

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA

Faculté de science exacte

Département de chimie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Chimie Analytique

Thème :

Composition et procédés de fabrication de chocolat

Présenté par :

AISSA Hanifa

Encadré par :

Mm AIT BRAHAM Laila

Promotion 2020

Remerciements

Nous Tenons à Remercier tout d'abord ALLAH, le Digne de Louange, le Très Miséricordieux, qui nous a permis d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous tenons à remercier profondément notre promotrice pour son Encadrement Exceptionnel, ses Conseils avisés, sa très Précieuse aide, sa Disponibilité, sa Patience et son Accompagnement tout au long de la réalisation de ce travail. Quelle Trouve ici L'expression de Notre Profond Respect et Notre Sincère Reconnaissance.

Dédicaces

Premièrement je merci le dieu et Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *A vous mes très chers parents, que j'aimerai à tout jamais pour votre tendresse et vos sacrifices.*
- ❖ *A mes chères sœurs : Linda, Samia, Hewa et mon chers frère nabil*
- ❖ *A tous les membres de ma famille, petits et grands*

Que dieu vous gardes et vous protèges.

- ❖ *A tous mes amis sans exception A tous ceux qui mon aidé a l'élaboration de ce travail.*

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

Hanifa

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 : L'arbre de cacaoyer.....	2
Figure 2 : Fruit du cacaoyer ou cabosse.	3
Figure 3 : Graines de cacao	3
Figure 4 : Les principaux pays producteurs de fèves de cacao dans le monde	9
Figure 5 : Consommation de chocolat dans le monde en 2017.	10
Figure 6 : Ecabossage du cacao.	14
Figure 7 : Fermentation en tas des fèves de cacao.....	15
Figure 8 : Aération par brassage des fèves en pleine fermentation.....	16
Figure 9 : Séchage naturel des fèves de cacao.	19
Figure 10 : Le conchage du chocolat.....	24
Figure 11 : Les courbes de tempérage des chocolats noir, au lait et blanc.....	26
Figure 12 : Moulage du chocolat.....	26
Figure13 : Les principales étapes de transformation des fèves de cacao en chocolat.....	31
Figure 14 : Chocolat artisanal.....	32
Figure15 : Mini broyeur à moule.....	32
Figure16 : Type décors de chocolat artisanat.	34

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableaux 1 : Composition du chocolat de laboratoire.	7
Tableaux 2 : Composition du chocolat de couverture.	7
Tableaux 3 : Forme de commercialisation de chocolat en bloc.....	10
Tableaux 4 : Forme de commercialisation de chocolat en poudre ou graine.....	11
Tableaux 5 : Forme de commercialisation de chocolat pour décors.....	11

Liste des abréviations

Liste des abréviations

AET : Apport énergétique total

AG : Acide gras.

AI : Indice athérogène.

APAC : Région Asie-Pacifique. .

EMEA : Région Europe, Moyen Orient et Afrique.

ICCO : Organisation internationale de cacao.

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

MAO : Monoamineoxydase.

MG : Matière grasse.

SOS : Saturé oléique saturé.

TI : Indice thrombogène.

UE : Union Européenne.

Sommaire

Page de garde	
Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction	
Chapitre I : généralité sur le cacao et le chocolat	
I.1 Historique.....	1
I.2. Généralités sur le cacao	
I.2.1. Etymologie.....	2
I.2.2. Le cacaoyer.....	2
I.2.3.Culture du cacaoyer.....	2
I.2.4.Type de cacaoyers.....	3
I.2.5 Composition chimique de cacao.....	4
I.3. Généralités sur le chocolat	
I.3.1. Etymologie.....	4
I.3.2. Définition du chocolat.....	5
I.3.3 .les formes de chocolats.....	5
• Chocolat en tablette.....	5
• Chocolat en poudre.....	5
• Les pâtes à tartiner.....	6
I.3.4. Types du chocolat et sa composition.....	6
I.3.5 Composition chimique du chocolat.....	7
I.3.6 Aspects nutritionnel	8
I.3.7 Quelques données relatives au marché du cacao et du chocolat	8
• Lieux de production du cacao.....	8
I.3.8 Forme de commercialisation de chocolat.....	10

Sommaire

I.4. Stockage et conservation.....	12
I.5. Rôle de cacao et de chocolat	12
Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat	
II.1. Récolte et préparation des fèves de cacao.....	13
II.1.1. Récolte des cabosses.....	13
II.1.2. Ecabossage.....	13
II.1.3. Fermentation	14
II.1.3.1. Les techniques de fermentation.....	15
❖ Fermentation en tas.....	15
❖ Fermentation en caisses	15
❖ Fermentation en plate-forme.....	16
II.1.4. Brassage.....	16
II.1.5. Séchage.....	16
II.1.5.1. Définition de séchage	16
II.1.5.2. Modes de séchage.....	17
❖ Séchage naturel	17
❖ Séchage artificiel.....	17
II.1.6. Stockage	18
II.2. Obtention de la pâte de cacao	18
II.2.1 Nettoyage et calibrage	18
II.2.2 Torréfaction	19
II.2.4 Alcalinisation	20
II.2.3 Concassage, décorticage et dégermage	20
II.2.6 Mouture	21
II.2.5 Mélange des cacaos.....	21
II.3 Obtention du beurre et de la poudre de cacao	22
II.3.3.2 La poudre de cacao	22
II.3.1 Le beurre de cacao	22
II.4 Production du chocolat	22
II.4.1 Malaxage	22
II.4.2 Broyage-affinage	23
II.4.3 Conchage	23

Sommaire

II.4.4 Tempérage	24
II.4.5 Moulage	26
II.5 Conservation du chocolat	26
CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat	
III.1 Analyses physico-chimique de chocolat	28
III.1.1 Détermination de la teneur en eau et matières volatiles	28
III.1.3 Détermination de la composition en acide gras	28
III.1.3.1 La teneur en lipides	28
III.1.2 Taux de cendres	28
III.1.3.2 Composition en acide gras	28
➤ Acides gras mono-insaturés	29
➤ Acides gras trans (AGT)	29
➤ Acides gras saturés (AGS)/Indices athérogènes (AI) et thrombogènes (TI)	29
III.1.4 Indices de qualités	30
III.1.4.1 L'indice d'iode	30
III.1.4.2 L'indice de peroxyde	30
III.1.4.3 L'acidité de la matière grasse	30
III.1.5 Les sucres totaux, réducteurs et saccharose	31
III.2 chocolat artisanal	32
III.2.1 fabrication du chocolat artisanal	32
III.2.2 Composition d'un chocolat artisanal	33
III.2.2.1 Conception du chocolat noir, blanc et au lait	33
III.2.2.2 Les autres chocolats préparés par un artisan chocolatier	33
III.2.3 Comment fabriquer un bon chocolat artisanal	33
III.2.4 Un chocolat artisanal avec des couleurs naturelles d'origines végétales	34

Sommaire

CONCLUSION

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

Introduction

Le chocolat est l'un des aliments et produits de confiserie les plus populaires dans le monde. Il est fabriqué en mélangeant de la masse de cacao, du beurre de cacao et du sucre [1].

La consommation moyenne de chocolat est de 8,0 kg/personne/an dans de nombreux pays européens. Les niveaux de consommation ont tendance à être plus élevés dans les pays nordiques européens ou dans ceux qui ont une forte tradition du chocolat ; par exemple la Suisse, le Royaume-Uni, la Belgique et l'Allemagne. Depuis quelques années, le chocolat connaît un succès grandissant dans les pays du Moyen-Orient et asiatiques, demandeurs de chocolat de haute qualité [2].

La filière chocolat est en repli en Algérie face à la montée des importations. En dix ans, les importations ont été multipliées par 60 selon les statistiques du commerce extérieur de la Douane algérienne. La production algérienne ne résiste, faiblement, que par ses prix.

En 2010, l'Algérie a importé pour plus de 40 millions de dollars de chocolats. Durant cette même décennie, la liste des pays fournisseurs de ces produits a doublé, passant de 12 à 27 pour les chocolats [3].

Le chocolat est un produit à base de beurre de cacao et a une composition qui est habituellement bien définie par la législation. Elle donne aux fabricants la possibilité d'introduire une quantité limitée de matières grasses végétales. Ne pas respecter cette composition signifie perdre la capacité d'appeler le produit « chocolat ».

Notre travail consiste à effectuer une recherche bibliographique sur l'analyse physico-chimique et les procédés de fabrication de chocolat et chocolat artisanat dans le but de savoir tous les analyses effectués sur le chocolat et méthodes de sa production.

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

Chapitre I : généralité sur le cacao et le chocolat

I.1 Historique

Il semble que l'Homme ait su tirer profit il y a bien longtemps des vertus du cacao. En effet, on a retrouvé des traces de boissons à base de cacao sur des poteries datant de 1000 avant JC, en Honduras [4].

Le chocolat provient d'Amérique du Sud et se retrouve dès l'époque précolombienne : Les Mayas et plus tard les Aztèques, étaient les premiers à cultiver le cacao [5].

La première rencontre connue des européens avec le cacao n'a eu lieu qu'en 1502, lors du quatrième voyage de Christophe Colomb en Amérique du Sud. En 1524, Cortés expédie la première cargaison de cacao à Charles Quint qui apprécie cette nouvelle boisson et accorde aux Espagnols le monopole du commerce du cacao [6].

Au fur et à mesure que se développe l'engouement pour le cacao, les Espagnols encouragent sa culture dans les Caraïbes et en Amérique latine. Les Anglais, les Français, les Hollandais et les Portugais l'implantent également dans leurs colonies respectives. De nouvelles plantations naissent au XVIIe et au XVIIIe siècle au Brésil, dans le Sud-est asiatique et en Afrique [7].

Au début du XIXème siècle, les premières « manufactures de chocolat » parviennent à industrialiser la torréfaction et le concassage des fèves et ainsi à augmenter fortement le volume et la productivité du cacao traité (François-Louis Cailler et Philippe Suchard en Suisse, Jean-Antoine Menier en France). Mais la véritable rupture dans l'histoire du chocolat a lieu aux Pays-Bas, lorsque Casparus Van Houten découvre le procédé par pression hydraulique permettant la séparation du beurre de la poudre de cacao en 1828. Cette invention ouvre la voie à une production massive d'un chocolat abordable par une large majorité. Elle inaugure l'ère de la boisson chocolatée instantanée et rend possible la fabrication de chocolat « solide » [6].

Tout au long du XIXème s'égrènent les innovations révolutionnant l'industrie du chocolat. En 1847, la famille Fry invente et commercialise en Angleterre les premières tablettes de chocolat. Notons la découverte en 1867 par Henri Nestlé du procédé pour produire de la poudre de lait par évaporation qui a permis la fabrication de chocolat au lait, et l'invention en 1879 de la conche par Rudolphe Lindt, qui a considérablement amélioré la qualité du chocolat solide [7].

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

I.2. Généralités sur le cacao

I.2.1. Etymologie

Le mot « cacao » vient du mot maya *cacau* qui désignait le fruit de l'arbre aux cabosses, transformé en *cacahuatl* par les Toltèques et les Aztèques. Quant au terme « *Theobroma cacao* », nom scientifique du cacaoyer, il signifie « nourriture des Dieux ». Il aurait pour origine une légende Toltèque [8].

I.2.2. Le cacaoyer

Le cacaoyer est un petit arbre haut de 6 à 9 m cultivé dans les forêts tropicales de la zone intertropicale (20° de latitude Nord au Sud de l'Equateur). Cette zone tropicale comprend l'Afrique occidentale, l'Amérique centrale et le Sud ainsi que l'Asie et l'Océanie. Les cacaoyers se présentent sous diverses formes à l'état adulte (10 ans) et peuvent atteindre 12 à 15 m de hauteur lorsqu'ils poussent à l'état sauvage [9].

I.2.3. Culture du cacaoyer

Le cacaoyer a besoin d'un climat chaud et humide, donc d'un climat tropical pour qu'il puisse être cultivé sous la protection de plantes hautes comme les bananiers et les palmiers. Après trois ans de pousse, il mesure déjà 3 à 5 mètres. Le cacaoyer commence à produire des cabosses après 5 à 6 ans. À l'âge adulte (vers les 12 ans), il peut atteindre jusqu'à 10 mètres et peut vivre 25 à 40 ans figure 1.

Les petites fleurs en grappe, appelées des coussinets floraux, sont blanches pour les femelles et roses pour les mâles. Elles apparaissent en toutes saisons à partir de la troisième année. Celles qui ne tombent pas des renflements du bois de l'arbre donneront un fruit après cinq à sept mois. Ces fruits s'appellent les cabosses, ce sont de grosses baies allongées et de forme ovale, mesurant 15 à 20 cm de longueur et ayant un diamètre de 6 à 12 cm. Leur poids est de 300 à 600 grammes [10]



Figure 1 : l'arbre de cacaoyer.



Figure 2 : Fruit du cacaoyer ou cabosse.



Figure 3 : Graines de cacao.

I.2.4.Type de cacaoyers

Il existe quatre types cacaoyers, les trois variétés « Criollo », « Nacional » et « Forastero » sont à la base de tous les cacaoyers du monde. Quant au Trinitario, il résulte d'une hybridation naturelle entre du Criollo, survivant d'une catastrophe climatique sur l'île de Trinidad au XVIII^{ème} siècle, et du Forastero planté là pour renouveler le verger.

Ils se distinguent par la structure des fruits, la couleur, le nombre de graines et la teneur en certains composants.

- **Les cacaoyers Criollos** ont des cabosses de forme allongée, pointues, verruqueuses et de couleur rougeâtre. Les graines sont dodues, rondes et de couleur blanche ou légèrement pigmentées, à l'amertume légère. Les Criollos se rencontrent essentiellement en Amérique Centrale (Sud du Mexique, Belize, Honduras) et dans les pays au nord de l'Amérique du Sud (Pérou, Colombie, Venezuela). On en trouve aussi dans quelques îles de l'Océan Indien.
- **Les cacaoyers Forasteros** ont des cabosses lisses, parfois verruqueuses, tantôt allongées, tantôt arrondies (Amelonado), de couleur jaunâtre. Les cacaos de type Forastero comprennent deux sous-groupes, Amelonado et Amazone, eux-mêmes subdivisés en Basse-Amazone et Haute-Amazone, en fonction de leur origine. Toutefois, il n'y a pas de différences chimiques significatives entre ces sous-groupes du type Forastero [11]. Les graines sont plus ou moins aplaties et de couleur violette, amères et astringentes. Ils se rencontrent surtout au Brésil et en Afrique de l'Ouest.

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

Les cacaoyers Forastero sont très productifs et sont considérés comme moyennement résistants aux parasites et aux maladies [12].

- **Les cacaoyers Trinitario** sont des hybrides des deux précédents, très polymorphes. Ils représentent tous les intermédiaires entre les cacaoyers Criollo et Forastero. Ils sont localisés dans les Caraïbes, se plaisent à Madagascar, au Sri Lanka, à Java et s'aventurent jusqu'en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Le cacaoyer Trinitario est connu pour être le plus productif et résistant aux maladies [13].
- **Le cacaoyer Nacional** a des cabosses de grande taille, vertes, très rugueuses. Ses graines sont violettes et assez grosses. Il ne se développe qu'en Équateur (Tixier, 2013). La variété « Arriba » en Équateur est connue pour être un hybride entre du Nacional et du Trinitario [14].

La plupart des cacaos fins et aromatiques sont issus de Criollo, Trinitario, Nacional et de quelques Amelonado, sachant qu'en fonction des terroirs de production existeront des variantes organoleptiques. La plupart des cacaos courants, appelés « bulk », sont issus de Forastero.

I.2.5 Composition chimique de cacao

Les fèves de cacao non fermentées représentent 4,2% d'eau, 21,6% de protéines, 55,2% d'acide gras, et 15,5% de glucides. Après fermentation ces valeurs diminuent légèrement à 4,0% d'eau, 18,8% de protéines, 53,4% d'acide gras et 21,0% de glucides [15].

La pulpe de cacao contient entre 82 et 87% d'eau, 10 à 15% de sucres (60% de saccharose et 39% du mélange de glucose et fructose), 1 à 1,5% de pectine et 1 à 3% d'acide citrique. Les protéines, les acides aminés, les vitamines (principalement la vitamine C), et sels minéraux constituent également la pulpe de cabosse mûre [16].

I.3. Généralités sur le chocolat

I.3.1. Etymologie

L'origine du mot « chocolat » est controversée. Pour les uns, le mot chocolat, composé de « choco » : bruit et de « atle » : eau, dériverait des mots aztèques *tchoco* et *latte* signifiant le bruit fait par le batteur de chocolat lorsqu'il remue la boisson pour la faire mousser. Pour d'autres, il aurait une origine maya et dériverait du mot *xocoalt* (prononcez chocoatl), signifiant probablement « eau fermentée » et désignant une boisson faite en rajoutant, aux fèves torréfiées et broyées, de l'eau, de la farine de maïs, du piment et des épices [8].

I.3.2. Définition du chocolat

Le chocolat est un produit obtenu par un procédé approprié de fabrication à partir de matières provenant du cacao et pouvant être combinées avec des produits laitiers, des sucres et/ou des édulcorants, et autres additifs. D'autres produits comestibles, à l'exclusion des farines et amidons ajoutés (sauf pour les produits suivants : Le Chocolate a la taza avec un maximum de 8% m/m de farine et/ou d'amidon de blé, de maïs ou de riz et Le Chocolate familiar a la taza avec un maximum de 18% m/m de farine et/ou d'amidon de blé, de maïs ou de riz), et des graisses animales autres que la matière grasse laitière, peuvent être ajoutés pour obtenir divers produits de chocolat. Ces ajouts en combinaison ne doivent pas dépasser 40% du poids total du produit fini [17].

D'un point de vue physique un chocolat peut se définir comme une dispersion presque anhydre de très fines particules non grasses (saccharose, lactose, protéines, minéraux) dans une phase grasse solidifiée, constituée essentiellement de triglycérides. Ces triglycérides sont issus uniquement de la pâte de cacao dans le cas d'un chocolat noir, mais proviendraient également du lait dans le cas des chocolats au lait ou blancs [18].

I.3.3 .Les formes de chocolats

● **Chocolat en tablette**

Ce sont globalement des mélanges de pâte de cacao auquel on ajoute en proportion variable du beurre de cacao, du sucre, du lait, des aromates, des noisettes, des amandes, des raisins secs, etc.

➤ **Le chocolat noir**

C'est un mélange de pâte de cacao, de beurre de cacao et de sucre.

➤ **Le chocolat au lait**

C'est un mélange de pâte de cacao, de beurre de cacao, de lait en poudre et de sucre.

➤ **Le chocolat blanc**

C'est un mélange de beurre de cacao, de lait en poudre et de sucre.

➤ **Le chocolat aux noisettes**

C'est un mélange de chocolat au lait auquel on rajoute des noisettes avec un minimum de 10 % de lait et entre 20 et 40 g de noisettes.

● **Chocolat en poudre**

➤ **Le cacao en poudre**

C'est une pâte de cacao pure pulvérisée sans sucre ajouté (100 % de cacao).

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

➤ Le chocolat en poudre

Il contient 30 % de cacao et 70 % de sucre.

➤ Les poudre chocolatée « boisson instantanée »

Ils contiennent un minimum de 80 % de sucre.

➤ Les petits déjeuners chocolatés

C'est un mélange de cacao en poudre et de farine (amidon) et de sucre (minimum 50 %).

➤ Les bonbons au chocolat

Ils sont de compositions variables selon l'inspiration des chocolatiers mais la base reste identique à celle des chocolats en tablettes.

● Les pâtes à tartiner

Elles sont essentiellement composées de sucre, d'huile de noisettes, de cacao maigre. Leurs compositions se rapprochent de celle des chocolats en tablettes avec des teneurs en glucides, en lipides et en protéines plus élevées [19].

I.3.4. Types du chocolat et sa composition

La composition du chocolat et des produits issus du cacao est très réglementée. La directive européenne 2000/36/CE définit les produits de cacao et de chocolat destinés à l'alimentation humaine et a été transcrite en droit français par le décret n°2003-702 du 29 juillet 2003 qui détaille les différentes catégories de chocolat.

À chaque type de chocolat correspond une dénomination déterminée en fonction de la teneur en cacao, dont les minima et maxima sont rigoureusement fixés [10] (Tableaux1).

Tableaux 1 : composition du chocolat de laboratoire.

CHOCOLAT DE LABORATOIRE							
Sa faible proportion de beurre de cacao et son pourcentage en sucre élevé font de lui un chocolat moins fluide et au goût moins raffiné.							
	Caractéristiques des différentes variétés						
	%minimum						
Variétés	Sucre	Lait	MG de lait	Cacao sec dégraissé	MG total	Beure de cacao	cacao
Noir							
Chocolat supérieur /fin/ Noir/extra				14%		26%	43%

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

Chocolat				14%		18%	35%
Lait							
Chocolat au lait	55%	14%	3.5%	2.5%	25%		25%
Chocolat au lait supérieur	50%	18%	4.5%	2.5%	25%		30%
Blanche							
Chocolat blanc	55%	14%			3.5%	20%	30%

Tableaux 2 : composition du chocolat de couverture.

CHOCOLAT DE COUVERTURE							
Ce chocolat doit contenir 31 % minimum de beurre de cacao et a donc une très grande fluidité.							
Caractéristiques des différentes variétés							
	Minimum%						
Variétés	Sucre	Lait	MG de lait	Cacao sec dégraissé	MG total	Beure de Cacao	cacao
Chocolat de couverture				2.5%		31%	35%
Chocolat de couverture au lait	55%	14%	3.5%	2.5%	31%		25%

I.3.5 Composition chimique de chocolat

Le chocolat contient 5 à 8% de protéines, 30% de lipides (dont 61% de saturés et 39% d'acides gras insaturés, dont 36% monoinsaturés et de 3% de polyinsaturés) et 55% de glucides. Il est riche en magnésium (100mg pour 100g), en potassium (400mg pour 100g), et en fer (8,7mg pour 100g) [20].

I.3.6 Aspects nutritionnels

Le chocolat contient trois constituants essentiels : les glucides, les lipides et les protéines ainsi que les vitamines A, B1, B2, D, E et des minéraux (calcium, phosphore, potassium,

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

magnésium, et des traces de fer et de cuivre). Il est riche en acides gras polyinsaturés, surtout lorsque est associé à des oléagineux. [21].

I.3.7 Quelques données relatives au marché du cacao et du chocolat

Environ 95 % de la production de cacao dans le monde provient de petits exploitants cultivant en moyenne 2 à 5 hectares. On estime à au moins cinq millions le nombre de petits planteurs travaillant dans des plantations de cacao. La culture du cacao requiert un travail physique dur, encore manuel dans la plupart des pays.

La plupart du cacao produit dans le monde est de la variété standard Forastero. La production de cacao fin ou FFC (« fine » ou « flavour ») ne représente que 7 % environ de la production mondiale et plus de la moitié provient de l'Équateur [22].

- **Lieux de production du cacao**

Les principaux pays producteurs mondiaux sur la production 2013 / 2014 sont :

- **En Afrique de l'Ouest :**

- Côte d'Ivoire (1,74 millions de tonnes) ;
- Ghana (920 000 tonnes) ;
- Nigeria (240 000 tonnes) ;
- Cameroun (200 000 tonnes).

- **En Amérique latine :**

- Brésil (210 000 tonnes).
- Équateur (200 000 tonnes).
- Pérou (75 000 tonnes).
- République Dominicaine (69 000 tonnes).
- Colombie (47 000 tonnes).
- Mexique (30 000 tonnes).

- **En Asie du Sud-Est :**

- Indonésie (425 000 tonnes).
- Papouasie Nouvelle-Guinée (42 000 tonnes) [23].

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

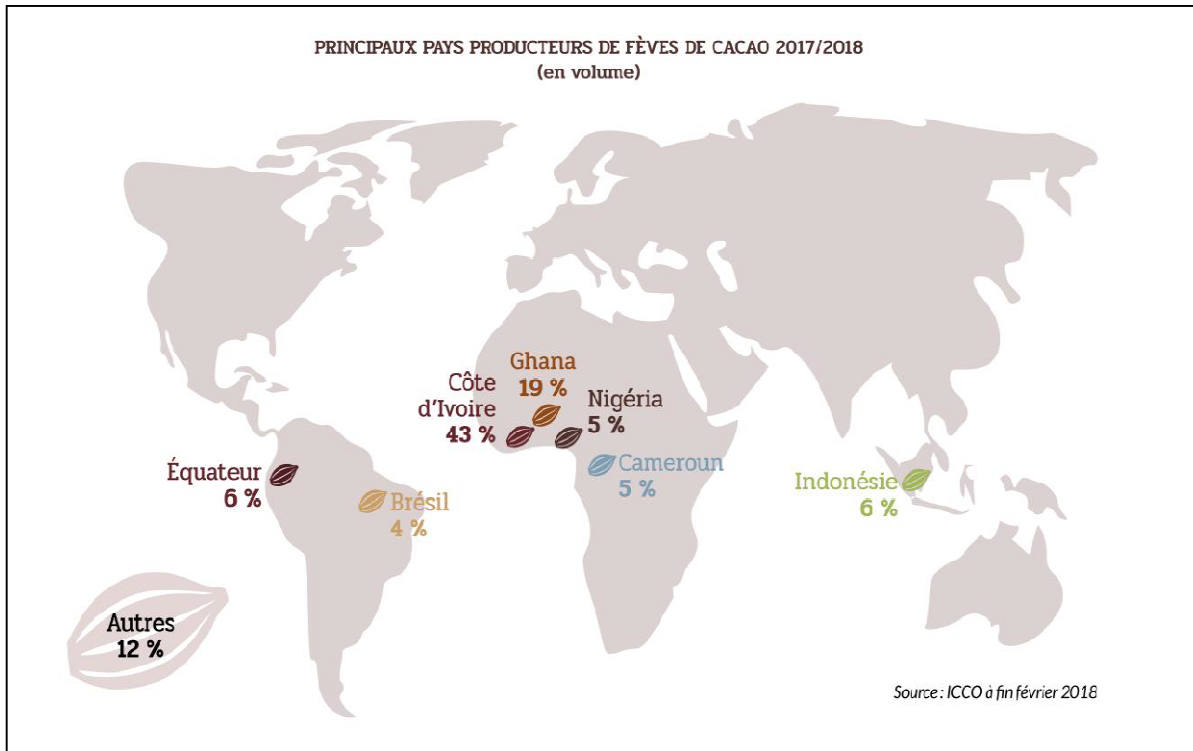


Figure 4 : Les principaux pays producteurs de fèves de cacao dans le monde.

Actuellement, l'Europe et l'Amérique du Nord dominent encore quant à la consommation de cacao. Les pays les plus importants sont les États-Unis, l'Allemagne et la France qui importent respectivement chacun 18 %, 8,4 % et 5,5 % de la récolte mondiale [19].

Le marché mondial du chocolat est très dynamique en raison de la présence d'un grand nombre d'acteurs régionaux et mondiaux. Il est extrêmement compétitif, avec différents acteurs proposant des produits à différents prix. À l'heure actuelle, la plupart des principaux fabricants de chocolat sont basés aux États-Unis ou en Europe et développent leurs activités dans les pays émergents tels que l'Afrique et l'APAC (Asie-Pacifique).

La zone EMEA (Europe, Moyen Orient et Afrique) a dominé le marché du chocolat en 2015. En 2016, l'Europe était responsable de l'expédition de 2,55 millions de tonnes de chocolat. Les supermarchés et les hypermarchés ont été le canal de distribution le plus populaire pour les produits au chocolat en 2015 [24].

La consommation mondiale de chocolat est en croissance constante depuis plusieurs décennies. Ces dernières années, cette tendance s'est accélérée suite à une forte progression de la demande de produits chocolatés dans de nombreux pays, en particulier émergents. Certains parlent ainsi d'une « explosion » de la demande internationale : en 2013, quatre millions de tonnes de chocolat ont été écoulées dans le monde, soit une augmentation de 32 % en dix ans [25].

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

Le chocolat au lait est le type de chocolat le plus répandu sur le marché et a occupé la plus grande part du marché mondial en 2015 [24] (figure5).

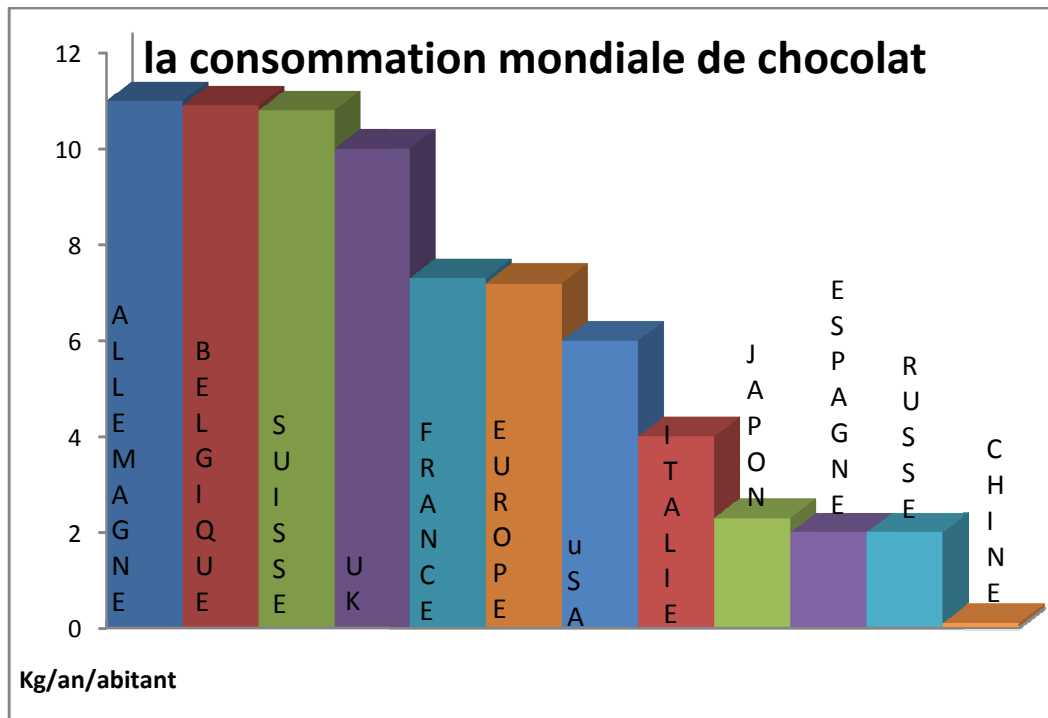


Figure 5 : consommation de chocolat dans le monde en 2017[26].

I.3.8 Forme de commercialisation de chocolat

Les tableaux 3, 4,5 montrent les différentes matières de commercialisation de chocolat.

➤ **Chocolat en bloc ou moulage**

Tableaux 3 : forme de commercialisation de chocolat en bloc [10].

Variétés	Caractéristiques	Exemples de fabrication
Tablettes ou pains	C'est le conditionnement historique. Utilisés pour les grandes quantités. Tablettes de 1 et 2,5 kg.	Crèmes, mousses, glaces, enrobages.
Palets et pistoles	Simplicité d'utilisation (pesée et fonte). Cartons de 1, 2 et 5 kg.	
Pépites	Stabilité à haute température.	Sablés, moelleux, cookies, brioches, cakes ;

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

Bâtons	Cartons de 1, 2, 5 et 10Kg. Stabilité à haute température. Longueur : 8 à 10 cm. Poids : 3,2 à 8 g. Boîtes de 200, 300 et 500 bâtons, cartons de 1 à 6 kg.	viennoiseries et spécialités américaines. Pains au chocolat.
Pâte à glacer	Mélange de cacao, sucre, MG végétales (autre que beurre de cacao). Facilité d'utilisation (pas de tempérage). Enrobage brillant des réalisations. Goût proche du chocolat. Trois catégories : brune, blonde, ivoire. Seaux de 5 kg.	Glaçages des entremets, bûches, glaces et sorbets, décor et garniture de gâteaux de voyage.

➤ **Chocolat en poudre ou graine.**

Tableaux 4 : forme de commercialisation de chocolat en poudre ou graine [10].

Variétés	Caractéristiques	Exemples de fabrication
Cacao en poudre	Grande finesse de broyage. Pour aromatiser les fabrications délicates. Pour décorer des produits chocolatés. Sacs de 1 et 2,5, 3 et 5 kg.	Crèmes, biscuits, mousses, glaces, boissons chaudes, décor d'entremets en saupoudrage et de bonbons chocolat en enrobage.
Grué de cacao	Éclats de cacao pur soigneusement torréfiés. Belle saveur et croquant important.	Confiseries, pâtisseries, viennoiseries, décoration, tartes au chocolat, ganaches, biscuits.

➤ **Chocolat pour décors**

Tableaux 5 : forme de commercialisation de chocolat pour décors [10].

Variétés	Caractéristiques	Exemples de fabrication
Chocolat pailleté ou en vermicelles	Grande multiplicité de couleurs. Produit de décor. Boîtes de 1 kg.	Entremets, verrines, glaces, bonbons chocolat.
Décors en chocolat	Formes diverses : coques et moulage, les éventails, les cigarettes, vrilles et plaquettes imprimées... Facilité d'utilisation.	Décors d'entremets et de bûches, pour les pièces et bonbons en chocolat.

CHAPITRE I : généralité sur le cacao et chocolat

I.4. Stockage et conservation

- ➡ Le chocolat brut doit être stocké et conservé à l'abri : de la lumière (pour éviter une oxydation aux UV) ; de l'humidité (pour éviter un blanchiment) avec une hydrométrie à 60 % ; de la chaleur (pour éviter un blanchiment gras) avec une température comprise entre 15 et 20 °C ; des odeurs étrangères.
- ➡ Le cacao en poudre devra être conservé : dans un endroit tempéré ; dans une boîte hermétique ; après ouverture avec une DLUO de 24 mois.
- ➡ Le chocolat de couverture devra être conservé 24 mois maximum.
- ➡ Le gruë de cacao et les bâtons de chocolat ont une DLUO de 30 jours après ouverture.
- ➡ La pâte à glacer à une DLUO de 6 à 18 mois, au sec et au frais (18 à 20 °C).
- ➡ Les pépites ont une DLUO comprise entre 12 et 24 mois [10].

I.5. Rôle de cacao et de chocolat

Les principaux rôles du cacao et de ses principaux dérivés en pâtisserie sont :

- **D'agent de saveur** (crème, biscuit, pâte, mousse, bonbons au chocolat et pralinés) ;
- **D'agent de masse** (toute fabrication incluant 25 % minimum de chocolat) ;
- **D'agent de texture** (crème, biscuit, pâte, mousse, bonbons au chocolat et pralinés [10]).

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

La transformation des graines de cacao en chocolat est un processus complexe qui comporte diverses étapes : fermentation, séchage, torréfaction, décorticage, dégermage et broyage. On procède ensuite à l'extraction d'une partie de la matière grasse (ou beurre de cacao), qui représente 45 % à 60 % de la fève. Ce beurre sert à la fabrication du chocolat. Le produit résiduel, qui est plus ou moins gras selon l'intensité de l'extraction, sert directement à la préparation de divers produits chocolatés, ou est concassé et pulvérisé de façon à obtenir la poudre de cacao [27].

II.1. Récolte et préparation des fèves de cacao

La transformation technologique du cacao nécessite plusieurs étapes réalisées sur le lieu de la récolte. Elle combine des processus chimiques et microbiologiques pour que les fèves développent finalement un goût de cacao.

II.1.1. Récolte des cabosses

Les cabosses de cacao mûrissent généralement tout au long de l'année. Le ramassage se pratique presque sur toute l'année, mais en réalité la grande récolte s'effectue d'octobre à décembre, principalement en Afrique de l'Ouest.

La récolte des cabosses est essentiellement pratiquée par les hommes, car détacher le fruit de l'arbre est un travail laborieux et délicat qui nécessite de l'habileté et de la force [28]. Les cabosses qui se trouvent autour des troncs sont coupées à la main ou à l'aide d'une machette, et celles qui entourent les branches supérieures nécessitent l'utilisation d'une partie faucille double tranchante au bout d'une perche [14].

La cueillette doit se faire toutes les 2-4 semaines, car la récolte fréquente réduit les pertes dues aux rats, écureuils, singes, papillons foreurs et les diverses maladies de pourriture des cabosses [28]. Les cabosses doivent idéalement être récoltées à maturité car si elles sont immatures, la biosynthèse de la matière grasse n'est pas achevée et celle de la pulpe n'est pas complète. Si les cabosses sont trop mures, elles commencent à sécher et cela conduit à une mauvaise fermentation de la pulpe [29].

II.1.2. Ecabossage

Une fois la récolte terminée, les cabosses sont immédiatement écabossées ou bien stockées pour quelques jours chez certains producteurs dans le but de permettre aux cabosses immatures d'achever leur maturation [29]. Le temps écoulé entre la récolte et l'écabossage est appelé le délai de stockage.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

L'écabossage est l'opération qui consiste à ouvrir les cabosses pour libérer les graines soit en coupant avec une machette soit en frappant la cabosse. L'utilisation de la machette risque d'endommager les graines, créant des blessures favorisant la pénétration des microorganismes.

Pour cette raison, il est recommandé de frapper la cabosse à l'aide d'un gourdin en bois (figure 6) [29].



Figure 6 : Ecabossage du cacao.

II.1.3. Fermentation

La fermentation est une étape primordiale du traitement post-récolte. Elle dure de 2 à 8 jours et cette durée dépend de la variété du cacao et des conditions climatiques, de l'importance de la masse de cacao en fermentation, de la méthode utilisée. On apprécie le moment opportun pour arrêter la fermentation d'après des critères subjectifs : gonflements des fèves, odeur de la masse, couleur des cotylédons, chute de la température [30]. La fermentation induit un ensemble de réactions biochimiques qui ont lieu dans la pulpe et au centre des cotylédons sous l'action des micro-organismes contaminant la pulpe et les fèves de cacao lors de l'ouverture soit par simple contact des mains des agriculteurs soit par le matériel utilisé.

L'opération de fermentation a trois buts principaux : éliminer le mucilage par l'action microbienne, empêcher la germination et enfin déclencher les réactions biochimiques dans les cotylédons pour former les précurseurs d'arômes [31].

Le processus de fermentation peut être décrit par deux phases principales, faisant intervenir des flores microbiennes, des températures et des degrés d'oxydation différents. La première transformation qui a lieu dans la pulpe est celle des sucres en alcool (sous l'action des levures ou fermentation alcoolique).

Pendant la seconde phase, l'éthanol est oxydé en acide acétique (fermentation acétique réalisée par les bactéries du même nom), qui en diffusant dans les fèves provoque la mort du

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

germe et l'activation d'enzymes endogènes importantes pour la production des précurseurs d'arôme. La fermentation est donc l'œuvre de plusieurs microorganismes.

II.1.3.1. Les techniques de fermentation

Les fermentations les plus couramment utilisées sont réalisées en tas, en caisses ou en paniers [32].

❖ Fermentation en tas

Au cours de cette fermentation, les fèves de cacao sont placées sur des feuilles de bananiers et recouvertes par celles-ci (figure 7). Cette pratique concerne environ 60 % du cacao produit. L'avantage de cette technique est de diminuer le nombre de brassage, car elle assure de bons échanges gazeux entre les fèves et le milieu extérieur, par contre elle ne protège pas les fèves contre les variations de température [29].



Figure 7 : Fermentation en tas des fèves de cacao.

❖ Fermentation en caisses

Elle se fait dans des caisses en bois ou des caisses en plastique. La fermentation dans ces dernières n'est pas très fréquente, car elle produit un nombre élevé de fèves mal fermentées par rapport aux deux autres méthodes (en tas et caisses en bois). Le cacao fermenté dans des caisses en bois perforées est généralement de bonne qualité car les caisses présentent une bonne isolation thermique, indispensable au bon déroulement de la fermentation [29].

❖ Fermentation en panier

C'est une technique traditionnelle très pratiquée au Nigeria. La fermentation est effectuée dans des paniers en fibres végétales contenant 10 à 150 kg de fèves, posés sur le sol et recouverts de feuilles de bananiers (figure 8). On brasse en traversant les fèves d'un panier à l'autre.



Figure 8 : Aération par brassage des fèves en pleine fermentation.

❖ Fermentation en plate-forme

Le procédé de la plate-forme est considéré comme une méthode obsolète [33] mais en raison de ses faibles coûts, il est encore largement utilisé, par exemple en Afrique de l'Ouest [34].

Cette technique produit un taux de fermentation faible, probablement pour cette raison, il a été historiquement appliqué sur les fèves Criollo, qui nécessitent une courte fermentation (environ 2 ou 3 jours), mais il est considéré comme inapproprié pour la variété Forastero, car elle nécessite une durée de fermentation plus longue (de 5 à 8 jours). La fermentation en plate-forme favorise la croissance des moisissures indésirables et le développement consécutif de saveurs non souhaitées [33].

II.1.4. Brassage

Le brassage constitue le système d'aération des fèves de cacao en fermentation, et représente un facteur important pour le bon déroulement de celle-ci. Le brassage permet une augmentation rapide de la température, entraînant une amélioration très nette de la qualité marchande du cacao.

L'aération est aussi indispensable à la multiplication des microorganismes qui jouent un rôle important dans la fermentation.

II.1.5. Séchage

II.1.5.1. Définition de séchage

Après l'étape de fermentation, les fèves de cacao sont mises à sécher. Le séchage est la deuxième opération cruciale dans le traitement post-récolte du cacao [29]. Le but du séchage est de diminuer la teneur en eau dans les fèves fermentées d'environ 50-60% à 8% [35], ce qui va bloquer les réactions enzymatiques et éviter le développement de moisissures.

Cette étape va ainsi permettre la bonne conservation du cacao marchand ainsi obtenu.

La température de séchage doit être inférieure à 60°C. Deux méthodes de séchage sont observées dans le monde du cacao : le séchage solaire ou naturel et le séchage artificiel.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

II.1.5.2. Modes de séchage

Il existe deux modes de séchage.

❖ Séchage naturel

En général, le séchage solaire est le procédé le plus utilisé par les producteurs qui fournissent la presque totalité de la production mondiale [35]. La durée moyenne de séchage est de 8 à 15 jours. Ce procédé s'effectue sur différents dispositifs (claie, tôle, bâche, aire cimentée, bitume) (figure 9).

L'utilisation de la claie comme aire de séchage contribue à obtenir un cacao plus propre [36]. Le séchage naturel présente l'avantage de s'effectuer sans dépense d'énergie et de favoriser l'évaporation de l'acide acétique produit au cours de la fermentation [29].

Il est admis que les réactions biochimiques se poursuivent pendant les premiers jours de l'opération. Le séchage solaire cependant l'inconvénient de nécessiter d'importantes surfaces pour l'étalement des fèves et la main d'œuvre pour les brassages réguliers de la masse. De plus, il est très dépendant des variations climatiques du moment. Quand les précautions ne sont pas prises, des reprises d'humidité ont lieu et les fèves moisissent.



Figure 9 : Séchage naturel des fèves de cacao.

❖ Séchage artificiel

Ce séchage est réalisé en utilisant un four avec ventilation d'air chaud [37].

Il ne concerne que 10% du cacao produit [29]. Il est utilisé lorsque les conditions climatiques sont défavorables (région humide ou zones moins ensoleillées) ou pour les grandes quantités de fèves. Cette méthode est surtout exploitée par les coopératives.

L'inconvénient majeur est la rétention des acides volatils et une consommation élevée d'énergie. Les différences de tension de vapeur et de diffusion entre l'eau et l'acide acétique observées aux températures du séchage artificiel (à partir de 45°C) font que l'eau s'évapore de la fève en premier lieu, déposant les substances dissoutes en périphérie en créant ainsi une barrière qui s'oppose au départ de l'acide acétique. Ce type de séchage est le principal responsable de la forte acidité volatile des cacaos.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

Notons que les séchoirs artificiels sont souvent mal utilisés. En effet, il est indispensable de laisser le temps aux fèves de sécher. Un séchage trop rapide ne permet pas une bonne élimination de l'acide acétique, l'eau étant extraite trop rapidement. De nombreuses études qui comparent les méthodes de séchage naturel et artificiel ne concluent que le séchage au soleil naturel donne le meilleur résultat [38].

II.1.6. Stockage

Le stockage des fèves en zone de production est une opération très délicate, car la moindre contamination par des moisissures affecte la qualité finale du produit. Les fèves doivent être stockées dans des bonnes conditions en évitant la chaleur et l'humidité de l'air qui favorisent le développement des moisissures et des insectes [29].

Pour certains producteurs, le stockage des fèves de cacao séchées se fait généralement dans des sacs de jute de 60 à 65 kg. Ceux-ci sont solides, mais permettent une reprise de l'humidité. Ils peuvent être empilés les uns sur les autres et ils sont également biodégradables. Pour un stockage adéquat, la teneur en humidité de fèves ne devrait pas dépasser 6 ou 7 %, au-delà de 8 % le risque du développement des moisissures existe. Au-dessous de 5 %, les fèves sont très cassantes. La durée de stockage est variable selon les producteurs.

A l'expédition, les sacs sont transportés dans les cales des navires avec une bonne ventilation pour évacuer l'air humide [14].

II.2. Obtention de la pâte de cacao

Les différentes opérations nécessaires à l'obtention de la pâte de cacao sont réalisées en chocolateries.

II.2.1 Nettoyage et calibrage

Les fèves de cacao arrivent à la chocolaterie dans l'état dans lequel elles ont quitté les plantations des pays producteurs. Elles ont été fermentées et séchées, mais il s'agit toujours d'une matière première. La partie comestible se trouve à l'intérieur d'une peau dure, poussiéreuse, portant des restes de pulpe séchée [39].

Les fèves subissent un nettoyage préliminaire qui permet d'éliminer par tamisage les petits cailloux et autres particules indésirables provenant des sacs. Elles passent ensuite sur une bande transporteuse qui les amène d'abord vers des silos, puis de là, vers les installations de nettoyage et de calibrage.

Tamis, brosses, soufflerie, aspiration et séparateurs magnétiques les débarrassent, par vannage, nettoyage et courant d'air, de tous les corps étrangers et impuretés telles que ficelles, cailloux, bois, métal, morceaux de cabosses, fèves agglomérées ou brisées, poussière, sable, débris de sac... qui s'y sont mêlés après la récolte [40].

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

Le calibrage permet de classer les fèves par catégories de taille homogène. Au sortir des diverses machines, les fèves font l'objet d'un examen soigneux au cours duquel sont éliminées celles qui n'ont pas le degré de maturité souhaité ou qui présentent des défauts, ainsi que toute impureté restée accrochée.

Les fèves saines nettoyées et calibrées sont ensuite rassemblées dans des conteneurs ou bien Directement acheminées vers les installations de torréfaction à l'aide de bandes transporteuses [39].

II.2.2 Torréfaction

La torréfaction est une étape cruciale qui consiste à griller les fèves entre 100 et 140°C pendant 20 à 40 minutes.

Elle a plusieurs fonctions. En premier lieu, elle développe l'arôme du cacao à partir des précurseurs; c'est elle aussi qui donne aux fèves leur belle couleur «chocolat». En outre, elle dessèche d'une part la pellicule qui enveloppe le «grué» (partie véritablement comestible de la graine), facilitant son élimination, et d'autre part le grué lui-même, abaissant son taux d'humidité à 1,5-2%. Il est ainsi prêt pour le concassage. Enfin elle permet de détruire les moisissures et d'éliminer une partie de l'acide acétique [7].

La torréfaction est effectuée dans un cylindre métallique animé d'un mouvement rotatif.

La Chaleur uniformément répartie pénètre la fève sans brûler la coque. Elle se fait habituellement en continu, mais parfois par charge.

Le degré de torréfaction est extrêmement important. En effet, si la torréfaction est excessive, elle détruit l'arôme naturel de la fève. Inversement, si elle est insuffisante, il est difficile d'éliminer les pellicules et il persiste un peu de l'amertume de la fève brute. Les fabricants qui veulent que leur chocolat soit fort en arôme sans pour autant augmenter la teneur en cacao cherchent à obtenir ce résultat en prolongeant la torréfaction.

La température de torréfaction varie en fonction de la variété des fèves de cacao, de leur texture et de leur parfum. Les variétés les plus délicates (Criollo et Trinitario) sont généralement torréfiées à des températures plus basses que les variétés les plus corsées afin d'optimiser le développement des arômes [41].

Sont aussi pris en compte la taille des fèves, leur degré de maturité, leur taux d'humidité et le type de séchage qu'elles ont subi. Enfin, l'opération diffère selon le produit que l'on vise à obtenir; ainsi il est conseillé de torréfier à une température plus élevée les fèves destinées à la fabrication du cacao en poudre.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

L'ouvrier torréfacteur doit pouvoir saisir le moment où le cacao a atteint la couleur voulue sinon le goût et la qualité peuvent être compromise ; il juge également en fonction de la sonorité du grain, de sa friabilité, de son odeur.

Une fois grillées, les fèves chaudes sont déversées dans un refroidisseur (cuve hermétique, ventilée par air froid) le plus rapidement possible. Ce refroidissement brutal permet d'arrêter la torréfaction (pour éviter que le processus ne se poursuive à l'intérieur de la graine), de préserver les principes aromatiques du cacao et d'empêcher le passage d'une partie de la matière grasse dans la coque [39].

II.2.3 Concassage, décortilage et dégermage

Le but de ces opérations est de séparer les différents éléments: la coque (ou tégument), l'amande (les cotylédons) et le germe. La torréfaction rend la coque cassante et, de ce fait, facilite le concassage des fèves .

Au cours de cette étape, les fèves torréfiées et refroidies, dont la coque a éclaté, sont brisées entre deux rouleaux striés tournant à des vitesses différentes. Puis coques et cotylédons sont séparés à l'aide d'un système de succion pneumatique qui, dans un courant d'air, emporte les débris de coques, plus légers que les cotylédons. Pelures et impuretés restantes sont séparées par densité sur des tamis vibrants, de façon qu'il ne reste que les cotylédons.

Mais sur chacun d'eux subsiste un germe ligneux qui n'est pas comestible; celui-ci est retiré à l'aide d'une dégermeuse, dans la quelle passent les fèves décortiquées.

Au terme de ces opérations de nettoyage, torréfaction et concassage, les fèves de cacao ont perdu quelque 20% de leur poids.

Ce cacao concassé s'appelle le grué de cacao qui, en dépit d'une certaine âpreté, sent déjà le chocolat [42].

II.2.4 Alcalinisation

C'est une technique de solubilisation qui consiste en un traitement des grains de cacao par des sels alcalins (Lostalot et *al.*, 1980).

La durée, la température, la quantité et la concentration de solution alcalinisante influencent la couleur et le goût. Cette opération s'applique aux grains de cacao destinés à la production de poudre de cacao.

Elle améliore la mouillabilité et donc la miscibilité de la poudre de cacao en gélatisant l'amidon naturellement présent (Martin, 1987). Donc le cacao solubilisé n'est pas vraiment soluble mais se tient mieux en suspension dans un liquide. Sa miscibilité dans les liquides froids peut être favorisée par l'adjonction d'un émulsifiant comme lécithine.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

II.2.5 Mélange des cacaos

C'est ici qu'interviennent la science et les premiers secrets de fabrication du chocolatier.

Suivant le type de chocolat que l'on désire obtenir, il est parfois nécessaire de mélanger différents types de fèves. Ces dosages permettent de maintenir la qualité constante et la saveur propre à chaque produit en dépit de la diversité de provenance des cacaos [42].

Cette étape consiste à peser une quantité bien précise de diverses variétés de cacao, puis à verser le tout dans un mélangeur cylindrique situé en amont des broyeurs. Le mélange des fèves est généralement moins précis pour le cacao en poudre que pour le chocolat. Ce dernier exige de la part du chocolatier un immense savoir-faire, la connaissance des arômes caractéristiques des diverses variétés ne s'acquérant qu'après des années d'expérience.

Il existe de subtiles différences entre le parfum de chaque type de fève et l'arôme final est obtenu en mélangeant deux ou trois variétés, voire davantage, après la torréfaction. Le chocolatier doit déterminer la juste proportion de fèves corsées et de fèves à l'arôme délicat pour produire un bon chocolat [7].

II.2.6 Mouture

Le mélange de fèves de cacao torréfiées et concassées passe dans des moulins spéciaux qui vont en réduire encore la texture, puis, suivant le procédé, il est conduit vers des broyeurs d'où sortira la pâte de cacao.

La chaleur engendrée par la pression et le frottement liquéfie le beurre de cacao contenu dans les fèves (environ 50 % de leur poids), de sorte que le produit de la mouture est une masse onctueuse d'une couleur brun foncé, à l'odeur pénétrante, forte en goût, qui se fige au refroidissement.

Suivant leur savoir-faire propre et leurs exigences, les fabricants font varier l'ordre de ces étapes fondamentales de traitement ou les complètent, ajoutant par exemple des processus de nettoyage destinés à détruire champignons, micro-organismes et autres résidus indésirables [43].

Elle peut alors emprunter deux voies :

- sous l'action de fortes pressions, elle donne naissance à deux produits : le beurre de cacao et le tourteau qui pulvérisé aboutit à la poudre de cacao.
- elle est utilisée pour obtenir en bout de chaîne, à la suite de différents processus, du chocolat prêt à l'emploi [44].

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

II.3 Obtention du beurre et de la poudre de cacao

II.3.1 Le beurre de cacao

Il est obtenu par l'application de fortes pressions, dans des presses hydrauliques, sur la pâte de cacao portée à une température de 100°C [45]. C'est une matière fluide à l'arôme prononcé qui une fois filtré est totalement limpide.

Il est ensuite éventuellement neutralisé, raffiné, décoloré et désodorisé. Puis il doit être refroidi et moulé. Il est alors entreposé dans des locaux climatisés en attendant le moment d'être refondu. En effet, il interviendra ultérieurement dans la fabrication de chocolat. Il peut être aussi employé dans l'industrie des cosmétiques, de la confiserie [46].

II.3.3.2 La poudre de cacao

Après pressage de la pâte de cacao dont a été extrait le beurre de cacao, subsiste ce qu'on appelle le tourteau de cacao, qui contient encore de 10 à 20% de matière grasse selon l'intensité de la pression. Par mouture et tamisage, le tourteau donne le cacao en poudre. Au cours de ces opérations sous l'effet de friction, la température s'élève. Une ventilation intense permet de s'y opposer pour que la poudre conserve sa légèreté, son homogénéité et sa couleur brune [6].

Si un traitement par alcalinisation a eu lieu au préalable, la poudre de cacao est dite solubilisée et prend une coloration plus accentuée. Pour obtenir du chocolat en poudre ou cacao sucré, on ajoute du sucre. Après adjonction au cacao en poudre de divers additifs : sucres, arôme, lait en poudre, on obtient toute la gamme de poudres chocolatées, cacaotées largement utilisées pour la préparation de boissons chaudes ou froides et petits déjeuners instantanés [6].

II.4 Production du chocolat

C'est essentiellement un mélange de pâte de cacao dégraissée ou non, additionnée d'une quantité variable de beurre de cacao, de sucre et suivant les cas de lait et d'arômes. Tout l'art du chocolatier consiste à obtenir un mélange de la pâte de cacao et du sucre [46].

II.4.1 Malaxage

La pâte de cacao, maintenue fluide par la chaleur, est mélangée au beurre de cacao et au sucre en poudre (saccharose). Le tout est malaxé dans un mélangeur jusqu'à obtention d'une masse fluide et grasse. On obtient du chocolat noir. Pour fabriquer du chocolat au lait, on ajoute dans le mélangeur du lait en poudre [5].

Le malaxage a lieu dans un pétrin rond avec une base horizontale circulaire sur laquelle passent de lourdes meules de granite. Ces mélanges se font automatiquement ce qui garantit une parfaite régularité de la production.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

Le rôle de cette opération est d'homogénéiser le mélange et de l'amener à la consistance voulue pour le broyage. A ce stade, la masse obtenue possède déjà un goût agréable mais a un aspect granuleux d'où l'objet de l'opération suivante qui permet de réduire la taille des particules à moins de 25 microns [7].

II.4.2 Broyage-affinage

Le broyage-affinage permet d'abaisser la granulosité de la pâte de chocolat, encore trop grossière (environ 100 microns), à celle demandée dans les spécifications du produit (jusqu'à 20 microns). Il se fait dans des broyeurs à cinq cylindres superposés de plus en plus serrés et tournant de plus en plus vite. La pression y est de 30 bars [39].

Un fin film de pâte passe entre les deux premiers cylindres, puis s'étire vers la deuxième paire de rouleaux en glissant à travers une fente à l'écartement soigneusement réglé. Lorsque la pâte de chocolat sort du cinquième cylindre, elle est fine comme du papier à cigarettes. Ce broyage facilite le déchirement des cellules de cacao et l'écrasement des cristaux de sucre.

Les particules solides sont réduites à une taille imperceptible à la langue et au palais, c'est-à-dire à moins de 20 microns.

C'est en partie à ce broyage que le chocolat doit son onctuosité. C'est à lui aussi, s'il est bien mené, que le chocolat doit sa qualité [40].

Pour certains chocolatiers industriels, l'affinage s'arrête là, mais le chocolat de bonne qualité subit un traitement supplémentaire, le conchage.

II.4.3 Conchage

Une fois que la masse de chocolat a été affinée à la taille de particule souhaitée, elle est transformée en un liquide visqueux à écoulement lisse par un processus connu sous le nom de conchage. Le Conchage vise à acquérir le développement de saveur souhaité et des propriétés d'écoulement précises, tout en contribuant au caractère fondant du chocolat [14].

Il existe de nombreux types de conches actuellement utilisées dans l'industrie du chocolat. Tous fonctionnent selon des principes similaires : temps, température, atmosphère, aération, cisaillement et agitation.

Traditionnellement, le conchage était effectué dans de longues conches constituées d'un bac de granit contenant la masse de chocolat et d'un rouleau de granit qui se déplaçait d'avant en arrière en cisillant le chocolat.

Elles ressemblaient au dispositif de conchage inventé en 1878 par Rudi Lindt. Ils ont maintenant été complètement remplacés par des conques rotatifs horizontaux à plusieurs lames qui contrôlent précisément la température, permettent un rendement élevé et évitent les

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

problèmes de sédimentation et d'accumulation associés aux conches longues et aux conques verticales (figure 10) [14].



Figure 10 : Le conchage du chocolat.

❖ Les effets mécaniques

Le frottement des particules de cacao les unes contre les autres conduit à l'abrasion des angles, ce qui réduit la dimension des particules. Ces particules polies et arrondies améliorent la plasticité du chocolat, qui devient lisse, brillant et onctueux. D'autres grains, en s'écrasant, peuvent libérer du beurre de cacao, ce qui procure son velouté au chocolat [47].

❖ Les effets physiques

L'addition de beurre de cacao, en fin de conchage, permet au chocolat de devenir parfaitement homogène. En effet, le beurre de cacao enrobe chaque particule de pâte. Le conchage a également pour fonction d'aérer, d'émulsionner la pâte. Sous l'effet de la chaleur, le taux d'humidité s'abaisse [48].

❖ Les effets chimiques

La perte d'astringence durant le conchage est attribuée à la réduction des composés phénoliques et des composants volatils tels que les acides, les aldéhydes, les esters et les pyrazines .

Le saccharose subit une inversion en glucose et en fructose. Ces deux phénomènes contribuent à une modification organoleptique .

L'adjonction de lécithine de soja, émulsifiant naturel, confère au mélange une meilleure fluidité et une stabilisation plus importante. Le résultat est l'obtention d'une pâte fine, onctueuse, moelleuse, fondante, d'apparence, lisse et brillante [46].

II.4.4 Tempérage

Cette opération complexe assure au chocolat son aspect brillant, sa bonne conservation, son onctuosité, ainsi que sa facilité de travail (moulage).

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

Pendant les opérations précédentes, la pâte de chocolat a sans cesse été maintenue à une température supérieure au point de fusion du beurre de cacao. Le chocolat doit être tempéré pour passer de l'état liquide à l'état solide.

C'est un processus délicat dans la mesure où le beurre de cacao contient plusieurs types de matières grasses qui ont toutes des points de fusion différents. Si la pâte de chocolat est refroidie trop lentement, une partie des matières grasses reste liquide et se sépare de la masse,

Ce qui crée un voile à la surface du chocolat lorsque celui-ci se solidifie. De plus le beurre se solidifie en différentes structures cristallines, dans un intervalle de température allant de 17 à 35°C environ. Or la température idéale du chocolat destiné au moulage se situe entre 24 et 28°C, selon les pâtes. Il convient donc d'éviter que ne se produise cette diversité de cristaux, pour obtenir une cristallisation homogène du beurre de cacao [5].

Il faut aussi noter que les graisses végétales issues de plantes tropicales, autorisées à hauteur de 5 %, élèvent le point de fusion du chocolat. Ainsi il se conserve mieux à température plus élevée, ce qui constitue un avantage évident.

Le tempérage consiste à refroidir graduellement la pâte de chocolat, sans cesser de la mélanger, de façon à assurer une meilleure répartition des cristaux de matières grasses dans la masse, puis à réchauffer celle-ci pour lui rendre la fluidité nécessaire au travail. C'est ce que l'on appelle la courbe de cristallisation [40], [42].

Ce cycle de refroidissement et réchauffage est effectué dans une tempéreuse, cuve à double manteau à circulation d'eau, dotée d'un brasseur et chauffée au bain-marie. Ces machines sont automatiques, un thermostat permettant de contrôler la température de l'eau et de maîtriser ainsi la courbe [7].

La pâte, stockée à l'état liquide à 40°C, est préalablement réchauffée avant d'être introduite dans la tempéreuse qui la refroidit. Pour le chocolat noir, la courbe de refroidissement passe de 50- 55°C à 26- 28°C, pour le chocolat au lait de 45- 50°C à 25- 27°C et pour le chocolat blanc de 40°C à 24- 26°C. Elle varie aussi selon l'emploi final du chocolat (moulage, etc.) [39], [41]. Le réchauffage, quant à lui, ramène la masse à 31- 33°C pour le chocolat noir, 28-30°C pour le chocolat au lait et 27-29°C pour le chocolat blanc (figure 11).

Le tempérage fait aussi intervenir la notion de durée; le temps nécessaire pour obtenir un bon tempérage peut atteindre 30 à 40 minutes.

Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

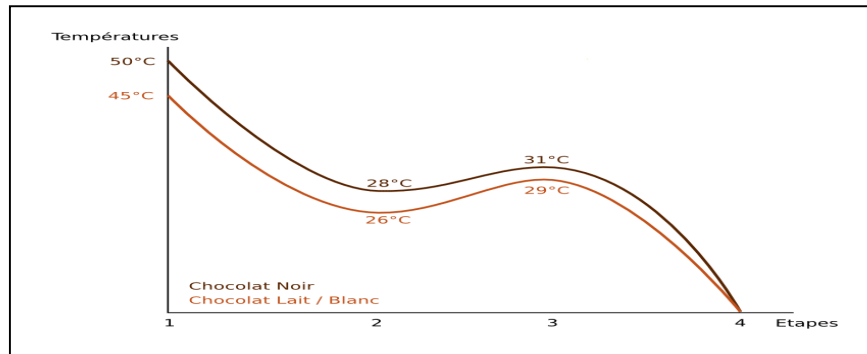


Figure 11 : Les courbes de tempérage des chocolats noir, au lait et blanc.

II.4.5 Moulage

Le tempérage a donné à la pâte de chocolat la fluidité nécessaire au moulage. Ainsi après dosage, elle est déversée dans des moules, qui sont soumis à des trépidations afin de répartir la pâte dans les moules et de chasser les bulles d'air (figure 12) [46].

Les moules sont ensuite entraînés dans un tunnel de refroidissement, ce qui permet à la pâte de se solidifier en vue du démoulage. Après le démoulage, les tablettes font l'objet d'un emballage et conditionnement automatiques [44].



Figure 12 : Moulage du chocolat.

II.5 Conservation du chocolat

La chaleur et l'humidité sont les principaux ennemis du chocolat, car toutes deux peuvent faire apparaître un voile à sa surface. La température idéale pour le conserver se situe entre 10 et 15°C (soit légèrement supérieure à celle qui règne dans un réfrigérateur), tandis que l'humidité doit être comprise entre 60 et 70 % [7].

Une température trop élevée provoque un changement de l'état cristallin du beurre de cacao ; il apparaît un blanchiment gras dû à la remontée à la surface des cristaux de beurre, qui recristallisent ensuite. Ce voile n'affecte pas le goût du chocolat mais en gâche l'aspect.

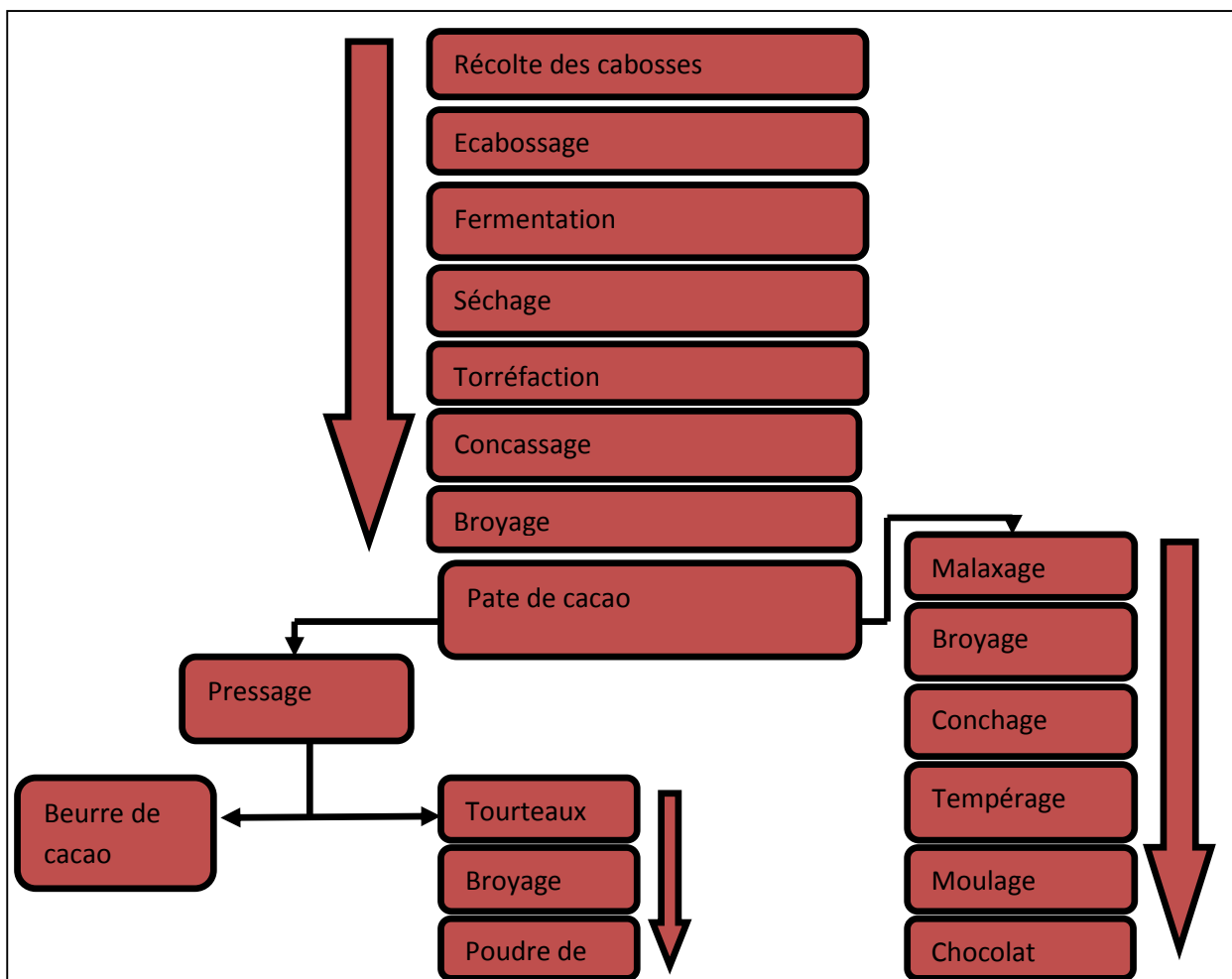
Chapitre II : procédés de fabrication de chocolat

De plus, du fait de sa forte teneur en beurre de cacao, une température trop élevée fera ramollir le chocolat et nuira à son brillant – au delà de 32 °C, il fondra [39].

Un voile dû à l'humidité est plus ennuyeux. Ce sont cette fois les cristaux de sucre qui remontent ; ils se dissolvent dans l'atmosphère humide puis recristallisent et forment un film gris désagréable. Cela entraîne une détérioration de la texture et du goût du chocolat [41]. Par ailleurs, le chocolat absorbe facilement les odeurs environnantes. Il convient donc de le conserver dans un récipient hermétique dans une pièce bien aérée.

Enfin il doit être conservé à l'abri de la lumière car une exposition trop longue provoque une oxydation du chocolat et un rancissement [39]. Ainsi, le chocolat en tablettes se conserve plusieurs mois. Quant aux chocolats fourrés, ils doivent être consommés dans le mois qui suit leur fabrication, et les chocolats au beurre ou à la crème, comme les truffes, doivent l'être au bout de quelques jours [7].

Figure13 : les principales étapes de transformation des fèves de cacao en chocolat.



CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

III.1 Analyses physico-chimique de chocolat

III.1.1 Détermination de la teneur en eau et matières volatiles

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments. En effet, la teneur en eau dans un aliment est fortement liée à son activité de l'eau. Ce paramètre détermine l'intensité des réactions chimiques et enzymatique ainsi que la vitesse de développement des micro-organismes.

L'humidité relative, la température et le type d'emballage influence significativement la teneur en eau du chocolat. Le temps de stockage possède une influence moindre [49].

III.1.2 Taux de cendres

Les cendres totales de la matière végétale sont les restes des corps inorganiques obtenus, après la calcination, jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le taux de cendres représente la fraction minérale de l'aliment [50].

III.1.3 Détermination de la composition en acide gras

III.1.3.1 La teneur en lipides

Les lipides font partie des constituants majeurs des denrées alimentaires. Les lipides sont caractérisés par leur degré d'insaturation. Cette propriété contribue fortement aux propriétés nutritionnelles des aliments mais aussi détermine leur sensibilité à l'oxydation donc à leur conservation [51]. La teneur en graisse peut également affecter la libération de la saveur [14].

III.1.3.2 Composition en acide gras

La méthode classique pour l'identification des graisses et des huiles a été remplacée par une analyse de la composition en acides gras déterminée par CPG. Le procédé classique est basé sur l'identification d'une matière grasse ou d'une huile spécifique par une combinaison de son indice d'iode, de sa densité relative, de son indice de réfraction et de son indice de saponification. Les avantages de la chromatographie en phase gazeuse est qu'elle permet l'identification d'huiles ne pouvant être identifiées par les méthodes classiques, en plus

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

d'offrir la possibilité d'identifier les proportions de différentes huiles dans un mélange. En outre, cette méthode est rapide et s'applique aussi bien aux huiles raffinées que brutes .

L'analyse des acides gras fournit un moyen rapide et précis de détermination de la répartition des acides gras des graisses et des huiles. Cette information est bénéfique pour tous les aspects du développement de produits, du contrôle du processus, et de la commercialisation parce que les caractéristiques physiques, chimiques, et nutritionnelles des graisses et des huiles sont influencées par les types et les proportions des acides gras constitutifs et leur position sur le glycérol [52].

➤ **Acides gras mono-insaturés**

Les AGMI ne provoquent pas d'accumulation de cholestérol comme le font les acides gras saturés et ne rancissent pas aussi facilement que les acides gras polyinsaturés. En outre, ils ont un effet positif sur la concentration des lipoprotéines de haute densité (HDL), transportant le cholestérol des parois des vaisseaux sanguins vers le foie, où il est dégradé par les acides biliaires, qui sont ensuite éliminés de l'organisme. En même temps, les AGMI réduisent la concentration de lipoprotéines de faible densité (LDL) qui, lorsqu'elles circulent sur l'ensemble de l'organisme, se déposent dans les vaisseaux sanguins [53].

➤ **Acides gras trans (AGT)**

Il existe des preuves cohérentes des effets néfastes des acides gras trans (AGT) d'origine industrielle sur le développement des maladies cardiovasculaires (MCV) car ils conduisent à une augmentation de lipoprotéines très athérogène, du LDL-Cholestérol et du cholestérol total et une diminution du HDL-cholestérol, cardioprotecteur. Ainsi, l'OMS recommande que l'apport en AGS et AGT devrait être limité à moins de 10% et 1% des besoins énergétiques journaliers, respectivement [54].

Environ 80% des acides gras trans (AGT) présents dans l'alimentation humaine proviennent d'aliments industriels, tandis que 20% proviennent du lait et de la viande de ruminants [53].

➤ **Acides gras saturés (AGS)/Indices athérogènes (AI) et thrombogènes (TI)**

Actuellement, on pense que l'augmentation de la concentration sanguine de LDL, processus important dans la formation des athéromes, n'est pas attribuable à tous les acides

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

gras saturés. En effet, une alimentation riche en acides gras à courte chaîne (C<10) ou en C18:0 n'augmente pas la cholestérolémie. Les acides gras saturés incriminés sont les acides laurique C12:0, myristique C14:0 et palmitique C16:0. Les acides gras saturés thrombogènes seraient ceux à longue chaîne (C14:0, C16:0 et C18:0) [53].

C'est dans cette optique qu'Ulbricht et Southgate, (1991) ont proposé des indices athérogènes (AI) et des indices thrombogènes (TI). Sur la base des valeurs AI et TI, des conclusions peuvent être tirées concernant la qualité de la matière grasse dans l'alimentation humaine

III.1.4 Indices de qualités

III.1.4.1 L'indice d'iode

L'indice d'iode indique le nombre de doubles liaisons ou le degré d'insaturation globale des lipides. Cet indice renseigne sur le degré d'oxydation des huiles, donc, sur leur stabilité oxydative [55].

III.1.4.2 L'acidité de la matière grasse

L'acidité est un moyen de mesure du degré d'altération hydrolytique d'une huile ; elle permet de mettre en évidence une hydrolyse ; néanmoins, cette hydrolyse ne prévoit pas le degré d'oxydation ou de polymérisation des AG [56].

La teneur en acides gras libres du beurre de cacao intéresse les producteurs et les fabricants de chocolat car un pourcentage élevé signifie une réduction de la qualité des fèves de cacao fermentées et entraîne une diminution de la dureté du beurre de cacao [15].

L'acidité dans le beurre de cacao est influencée significativement par l'activité microbienne et celle des lipases endogènes présentes dans les fèves de cacao [15].

La teneur en acides gras libres est influencée par la température et la durée de stockage, l'humidité relative et le type d'emballage [57].

III.1.4.3 L'indice de peroxyde

L'oxydation des lipides est la cause majeure de leur détérioration. Les hydroperoxydes formés sont les principaux produits de cette réaction. Ils n'ont ni saveur ni odeur, mais se

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

décomposent rapidement pour former des aldéhydes, qui ont, une saveur et une odeur fort désagréables. La concentration en peroxydes, habituellement exprimée en indice de peroxyde, est une mesure de l'oxydation ou du rancissement à ses premières étapes. L'indice de peroxyde est un des tests chimiques les plus couramment utilisés pour la détermination de la qualité des graisses et des huiles [52].

L'oxydation des lipides est la principale cause de détérioration et de développement de saveur indésirable dans le chocolat. La valeur de peroxyde est un indicateur majeur de l'oxydation lipidique [58].

III.1.5 Les sucres totaux, réducteurs et saccharose

Les sucres sont les constituants déterminant le goût sucré d'un aliment, notamment le chocolat ; les sucres apportent une grande valeur énergétique. En plus, ils jouent un rôle essentiel dans la conservation des produits alimentaires grâce, d'une part, à la pression osmotique qu'ils exercent sur les microorganismes, et l'abaissement de l'activité de l'eau de l'aliment, d'autre part

III.2 chocolat artisanal



Figure 14: chocolat artisanal.

III.2.1 fabrication du chocolat artisanal

La fabrication du chocolat est un travail très long qui passe par des phases très importantes et inévitables. Les pays producteurs de cacao commencent par cueillir les cabosses des cacaoyers. Pour cela, une manchette est utilisée pour frapper sur l'arbre ou la branche afin de faire tomber les cabosses. La fabrication du chocolat se poursuit ensuite par la phase du séchage. Cela nécessite de fendre chaque cabosses et de récupérer les fèves ainsi que le jus. Les fèves sont exposées au soleil afin qu'elle sèche. C'est ce que l'on appelle la fermentation où les fèves se retrouvent au repos. La fabrication du chocolat continue avec la torréfaction. Les fèves sont torréfiées dans un torréfacteur. Elles passent ensuite au broyage et au décortilage et sont réduites en des grains très fins. A ce stade, le beurre de cacao est récupéré. Il y a ensuite le mélange et le conchage pour faire disparaître les arômes indésirables. La fabrication du chocolat se termine par le tempérage et la mise en moule [59].



Figure15 : mini broyeur à moule.

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

III.2.2 Composition d'un chocolat artisanal

III.2.2.1 Conception du chocolat noir, blanc et au lait

Le chocolat est un mélange de pâte de cacao, de beurre de cacao, de sucre, et suivant les cas de lait, et d'épices comme la vanille ou la cannelle. Il existe autant de variétés de chocolats que de variétés de fèves de cacao [59][60].

- Le **chocolat noir**, également appelé chocolat fondant ou chocolat amer, est conçu avec un minimum de 35 % de cacao et de sucre.
- Le **chocolat au lait** est quant à lui obtenu en ajoutant du lait en poudre. Les réglementations européennes imposent un minimum de 25 % de cacao.
- Le **chocolat blanc** n'est pas composé de pâte de cacao mais uniquement de beurre de cacao, de sucre, de lait et d'arômes.

III.2.2.2 Les autres chocolats préparés par un artisan chocolatier

Dans les ateliers de fabrication de chocolat artisanal, nous retrouvons aussi le **chocolat de couverture**, qui est un chocolat de très grande qualité, utilisé par les maîtres chocolatiers et les pâtisseries comme matière première. Le chocolat fourré où l'intérieur est constitué d'une pâte fine à base d'amandes, de noisettes ou de fruits secs... Et enfin, la ganache qui est une préparation épaisse de chocolat principalement utilisé en pâtisserie. Elle est obtenue à partir de chocolat, de crème, de lait, d'eau sucrée, d'œufs [59].

III.2.3 Comment fabriquer un bon chocolat artisanal ?

Le succès d'un bon chocolat réside dans la préparation des intérieurs. Ces intérieurs sont de nombreuses natures. On retrouve les pralinés (mélange d'amande et/ou noisettes cuites, de sucre et de chocolat), les giandujas (mélange de sucre, de noisettes, de poudre de lait et de beurre de cacao), les ganaches, les pâtes d'amandes, le nougat, la nougatine, les caramels et les pâtes de fruits. Nous fabriquons nos intérieurs de chocolat en mélangeant soigneusement les ingrédients, dans un cul de poule. Nous étalons ensuite notre mélange sur une grande table

CHAPITRE III : analyses physico-chimique de chocolat et chocolat artisanat

de marbre préalablement cadrée. Une fois la masse refroidie par le marbre, nous effectuons une découpe à la main des intérieurs de nos bonbons de chocolat à l'aide d'une guitare (appareil de découpe).

L'étape finale réside dans l'enrobage des intérieurs que nous venons de découper. Nous le réalisons à la main, sur un tapis mécanique. Quand le chocolat est fin prêt, nous pouvons alors le décorer puis l'emballer puis le maitre dans des coffrets [59] [60].



Figure16 : type décors de chocolat artisanat.

III.2.4 Un chocolat artisanal avec des couleurs naturelles d'origines végétales

Pour obtenir des couleurs naturelles d'origine végétale, on utilise :

- du radis, du cassis et de la pomme pour le **ROUGE**
- du carthame (plante type chardon) et du citron pour le **JAUNE** ;
- de l'extrait de spiruline (algue) pour le **BLEU**.

Pour le reste, nous faisons nos mélanges, du jaune et du bleu pour le vert etc.... Nos chocolatiers, tels des artistes, appliquent ces couleurs au pinceau dans le fond des moules en petites touches [59].

Ces couleurs ne changent absolument pas le goût du chocolat !

Conclusion

Ce travail effectué est une recherche bibliographique sur le chocolat, on a réalisé trois chapitres : Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur le chocolat et le cacao. Le deuxième chapitre, aborde la technologie de transformation des fèves de cacao en chocolat. Le troisième chapitre aborde les analyses physico-chimiques de chocolat et chocolat artisanal.

Références bibliographiques

- [1] Jyothi DPT, 2003. The chocolate story: No clear norms on storage. The Hindu Group of publications.
- [2] Torres-Moreno M., Tarrega A., Costell E. and Blanch C. (2011). "Dark chocolate acceptability: influence of cocoa origin and processing conditions." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(2), pp: 404–411
- [3] DGVSEES, 2013. La filière chocolat et biscuits en repli face à l'explosion des importations. Bulletin de veille n°73. Volume 1. Direction Générale de la Veille Stratégique, des Etudes Economiques et des Statistiques. Ministère de l'Industrie, de la Petite et Moyenne Entreprise et de la Promotion de l'investissement, pp : 1-4.
- [4] Henderson JS, Joyce RA, Hall GR, Hurst WJ, Mc Govern PE, 2007. Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. *Proc. Nat. Acad. Scien.*, 48, 1883718940.
- [5] Beuzard M, 2003. Le chocolat Sei.vie, pp : 136-151
- [6] Harwich N, 2008. Histoire du chocolat. Paris. Les éditions Desjonqueres. 1ère édition, pp : 312.
- [7] McFadden C, France C., 1999. Le grand livre du chocolat, pp : 253.
- [8] Daverio S., 2005. Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Henri Poincaré. pp : 163.
- [9] Mossu, G, 1990. Le cacaoyer : le technicien d'agriculture tropicale. Institut de Recherches de Café et du Cacao.
- [10] article le génie éditeur « le cacao et le chocolat » chapitre 11, 2015.
- [11] Tomlins K. I., Baker D. M., Daplyn P. and Adomako D. (1993). "Effect of fermentation and drying practices on the chemical and physical profiles of Ghana cocoa." *Food Chemistry* 46(3): 257-263
- [12] Lima L. J. R., Almeida M. H., Nout M. J. R. and Zwietering M. H. (2011). "Theobroma cacao L., "the food of the gods" : quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of the fermentation." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(8): 731-761

Références bibliographiques

- [13] Motamayor J. C., Risterucci A. M., Heath M. and Lanaud C. (2003). "Cacao domestication II : progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar." *Heredity* 91(3): 322-330
- [14] Beckett, S.T. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture*, pp: 720
- [15] Afoakwa, E.O., Quao, J., Takrama, J., Budu, A. S., and Saalia, F. K, 2013a. Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology*, pp: 1097-1105
- [16] Dias, D. R., Schwan, R. F., et Lima, L. C. O, 2003. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, pp: 23-350.
- [17] Codex Alimentarius, 1995. General Standart for food additives. Codex Stan 192
- [18] Multon, L.J, 1992 .Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. . Edition TEC & DOC Lavoisier, Paris, pp: 1-34.
- [19] article Nicole kuchaski « le chocolat » nutritionniste,2014.
- [20] ANSES, 2013. Ciquel table de composition nutritionnelle des aliments. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, pp : 1-180
- [21] PNNS. Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides partie 2. PNNS; 2007
- [22] Hütz-Adams, F., Huber, C., Irene, K., Morazán, P., Mürlebach, M., 2016. Renforcer la compétitivité de la production de cacao et augmenter le revenu des producteurs de cacao en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale. SÜDWIND avec le soutien financier du Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement, pp : 11-12.
- [23] article « chocolat et confiserie » MAGAZINE 4Caobisco, 2017. La consommation de chocolat dans le monde en 2017. *Chocolate, Biscuits & Confectionery Of Europe*63/464, 2014.
- [24] ICCO, 2018. Les principaux pays producteurs de fèves de cacao dans le monde. International Cocoa Organization.
- [25] Alliot Christophe., Cortin Matthias., Feig-Muller Marion et Ly Sylvain, 2016. La face cachée du chocolat ; BASIC P2.

Références bibliographiques

- [26] Caobisco, 2017. La consommation de chocolat dans le monde en 2017. Chocolate, Biscuits & Confectionery Of Europe.
- [27] Brieu S. Chocolat : de la jungle équatoriale aux instituts de beauté, pp2-25. National geographic France n°38, novembre 2002.
- [28] Bouet, C, 1977. Bettié et Akiékrou: Etude comparée de deux terroirs en zone forestière ivoirienne (No. 13). IRD Edition.
- [29] Barel, M. 2013. Qualité du cacao. L'impact du traitement post- récolte. Edition Quae. Versailles, France.
- [30] De Vuyst, L., Lefeber, T., Papalexandratou, Z., Camu, N. (2010). The functional role of lactic acid bacteria in cocoa bean fermentation. *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: novel applications*, pp; 301-325
- [31] Schwan, R.F., Wheals, A.E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp: 205-221
- [32] Bankoff, L., Ouattara, G. H., Karou, T. G., Guehi, S. T., Nemlin, J. G., and Diopoh, J. K. (2014). Impacts de la fermentation du cacao sur la croissance de la flore microbienne et la qualité des fèves marchandes. *Agronomie Africaine*, pp:159-170
- [33] Doyle, M. P., Beuchat L. R., Montville T. J. (2001). 2nd Eds. *Cocoa and coffee. Food Microbiology*, pp: 720- 733.
- [34] Lainé, K, 2001. Survey of farming practices on farms in Côte d'Ivoire Field study. *Development*, pp: 1-28
- [35] Djedjro, C. A., Assidjo, N. E., Yao, B, 2008. Effet des dispositifs de séchage à l'air libre sur la qualité des fèves de cacao bord champ. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, pp : 45-48.
- [36] Kouakou, B. J., Irie, B. Z., Dick, E., Nemlin, G., et Bomisso, L. E. (2013). Caractérisation des techniques de séchage du cacao dans les principales zones de production en côte d'Ivoire et détermination de leur influence sur la qualité des fèves commercialisées. *Journal of Applied Biosciences*, pp: 4797-4812.

Références bibliographiques

- [37] Hii C. L., Law, C. L., Cloke, M., and Suzannah, S, 2009. Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. *Biosystems Engineering*, pp: 153-161.
- [38] Zahouli, G. I. B., Guehi, S. T., Fae, A. M., Ban-Koffi, L., & Nemlin, J. G. (2010). Effect of drying methods on the chemical quality traits of cocoa raw material. *Advance Journal of Food Science and Technology*, pp: 184-190.
- [39] Hlin, S., 2001. Le chocolat: un aliment, une drogue pp : 7-69.
- [40] Pontillon J., 1998. Cacao et le chocolat : production, utilisation, caractéristiques. Edition TEC et DOC, pp: 638.
- [41] Delattre, A. S., 1995. Lechocola, Th: Ph: Angers, pp: 69-121.
- [42] Lerno, j.f, 1992. Le chocolat: des vertus thérapeutiques à la «chocolatomanie» pp : 136.
- [43] Chocosuisse, 2008. . L'industrie suisse du chocolat au passé et au présent.
- [44] Roberth, L., 1990. Les vertus thérapeutiques du chocolat, pp : 231.
- [45] Hill A J., Heaton-Brown L, 1994. The experience of food craving: a prospective investigation in healthy women *J. Psychosom. Res*, pp : 801- 814.
- [46] Girard S, 1994. Le guide du chocolat et de ses à côtés.
- [47] Anonyme, 1984. La confiserie. Il était une fois le chocolat, nourriture des Dieux, pp: 246
- [48] Braudeau, J, 1969. Le cacaoyer. Editions : Maisonneuve et Larose.
- [49] Yadav, J. P. Pandey and S. K. Garg, 2011. Biochemical changes during storage of chocolate, pp: 242-247.
- [50] Campos M.G.R., Bogdanov S., Almeida-Muradian L.B., Szczesna T., Mancebo Y., Frigerio C., Ferreira F., 2008. Pollen composition and standardization of analytical methods. *J. Apicultural Research and Bee World*, pp: 156-163.
- [51] Human H., Nicolson S.W., 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloegretheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, pp :1486–149.
- [52] O'Brien R.D. 2004. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. . Ed: CRC Press, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York. PP: 744.

Références bibliographiques

- [53] Mankiewicz-Kęszycka, M., Czyżak-Runowska, G., Lipińska, P., et Wójtowski, J., 2013. Fatty acid profile of milk - a review. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, pp: 135-139.
- [54] Vucic V., Arsic A., Petrovic SA., Milanovic M., Glibetic M., 2015. Trans fatty acid content in Serbian margarines: Urgent need for legislation changes and consumer information. *Food chemistry*, pp: 437-440.
- [55] Vinaixa M., Vergara A., Duran C., Llobet C., Badia C., Brezmes J., Vilanova X. et Correig X, 2005. Fast detection of rancidity in potato crisps using e- noses based on mass spectrometry or gas sensors. *Sensors and Actuators*, pp: 67-75.
- [56] Kpovissi D.S., George C., Accrombessi., Kochooh C., Mohamed M., Soumanou et Moudachirou M, 2004. Propriétés physicochimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha-curca*) de différentes régions du benin, pp : 10071012.
- [57] Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Sahena, F., Sharifudin, M.S., Norulaini, N.N., Md. Eaqub Ali, Hasmadi, M., Ghafoor, K., Wahidu, Z and Omar, A.K.M, 2016. Physicochemical properties of cocoa butter replacers from supercritical carbon dioxide extracted mango seed fat and palm oil mid-fraction blends, pp: 143 – 149
- [58] Antonio V, 2003. Browning of white chocolate during storage. Bearden MM, Miqule ME.
- [59] Article « chocolat artisanal » laboratoire de JADIS et GOUMANDE, 2015.
- [60] Article de journal « la voix de la joie », 2018.