Résumé

Le beurre de cacao présente un potentiel économique considérable qui n'est pas encore exploité à Madagascar. Ainsi, ce travail s'est intéressé à l'étude de faisabilité de la mise en place d'une unité de production de beurre de cacao raffiné à la chocolaterie Robert. Les analyses physico-chimiques ont donné l'indice de saponification (IS=195) et l'indice de réfraction ($n_D^{40}=1,4567$) qui ont démontré l'absence de toute forme de falsification sur le beurre de cacao étudié. L'indice d'acide et l'acidité libre mesurés (1,3%) témoignent de l'absence de dégradation du produit d'une part et de la possibilité de se passer de la neutralisation lors du processus de raffinage d'autre part. De nombreux essais de raffinage incluant un traitement par filtration et une désodorisation par entraînement à la vapeur ont été effectués. L'efficacité de ces traitements a été confirmée par des analyses sensorielles. Ainsi, 80% des résultats obtenus par les juges d'analyses sensorielles confirment la faisabilité technique du protocole de raffinage mis en place. La valeur actuelle nette (VAN= Ar 66 529 171,39), l'indice de profitabilité (IP=1,8316) et la durée de récupération des capitaux investis (DRCI=2 ans 10 mois et 23 jours) sont les critères économiques utilisés pour évaluer le projet. Ces valeurs montrent la rentabilité de l'investissement.

Mots-clés : Beurre de cacao, *Theobroma cacao*, Désodorisation, Raffinage, Chocolaterie Robert, Madagascar.

Abstract

Cocoa butter has a considerable economic potential which is not exploited yet in Madagascar. This study is focused on the feasibility of setting up a production unit of refined cocoa butter at Chocolaterie Robert. The physical and chemical analyses gave the saponification value (SV=195) and the refractive index ($n_D^{40}=1,4567$) which demonstrated the absence of any form of adulteration of the studied cocoa butter. The acid index (AI=2.55) and the free acidity (1,3%) proved the absence of any product degradation on the one hand, and the possibility of avoiding the neutralization step along the refining process on the other hand. Several tests including filtration and deodorization by steam stripping were carried out. The effectiveness of these treatments was confirmed by sensory tests. Thus, 80% of the results confirmed the technical feasibility of the refining process performed. The Net Present Value (NPV= Ar 66 529 171,39), the Return On Investment (ROI=1,8316) and the Payback Period (PP= 2 years 10 months and 23 days) are the economic indicators used to evaluate the project. These values witness the profitability of the investment.

Key words: cocoa butter, *Theobroma cacao*, deodorization, refining, Chocolaterie Robert, Madagascar.

Famintinana

Manandanja eo amin'ny lafiny toekarena sy ara-bola tokoa ny vaingamenaka azo avy amin'ny kakao saingy mbola tsy voatrandraka izy io eto Madagasikara. Noho izany, ity asa fikarohana ity dia miompana indrindra amin'ny famolavolana rantsam-pamokarana vaingamenaka voajary eo anivon'ny Chocolaterie Robert. Ireo indice de saponification (IS=195) sy indice réfraction ($n_D^{40}=1.4567$) voarefy dia nanaporofo fa madio tsy misy fangarony ny vaingamenaka kakao niasana. Ny indice d'acide (IA=2,55) sy ny acidité libre (1,3%) indray dia naneho fa mbola tsy misy fahasimbana izy io sady tsy ilana neutralisation ny fanajariana azy. Andrana fanajariana maromaro nahitana fanatatavanana sy fanalana fofona amin'ny alalan'ny entona no natao. Nohamafisina tamin'ny fanaovana analyses sensorielles ny valin'ireo andrana ireo ka ny 80%ny olona nanontaniana dia nahatsapa fa nahomby ny fanajariana. Nampiasaina ihany koa ny masontsivana ekonomika hoenti-mitsara ny tetikasa: VAN=Ar 66 529 171,39, IP =1,8316, DRCI=2 taona 10 volana ary 23 andro. Ireo tarehimarika ireo dia midika hoe ahazoana tombony io fampiasam-bola io.

Teny fototra: vaingamenaka kakao, *Theobroma cacao*, fanalana fofona, fanajariana menaka, Chocolaterie Robert, Madagascar.