UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 2004 **N°**

THESE

pour le

DIPLÔME D'ETAT

DE DOCTEUR EN PHARMACIE

par

Virginie CLEMENT

Présentée et soutenue publiquement le 2 juin 2004

Thé, café, chocolat : trois boissons d'usage cosmétique

Président : Mme Françoise PEIGNE, Maître de Conférences de Pharmacie Galénique-Cosmétologie

Membres du jury : Mme Laurence COIFFARD, Professeur de Cosmétologie

Mme Marie-Aude ANFROY, Pharmacien

Tous mes remerciements

A Madame Peigné qui a accepté la présidence du jury.

Qu'elle trouve ici l'expression de ma très grande gratitude.

A Madame Coiffard qui a accepté de me suivre dans ce travail et m'a soutenue.

Que cette thèse soit le témoignage de ma sincère reconnaissance.

A Madame Anfroy qui me fait l'honneur et l'amitié de siéger dans ce jury.

Qu'elle en soit profondément remerciée.

A mes parents et à ma sœur Elodie.

En témoignage de toute mon affection.

A tous mes amis, Anne, François, Hélène, Julien et Olivier.

Pour leur soutien et leur humour.

Et pour les moments passés ensemble.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION…….....page 7

1ère partie : LE THE……..…page 8

I-DESCRIPTION BOTANIQUE……....…page 8

II-CULTURE ET CUEILLETTE DU THE…….……page 10

III-CONSOMMATION DU THE……..……page 11

IV-PREPARATION DU THE……....page 12
IV.1-Les thés noirs……...page 12
IV.1.1-Méthode orthodoxe……...…..page 12
IV.1.2-Méthode "Cutting Tearing Curling"……..……page 13
IV.1.3-Procédé Leg Cut……..page 13
IV.1.4-Procédé Rotorvane……...…page 13
IV.2-Les thés verts……...page 14
IV.3-Les thés Oolongs ou semi-fermentés…….……page 14
IV.4-Les thés blancs……page 14

V.CLASSIFICATION DES THES……....page 14
V.1-Thés noirs……..…page 15
V.2-Thés verts……..…page 16
V.3-Thés Oolongs……page 16

VI.COMPOSITION CHIMIQUE DU THE VERT……...page 16
VI.1-Les éléments minéraux…….……page 17
VI.2-Contenu glucidique……page 18
VI.3-Contenu lipidique……...page 18
VI.4-Acides aminés, protéines et enzymes……page 18
VI.5-les polyphénols……page 19
VI.5.1-Les flavonoïdes……...page 19
VI.5.2-Les acides-phénols……..page 20
VI.5.3-Les tanins……...….page 21
VI.5.3.1-Les tanins hydrolysables……...page 21
VI.5.3.2-Les tanins condensés…….……page 21
VI.6-Les composés volatils……..…page 23
VI.7-Les bases xanthiques……...……...page 23
VI.8-les vitamines……page 24
VI.9-Les caroténoïdes……..page 25
VI.10-Comparaison thé vert/thé noir en fonction des compositions……...page 25

V.UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DU THE……..page 25
V.1-Effet psychotonique du thé…….….page 26

V.2-Le thé vert et le cancer…….page 26
V.3-Le thé et les maladies cardio-vasculaires……...page 28
V.3.1-Données épidémiologiques……..page 28
V.3.2-Mécanismes d'action……page 29
V.3.2.1-Action sur le profil lipidique……...page 29
V.3.2.1-Action sur la pression artérielle…….page 29
V.3.2.3-Modifications physiopathologiques de l'athérosclérose……....page 29
V.4-Effet diurétique du thé…….page 30
V.5-Le thé à l'officine……..page 30

VI-UTILISATIONS DIETETIQUES ET COSMETIQUES DU THE
VI.1-Les adjuvants des régimes amaigrissants à base de thé……..page 32
VI.2-Autres produits cosmétiques contenant du thé vert……page 34
VI.2.1-Les soins des yeux……..page 34
VI.2.2-Les soins du visage……page 35
VI.2.3-Produits parfumés au thé vert…….....page 36

2ème partie : LE CAFE……page 37

I-DESCRIPTION BOTANIQUE……...page 37
I.1-*Coffea arabica* Linné (Rubiaceae)……page 37
I.2-*Coffea canephora robusta* Linné (Rubiaceae)……..page 40

II-RECOLTE ET PREPARATION INDUSTRIELLE DES GRAINS DE CAFÉ
II.1-Récolte……...……page 41
II.1.1-Récolte manuelle……...…page 41
II.1.2-Récolte mécanique……...…page 41
II.2-Préparation industrielle……...……page 41
II.2.1-Préparation par voie humide……page 42
II.2.2-Préparatio par voie sèche……...……...page 42

III-TRAITEMENT INDUSTRIEL DES GRAINS DE CAFE VERTS…...page 43
III.1-Torréfaction……page 43
III.2-Mouture……...page 44
III.3-Préparation du café soluble par percolation, déshydratation……page 45
III.3.1-Percolation……...…page 45
III.3.2-Déshydratation……....page 46
III.3.2.1-Atomisation……...page 46
III.3.2.2-Lyophilisation……page 46
III.4-Décaféination……..page 47

IV-COMPOSITION CHIMIQUE……..page 48
IV.1-Teneur en eau……..page 49
IV.2-Teneur en minéraux……...page 50
IV.3-Contenu glucidique……page 50
IV.4-Contenu lipidique……...page 51
IV.4.1-Les acides gras de la cire……page 51
IV.4.2-Les acides gras de l'huile de café……...…page 51

IV.5-protéines et acides aminés……..page 52
IV.6-Composés azotés non protéiques……...page 52
IV.6.1-Acides nucléiques……...page 53
IV.6.2-Bases xanthiques…….page 53
IV.6.3-Bases azotées……..page 53
IV.6.3.1-Celles qui restent stables……...page 53
IV.6.3.2-Celles qui sont instables……page 53
IV.7-Acides……...page 54
IV.8-Arômes et pigments formés lors de la torréfaction…….page 55
IV.9-Vitamines…….page 56
IV.10-Contaminants……page 56
IV.10.1-Le benzopyrène…….page 56
IV.10.2-Mycotoxines……..page 57

V-UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DE LA CAFEINE……page 58
V.1-La caféine : un stimulant au niveau central……..page 58
V.2-La caféine dans le traitement des apnées idiopathiques du prématuré…..page 59
V.3-La caféine dans le traitement de la crise migraineuse……..…page 61
V.3.1-Association aux vasoconstricteurs cérébraux…….……..page 62
V.3.2-Association aux antalgiques…….……page 62

VI-UTILISATIONS COSMETIQUES DE LA CAFEINE……....page 63
VI.1-Rappels concernant le tissu adipeux…….…page63
VI.2-Action lipolytique de la caféine……..page 65
VI.2.1-Rappels concernant la lipolyse……...…page 65
VI.2.2-Etude *in vivo* de l'activité lipolytique de la caféine……page 66
VI.3-Produits à base de caféine commercialisés……...…page 67

3ème partie : LE CHOCOLAT……..page 71

I-DESCRIPTION BOTANIQUE……...……page 72
I.1-Origine du cacaoyer cultivé……..page 71
I.2-Botanique et systématique……page 72
I.3-Classification des cacaoyers cultivés……page 77
I.3.1-Le groupe des Criollo……...…page 77
I.3.2-Le groupe des Forastero…….…page 78
I.3.3-le groupe des Trinitario……...…page 78

II-TECHNIQUES DE FABRICATION : DE LA FEVE AU CHOCOLAT
II.1-Récolte et préparation du cacao marchand……...…page 79
II.1.1-Récolte des cabosses……page 80
II.1.2-Ecabossage……...page 80
II.1.3-Fermentation…….……page 81
II.1.4-Séchage…….…page 81
II.1.5-Nettoyage et mise en sac……...…page 82
II.2-Traitement industriel des fèves de cacao…….……...…page 82
II.2.1-Torréfaction…….……page 83
II.2.2-Concassage et décorticage……page 84

II.2.3-Broyage……page 84
II.2.4-Mélange brut……page 84
II.2.4.1-L'affinage……page 85
II.2.4.2-Le conchage……page 85
II.2.4.3-Le tempérage……page 86
II.2.5-Pressage et extraction……page 86
II.2.6-Pulvérisation……page 86

III-CONSOMMATION DU CHOCOLAT……page 87

IV.COMPOSITION CHIMIQUE DE LA FEVE DE CACAO……page 87
IV.1-Teneur en eau……page 88
IV.2-Teneur en éléments minéraux……page 88
IV.3-Contenu glucidique……page 88
IV.4-Contenu protidique……page 89
IV.5-Contenu lipidique……page 90
IV.6-Composés phénoliques……page 91
IV.6.1-Les flavonoïdes……page 92
IV.6.2-Les tanins……page 92
IV.7-Substances volatiles……page 93
IV.8-Bases xanthiques……page 94
IV.9-Amines biogènes……page 94
IV.9.1-La sérotonine……page 94
IV.9.2-La phényléthylamine (PEA)……page 95
IV.9.3-L'histamine……page 95
IV.9.4-La tyramine……page 96
IV.9.5-Autres amines……page 96
IV.10-Anandamine et salsolinol……page 97
IV.10.1-L'anandamine……page 97
IV.10.2-Le salsolinol……page 97

V.UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DU CACAO……page 98
V.1-Utilisations du beurre de cacao……page 98
V.2-Utilisations de la poudre de cacao……page 99

VI-UTILISATIONS COSMETIQUES DU CACAO……page 100
VI.1-Le pouvoir antioxydant des polyphénols de cacao……page 101
VI.1.1-Les actions des polyphénols……page 101
VI.1.2-La ligne Phytochoc® (Nuxe)……page 102
VI.1.2.1-Action antioxydante……page 102
VI.1.2.2-Action hydratante……page 102
VI.1.2.3-Action stimulante de l'activité cellulaire……page 102
VI.1.3-Autres produits……page 103
VI.2-Les bases xanthiques et leur activité lipolytique……page 104

CONCLUSION……page 105

INTRODUCTION

Le thé, le café et le chocolat ont été importés en Europe au début du XVIIème siècle, suite à la découverte du Nouveau Monde. Les aristocrates se sont alors passionnés pour ces nouveaux breuvages exotiques avant qu'ils ne soient accessibles à toute la population. Dès lors, on a prêté au thé, au café et au chocolat des vertus médicinales plus ou moins fondées, s'inspirant des légendes qui entouraient leurs différentes utilisations, souvent à caractère religieux ou divin.

Ces utilisations pharmaceutiques et même cosmétiques sont liées à une composition chimique riche et complexe des différentes parties de plante utilisées. Après avoir décrit le théier, le caféier et le cacaoyer, nous verrons quelles transformations les feuilles de thé, les grains de café et les fèves de cacao subissent avant de devenir les produits de consommation courante que nous connaissons bien. Enfin, nous nous attacherons à une étude de la composition chimique qui mettra en évidence les vertus de chaque plante. Cette étude nous permettra d'aborder finalement les utilisations pharmaceutiques et cosmétiques du thé, du café et du chocolat.

LE THE

I-DESCRIPTION BOTANIQUE

Le théier (figure 1), *Thea sinensis* L. (*Camellia sinensis* O. Kuntze), appartient à la division des Angiospermes, classe des Dicotylédones, sous-classe des Dilleniidae, famille des Théacées.

Les Théacées comprennent 29 genres avec environ 1100 espèces (40).

Figure 1 : Feuilles, fleurs et boutons floraux du théier

A l'état sauvage, c'est un arbuste toujours vert pouvant atteindre 15 mètres de hauteur. Il est maintenu à une petite taille, 1 à 3 mètres, par culture pour faciliter la cueillette. Ce buisson présente de nombreuses ramifications, le tronc est noueux.

Les feuilles, persistantes, sont de formes variables. Elles peuvent être elliptiques, oblongues ou lancéolées, acuminées, obtuses ou largement émarginées. Elles sont longues de 3 à 11 centimètres, larges de 1 à 4 centimètres ; coriaces, dentées, plus ou moins décurrentes le long du pétiole, pubescentes et bientôt presque entièrement glâbres, ainsi que

les jeunes rameaux, le pétiole, le pédoncule et les sépales. Le pétiole est long de 5 à 10 millimètres.

Les fleurs sont solitaires, sur des pédoncules réfléchis munis de 3 ou 4 bractées caduques, ou bien groupées par 4 en petites grappes (figure 2). Les 5 sépales sont inégaux, persistants, plus ou moins pubescents sur les deux faces, parfois glâbres et ciliés. On compte 5 à 9 pétales, les premiers partiellement sépaloïdes; les autres glâbres, hauts et larges de 11 millimètres, pourvus de sept nervures. Les étamines sont très nombreuses (plus de 240) sur 4 ou 5 séries, plus ou moins soudées entre elles. A la base des pétales, l'anthère, échancrée à ses extrémités, est pourvue d'un large connectif. L'ovaire à trois loges est plus ou moins velu, ovoïde. Il y a 4 ou 5 ovules par loge. Le style est divisé en 3 branches libres dès sa base ou seulement à son sommet.

Figure 2 : Fleur de théier

Le fruit est capsulaire, trigone à déhiscence loculicide. Sa hauteur est de 5 à 20 millimètres et son diamètre est de 2 à 3 centimètres. Ses cloisons sont plus ou moins réunies à la columelle médiane. La graine mesure 10 à 15 millimètres de hauteur. Elle est ovale, parfois rugueuse du côté du placenta, bombée en dehors. Son hile est elliptique ou triangulaire, situé au sommet intérieur. Le tégument externe, crustacé, épais de 1 millimètre, est adhérent au tégument interne, très mince, coriace et brillant. Les cotylédons, plans-convexes, très charnus, à bords un peu contournés, entourent complètement la gemmule (16, 40, 77, 78).

II-CULTURE ET CUEILLETTE DU THE

La culture du thé se fait dans les régions équatoriales et tropicales à forte pluviométrie et à altitude élevée. Il croît entre le 42ème degré de latitude Nord et le 31ème degré Sud.

Le facteur le plus important pour le succès de la culture du thé est l'abondance des précipitations ; le minimum annuel doit être de 1,50 mètres d'eau, et les pluies doivent être réparties entre les différents mois de l'année sans violence ni sécheresse prolongée.

Il existe donc différentes variétés de thé, adaptées à différents climats (11).

Le théier est replanté sur des terrasses géométriques à flanc de montagne après deux ans de croissance en pépinières. On forme alors des zones de cueillette parfaitement géométriques appelées "jardins", et les arbustes sont taillés pour former une zone horizontale accessible à la main, appelée "table de cueillette".

La taille va non seulement permettre de faciliter la cueillette, mais également d'augmenter la production de bourgeons et de feuilles en empêchant la floraison. La première taille est profonde et ramène la plante à 50 cm du sol, puis elles sont de plus en plus légères, et le théier atteint sa maturité au bout de cinq ans. Les tailles étant plus espacées dans les régions plus froides, il n'atteindra sa maturité qu'au bout de dix ans (40).

La cueillette est une opération délicate. Elle est effectuée à la main dans la plupart des cas, les essais de cueillette mécanique donnant de moins bons résultats, et est dévolue aux femmes (figure 3).

Figure 3 : Cueillette du thé

Les feuilles sont tirées l'une après l'autre, sans être arrachées, et en laissant le pétiole sur le rameau pour le thé vert.

Trois types de cueillettes peuvent être effectués, et cela constitue le premier critère pris en compte pour évaluer la qualité d'un thé :

-la "cueillette impériale" ou P+1 : on ne cueille que le bourgeon terminal appelé Pekoe (d'où le P) ainsi que la feuille la plus proche (figure 4). Pekoe vient du chinois Pak-ho, qui correspond aux cheveux fins des nouveaux-nés que rappelle le duvet autour du bourgeon. Cette cueillette était autrefois réservée aux empereurs, et a aujourd'hui quasiment disparue.

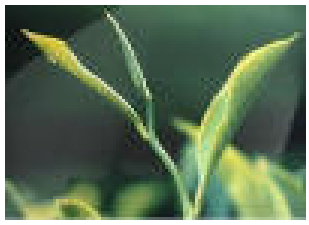

Figure 4 : Bourgeon terminal ou Pekoe

-la "cueillette fine" ou P+2 : on cueille le bourgeon terminal et les deux feuilles les plus proches. C'est la cueillette la plus fine et la meilleure aujourd'hui.

-la "cueillette classique" ou P+3 : il s'agit du bourgeon terminal et des trois ou quatre feuilles les plus proches. La qualité du thé est alors inférieure, et c'est la dernière qualité acceptée.

Il existe des cueillettes plus grossières (P+4) ou (P+5) donnant des thés de qualité médiocre. Les feuilles sont jetées dans des paniers portés sur le dos des cueilleurs et portées à la manufacture (72, 75).

Il est également important de souligner que dans certains pays où le thé est cultivé en plaine, la récolte se trouve alors mécanisée à l'aide d'engins enjambant les plants et ces distinctions de cueillette n'ont plus cours.

III-CONSOMMATION DU THE

On estime à 1000 milliards le nombre de tasses de thé bues par an dans le monde. Le record de la consommation de thé revient à l'Irlande avec 3,17 kg par an et par

personne. Elle est suivie par le Koweït (2,66 kg), le Royaume-Uni (2,62 kg), le Qatar (2,31 kg) et la Turquie (2,15 kg) (41, 68).

IV-PREPARATION DES THES

C'est en fonction des traitements que subiront les feuilles que l'on obtiendra les différents types de thé, puisqu'ils proviennent tous du même arbre. On aura alors les thés noirs, verts, oolongs et blancs.

La transformation du thé va avoir lieu en 36 heures maximum.

IV.1-Les thés noirs

Il existe différents modes de préparation.

IV.1.1-Méthode orthodoxe

La première étape est le flétrissage, qui consiste à faire sécher les feuilles jusqu'à ce qu'elles perdent 40 à 50% de leur teneur en eau.

Après la cueillette, les feuilles sont étalées en couches de 15 centimètres d'épaisseur environ sur de longues claies ventilées par un courant d'air chaud ou froid pendant 16 à 24 heures, et sont assouplies manuellement. L'opération peut être réduite à 6 heures avec du matériel moderne et automatique.

La seconde étape est le roulage : les feuilles sont placées dans des cuves cylindriques pendant 35 minutes. Elles s'enroulent alors sur elles-mêmes sans se briser, mais les cellules végétales, elles, se brisent et libèrent les huiles essentielles. On obtient du thé plus ou moins fort en répétant plusieurs fois l'étape de roulage.

La fermentation consiste à provoquer le processus d'oxydation de la feuille en atmosphère humide. Les feuilles sont placées pendant 20 minutes dans des conditions contrôlées de température (25 à 27°C) et d'hygrométrie (95 à 98%). Une importance

particulière est apportée à la surveillance de ces locaux à cause du risque de prolifération microbienne. Durant cette opération, le thé prend sa couleur brune, perd jusqu'à 50% de ses tanins, et l'arôme commence à se développer.

La dessiccation ou torréfaction arrête la fermentation : les feuilles sont séchées rapidement dans des chambres où règne un air chaud (85 à 90°C) et sec. C'est une opération délicate : il faut éviter de rendre la feuille cassante et sans arôme par une torréfaction trop brutale ou trop longue, et éviter le développement de moisissures par une torréfaction insuffisante.Les feuilles sont alors noires et leur teneur en eau est au maximum de 5%.

La cinquième étape est le criblage et tamisage : les feuilles sèches sont triées par tamisage pour les sélectionner en fonction de leur taille et les débarrasser de la "poussière" formée par effritement et brisure des feuilles lors de la dessiccation.

Un premier criblage peut avoir lieu entre le roulage et la fermentation.

Le thé est immédiatement emballé dans des caisses en bois doublées d'aluminium. Il est prêt à être commercialisé.

IV.1.2-Procédé "Cutting Tearing Curling" (CTC)

Il est utilisé en Inde du Nord et en Afrique. Avant la fermentation et la dessiccation, les feuilles sont coupées régulièrement au moyen de cylindres. Les thés obtenus seront des B.O.P., des Fannings, ou des Dust.

IV.1.3-Procédé Leg Cut

Il permet d'éviter le flétrissage, mais les feuilles doivent alors être taillées avant le roulage, et subir une très vive dessiccation après fermentation.

IV.1.4-Procédé Rotorvane

Il permet une accélération significative des phases de flétrissage et de roulage grâce à un rotor situé dans un cylindre qui entraîne et comprime les feuilles très rapidement.

L'infusion des thés noirs est cuivrée (72, 75).

IV.2-Les thés verts

Contrairement au thé noir, il ne subit pas de fermentation. Celle-ci est empêchée tout de suite après la cueillette en plaçant les feuilles dans des bassines chauffées à très haute température pendant très peu de temps, jusqu'à ce que la vapeur d'eau se dégage. Les enzymes sont alors détruites et le risque de fermentation est évité. Les feuilles subissent ensuite la dessiccation.

L'infusion du thé vert est de couleur jaune (72, 75).

IV.3-Les thés Oolongs ou semi-fermentés

Ils subissent une méthode orthodoxe, avec une fermentation diminuée du quart en Chine, et de moitié à Formose. Cette préparation est souvent entièrement manuelle, les feuilles obtenues sont très grandes, et l'infusion est de couleur jaune foncé ou orange (72, 75).

IV.4-Les thés blancs

Ils sont préparés exclusivement en Chine. Les feuilles ne subissent qu'un flétrissage et un séchage immédiat.

L'infusion est de couleur jaune pâle (72, 75).

V.CLASSIFICATION DES THES

Les grades désignent les formes sous lesquelles les feuilles sont présentées après traitement : entières (Leaf), brisées (Broken), broyées (Fannings and Dust).

V.1-Thés noirs

Il existe plusieurs classifications dans les trois grades principaux (tableau I).

Grade	Caractéristiques
F.O.P. (Flowery Orange Pekoe):	Cueillette fine composée du bourgeon encore duveteux et des deux feuilles suivantes. Les feuilles sont dorées et noires.
O.P. (Orange Pekoe):	Cueillette plus tardive, les feuilles sont matures et noires, le bourgeon s'est entièrement transformé en feuilles. La qualité est moins fine.
P. (Pekoe) avec	
- F.P. (Flowery Pekoe:)	Roulage en boule des feuilles entières
-P. (Pekoe):	Le procédé est le même mais avec des feuilles matures moins jeunes et moins fines, sans bourgeon (contrairement à la traduction de Pekoe)
S. (Souchong):	Ce sont les grandes feuilles basses qui sont utilisées et roulées dans le sens de la longueur. On le trouve principalement en Chine.

Tableau I : Classification des thés noirs (75)

Les thés à feuilles entières ont leur équivalent en thés à feuilles brisées : les F.O.P. deviennent F.B.O.P. (Flowery Broken Orange Pekoe), les O.P. donnent les B.O.P., et les P. donnent les B.P.

Leur goût est plus corsé et leur couleur plus foncée.

Les thés à feuilles broyées se classent en Fanning (F.), avec les B.O.P.F., les F.B.O.P.F., qui donnent un thé très corsé et foncé ; et en Dust (D. Ou P.D.), c'est une poussière sans intérêt pour les vrais amateurs de thé.

Les Fanning et Dust sont utilisées principalement pour les thés en sachets (75).

V.2-Thés verts

Ils ont une classification simple qui leur est propre (tableau II).

Grade	Feuilles après traitement
Gunpowder :	Poudre à canon, les feuilles sont entières et roulées en boules. Ce grade est aussi appelé Pin Head (tête d'épingle) quand les boules sont serrées et très petites. C'est le premier thé cueilli dans l'année.
Chunmee :	Les feuilles sont roulées dans le sens de la longueur et courbées (comme un sourcil selon la traduction). C'est la cueillette fine correspondant au FOP.
Natural Leaf :	Les feuilles sont naturelles, entières, laissées à plat.
Matcha :	Les feuilles sont réduites en poudre. C'est le thé qui sert aux cérémonies.

Tableau II : Classification des thés verts (75)

Les thés verts de Chine ont aussi une classe de feuilles entières torsadées sans nom spécifique (75).

V.3-Thés Oolongs

Ils ne comprennent généralement que des feuilles entières torsadées, le grade ne se précise donc pas.

La classification est la suivante : Fine (fin), Finest, Choice (recherché), Choicest, Fancy (fantaisie), Top-Fancy (75).

VI-COMPOSITION CHIMIQUE DU THE VERT

Le thé fraîchement cueilli renferme environ 80% d'eau et seulement 5% après séchage. La feuille fraîche a une composition variable (tableau III), fonction de la souche génétique, du climat, des conditions de culture et de l'âge de la feuille (4, 24).

Constituant	Teneur du poids sec (%)
Polyphénols	36
Carbohydrates	25
Protéines	15
Minéraux	5
Acides aminés	4
Méthylxanthines	3,5
Lipides	2
Acides organiques	1,5
Chlorophylle	0,5
Caroténoïdes	0,1
Composés volatils	0,1

Tableau III : Composition de la feuille de thé fraîche (4, 24)

VI.1-Les éléments minéraux

Ils représentent 4 à 9% de la matière sèche.

Le thé vert constitue une source intéressante d'aluminium et de fluor (tableau IV).

Eléments	Teneur (µg/kg de poids sec)
Aluminium, Al	50
Arsenic, As	0,75
Bore, B	45
Calcium, Ca	8000
Cuivre, Cu	11
Fluor, F	450
Fer, Fe	250
Mercure, Hg	200
Iode, I	0,4
Potassium, K	25000
Manganèse, Mn	5500
Molybdène, Mo	0,4
Sodium, Na	150
Nickel, Ni	2,5
Phosphore, P	3500
Plomb, Pb	0,4
Soufre, S	2500
Sélénium, Se	0,7
Silicium, Si	400
Zinc, Zn	50

Tableau IV : Teneurs en éléments minéraux de la feuille de thé vert (40)

VI.2-Contenu glucidique

Ce sont des glucides solubles qui représentent 5% de la matière sèche. Ces glucides sont représentés par 1 à 2% d'oses, un peu de gomme et de pectine (112).

VI.3-Contenu lipidique

Les feuilles, mais surtout les graines, contiennent 18 à 33% de triglycérides. La phosphatidylcholine est le composé majoritaire des graines. (112).

VI.4-Acides aminés, protéines et enzymes.

Les acides aminés représentent 3% de la matière sèche.

Le constituant principal est la théanine, éthylamide de l'acide glutamique. C'est un des 19 acides aminés présents dans le thé et présent que dans cette plante. La théanine s'accumule dans les feuilles protégées du soleil. Elle représente à elle seule la moitié du contenu total en acides aminés. Sa présence dans le thé serait directement corrélée à la qualité de la boisson. En outre, il y a aussi dans le thé vert de l'acide asparagique et de la méthylméthionine (4, 16).

Les protéines représentent 15 à 20% de la matière sèche. Ce sont surtout des albumines de type légumine.

Les enzymes présentes sont notamment la polyphénol-oxydase (PPO) qui serait impliquée dans la formation des polyphénols du thé noir. C'est une métalloprotéine. Pour obtenir le thé vert, on effectue une stabilisation qui détruit les enzymes pour éviter l'oxydation enzymatique des catéchines.

La peroxydase (POD), présente dans les feuilles vertes fraîches, est une enzyme à noyau héminique catalysant la décomposition, par réduction du peroxyde d'hydrogène en eau et des peroxydes organiques en alcools correspondants. Elle n'a qu'un rôle limité dans la fermentation (4).

VI.5-Les polyphénols

Ils représentent les constituants majoritaires de la feuille de thé vert (5 à 35% de la matière sèche). Une tasse de thé vert apporterait 300 à 400 milligrammes de polyphénols.

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle, libre ou engagé dans une liaison éther ou ester. Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies d'aromagénèse : la voie faisant intervenir l'acide shikimique conduit aux acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine), puis par désamination de ces derniers aux acides cinnamiques et leurs dérivés ; l'autre voie, partant de l'acétate, conduit aux polyacétates, engendrant par cyclisation des composés polycycliques. Cette pluralité structurale est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée de l'acide shikimique et de l'acétate (16, 81).

Les polyphénols retrouvés dans le thé vert sont :
-des dérivés d'extension du phénylpropane en C6-C3-C6 : phényl-2-chromones (flavones) et phényl-2-chromanes (flavanes) ;
-des dérivés de dégradation du phénylpropane, dérivés d'acides-phénols : dérivés de l'acide benzoïque en C6-C1, dérivés de l'acide cinnamique en C6-C3.

Dans le thé vert, leur teneur varie selon la variété, l'âge de la feuille (les plus jeunes sont les plus riches) et la saison (la teneur est plus élevée en été qu'au printemps) (40).

VI.5.1-Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments quasi universels présents dans les végétaux. Ils sont représentés par les flavones, ou phényl-2-chromones (figure 5), et par les flavonols, ou hydroxy-3-flavones et leurs O et C hétérosides (O-hétérosides en 3, 5ou 7 ; C-hétérosides en 8) (16).

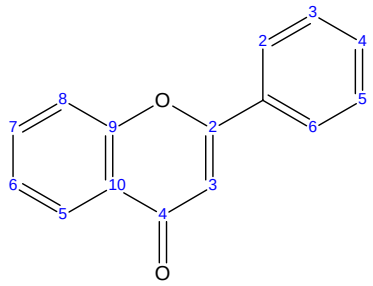

Figure 5 : Structure de la phényl-2-chromone

Les flavones ont été étudiées par Sakamoto qui a mis en évidence 19 flavones dans l'infusion de thé vert. Dans le thé vert, on trouve essentiellement la vitexine ou 8-C glucosylapigénine (81).

Parmi les génines de flavonols sont représentés le kaempférol, la quercétine, la lutéoline ou déshydroxy-3-quercétine et la myricétine (4).

Parmi les O-hétérosides de flavonols sont représentés surtout la rutine, ou rhamnoglucoside en 3 de la quercétine, la quercitrine, ou rhamnoside en 3 de la quercétine et la diglucosyl-6,8-apigénine, présente en proportion moindre (16).

VI.5.2-Les acides-phénols

On retrouve dans la feuille de thé des dérivés de l'acide benzoïque en C6-C1 tels que l'acide gallique qui est présent dans la feuille de thé vert sous forme libre ou combinée et l'acide ellagique qui est un produit de condensation de l'acide gallique (figures 6 et 7) (16).

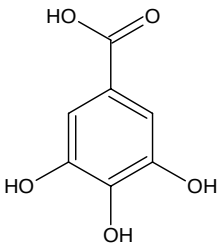

Figure 6 : Structure de l'acide gallique

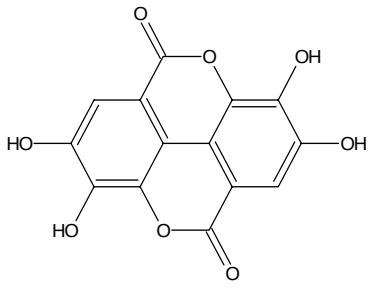

Figure 7 : Structure de l'acide ellagique

On trouve aussi des dérivés de l'acide cinnamique en C6-C3 tel que l'acide caféique (16).

On note également la présence d'acides-phénols dérivés de l'acide cinnamique d'un type un peu particulier : les depsides qui sont des esters de deux acides-phénols. L'acide

chlorogénique, présent dans le thé vert, est un acide-phénol dérivé de l'acide cinnamique, en C6-C3. C'est un ester de l'acide quinique (16, 36).

VI.5.3-Les tanins

Au départ, on entendait par tanins des composés phénoliques hydrosolubles ayant une masse molaire comprise entre 500 et 3000, et présentant, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines.

Plus récemment, ils ont été définis comme des produits naturels pouvant précipiter les protéines à partir de leur solution aqueuse (16).

VI.5.3.1-Les tanins hydrolysables

Le terme de polyester d'acide gallique et ellagique tend à être utilisé. Dans la feuille de thé vert, sont essentiellement présents le 1,4,6-trigalloyl glucose et le 1-galloyl-hexahydroxy-4,6-diphénoylglucose (16).

VI.5.3.2-Les tanins condensés

Ils sont également appelés tanins catéchiques ou proanthocyanidols. Ce sont des composés de nature flavanique existant à l'état naturel soit sous forme de monomères flavaniques soit sous forme plus ou moins condensées (de 2 à 10 unités flavaniques). Ce sont eux les composés majoritaires du thé vert et ils sont à l'origine de la plupart des activités du thé vert. Ils sont surtout abondants dans les bourgeons et les jeunes pousses. Ils représentent 10 à 20% en fonction du cultivar et de l'âge de la feuille (16).

La structure de base est de type phényl-2-chromane ou flavane.

Dans le thé vert, les constituants principaux sont des monomères de type catéchines (flavane-3-ol : phényl-2-chromane substituée en 3 par une fonction alcool). Ce sont des composés incolores et hydrosolubles contribuant à l'amertume et au caractère astringent du thé vert.

On trouve dans le thé vert des monomères catéchiques tels que la (+) catéchine et la (-) épicatéchine (EC) (0,2 à 2% de la matière sèche) (figures 8 et 9).

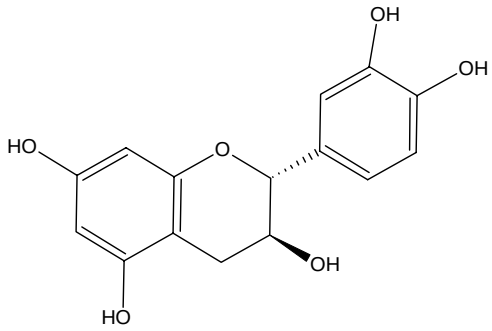

Figure 8 : Structure de la (+) catéchine

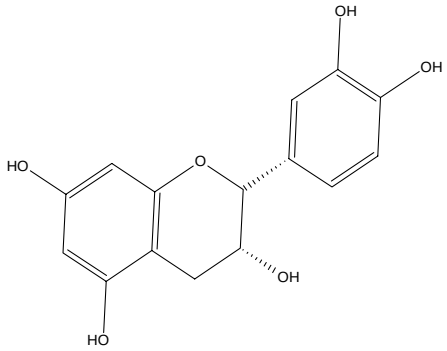

Figure 9 : Structure de la (-) épicatéchine

Ces deux constituants appartiennent à la catégorie des tanins même si leur masse molaire est égale à 300. Ils diffèrent entre eux par la configuration de l'hydroxyle alcoolique en 3. Ils sont précurseurs de procyanidols.

On trouve également de la (+) gallocatéchine, et de la (-) épigallocatéchine (EGC). Elles diffèrent des structures précédentes par la présence d'un hydroxyle phénolique supplémentaire et diffèrent entre elles par la configuration de l'hydroxyle alcoolique en 3. Les monomères catéchiques sont précurseurs de prodelphinidols.

On rencontre aussi des monomères catéchiques estérifiés. En effet, l'épicatéchine et l'épigallocatéchine citées précédemment peuvent être estérifiées par l'acide gallique au niveau de l'hydroxyle phénolique en 3. On obtient alors la (-) épicatéchine-3-O-gallate (ECG) (1 à 5% de la matière sèche) et la (-) épigallocatéchine-3-O-gallate (EGCG) (5 à 12% de la matière sèche).

Elles peuvent également être estérifiées deux fois par l'acide gallique sur les hydroxyles en 3 et en 5. On obtient alors la (-) épicatéchine-3,5-O-digallate et la (-) épigallocatéchine-3,5-O-digallate.

Des dimères et des trimères ont été caractérisés ; ils sont issus de la condensation de deux ou trois unités d'épicatéchine ou de catéchine. Ce sont le procyanidol B-2, le procyanidol B-4, le procyanidol C-1, les 3-O-gallates de prodelphinidols, les 3,3'-O-digallates de prodelphinidols, les gallates biflavaniques à liaison 6'→2'' et 6'→6''' appelées théasinensines, et les dimères de type chalcane-flavane dans certaines variétés, appelées assamicaïnes (16, 81).

VI.6-Les composés volatils

Par une méthode appropriée de type chromatographie en phase gazeuse d'un extrait d'arôme de thé vert, 75 composants aromatiques ont été identifiés.

Les composés quantitativement prédominants d'un extrait aromatique de thé vert japonais sont le géraniol (17,9%), le linalol (9,5%), l'oxyde de trans-linalol (9,1%), le nérolidol (8,8%), la cis-jasmone (7,5%) et la 2,6,6-triméthyl-2-hydroxycyclohexan-1-one (7%) (40).

VI.7-Les bases xanthiques

Les alcaloïdes sont définis comme des substances azotées, basiques, d'origine naturelle, de structure complexe. Ils sont formés biosynthétiquement à partir d'un acide aminé. C'est ce qu'on appelle des alcaloïdes vrais.

On trouve dans le thé vert des bases puriques, en particulier caféine, théophylline et théobromine. Il est difficile de les classer. Ce sont des composés à noyau purine, hétérocycle résultant de l'annellation d'un noyau pyrimidine à un noyau imidazole. Leur biosynthèse n'impliquant pas d'acide aminé, leur caractère amphotère et leur solubilité particulière font qu'ils n'appartiennent pas normalement à la catégorie des alcaloïdes. Cependant, selon les auteurs, caféine (figure 10), théobromine (figure 11) et théophylline (figure 12) sont classées soit comme alcaloïdes ou alcaloïdes puriques, soit comme bases puriques ou purines (16).

Ces composés dérivent de la xanthine.

La caféine, tout d'abord, représente 2 à 4% de la matière sèche. Elle est synthétisée dans les feuilles jeunes. La teneur en caféine, maximale dans les bourgeons et les jeunes feuilles, s'abaisse considérablement dans les feuilles adultes ou âgées et dans la tige. Longtemps appelée théine, elle est liée aux polyphénols, son action est donc moins brutale que dans le café.

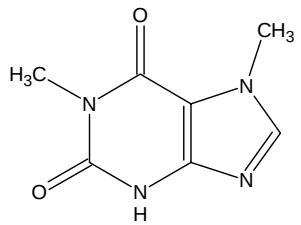

Figure 10 : Structure de la caféine

Le thé est une plante très riche en caféine, les teneurs en théophylline et en théobromine sont très faibles. La théophylline a été décrite comme étant un constituant du thé ; cependant, elle n'a pas été détectée dans le thé de boisson par les méthodes analytiques actuelles. La teneur en caféine dans le thé de boisson est déterminée par les conditions d'infusion : durée, température, taille des feuilles et quantité de thé (36).

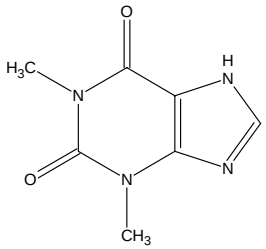

Figure 11 : Structure de la théophylline

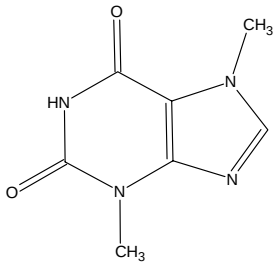

Figure 12 : Structure de la théobromine

VI.8-Les vitamines

On retrouve les vitamines du groupe B telles que B1 (thiamine) et B2 (riboflavine) et la vitamine C (acide ascorbique). La vitamine C est assez abondante dans les feuilles fraîches. Biosynthétiquement, l'acide ascorbique dérive chez les végétaux directement du D-glucose. La molécule a un caractère acide et réducteur, lié à sa structure d'ène-diol. La fixation de la vitamine C est favorisée par les polyphénols (16, 90).

VI.9-Les caroténoïdes

Violaxanthine, carotène, lutéine sont présents en faibles quantités et n'ont que peu de chance d'être libérés dans l'infusion en raison de leur caractère hydrophobe (4).

VI.10-Comparaison thé vert / thé noir en fonction des compositions

Pour obtenir le thé vert, on effectue une stabilisation qui détruit les enzymes. Par contre, dans le thé noir, les enzymes agissent lors de la fermentation. Pendant cette fermentation, les catéchines incolores du thé vert sont transformées en différents produits, de couleur allant de l'orange-jaune au rouge-brun, par une série de réactions de condensation oxydative conduisant à la formation d'un grand nombre de composés organoleptiques volatils. Ces modifications se traduisent par une couleur rouge-ambré, une réduction de l'astringence et l'arôme plus complexe du thé noir de boisson. Les polyphénols sont oxydés, des benzotropolones sont formées (théaflavine et ses esters 3-O- ou 3,3'-O-digalliques), mais aussi théaflagalline et épithéaflagalline. Les produits les plus abondants sont des produits d'oxydation et de polymérisation des théaflavines, les théarubigines et leurs dérivés. Dans le thé noir, on retrouve des traces d'huile essentielle se formant au cours de la fermentation (4, 16).

La différence entre le thé vert et le thé noir réside dans le type et la nature des polyphénols. Les polyphénols du thé vert sont essentiellement des catéchines alors que les thés noirs contiennent surtout des théaflavines et des théarubigines qui sont des catéchines polymérisées. En ce qui concerne les autres composants, leur composition est proche. L'acide ascorbique diminue ou disparaît lors de la fermentation (40).

V-UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DU THE

On commence à découvrir les propriétés antioxydantes et protectrices du thé mais il n'existe pas encore à proprement parler d'utilisations thérapeutiques concrètes du thé.

Compte tenu des actions préventives du thé vis-à-vis de nombreuses pathologies, ce n'est sans doute qu'une question de temps.

V.1-Effet psychotonique du thé

Cet effet est lié à la présence de caféine, dont la teneur est proche de 50 mg par tasse de thé. Nous développerons plus loin le mécanisme de l'action psychostimulante de la caféine.

Cependant, on peut considérer que le thé, consommé à des doses normales, est un bon stimulant qui présente peu d'effets secondaires. En revanche, il est déconseillé d'en abuser car l'absorption trop fréquente et en trop grande quantité entraîne quelquefois ce que l'on appelle le "théisme". On constate ce phénomène parmi les populations d'Afrique du Nord qui le consomment sous forme de décoction : les alcaloïdes sont alors extraits en totalité. Les symptômes observés sont des tremblements, des contractures musculaires, des délires, des vertiges, une agitation, des insomnies, des troubles caractériels et psychiques. L'intoxication est telle que ces individus sont obligés de consommer fréquemment cette boisson pour "rester en forme" : on parle alors d'intoxication chronique. Ce type d'intoxication a été bien étudié chez la population touarègue (56).

V.2-Le thé vert et le cancer

Il a été montré que le thé avait une action préventive contre le cancer de la cavité buccale, de l'œsophage, de l'estomac, du colon, des poumons et de la peau, en particulier chez la souris et le rat.

Le thé vert aurait un intérêt dans la lutte contre le cancer par ses effets anti-oxydants mais de nombreuses autres propriétés interviennent. Tout ceci aboutit à des modifications du métabolisme des carcinogènes et à une diminution de la duplication cellulaire (110).

Le thé vert agirait sur les différentes phases de la carcinogénèse :

-au niveau de la phase d'initiation : il diminue la formation d'agents carcinogènes, il diminue leur activation, il augmente leur détoxification et il diminue leur liaison à l'ADN ;

-au niveau de la phase de promotion : il diminue la liaison des promoteurs à leurs récepteurs, il protège la communication intercellulaire et il diminue la lipoperoxydation ;

-au niveau de la phase de développement : il diminue la conversion maligne, il diminue la croissance tumorale et il diminue les métastases (32).

C'est le gallate d'épigallocatéchine (EGCG) qui serait le principal responsable de l'action anti-cancéreuse. Il existe de nombreuses hypothèses quant à ses mécanismes d'action.

Cette molécule est capable d'inhiber l'angiogénèse ou une formation de nouveaux vaisseaux à partir de vaisseaux préexistants et qui se produit lors de l'expansion des tumeurs solides. Toute angiogénèse nécessite la prolifération de cellules endothéliales. Il a été démontré *in vitro* et *in vivo* que l'EGCG bloquait la croissance des cellules endothéliales de manière dose-dépendante.

L'EGCG induit l'apoptose, c'est-à-dire la mort cellulaire programmée. Les mécanismes mis en jeu ne sont pas encore complètement élucidés mais il semblerait que l'EGCG déclencherait la formation de peroxyde d'hydrogène et qu'il en résulterait ensuite une fragmentation de l'ADN. Cependant, aucune cible moléculaire caractéristique n'a été détectée.

L'EGCG inhibe la signalisation mitogénique : il affecte de nombreuses phosphorylations dont celle de la protéine responsable du passage des cellules de la phase quiescente vers la phase de division (1, 58).

Les qualités d'un agent chimiopréventif idéal sont l'efficacité, la possibilité de l'administration par voie orale, un coût faible, une absence de toxicité, une bonne tolérance et un mécanisme d'action connu. Le thé vert rassemble la majorité de ces critères, ce qui en fait un candidat sérieux dans la chimioprévention des cancers (1, 62).

V.3-Le thé et les maladies cardio-vasculaires

A l'heure actuelle, la pathologie cardio-vasculaire est un problème majeur de santé publique. On évalue à 75% le nombre de décès dus aux maladies cardio-vasculaires chez les plus de 70 ans.

La physiopathologie de ces maladies, leurs causes et leurs traitements sont désormais bien connus. Le mode de vie des sociétés occidentales est largement incriminé dans la survenue de ces maladies : stress, tabagisme, alimentation riche en graisses, sédentarité…

Compte tenu de l'impact épidémiologique et économique de ce problème, diverses études ont été menées. Des études épidémiologiques ont invoqué une action protectrice du thé vis-à-vis de problèmes cardio-vasculaires. Devant l'intérêt de cette découverte, les scientifiques ont cherché à connaître quels étaient les mécanismes impliqués.

V.3.1-Données épidémiologiques

Les résultats d'une étude, appelée Zutphen (en référence à la ville des Pays-Bas où cette étude se déroulait), ont été publiés en 1993. Cette étude a été réalisée de 1985 à 1990 sur 805 hommes de 65 à 84 ans. Elle a permis de mettre en évidence les facteurs de risque de pathologies chroniques grâce à un suivi diététique précis. Le but de cette étude était de connaître les habitudes alimentaires de cette population, leur façon de cuisiner et d'évaluer la qualité et la quantité de ce qui était consommé et notamment leur consommation de flavonoïdes.

Les résultats suggèrent que la mortalité (quelle qu'en soit la cause) diminue quand la consommation de flavonoïdes augmente.

Depuis, d'autres études ont été réalisées et malgré des différences de résultats, on observe une relation inverse entre la consommation de thé et l'incidence des maladies cardiovasculaires (52, 53).

V.3.2-Mécanismes d'actions

V.3.2.1-Action sur le profil lipidique

Des études sur les animaux de laboratoire montrent que le gallate d'épicatéchine et le gallate d'épigallocatéchine diminueraient le taux de cholestérol total sans pour autant modifier de façon significative le taux de HDL-cholestérol, ni le taux de triglycérides. Ces résultats obtenus chez l'animal ont également été observés chez l'homme.

Le mécanisme d'action supposé comporte plusieurs volets :

-les catéchines inhiberaient en partie l'absorption intestinale du cholestérol en diminuant sa solubilité dans les micelles de sels biliaires ;

-il y aurait initialement une diminution du cholestérol hépatique qui entraînerait secondairement une diminution de sa concentration plasmatique : en effet, le foie réagit à la baisse de son cholestérol intracellulaire en multipliant les récepteurs aux LDL pour capter le LDL-cholestérol plasmatique et ainsi reconstituer ses stocks. Il en résulte donc une diminution du cholestérol plasmatique ;

-il y a une augmentation de la conversion du cholestérol en acides biliaires, ce qui a pour conséquences d'augmenter son excrétion.

Aucune étude n'a montré d'action inhibitrice vis-à-vis de l'HMG-Co A réductase, enzyme responsable de la synthèse du cholestérol (46, 57, 113).

V.3.2.2-Action sur la pression artérielle

Les catéchines du thé sont capables d'inhiber l'enzyme de conversion empêchant ainsi la production d'angiotensine II qui est un puissant vasoconstricteur (83).

V.3.2.3-Modifications physiopathologiques de l'athérosclérose

L'effet protecteur du thé vis-à-vis les maladies cardio-vasculaires serait lié à une augmentation du pouvoir antioxydant du plasma. En effet, les catéchines inhiberaient la lipoperoxydation. Celle-ci diminue la fluidité et la perméabilité membranaire et est impliquée dans la genèse de l'athérome. Les catéchines possédant un groupement gallate sont les plus actives (on suppose que la présence de groupements hydroxyles joue un rôle important) (53, 101).

Les polyphénols sont connus pour exercer une action angioprotectrice par inhibition du métabolisme de l'acide arachidonique, ce qui diminue le taux de thromboxane

A2, responsable du phénomène inflammatoire au niveau des cellules endothéliales des vaisseaux. De plus, les flavonoïdes diminuent la perméabilité vasculaire. Cette action, associée aux propriétés vitaminiques P des proanthocyanidols du thé, contribue à diminuer le risque cardio-vasculaire.

Des études épidémiologiques ont enfin montré une relation inverse entre la consommation de flavonoïdes et l'activation plaquettaire. De plus, le métabolisme de l'acide arachidonique, diminué par la consommation de thé, a pour finalité la production de prostaglandines proagrégantes.

V.4-Effet diurétique du thé

Les bases xanthiques du thé augmentent la diurèse par différents mécanismes d'action :

-elles augmentent le nombre d'ions sodium et d'ions chlore dans l'urine en inhibant leur réabsorption rénale ;

-elles ont une action non spécifique de la relaxation des fibres musculaires et des vaisseaux sanguins. Au niveau rénal, elles relaxent directement les vaisseaux rénaux et stimulent le centre nerveux, ce qui provoque une augmentation du débit sanguin dans le rein et donc favorise la filtration glomérulaire.

D'autre part, les génines de flavonols telles que la quercétine auraient une action synergique en renforçant la diurèse (16, 56, 83).

V.5-Le thé à l'officine

Le thé est vendu en vrac ou en sachets à l'officine. Certains distributeurs proposent différentes variétés de thés associés à une vertu thérapeutique particulière. Ainsi, le thé du Yunnan aurait des propriétés anticholestérol, le thé de Formose serait anti-oxydant et le thé de Sou Tsian aurait des propriétés draînantes (16).

On retrouve également des bases xanthiques issues du thé dans de nombreuses spécialités. En effet, si la plupart du temps, la caféine et la théophylline sont obtenues par synthèse, ce n'est pas le cas dans les pays asiatiques où elles sont encore extraites des feuilles de thé. Nous développerons plus loin les utilisations pharmaceutiques de la caféine.

La théophylline, quant à elle, est utilisée sous forme de base anhydre, en comprimés ou en gélules de microgranules à libération prolongée (tableau V). Elle est indiquée dans l'asthme et les formes spasmiques des bronchopneumopathies chroniques obstructives. Son action bronchodilatatrice passe par une relaxation du muscle lisse bronchique, en s'opposant aux effets des divers médiateurs bronchoconstricteurs. Cette action bronchodilatatrice est due à une accumulation d'AMPc, par inhibition de la phosphodiestérase. On note également une stimulation respiratoire, par augmentation de la sensibilité des centres bulbaires au dioxyde de carbone.

Spécialité	Dosage de théophylline	Utilisations thérapeutiques
DILATRANE®	50, 100, 200 ou 300mg par gélule sirop à 1% 350mg par suppositoire	Traitement de l'asthme et des bronchopneumopathies obstructives
EUPHYLLINE® LP	50, 100, 200, 300 ou 400mg par gélule	
TEDRALAN® LP	200mg par gélule	
THEOSTAT® LP	100, 200 ou 300mg par comprimé	
XANTHIUM®	200, 300 ou 400mg par gélule	
PNEUMOGEINE® 1%	sirop à 1%	

Tableau V : Spécialités contenant de la théophylline (104)

La théophylline est un principe actif à marge thérapeutique étroite, c'est-à-dire que la dose thérapeutique est proche de la dose toxique. Elle est contre-indiquée en-dessous de 30 mois et est à utiliser avec prudence chez l'enfant (104).

VI-UTILISATIONS DIETETIQUES ET COSMETIQUES DU THE

En usage local, les préparations à base de feuilles de thé peuvent revendiquer deux indications : adjuvant des régimes amaigrissants et traitement d'appoint adoucissant et

antiprurigineux des affections dermatologiques, comme trophique protecteur dans le traitement des crevasses, écorchures, gerçures et contre les piqûres d'insectes.

VI.1-Les adjuvants des régimes amaigrissants à base de thé

Le thé est avant tout une boisson alimentaire. On considère qu'une tasse de thé apporte seulement 2 calories. On a par ailleurs déjà exposé les effets diurétiques du thé, liés à la présence de bases xanthiques. De plus, le fait de consommer le thé sous forme d'infusion permet un apport d'eau qui favorise le processus d'élimination. La caféine contenue dans le thé permet également de pallier l'état de fatigue passager qui peut accompagner les régimes amincissants.

Il existe des compléments alimentaires, sous forme de gélules ou de solutions, à base de thé vert (tableau VI). En effet, le thé noir n'a pas montré de réelle action sur la perte de poids. En revanche, une étude a été réalisée sur 60 femmes présentant une obésité réelle et prenant des gélules de thé vert titrées à 250 mg par gélule. Les résultats de cette étude annoncent une perte de poids moyenne de 2,9 kg en un mois, une diminution du périmètre abdominal de 2 cm pendant la même période et une bonne tolérance du produit.

Ces résultats sont dus à l'action diurétique du thé, à l'amélioration du profil lipidique qu'il entraîne, à une inhibition de l'absorption des graisses et à l'activité lipolytique du thé. En effet, le thé a un effet inhibiteur sur les lipases gastro-intestinales, ce qui permet de diminuer l'hydrolyse des triglycérides alimentaires en acides gras et monoglycérides assimilables.

Le thé vert favorise le déstockage des graisses et leur élimination. Il est associé à d'autres plantes qui complètent son action. L'orange, par l'exemple, favorise l'augmentation de la thermogénèse de même que le guarana (riche en caféine). Le pamplemousse, la reine des prés, la pensée sauvage, le persil, le pissenlit et les queues de cerise drainent l'eau et les toxines. L'artichaut facilite la digestion et stimule le transit intestinal.

Spécialités	Laboratoire	Composition
Arkogélules Camiline	Arkopharma	Gélules à 390 mg de poudre de thé vert (bouton et deux premières feuilles du rameau)
Elusanes thé vert	Plantes et Médecines	Gélules à 200 mg d'extrait aqueux de feuilles de thé vert nébulisé
Mincifit	Arkopharma	Sachets de solution buvable contenant de l'extrait hydroalcoolique fluide de feuille de thé vert
Phytofluide synergie minceur	Arkomédica	Extrait aqueux de boutons et premières feuilles de thé vert (750 mg) associé à des extraits aqueux de fucus et orthosiphon et du jus concentré d'ananas
X-elle-S	Oméga-Pharma	Comprimés associant du thé vert, de l'artichaut, de l'orange, du pamplemousse et du persil
4.3.2.1 minceur	Arkopharma	Extraits aqueux de thé vert, de thé de Yunnan, de guarana, d'orange, de reine des prés, de pissenlit, de queues de cerise, de pensée sauvage, d'artichaut et de kola.

Tableau VI : Spécialités contenant du thé vert disponibles à l'officine (104)

L'activité lipolytique du thé est liée à la présence de caféine et des autres bases xanthiques, ainsi qu'à la présence des polyphénols. Ceux-ci inhibent la mono-amine oxydase qui dégrade les catécholamines et réduisent la recapture des catécholamines. Ces deux actions combinées augmentent le taux de catécholamines. Ces dernières induisent la thermogénèse à laquelle est liée l'activité lipolytique. D'autre part, les polyphénols augmentent également la concentration en catécholamines en diminuant leur dégradation et en augmentant leur biosynthèse. Ce sont surtout les catéchines qui sont responsables de cette action puisqu'elles inhibent la C.O.M.T., enzyme qui dégrade la noradrénaline qui est une catécholamine. Nous développerons plus loin l'action spécifique de la caféine sur la triglycéride-lipase adipocytaire (33, 46, 90).

Certaines propriétés du thé vert sont utilisées dans des produits cosmétiques qui ont également des propriétés amincissantes (tableau VII). Ce sont essentiellement des produits anti-cellulite dont l'action est similaire à celle des produits contenant de la caféine. En effet, c'est la caféine, mais également la théophylline, qui confèrent à ces produits leurs vertus anti-cellulite. A l'activité lipolytique des bases xanthiques est associée une activité drainante des bases xanthiques et des génines de flavonols comme la quercétine. Le thé est associé à d'autres plantes dans ces produits sur le même principe que pour les adjuvants de régime. Le thé peut alors être associé au guarana qui déstocke les graisses, à des actifs favorisant la micro-circulation (escine), à la tige d'ananas qui diminue la formation des capitons ou à d'autres actifs drainants et restructurants du tissu hypodermique (prêle,

alchémille…). L'action de ces associations de plantes est renforcée par le massage qui permet une meilleure pénétration des actifs et qui a un effet tonifiant et lissant de la peau.

Produit		Laboratoire	Composition	Actions
Huile de massage désinfiltrante		Nuxe	1-extrait de thé vert 2-extrait huileux de guarana 3-extrait huileux de *Kigelia africana*	1-libération des graisses stockées 2-libération des graisses stockées 3-désinfiltre et décongestionne les tissus
Phytophyline	solution	Liérac	1-extrait de thé vert 2-alchemille, lierre, prêle, ulmaire 3-escine	1-libération des graisses stockées 2-restructuration du tissu fibreux hypodermique 3-activation de la micro-circulation
	gel		1-extrait de thé vert (théophylline) 2-lierre, silicium 3-escine 4-extrait de tige d'ananas	1-libération des graisses stockées 2-restructuration du tissu hypodermique 3-activation de la micro-circulation 4-réduction des capitons
	émulsion-gel		1-extrait de thé vert 2-lierre, hyalorunate de sodium	1-libération des graisses stockées 2-restructuration du tissu hypodermique

Tableau VII : Produits cosmétiques contenant du thé vert disponibles à l'officine

VI.2-Autres produits cosmétiques contenant du thé vert

VI.2.1-Les soins des yeux

On rencontre le thé vert dans de nombreux autres produits cosmétiques où il est utilisé en tant que décongestionnant et tonifiant. Ainsi, il entre dans la composition de soins pour les yeux : des démaquillants ou des soins contours des yeux (tableau VIII). En effet, les

poches sous les yeux sont dues à un amas de graisse et à un relâchement de la peau des paupières qui peut être lié à l'âge, au stress, à la fatigue ou même à l'hérédité. Quant au gonflement, il provient d'une mauvaise circulation lymphatique, et cela notamment la nuit puisque les paupières restent immobiles. A ce stade, les déchets tels que l'eau, le sel et l'alcool s'accumulent, les tissus se distendent et on observe alors le gonflement. On utilisera les mêmes produits pour pallier aux poches et au gonflement. On choisira des produits activant le système lymphatique et tonifiant les paupières.

Le thé vert est alors utilisé pour ses propriétés anti-oxydantes : il agit sur le vieillissement cutané responsable du relâchement de la peau des paupières ; il a une action draînante qui permet d'éliminer l'eau accumulée ; la caféine qu'il contient permet de diminuer les amas graisseux ; enfin, les propriétés vitaminiques P des proanthocyanidols favorisent la micro-circulation et diminuent la formation d'oedèmes.

Produits	**Laboratoire**	**Composition**
Lait démaquillant visage et yeux	Carita	Complexe nutritif de soja, thé vert
Eau démaquillante	Nuxe	Complexe d'eaux florales (rose, bleuet, tilleul), thé vert
Contour des yeux prodigieux	Nuxe	Complexe d'huiles végétales, extraits de thé vert, de camomille, eau de bleuet, vitamines A et E
Soins Ophtalmics Eye Care	Contapharm	Extrait de thé vert, de camomille et de langherine.

Tableau VIII : Exemples de produits pour le soin des yeux contenant du thé vert

VI.2.2-Les soins du visage

Le thé vert joue ici toujours le rôle d'un anti-oxydant, d'un actif apaisant et également d'un tonifiant. Il entre dans la composition de crèmes hydratantes, de soins apaisants (tableau IX). L'effet tonifiant est lié à la présence de vitamines contenues dans les extraits de thé vert et aux proanthocyanidols qui, par leurs propriétés vitaminiques P, stimulent la micro-circulation. Le thé vert possède également des propriétés apaisantes liées aux flavonoïdes.

Produits	Laboratoire	Composition
Mousse de beauté nettoyante	Carita	Micro-grains d'huile de jojoba, complexe nutritif de soja, thé vert, agents neutralisants le calcaire
Eau prodigieuse	Nuxe	Extrait d'Imperata cylindrica, miel, vitamine B5, extrait d'hibiscus, complexe de ginseng, thé vert et génevrier, hyaluronate de sodium
Crème fraîche	Nuxe	Eaux de fleurs d'hamamélis, rose et camomille, laits végétaux (lupin, pois, thé vert, acacia, amande, coco, avoine et soja), huile de noisette
Eau Aroma-lactée	Nuxe	Laits végétaux (lupin, pois, thé vert, acacia, amande, coco, avoine et soja), extraits de levures, miel, lécithine de soja, extrait de chicorée
Crème de Choc	Payot	Cacao, cocktail de vitamines, extrait de thé vert, gelée royale

Tableau IX : Exemples de soins du visage contenant des extraits de thé vert

VI.2.3-Produits parfumés au thé vert

On retrouve le thé vert dans un certain nombre d'eaux parfumées et de produits de toilette (tableau X). Il ne confère aucune propriété à ces eaux ou à ces produits de toilette si ce n'est une note rafraîchissante. De plus, le thé bénéficie d'une image associée au bien-être et à la sérénité.

Laboratoires	Produits
Roger et Gallet	Eau de thé vert, gel douche et savon au thé vert
Elisabeth Arden	Eau parfumée et lotion rafraîchissante Green Tea, sachets de bain moussant Tub Tea
Yves Rocher	Gel douche et déodorant Thé Vert
L'Occitane	Les Jardins de l'Occitane au thé vert : eau de toilette, lait parfumé, gel douche, bain moussant

Tableau X : Exemples de produits parfumés au thé vert

LE CAFE

I-DESCRIPTION BOTANIQUE

La systématique du genre *Coffea* apparaît très complexe avec l'apparition de nombreux hybrides naturels, mutants, cultivars et à cause de la perte des espèces sylvestres dont les gîtes ont été détruits en Afrique. La recherche de ces espèces sylvestres présente aujourd'hui un caractère important, étant donné leur intérêt scientifique (105).

I.1-*Coffea arabica* Linné (Rubiaceae)

C'est l'espèce de caféier la plus anciennement connue et la plus répandue dans le monde. Elle regroupe les caractères communs du genre.

C'est un arbuste ramifié pouvant atteindre 7 à 10 mètres de haut, à feuillage persistant, possédant un système racinaire développé (figure 13).

Figure 13 : Caféier

Les rameaux sont opposés, longs, assez grêles, au port semi-érigé dans le jeune âge, étalé ou retombant à l'âge adulte.

Les feuilles sont opposées, simples, ovales, brièvement pétiolées, à bord ondulé, à surface luisante et légèrement gaufrée. Les feuilles mesurent 10 à 15 cm de long sur 4 à 6 cm de large.

Les fleurs sont blanches, à parfum jasminé (figure 14). Elles sont groupées à l'aisselle des feuilles, en cymes de 2 à 3 verticilles de 8 à 15 fleurs chacun. Chaque fleur est attachée par un court pédicelle. Le calice est constitué de 5 bractées de taille réduite et il surmonte l'ovaire. La corolle a la forme d'un long tube qui s'épanouit en 5 lobes étroits. Les étamines possèdent des anthères linéaires. L'ovaire infère est surmonté d'un disque nectarifère et d'un long style portant deux branches stigmatiques dominant la corolle. L'ovaire est divisé en 2 loges uniovulées. La vie de ces fleurs est de courte durée : elles ne s'épanouissent que l'espace d'une seule matinée et, selon les espèces, il peut s'écouler 6 à 14 mois entre la floraison et la maturation du fruit, suivant le climat, la latitude et l'altitude.

Figure 14 : Fleurs de caféier

Le fruit est une drupe ovoïde appelée "cerise" (figure 15). Elle est d'abord jaune, verte puis rouge à maturité. Elle mesure 16 à 18 mm de long sur 10 à 15 mm de large.

Figure 15 : Fruits du caféier

Chaque drupe est constituée d'une enveloppe rouge (exocarpe ou épicarpe), d'une pulpe charnue blanc-jaunâtre (mésocarpe) et de deux graines accolées par leur face plane (figure 16).

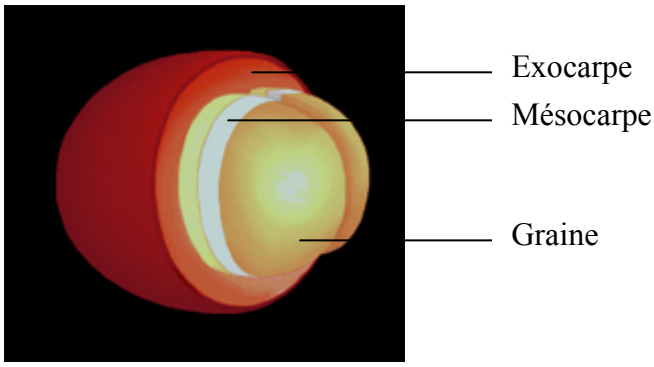

Figure 16 : Coupe d'une drupe

Lorsqu'un des deux ovules avorte, l'autre occupe alors toute la place disponible et prend une forme ovoïde. Ces graines sont appelées commercialement "caracolis". Chaque graine est entourée de deux enveloppes : l'endocarpe ou "parche", à l'extérieur, mince, sclérifié (on appelle "café parche" l'ensemble formé par la graine et l'endocarpe) et le tégument séminal, dit tégument argentin, à l'intérieur, fine pellicule soyeuse, plus ou moins adhérente.

La graine (figure 17), ou fève en langage commercial, est de couleur gris-jaunâtre à gris-ardoise ou gris-verdâtre, selon les variétés, le mode de préparation, le milieu et le temps de conservation. Elle est constituée d'un albumen corné à surface lisse, dont la face plane est creusée selon son grand axe par un sillon plus ou moins rectiligne. L'embryon est court et inclus dans l'albumen, à la base du grain, et le digérera pendant la germination. Il comprend une radicelle conique et deux cotylédons cordiformes.

Figure 17 : Graine du caféier

Les dimensions et les formes des graines diffèrent avec les variétés. Elles font en moyenne 10 mm de longueur, 6 à 7 mm de largeur et 3 à 4 mm d'épaisseur. Leur poids oscille entre 0,15 et 0,20 gramme.

La graine est de consistance dure, d'odeur faible et particulière, à saveur âcre puis amère.

Le caféier porte des fruits dès l'âge de 3 ans, mais ne devient productif qu'au bout de 5 ans (23, 105).

I.2-*Coffea canephora robusta* Linné (Rubiaceae)

Découverte dans le nord du Gabon, cette espèce existe dans toute la zone équatoriale de l'ouest africain et en Indochine.

C'est un arbuste à feuillage persistant, de 8 à 12 mètres de hauteur, cultivé en zone basse et très humide.

Les feuilles sont plus grandes que celles de *Coffea arabica.* Elles mesurent 20 à 35 cm de long pour 8 à 15 cm de large. Elles sont oblongues, acuminées, à relief gaufré.

Les inflorescences axillaires, formées de 1 à 3 verticilles constitués chacun par 15 à 30 fleurs blanches, odorantes. Chaque verticille compte une centaine de fleurs qui donnent des glomérules de fruits très fournis.

La corolle est composée de 5 à 7 pétales.

Les fruits, de forme subglobuleuse ou ovoïde, font 8 à 16 mm de long. L'exocarpe est rouge à maturité.

D'une croissance plus vigoureuse et d'une productivité plus grande en ce qui concerne la teneur en caféine par rapport à *Coffea arabica*, *Coffea canephora robusta* est une espèce plus robuste et plus résistante aux maladies (78).

II-RECOLTE ET PREPARATION INDUSTRIELLE DES GRAINS DE CAFE

Lorsque les baies ont une couleur pourpre, c'est-à-dire 6 à 9 mois après la floraison pour *Coffea arabica* et 9 à 11 mois pour *Coffea canephora robusta*, elles sont récoltées puis traitées industriellement.

II.1-Récolte

La récolte peut être effectuée selon deux techniques : manuelle ou mécanique.

II.1.1-Récolte manuelle

Seules les baies en pleine maturité sont cueillies une par une, ce qui garantit une homogénéité et une qualité élevées. Cette technique est surtout pratiquée en Colombie et dans les pays d'Amérique Centrale (28).

II.1.2-Récolte mécanique

Les baies sont cueillies, quel que soit leur degré de maturité, grâce à des vibreuses qui secouent les arbustes et font tomber les baies. Cette méthode est utilisée au Brésil et généralement en Afrique (28).

II.2-Préparation industrielle

Les baies récoltées sont traitées industriellement pour séparer les graines de leur enveloppe. Ces traitements ont lieu sur les lieux mêmes de la production selon deux techniques : voie humide et voie sèche.

II.2.1-Préparation par voie humide

Cette méthode produit des cafés que l'on dénomme parfois les "cafés lavés". Elle concerne toutes les baies : celles récoltées manuellement et celles récoltées mécaniquement.

Les baies, après un triage de contrôle pour éliminer celles qui ne sont pas mûres et les débris de végétaux, subissent un dépulpage par des cylindres hérissés d'aspérités. Les baies sont ensuite soumises à une fermentation contrôlée afin d'éviter les fermentations secondaires. Le mucilage se sépare alors de l'endocarpe et est éliminé par lavage.

Les grains sont ensuite séchés et traités dans des cylindres cannelés à rotation rapide qui éliminent l'endocarpe et la pellicule argentée.

Le grain vert est prêt pour le triage, le calibrage et le stockage en sacs de jute de 60 à 70 kg (figure 18) (19, 91, 95).

Figure 18 : Stockage en sacs de jute des grains de café

II.2.2-Préparation par voie sèche

La voie sèche traite les baies récoltées mécaniquement et dont le degré de maturité est variable. Elles sont parfois dénommées les "cafés natures".

Les baies, débarrassées des débris végétaux par tamisage ou par flottaison, sont lavées en prenant les précautions nécessaires pour éviter leur contamination par les moisissures.

Elles sont ensuite séchées naturellement ou artificiellement, puis décortiquées dans des “cylindres décortiqueurs” qui enlèvent la coque et le périsperme.

Les grains libérés subissent le calibrage, puis sont stockés de la même manière que précédemment.

La méthode sèche est moins onéreuse que la méthode humide.

L’entreposage ne peut avoir lieu que peu de temps dans les silos et l’expédition se fait par bateaux en prenant soin de placer les sacs de grains à distance de points odoriférants. La température doit être inférieure à 21°C et l’humidité faible. En magasin ou à domicile, la qualité du café peut être conservée un an si le stockage a lieu lui aussi loin des produits odoriférants, à 21°C et à une humidité relative de 40 à 60% (19, 38, 91, 95).

III-TRAITEMENT INDUSTRIEL DES GRAINS DE CAFE VERTS

Les grains de café verts peuvent être traités industriellement par quatre procédés qui ne s’excluent pas les uns des autres : torréfaction, mouture, extraction par percolation suivie d’une déshydratation pour produire le café soluble, décaféination (figure 19).

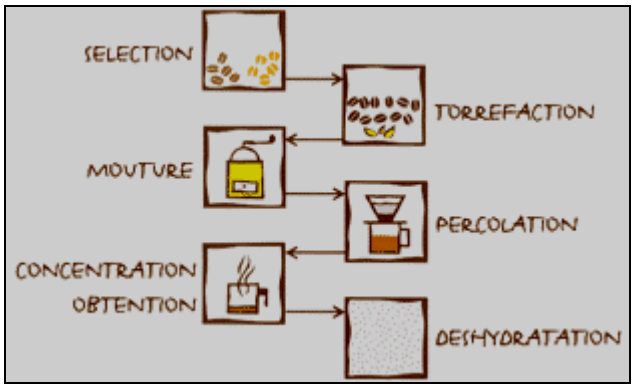

Figure 19 : Les différentes étapes du traitement industriel

III.1-Torréfaction

Ce procédé traite le café à une température élevée, en atmosphère sèche, pour développer ses qualités aromatiques. C’est grâce à ce procédé que le café acquiert l’essentiel

de ses propriétés organoleptiques. Il a d'ailleurs servi dans les périodes de disette à préparer des "faux cafés" ou succédanés de café.

En Europe, c'est la chicorée à grosse racine qui constitue le succédané le plus habituel du café depuis qu'en 1770, deux chimistes allemands eurent l'idée d'en torréfier la racine pour concurrencer le café.

La technique de la torréfaction consiste tout d'abord à accroître progressivement la température dans les torréfacteurs par conduction (chauffage direct par la flamme) ou par convection (utilisation d'un gaz préchauffé en flux laminaire ou turbulent).

A 100°C, les grains de café jaunissent et perdent de la vapeur d'eau ; à 200°C, la pyrogénisation dégage une fumée bleue, le café devient brun-marron ; à 230°C, le point critique est atteint ; le café est refroidi rapidement par brassage de l'air afin que les produits aromatiques se condensent sur les grains.

Au cours de la torréfaction, les grains perdent 14 à 20% de leur poids initial. Le degré de cette perte de poids dépend de l'intensité de la torréfaction. Leur volume s'accroît de 50 à 100% par gonflement et détente de l'albumen. Ils changent de couleur selon le stade de la torréfaction et à chaque couleur correspond un arôme particulier.

Une fois torréfié, le grain ne doit pas être mouillé (ce qui constitue une pratique frauduleuse) mais, au contraire, il doit être soustrait à l'humidité par des emballages imperméables. En revanche, en fin de torréfaction ou au cours du brassage, on peut ajouter une résine, une gomme ou un sucre pour le recouvrir d'une fine pellicule brillante.

Toutefois, cet ajout ne peut, selon la législation, dépasser 2% du poids du café et il doit être mentionné dans l'étiquetage. En général, plus la torréfaction est intense, plus le café est fortement aromatique. Si elle est trop poussée, le café devient amer (38, 91, 102).

III.2-Mouture

Bien que la mouture soit encore parfois faite à domicile, la presque totalité du café est moulu industriellement. Le grain doit être dur, cassant et froid, il est d'autant plus facile à moudre que la torréfaction a été intense.

Les torréfactions légères produisent des grains mous qui s'aplatissent à la mouture plutôt qu'ils ne se réduisent en poudre.

Le café moulu doit être rapidement empaqueté afin d'éviter l'oxydation et les pertes d'arômes. L'emballage est réalisé sous vide, moins de huit heures après la mouture (38, 91, 102).

III.3-Préparation du café soluble par percolation, déshydratation

Le café soluble répond aux exigences de la vie moderne qui imposent de consacrer le minimum de temps à la préparation de l'alimentation.

Selon la législation, la limite du taux d'extraction est d'un tiers, c'est-à-dire qu'un kilogramme de café soluble doit être obtenu avec au moins trois kilogrammes de café torréfié.

Les procédés actuels comportent deux opérations successives : la percolation et la déshydratation.

III.3.1-Percolation

Elle consiste à faire passer à contre-courant dans le café moulu, placé dans des colonnes de percolation, de l'eau douce à 160-180ºC. L'eau chaude passe d'abord (sous pression de 14 à 16 bars) dans les colonnes où le café a subi le plus d'extraction, puis atteint celles qui viennent d'être remplies de café moulu. L'eau est alors à 100ºC.

Les extraits issus des percolateurs sont rapidement refroidis à 5ºC, ce qui évite la perte de composés volatils et le développement microbien ; puis la solution, après sédimentation, est séparée du sédiment. Le séchage direct des extraits dont la concentration est de 30% ou plus provoque une perte élevée des composants aromatiques.

Une bonne méthode consiste à congeler les extraits et à séparer mécaniquement les cristaux de glace. Elle produit des extraits concentrés à 35-40% et évite le maximum de perte d'arômes (38, 91, 102).

III.3.2-Déshydratation

La déshydratation peut se faire selon deux techniques différentes : l'atomisation ou la lyophilisation.

III.3.2.1-Atomisation

L'extrait liquide à 5ºC est nébulisé au sommet d'une tour sous l'effet d'un courant d'air chaud à 250ºC. L'eau s'évapore, la poudre d'extrait de café est collectée à 50ºC, à l'extrémité cônique inférieure de la tour. La poudre est formée de grains creux qui ont 3% d'humidité et qui renferment les composés aromatiques.

Elle peut être agglomérée par une réhumidification, ce qui la rend plus facile à prendre à la cuillère et améliore sa solubilité dans l'eau chaude. Comme lors de l'atomisation, il se produit une perte modérée d'arômes, ce procédé fournit donc un café dont la saveur est plus douce. Il est utilisé pour adoucir les cafés robusta dont les saveurs seraient trop fortes (95).

III.3.2.2-Lyophilisation

Le principe de ce procédé est l'élimination de l'eau congelée par sublimation sous vide.

L'extrait de café à 5ºC est congelé à -6/-8ºC puis dans un deuxième temps à -40/ -50ºC.

La couleur et la conservation de l'arôme sont influencées par la taille et le taux de formation de cristaux de glace. Les plaques de café congelé sont ensuite moulues jusqu'à obtention de la taille de particules désirée. Celles-ci sont alors introduites dans des chambres de lyophilisation où règne une température de 45 à 50ºC, en même temps qu'un vide partiel à -0,39/-0,66 millibars.

Ce procédé est plus coûteux que le précédent, mais il produit des paillettes de café dont la solubilité dans l'eau froide est meilleure que dans le cas du café soluble obtenu par la méthode précédente.

Avant le conditionnement des cafés solubles, il est autorisé de rajouter les composés aromatiques volatils qui se sont évaporés pendant la torréfaction, du moins ceux qui sont restés condensés à la surface des grains.

L'huile de café qui contient ces arômes est récupérée en faisant agir des solvants non chlorés sur les grains fraîchement torréfiés. Les solvants sont ensuite éliminés et l'on obtient une huile sèche et stable.

L'huile de café est vaporisée sur la poudre de café soluble jusqu'à un pourcentage de 0,3 à 1% (38, 91, 102).

III.4-Décaféination

Certains consommateurs désirant boire du café dépourvu de caféine pour éviter les effets physiologiques de cette substance, la technologie du café à dû mettre au point des procédés de décaféination.

Les cafés robusta contiennent 1,6 à 2,5% de caféine tandis que la teneur est plus faible, 0,8 à 1,5% pour les arabicas.

La décaféination est réalisée sur le café vert ; elle utilise la technique de partage eau-solvant.

Pour rendre la caféine plus accessible aux solvants, on obtient le gonflement des grains et des cellules qui les constituent en les soumettant à un courant de vapeur d'eau. La caféine est solubilisée sous la forme de complexe de caféine-chlorogénate de potassium.

Le rendement de la décaféination augmente avec le degré d'humidification des grains aux dépens de la sélectivité des composés extraits.

Deux niveaux d'humidité sont pratiqués industriellement : 30 à 45% et 55 à 65%. La décaféination à basse humidité est choisie pour éviter la perte des constituants aromatiques fragiles obtenus lors de la torréfaction. La caféine est extraite par des solvants non polaires, le plus souvent du chlorure de méthylène. Puis les solvants sont éliminés par un courant de vapeur d'eau.

Les grains sont alors séchés jusqu'à ce que leur degré d'humidité soit égal au degré initial. Le contenu en caféine des grains ainsi traités n'est plus que de 0,1%.

La caféine recueillie est soumise à des cristallisations successives afin d'atteindre le degré de purification nécessaire à son utilisation dans les boissons non alcoolisées et les produits pharmaceutiques (102).

IV-COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique du grain de café dépend de l'espèce, de la variété de café (tableaux XI et XII) mais également des méthodes de culture, du degré de maturation des baies et des conditions de stockage des grains verts.

La torréfaction conduit à la dégradation des composés les plus labiles, tandis que les composés les plus réactifs forment entre eux des produits complexes.

Il est difficile de proposer des valeurs moyennes de la composition de chaque type de café. De plus, il existe un grand nombre de méthodes analytiques différentes pour ces dosages.

Composants	**Arabica**		**Robusta**		**Poudre de café instantané soluble**
	Vert	**Torréfié**	**Vert**	**Torréfié**	
Minéraux	3.3-4.2	3.5-4.5	4.0-4.5	4.6-5.0	9.0-10.0
Caféine	0.9-1.2	~1.0	1.6-2.4	~2.0	4.5-5.1
Trigonelline	1.0-1.2	0.5-1.0	0.6-0.75	0.3-0.6	-
Lipides	12.0-18.0	14.5-20.0	9.0-13.0	11.0-16.0	1.5-1.6
Acides chlorogéniques totaux	5.5-8.0	1.2-2.3	7.0-10.0	3.9-4.6	5.2-7.4
Acides aliphatiques	1.5-2.0	1.0-1.5	1.5-2.0	1.0-1.5	-
Oligosaccharides	6.0-8.0	0.0-3.5	5.0-7.0	0.0-3.05	0.7-5.2
Polysaccharides totaux	50.0-55.0	24.0-39.0	37.0-47.0	-	~6.5
Acides aminés	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0
Protéines	11.0-13.0	13.0-15.0	11.0-13.0	13.0-15.0	16.0-21.0
Acide humique	-	16.0-17.0	-	16.0-17.0	15.0

Tableau XI : Composition (en % de matière sèche) des cafés verts et torréfiés selon la variété (21)

Composants	Arabica		Robusta		Poudre de café instantané soluble (2)
	Vert (1)	Torréfié (2)	Vert (1)	Torréfié (2)	
Humidité	5.13	1.3	5.13	1.3	2.4
Caféine	0.8-1.4	1.0-1.6	1.7-4.0	1.2-2.6	2.5-5.0
Trigonelline	0.6-1.2	0.1-1.2	0.3-0.9	0.1-1.2	0.9-1.7
Glucides totaux	5.5-66.5	16.2-37.5	40.0-55.5	16.2-37.5	19.3-55.6
Glucides solubles	6.0-12.5	6.2-16.5	6.0-12.5	6.2-16.5	1.3-8.6
Glucides insolubles	34.053.0	10.0-21.0 (3)	34.0-53.0	10.0-21.0 (3)	-
Acides totaux	8.0-11.0	1.2-7.1	9.0-14.0	1.2-7.1	-
Acides chorogéniques	7.0-9.0	0.2-3.5	7.0-12.0	0.2-3.5	2.0-4.0
Acides aliphatiques	1.0-3.0	1.8-4.6	1.0-2.0	1.8-4.6	3.5-10.8
Protéines et Acides aminés	9.0-13.0	13.0-15.0	9.0-13.0	13.0-15.0	16.0-21.0
Lipides		15.5-20.0	8.0-12.0	8.3-13.5	0.0-0.5
Cendres	3.5-4.0	3.5-6.0	3.5-4.0	3.5-6.0	9.0-10.0
Arômes volatils	-	traces	-	traces	traces
Acide humique	-	16.0-17.0	-	16.0-17.0	15.0

Tableau XII : Composition (en % de matière sèche) des cafés verts et torréfiés selon la variété d'après H. STREULI (1) adapté par R. VIANI (2)

(3) Holocellulose= galactose, mannane et cellulose

IV.1-Teneur en eau

Pour que les grains se conservent dans de bonnes conditions, la teneur en eau doit être la plus faible possible. La torréfaction réduit cette teneur de 5,13 à 1,3% de la matière sèche (28).

IV.2-Teneur en minéraux

La teneur en cendres est de l'ordre de 4%. 90% des minéraux sont hydrosolubles et présents dans la boisson obtenue à partir du café (tableau XIII) (102).

Eléments	% de matière sèche
Potassium	1.68-2.0
Magnésium	0.16-0.31
Sulfates	0.13
Calcium	0.07-0.035
Phosphates	0.13-0.22

Tableau XIII : Composition moyenne en minéraux des grains verts (96)

Le manganèse est en quantité plus importante dans *Coffea arabica* (25-60ppm) que dans *Coffea canephora robusta* (10-33 ppm). Le cuivre est présent à l'état de traces mais en quantité plus élevée dans *Coffea canephora robusta* (1-33 ppm) que dans *Coffea arabica*, ce qui du fait des propriétés antifongiques du cuivre pourrait expliquer la meilleure résistance de *Coffea canephora robusta* au développement des espèces fongiques.

Dans le café instantané soluble, le pourcentage (jusqu'à 99%) du potassium extrait du grain vert est élevé mais comme son niveau dépend des techniques utilisées, il est un bon témoin du taux d'extraction pour une technique donnée (19, 102).

IV.3-Contenu glucidique

Les glucides représentent environ 50% de la matière sèche du café. *Coffea arabica* en est généralement un peu plus riche que *Coffea canephora robusta*. Ils sont constitués de glucides solubles cytoplasmiques (monosaccharides, oligosaccharides, polysaccharides) et de glucides insolubles, constitutifs des parois végétales (hémicellulose et holocellulose). Le saccharose est en quantité plus importante (7%) dans *Coffea canephora robusta* que dans *Coffea arabica*.

La torréfaction diminue le taux de saccharose qui est partiellement interverti. Elle provoque la production de monosaccharides (galactose, mannose, arabinose, ribose) à partir des glycoprotéines, des glucides solubles et de l'holocellulose du grain vert, ainsi que des galactomannanes à partir du mannane et du galactane (21, 99).

IV.4-Contenu lipidique

Les grains de café vert de *Coffea arabica* contiennent 15 à 18% de lipides et ceux de *Coffea canephora robusta* 8 à12%. Les teneurs en lipides, comme celles de fractions lipidiques, varient en fonction des méthodes d'extraction et d'analyses utilisées. Il existe peu de différences entre les deux variétés. Les lipides du grain sont répartis dans la couche externe (0,2 à 0,3%), il s'agit de la cire ; et dans l'endosperme, il s'agit de l'huile de café.

IV.4.1-Les acides gras de la cire

Les acides gras constitutifs de la cire sont essentiellement des acides gras saturés (acides arachidique C20:0, béhénique C22:0 et lignocérique C24:0).

IV.4.2-Les acides gras de l'huile de café

Les acides gras majoritaires de l'huile de café sont des acides saturés (acides palmitique C16:0 et stéarique C18:0) et des acides gras insaturés (acides oléique C18:1 et linoléique C18:2).

La composition en acides gras du grain est dominée par celle de l'huile puisque la cire ne représente qu'une faible quantité. Elle comporte 40 à 45% d'acide linoléique et 25 à 35% d'acide palmitique (21, 39, 67, 96).

Les stérols constituent environ 5,4% des lipides de *Coffea arabica* : ce sont surtout le sitostérol (53%), le stigmastérol (21%), le campéstérol (11%) et le cycloarténol (8%).

Sous l'influence de la torréfaction, les triglycérides ne sont pas modifiés ; la teneur en acides gras libres, plus élevée dans les cafés lavés que dans les cafés nature, augmente ; le caféstérol et le kalweol libèrent leurs dérivés déshydratés les plus volatils.

Comme la torréfaction est sans effet sur les stérols, leur teneur dans le café torréfié peut servir à déterminer les proportions de *Coffea arabica* et de *Coffea canephora robusta* choisies pour le mélange commercial (96).

IV.5-Protéines et acides aminés

Les teneurs en protéines de *Coffea arabica* et de *Coffea canephora robusta* sont comparables. Elles varient de 8,7 à 12,2% de la matière sèche du grain vert ; les acides aminés libres ne représentent que 0,2 à 0,8%.

Sous l'effet de la torréfaction, et en fonction de son intensité, la perte en acides aminés varie de 20 à 40% du fait de la destruction d'une partie des protéines. Les proportions respectives des acides aminés sont modifiées en raison de la plus grande thermorésistance de certains d'entre eux tels que l'alanine, l'acide glutamique, la glycine, la leucine, la phénylalanine et la valine.

D'autres sont thermosensibles comme l'arginine, la cystéine, la sérine et la thréonine.

Les acides aminés libres sont presque totalement détruits par la torréfaction. Lorsque le café subit préalablement la décaféination, la quantité des acides aminés libres est réduite à 28%.

La composition en acides aminés des cafés verts varie selon l'espèce, si bien que sa détermination peut être un moyen de contrôle des différents cafés.

Durant la torréfaction, ces acides aminés subissent avec les sucres réducteurs la réaction de Maillard ou avec les α-dicétones, la réaction de Stecker, ou bien ils sont dégradés par pyrolyse. Les nouveaux produits sont aromatiques et volatils. Ils constituent donc des facteurs importants des diverses qualités aromatiques des cafés commerciaux.

Les enzymes du café vert ne représentent qu'une partie minime des protéines. Elles sont détruites par la torréfaction. Leurs actions sont bien connues car elles interviennent dans les modifications biochimiques du café vert. De nombreuses enzymes ont été isolées : protéases, amylases, lipases, catalases, systèmes peroxydasiques, polyphénoloxydases, α et β-galactosidases, β-glucosidases, β-fructofuranosidases, phosphatases-acides, pectines-estérases… On ignore cependant leurs effets sur la qualité de la boisson (66, 96).

IV.6-Composés azotés non protéiques

Les composés azotés sont présents en quantités variables selon les espèces. Ils sont représentés par les acides nucléiques, les bases azotées et les bases puriques.

IV.6.1-Acides nucléiques

Les acides nucléiques sont présents en faible quantité : 0,7% et 0,8% du poids sec, respectivement pour *Coffea arabica* et *Coffea canephora robusta*. Leurs structures chimiques sont encore inconnues (102).

IV.6.2-Bases xanthiques

La teneur en bases puriques du café est variable selon l'espèce. Exprimée en pourcentage du poids sec, elle est de 0,9 à 1,4% pour *Coffea arabica* et de 1,7 à 4% pour *Coffea canephora robusta*. Ces bases puriques sont surtout des bases xanthiques.

La caféine, xanthine triméthylée (1,3,7-triméthylxanthine) est l'alcaloïde principal du café, la théobromine (3,7-diméthylxanthine) et la théophylline (1,3-diméthylxanthine) n'étant présentes qu'en quantité faible (respectivement 0,2mg/100g et 0,06mg/100g de matière sèche).

D'autres xanthines telles que l'hypoxanthine, l'adénine et la guanine, existent à l'état de traces dans le café vert mais elles sont détruites par la torréfaction (21, 66, 96, 98).

IV.6.3-Bases azotées

D'autres bases azotées que les alcaloïdes puriques ont été isolées du café. On distingue deux groupes selon leur comportement lors de la torréfaction.

IV.6.3.1-Celles qui restent stables

Ce sont l'ammoniaque, la bétaïne et la choline. Elles sont présentes en quantité très faible (moins de 0,1% du poids sec), mais la dégradation de la lécithine lors de la torréfaction accroît le taux de la choline à 1% du café torréfié.

IV.6.3.2-Celles qui sont instables

Ce sont la trigonelline (figure 20) et les amides de la sérotonine. Les amides de la sérotonine ou 5-hydroxytryptamides sont extraits de la cire des parois du grain vert. Au cours de la torréfaction, elles se dégradent en 5-hydroxyindole, en 3-méthyl, 5-hydroxyindole

et en n-alcanes, n-alcanenitriles et n-alcanes acides amides. La quantité de 5-hydroxyindole du café torréfié dépend donc de la quantité de 5-hydroxytryptamine dans le café vert. Les dérivés des amides ne sont pas consommés car ils restent dans le marc de café (21, 66, 96).

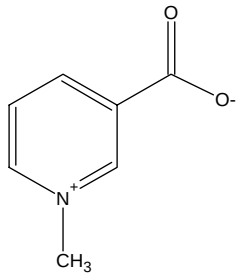

Figure 20 : Structure de la trigonelline

La trigonelline ou méthylbétaïne de l'acide nicotinique est présente au taux de 0,6 à 1,2% du poids sec de *Coffea arabica* et de 0,3 à 0,9% dans *Coffea canephora robusta*. Lors de la torréfaction, elle se décompose en acide nicotinique (vitamine PP ou niacine), en pyridine et en substances aromatiques. La teneur en trigonelline du café torréfié varie de 0,9 à 1,7%. Le rapport du contenu en trigonelline à celui d'acide nicotinique dans le café torréfié constitue une méthode d'évaluation du degré de torréfaction du café (Kwasny et Werkhoff) (103).

IV.7-Acides

Le café vert contient des acides aliphatiques non volatils et, à l'état de traces, des acides volatils. Si la fermentation est mal contrôlée, les acides en C2 à C6 et leurs esters donnent au café un goût fruité et des arômes indésirables qui ne sont pas détruits par la torréfaction. Les acides volatils sont produits lors de la torréfaction.

Sous l'effet de la torréfaction, la teneur du café en acide phosphorique augmente de même que celle de l'acide pyroglutamique (respectivement 0,7 et 1,9% avant et après torréfaction).

Les dérivés de l'acide quinique sont nombreux mais le plus important est l'acide chlorogénique (figure 21) (73% de ces dérivés dans l'arabica et 58% dans le robusta) (21, 22, 34, 96).

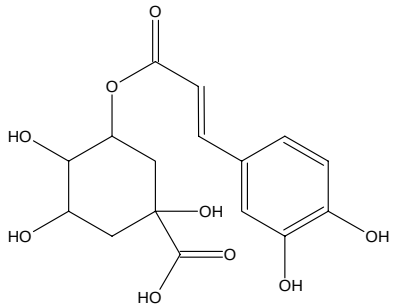

Figure 21 : Structure de l'acide chlorogénique

La qualité de la boisson est en partie fonction des proportions respectives des acides mono- et dichlorogénique. La valeur du rapport entre ces deux acides est plus faible dans *Coffea canephora robusta*. L'excès d'acide dichlorogénique peut être responsable de la saveur métallique rémanente éventuelle de la boisson (102).

Tous les acides chlorogéniques sont présents dans les extraits industriels et dans 50 à 90% des cafés familiaux. Il existe enfin une faible quantité d'acide phosphorique (0,2 à 0,3%) qui contribue à l'acidité du café. La saveur aigre qu'acquiert le café quand il est maintenu à chaud pendant longtemps est due à l'augmentation des acides libres (acide quinique) et des lactones ainsi qu'à la diminution de la pyridine (21, 22, 34, 96).

IV.8-Arômes et pigments formés lors de la torréfaction

En plus des modifications des constituants du café qui ont été décrites précédemment, la torréfaction provoque la formation d'arômes et de pigments. Avec la caféine, ils sont responsables de la saveur amère du café. On ignore encore la structure chimique de la plupart d'entre eux.

Plus de 1000 composés volatils ont été identifiés dans le café torréfié, la plupart d'entre eux étant communs à tous les aliments grillés. Très brièvement décrites, ces substances sont surtout des composés à 2C (diacétyl et acétyl propionyl), des aldéhydes provenant des acides aminés dégradés lors de la réaction de Stecker et des composés hétérocycliques (furanes). La saveur "vieillie" du café stocké longtemps est due à l'augmentation de la concentration en composés soufrés (mercaptans).

La complexité des arômes du café et leur diversité, en fonction des espèces et des variétés, nécessite l'utilisation de mélanges de cafés torréfiés composés par des experts

“goûteurs de café”, afin que chaque type de produit commercial ait toujours la même saveur (10, 26, 96).

IV.9-Vitamines

Le café vert contient plusieurs vitamines : B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 ou PP (acide nicotinique, amide nicotinique), B5 (acide panthoténique), B12 (cyanocobalamine) et C (acide ascorbique).

Les vitamines B1 et C sont détruites par la torréfaction tandis que le taux de la vitamine B3 augmente du fait de la dégradation de la trigonelline (96, 102).

IV.10-Contaminants

La contamination par des substances chimiques étrangères est négligeable quand le café est produit par les procédés industriels actuels. On distingue deux catégories de contaminants : le benzopyrène et les mycotoxines.

IV.10.1-Le benzopyrène

C’est un hydrocarbure polycyclique aromatique cancérogène que l’on retrouve dans la suie et les condensats de fumée, dans les gaz d’échappement des voitures, la fumée de tabac et les goudrons. Certains aliments tels que les aliments fumés (fromages, poissons, viandes), les saucisses, les huiles végétales, le thé, le maté en contiennent.

Les teneurs en 3,4-benzopyrène (benzo-a-pyrène) dans le café par rapport à celles de quelques produits alimentaires et de quelques boissons est faible (tableau XIV) (27, 65).

Aliments	Teneur en benzopyrène (µg/kg)
Pain	1,21
Soja	1,40
Maïs	0,70
Café	0,10
Hareng fumé	15
Poulet grillé	5,7

Tableau XIV : Teneur en benzopyrène dans quelques aliments (100)

La torréfaction n'augmente pas le taux de 3,4-benzopyrène.

De Kruijf, estimant la consommation moyenne de café à 15 grammes par jour en France, a calculé que l'apport quotidien de 3,4-benzopyrène par le café était d'environ $7{,}5.10^{-5}$ µg soit 0,03% de l'apport journalier total. Le café ne peut donc pas être considéré comme une boisson qui joue un rôle dans la contamination éventuelle de l'organisme par le 3,4-benzopyrène.

IV.10.2-Mycotoxines

Levi a trouvé dans quelques échantillons de cafés altérés, de l'ochratoxine mais ni aflatoxine ni stérigmatocystines. Ces cafés étaient considérés comme impropres à la consommation puisqu'ils étaient avariés.

Dans les cafés commercialisés, aucune de ces toxines n'est détectée, sauf à des taux très faibles, dans 2 échantillons parmi 201 cafés étudiés lors d'une enquête menée durant deux années. Enfin ces mycotoxines sont très dégradées au cours de la torréfaction. Il n'existe donc aucun risque de contamination de l'organisme par les mycotoxines lors de la consommation de café (27, 65).

V-UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DE LA CAFEINE

V.1-La caféine : un stimulant au niveau central

Le café, depuis sa découverte, a été largement consommé en raison de ses propriétés excitantes.

Franklin (1893) le décrit comme étant capable de “dissiper le sommeil et l’engourdissement, de rendre le corps léger et dispos”. La caféine est responsable de ces propriétés et entre à ce titre dans la composition de spécialités à visée psychostimulante et antiasthénique (tableau XV).

Spécialité	Dosage en caféine	Principes actifs associés	Utilisations thérapeutiques
GURONSAN	50 mg	Glucuronamide, vitamine C	Antiasthénique
VASOBRAL	40 mg	Dihydroergocryptine A mésilate	Vasodilatateur périphérique
ALEPSAL	3,6 mg (comprimé à 15 mg) 12,5 mg (comprimé à 50 mg) 25 mg (comprimé à 100 mg) 87,5 mg (comprimé à 150 mg)	Phénobarbital	Epilepsie

Tableau XV : Spécialités contenant de la caféine (104)

Une étude sur le rat a mis en évidence la libération de dopamine et de glutamate dans la zone du nucleus accumbens après ingestion de caféine. Cette zone du cerveau réagit de la même façon après consommation d’amphétamines et de cocaïne. Le mécanisme d’action en cause est le même que chez l’homme : la caféine a une très forte affinité pour les récepteurs A1 à l’adénosine, ce qui provoque une inhibition de l’adénylcyclase. De plus, l’effet psycho stimulant est également dû au blocage des récepteurs A2A à l’adénosine ; ceci entraîne une stimulation des neurones GABAergiques liés aux neurones dopaminergiques du striatum (94).

L’utilisation de ces produits a pour but l’amélioration des performances intellectuelles, l’augmentation de la vigilance et la diminution des erreurs.

La caféine entre aussi dans la composition de spécialités utilisées pour des pathologies relatives à la sénescence. Ce sont ici ses propriétés vasodilatatrices périphériques qui prévalent (tableau XV).

La spécialité VASOBRAL, par exemple, est prescrite pour pallier les symptômes du déficit pathologique cognitif et neurosensoriel chronique du sujet âgé. Les propriétés vasodilatatrices périphériques de la caféine sont également mises à profit dans cette spécialité dans le traitement d'appoint du syndrôme de Raynaud.

Les déficits cognitifs et neurosensoriels sont en partie causés par une diminution de la circulation cérébrale. L'association dihydroergocryptine-caféine accroît la circulation dans les capillaires. Outre son action vasodilatatrice, la caféine accélère l'absorption de la dihydroergocryptine.

La stimulation centrale par la caféine est également recherchée dans des associations telles que phénobarbital-caféine, commercialisée sous le nom d'ALEPSAL, où la caféine contre-balance l'effet sédatif central du phénobarbital et permet ainsi d'atténuer la somnolence observée en début de traitement par les barbituriques (tableau XV).

La caféine est également utilisée chez les enfants hyperactifs. Auparavant, pour les enfants "hyperactifs", c'est-à-dire turbulents, inattentifs, ayant une baisse de leurs résultats scolaires, on optait pour une thérapeutique à base d'amphétamines (stimulants du système nerveux central). Les amphétamines amélioraient l'attention de ces enfants et leur permettaient de mieux adapter leur comportement à différentes situations.

Désormais, les amphétamines ont été abandonnées, compte tenu du risque de pharmacodépendance, de psychose et d'inhibition de croissance chez les enfants ainsi traités. Maintenant, on utilise la caféine, moins efficace, mais surtout moins toxique (29, 42, 104).

V.2-La caféine dans le traitement des apnées idiopathiques du prématuré

La principale indication des bases xanthiques en néonatalogie est la prévention et le traitement des apnées idiopathiques du prématuré dont la fréquence est de 84% chez les prématurés de moins de 1 kg et de 25% chez ceux de moins de 2,5 kg. Depuis quelques années, l'utilisation de surfactants artificiels, de nouvelles technologies et le progrès des soins

en néonatalogie ont permis d'augmenter considérablement les chances de survie des nouveaux-nés de moins de 1,5 kg et, par conséquent, de la population à risque pour l'apnée (106).

L'apnée est couramment définie comme étant une cessation du flux d'air de plus de cinq secondes dans les voies aériennes supérieures. L'apnée peut être centrale, par un arrêt des mouvements respiratoires, obstructive (les mouvements respiratoires persistent) ou mixte (un épisode d'apnée obstructive succède à un épisode d'apnée centrale. L'apnée est pathologique et, indépendamment de sa durée, est suivie de bradycardie et de cyanose.

D'un point de vue pharmacodynamique, les bases xanthiques, aux concentrations thérapeutiques, inhibent par compétition les récepteurs de l'adénosine. Au niveau de la commande respiratoire, l'adénosine diminue le seuil de sensibilité des chémorécepteurs au dioxyde de carbone. Les bases xanthiques vont donc avoir une action antagoniste sur l'inhibition respiratoire induite par l'adénosine. Un autre aspect pharmacodynamique des bases xanthiques est leur effet sur la synthèse des surfactants. L'inhibition de la phosphodiestérase et l'augmentation consécutive du taux d'AMPc intracellulaire pourraient théoriquement promouvoir la synthèse de certains composants du surfactant et accélérer la maturation pulmonaire. En fait et malgré des résultats initiaux encourageants, des doses thérapeutiques administrées chez la ratte ou la lapine gestante ne modifient pas significativement le métabolisme des phospholipides chez le fœtus (45, 60, 75).

La drogue de choix pour le traitement de l'apnée est la théophylline. La dose de charge est de 6 mg/kg, suivie d'une dose d'entretien de 4 mg/kg/jour en trois prises. La théophylline peut être administrée par voie intraveineuse ou orale, son absorption étant excellente. Trente minutes après l'administration de la drogue, le taux plasmatique adéquat peut être détecté, ce qui aboutit à une réponse thérapeutique. Il est important de surveiller le taux plasmatique de théophylline tous les deux ou trois jours après l'instauration du traitement car la demi-vie de la théophylline varie considérablement chez les nouveaux-nés. Le prélèvement de sang trente minutes avant et après l'administration de la xanthine fournit de bonnes informations sur les taux plasmatiques minimum et maximum. Un taux de théophylline entre 5 et 15 mg/litre est considéré comme adéquat (50).

La caféine peut également être considérée comme une drogue de choix dans le traitement des apnées néonatales. L'avantage de la caféine sur la théophylline est sa demi-vie

plus longue, ce qui permet une administration par 24 heures avec moins d'effets secondaires. La caféine est alors utilisée sous forme de citrate, les préparations à base de benzoate de sodium sont contre-indiquées chez le nouveau-né car le benzoate est susceptible de déplacer la bilirubine de ses sites de fixation protéiques. La dose de charge est de 20 mg/kg de citrate de caféine, ce qui correspond à 10 mg/kg de caféine base, suivie d'une dose d'entretien de 5 mg/kg/jour de citrate de caféine en une à deux prises. Cette dose peut être augmentée à 10 mg/kg/jour pour la prévention des apnées après anesthésie générale chez le prématuré ou le nouveau-né ancien prématuré. On préfère souvent la caféine à la théophylline à cause de la nécessité d'une surveillance de taux plasmatique moins contraignante (seulement une fois par semaine pour la caféine). D'autre part, différents auteurs ont recommandé l'administration de caféine chez des nouveaux-nés qui, malgré l'administration de théophylline, présentent toujours de l'apnée (51, 105).

V.3-La caféine dans le traitement de la crise migraineuse

On peut distinguer de nombreux types de céphalées. Une classification internationale a été élaborée par un comité d'experts de l'International Headache Society (IHS). La clarification des critères de diagnostic des diverses formes de céphalées a permis une meilleure prise en charge thérapeutique de ces céphalées.

Les critères diagnostics des migraines sont une durée de la crise allant de 4 à 72 heures, une douleur pulsatile, à localisation unilatérale. Au cours de la crise, l'individu n'est pas capable d'effectuer des tâches quotidiennes et il peut être sujet à des nausées et/ou des vomissements, à une photophobie et une photophonie.

Dans 15% des cas, la crise migraineuse est précédée d'une aura : flash lumineux, acouphènes, fourmillements (49, 85).

La crise de migraine est provoquée par une constriction puis une dilatation des vaisseaux cérébraux. La phase de vasodilatation est accompagnée d'une réaction inflammatoire et douloureuse.

Le schéma thérapeutique consistera en une association de vasoconstricteurs cérébraux et d'antalgiques, la caféine pouvant être associée à ces deux types de médications.

V.3.1-Association aux vasoconstricteurs cérébraux

La crise de migraine, caractérisée par une vasodilatation cérébrale, peut être traitée par les triptans ou des dérivés de l'ergot de seigle qui sont des vasoconstricteurs par action agoniste des récepteurs sérotoninergiques.

Les dérivés de l'ergot de seigle sont représentés par la dihydroergotamine (DIERGO-SPRAY) et le tartrate d'ergotamine (GYNERGENE, MIGWELL).

Dans la spécialité DIERGO-SPRAY, la caféine joue un rôle de solubilisation du mésilate de dihydroergotamine. La dihydroergotamine est ici administrée par voie nasale sous forme de pulvérisation. La présence de caféine garantit par ailleurs le respect de la fonction ciliaire et le passage du principe actif à travers la muqueuse nasale.

Dans les spécialités GYNERGENE et MIGWELL, le tartrate d'ergotamine est associé à la caféine. L'ergotamine exerce une action tonique sur la musculature lisse vasculaire et présente une affinité particulière pour les récepteurs monoaminergiques (noradrénergiques et sérotoninergiques) artériels, notamment au niveau du réseau carotidien externe. La caféine augmente l'absorption intestinale de l'ergotamine d'au moins 44% et accélère son passage dans le sang (71, 104).

V.3.2-Association aux antalgiques

La crise de migraine peut parfois être soulagée par des antalgiques sans avoir besoin d'avoir recours aux vasoconstricteurs. Les spécialités utilisées sont souvent des associations de plusieurs antalgiques et de caféine. L'association du paracétamol avec d'autres antalgiques ou adjuvants est une stratégie thérapeutique courante qui a pour but d'augmenter l'action antalgique et de diminuer les effets secondaires et la toxicité. La caféine a pour rôle d'accélérer l'absorption de l'antalgique et de potentialiser son action (114).

En effet, différents auteurs ont démontré qu'il existait une véritable synergie entre le paracétamol et la caféine : 65 mg de caféine associé à 500 mg de paracétamol en augmente l'activité analgésique (61).

De plus, l'innocuité de cette association a été démontrée dans une étude brésilienne, dans laquelle 78% des patients ont vu leur crise de migraine résolue dans les 2 heures suivant l'administration de l'association paracétamol+caféine. On peut prétendre à un

même effet analgésique mais avec une dose de paracétamol moindre puisque la caféine accélère son absorption et potentialise son action (84).

Il existe de nombreuses spécialités où le paracétamol et la caféine sont associés (CEFALINE, CETAFEINE, CLARADOL, VEGANINE, LAMALINE). Le paracétamol et la caféine peuvent également être associés à la codéine (GELUMALINE, MIGRALGINE, PRONTALGINE), au dextropropoxyphène (PROPOFAN) et à l'acide acétylsalicylique (ACTRON) (104).

VI-UTILISATIONS COSMETIQUES DE LA CAFEINE

La caféine entre dans la composition de nombreuses crèmes amincissantes et c'est son activité lipolytique qui est alors mise à profit. Les crèmes amincissantes à base de caféine peuvent être un appoint dans le traitement de la cellulite.

On attend en général trois types d'effets des cosmétiques utilisés dans la cellulite :

-une action favorisant la lipolyse ;

-un effet raffermissant ;

-un effet hydratant et lissant cutané.

On espère un remodelage local de la silhouette mais surtout une peau plus lisse, plus tonique et plus ferme.

Les actifs favorisant la lipolyse sont peu nombreux et on retrouve en général le même type d'actifs dans les différents produits : des bases xanthiques et en particulier, la caféine, la théophylline et la théobromine (76).

VI.1-Rappels concernant le tissu adipeux

Le tissu adipeux est la source essentielle de l'énergie de réserve des animaux et de l'homme. Plus de 95% des triglycérides de l'organisme y sont stockés (6).

En fonction du sexe et selon les zones du corps, l'épaisseur du tissu adipeux subit des variations :

-chez la femme, la répartition est de type gynoïde (bas du corps : fesses, hanches, cuisses)

-chez l'homme, elle est de type androïde (haut du corps : taille, abdomen, thorax) (76).

Le tissu adipeux ou hypoderme est constitué d'adipocytes. Ces cellules sont regroupées en lobules, eux-mêmes séparés par des travées de tissu conjonctif qui assurent l'architecture du tissu hypodermique. Dans ces cloisons de tissu fibreux, se logent des nerfs, des vaisseaux sanguins et lymphatiques.

Les adipocytes sont de véritables réserves énergétiques et sont le siège d'une activité métabolique intense. En effet, c'est dans ces cellules que sont fabriqués et détruits les triglycérides.

Les triglycérides sont fabriqués et stockés au cours de la lipogénèse. Cette production de graisses nécessite une enzyme : la LipoProtéine Lipase (LPL) (76).

Lors d'une période de jeûne ou de restriction énergétique, les triglycérides sont détruits afin de fournir de l'énergie à l'organisme. Cette dégradation des graisses (lipolyse) fait intervenir l'AMPc et la triglycéride-lipase (6).

Normalement, il existe un équilibre entre lipogénèse et lipolyse. Cependant, cet équilibre peut être rompu en faveur de la lipogénèse. Les adipocytes augmentent de volume de façon importante. Il en résulte une compression et une détérioration des travées du tissu conjonctif et donc des vaisseaux sanguins et des nerfs. Ceci explique :

-la peau d'orange qui est le résultat de la déformation des travées de tissu conjonctif ;

-les problèmes de circulation et de rétention d'eau qui sont souvent associés à la cellulite ;

-la douleur ressentie au pincement.

Pour lutter contre la cellulite, il faudra donc rétablir l'équilibre lipogénèse-lipolyse en bloquant la lipogénèse et en favorisant la lipolyse (76, 92).

VI.2-Action lipolytique de la caféine

VI.2.1-Rappels concernant la lipolyse

Au départ, l'AMPc est synthétisée à partir de l'ATP sous le contrôle d'une enzyme : l'adénylcyclase. Sa dégradation en 5'AMP fait intervenir une autre enzyme : la phosphodiestérase (figure 22).

L'adénylcyclase est fortement liée à la membrane cellulaire et est présente dans de nombreux tissus. Son activité nécessite la présence de cofacteurs (ions Mg^{2+} essentiellement). Le premier rôle de cette enzyme est de reconnaître le message hormonal qui lui est adressé, puis l'adénylcyclase accepte et fixe l'hormone.

La phosphodiestérase hydrolyse l'AMPc, entraînant la rupture du cycle et aboutissant au 5'AMP, non cyclique. La dégradation de l'AMPc va de paire avec la disparition de son activité biologique puisque celle-ci est justement liée à la forme cyclique de la molécule.

L'AMPc va produire l'effet biologique de l'hormone par un mécanisme faisant intervenir une protéine-kinase sensible à l'AMPc. C'est elle qui agira directement sur la triglycéride-lipase activée.

Cette dernière transforme les triglycérides en diglycérides et acides gras, puis la diglycéride-lipase (insensible aux sollicitations hormonales) dégrade les diglycérides en acides gras libres et en glycérol (figure 22) (17).

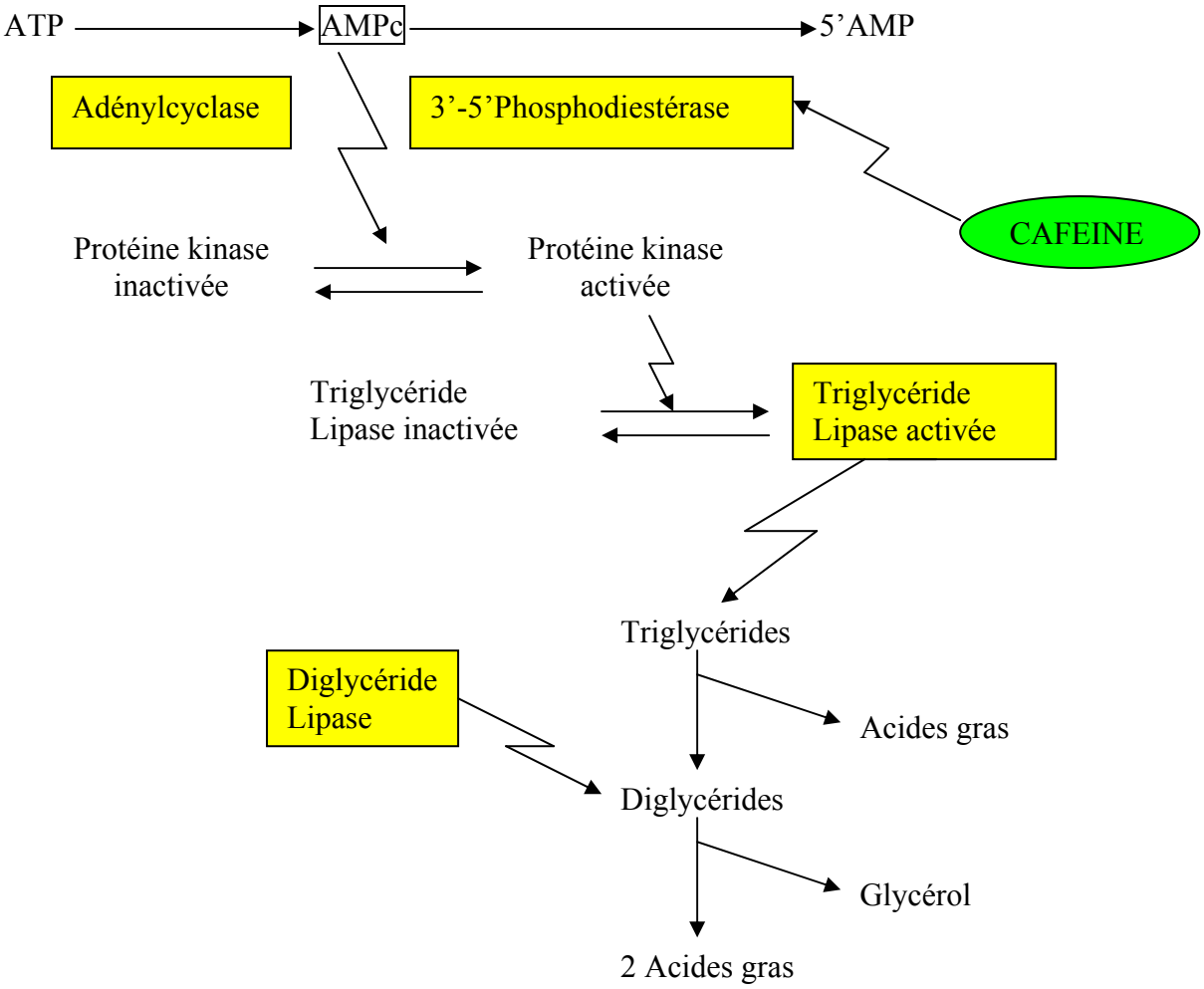

Figure 22 : Mécanismes biochimiques de la lipolyse (17)

Cette dernière transforme les triglycérides en diglycérides et acides gras, puis la diglycéride-lipase (insensible aux sollicitations hormonales) dégrade les diglycérides en acides gras libres et en glycérol (figure 22) (17).

VI.2.2-Etude *in vivo* de l'activité lipolytique de la caféine

La caféine agit sur la lipolyse en inhibant la 3'-5' phosphodiestérase, ce qui conduit à une augmentation du taux d'AMPc.

Wepierre a étudié l'effet lipolytique de la caféine *in vivo*, chez le rat Zucher (souche de rat obèse). Une émulsion contenant 50 mg/ml de caféine est appliquée sur une surface délimitée de peau préalablement rasée. En parallèle, on applique dans les mêmes

conditions et sur le même animal, le même véhicule sans caféine. Les applications sont renouvelées cinq jours par semaine pendant trois semaines. A la fin de cette expérience, les animaux sont sacrifiés et les échantillons de peaux traitées sont prélevés. Ceux-ci sont broyés et traités de manière à obtenir des résidus dont les constituants lipidiques sont les suivants :

-la quantité de lipides est de 320 mg/g de tissu pour le côté témoin. Elle est de 253 mg/g de tissu côté traité, soit une baise du taux de lipides de 21%.

-en ce qui concerne la composition de l'extrait lipidique, on note une diminution significative des triglycérides du côté traité par rapport au côté témoin (baisse de 16,8%).

-les taux de cholestérol et de phospholipides ne sont pas modifiés de façon significative par le traitement.

Après application topique de caféine, il apparaît donc une diminution du taux de lipides et de triglycérides cutanés au niveau de la zone traitée, preuve d'une action lipolytique locale (111).

VI.3-Produits à base de caféine commercialisés

Il existe de nombreux produits cosmétiques à base de caféine, cependant un seul d'entre eux a obtenu une autorisation de mise sur le marché. Ce médicament, dont le nom de spécialité est PERCUTAFEINE, est un gel hydroalcoolique titrant 5% de caféine. Ce gel pénètre bien à travers la peau car son caractère bipolaire assure le passage de la couche cornée, riche en lipides, et une excellente diffusion dermique. La caféine est absorbée par voie cutanée à un taux de 2,4%, induisant ainsi une concentration maximale de caféine au niveau du tissu adipeux et entraînant la lipolyse (92, 104).

PERCUTAFEINE est utilisé dans le traitement symptomatique des surcharges adipeuses sous-cutanées localisées. La durée du traitement est d'environ cinq à six semaines et il est recommandé d'appliquer 10 à 20 grammes de gel sur la partie à traiter. L'application quotidienne de 20 grammes de PERCUTAFEINE (soit 1 gramme de caféine) sur la face externe de la cuisse, pendant trente jours, se traduit par l'induction d'un taux plasmatique de caféine relativement constant, de l'ordre de 0,45mg/ml. Ce taux correspond à l'ingestion d'une tasse de café alors que la dose appliquée est 14 fois supérieure (104, 105).

Si PERCUTAFEINE est un médicament, il existe par ailleurs de nombreux produits cosmétiques qui sont équivalents tant au niveau de la composition et de l'efficacité et qui n'ont pourtant pas obtenu d'autorisation de mise sur le marché (tableau XVI).

Les diktats de la beauté et de la minceur ont fait la part belle aux produits amincissants et le marché de ces produits s'enrichit chaque année de nouveautés, à l'arrivée des beaux jours.

Produit	**Laboratoire**	**Composition**	**Actions**
Body Lift 10	Liérac	1-caféine active 10% 2-sulfate de protamine 3-liftiline(protéine de blé) 4-escine	1-libération des graisses stockées 2-régulation de la fabrication de nouvelles graisses 3-lissage des capitons 4-activation de la micro-circulation
Rétinol concentré anti-cellulite	Roc	1-caféine 2-rétinol 3-ruscus, ginkgo biloba	1-libération des graisses stockées 2-restructuration du tissu conjonctif hypodermique 3-activation de la micro-circulation
D-Stock	Vichy	1-caféine 2-acide salicylique 3-escine, ginkgo biloba	1-libération des graisses stockées 2-effet lissant 3-activation de la micro-circulation
Elancyl cellu-stop	Galénic	1-caféine et ses sels 7% 2-phloridzine (extrait de pommier) 3-Hespéridine Méthyle Chalcone	1-libération des graisses stockées 2-régulation de la fabrication de nouvelles graisses 3-action anti-glycosylation
Elancyl extrême minceur	Galénic	1-caféine et ses sels 7% 2-Hespéridine Méthyle Chalcone 3-extraits de ruscus	1-libération des graisses stockées 2-action anti-glycosylation 3-activation de la micro-circulation
Celluli-zone	Biotherm	1-caféine, noix de kola 2-ginkgo biloba 3-manganèse 4-β-hydroxyacide	1-libération des graisses stockées 2-activation de la micro-circulation 3-réduction des capitons 4-lissage et affinage du grain de peau

Tableau XVI : Produits amincissants à base de caféine disponibles à l'officine

Si ces produits sont rarement efficaces pour supprimer les kilos en trop, nombre d'entre eux peuvent en revanche améliorer l'état de la peau. Pénétrant profondément dans le derme, ils agissent modérément sur la cellulite et assurent un épiderme plus lisse, plus régulier et plus tendu. Ils se posent en alliers indispensables des autres méthodes et apportent leur pierre à l'édifice. Pour être efficaces, leur utilisation doit être quotidienne et assidue.

On observe de nombreuses variantes mais le concept de base est souvent le même. Globalement, ces produits minceur permettent le déstockage des graisses tout en limitant la fabrication de nouvelles graisses. En outre, il vient s'ajouter aux actifs amincissants des actifs favorisant la micro-circulation (escine, extraits de ruscus…), des actifs drainants, lissants et hydratants.

La caféine est un actif lipolytique de référence, mais son utilisation dans un produit cosmétique présente certains inconvénients :

-la caféine étant sous forme de cristaux, peu solubles dans l'eau, elle est très difficile à introduire dans un produit cosmétique à très forte concentration et son incorporation nécessite la présence d'alcool ;

-la caféine a tendance à recristalliser au contact de la peau. Ainsi, une partie de la caféine ne pénètre pas et reste à la surface de l'épiderme en laissant des traces blanches inesthétiques ;

-la caféine entraîne un léger dessèchement cutané.

Pour pallier à ces désagréments, les laboratoires Liérac ont mis au point une caféine nouvelle génération en l'associant à des phospholipides et des extraits de saule (riche en acide salicylique) : c'est la "caféine active".

Cette nouvelle caféine garde bien sûr ses propriétés lipolytiques mais cette association présente des avantages par rapport à la caféine dite classique :

-l'alcool n'est plus nécessaire à la solubilisation de la caféine et l'on peut atteindre des concentrations de caféine de 10% ;

-la pénétration et la diffusion de la caféine sont optimales ;

-on n'observe pas de traces blanches sur la peau après l'application ;

-les phospholipides ont une action hydratante et évitent le dessèchement de la peau.

Ainsi, Body Lift 10® est le produit le plus concentré en caféine du marché.

Enfin, on retrouve dans la composition de Body Lift 10® de l'escine qui active la micro-circulation et favorise ainsi le transport des graisses déstockées et l'élimination des toxines. De plus, l'escine s'oppose aux problèmes d'oedème et de gonflement parfois associés à la cellulite.

LE CHOCOLAT

I-DESCRIPTION BOTANIQUE

Le cacaoyer, *Theobroma cacao* L., appartient à la division des Angiospermes, la classe des Dicotylédones, la sous-classe des Dileniidae, la famille des Sterculiaceae.

Linné s'inspira d'une légende toltèque lorsqu'il créa le nom *Theobroma* en 1765 pour inventorier l'arbre. En effet, *théos* signifie dieu et *brôma* nourriture, en rapport avec Quetzalcoalt, le dieu de la Lune, qui apporta les semences du cacaoyer sur terre (44, 87).

I.1-Origine du cacaoyer cultivé

Le cacaoyer est un arbre originaire des forêts tropicales de l'Amérique Centrale ou des forêts équatoriales de l'Amérique du Sud (16).

Cette plante passe facilement de l'état cultivé à l'état sauvage, de telle sorte qu'il est difficile de savoir si un plant donné est à l'état spontané ou provient d'une culture abandonnée.

La théorie admet l'existence d'un berceau botanique de *Theobroma cacao* dans le cours supérieur de l'Amazone, au pied des Andes, à partir duquel, grâce à l'intervention des hommes, se sont différenciés, au Nord, c'est-à-dire en Méso-Amérique, les Criollo et, au Sud, c'est-à-dire dans l'aire Amazono-Guyanaise, les Forastero (figure 23) (5).

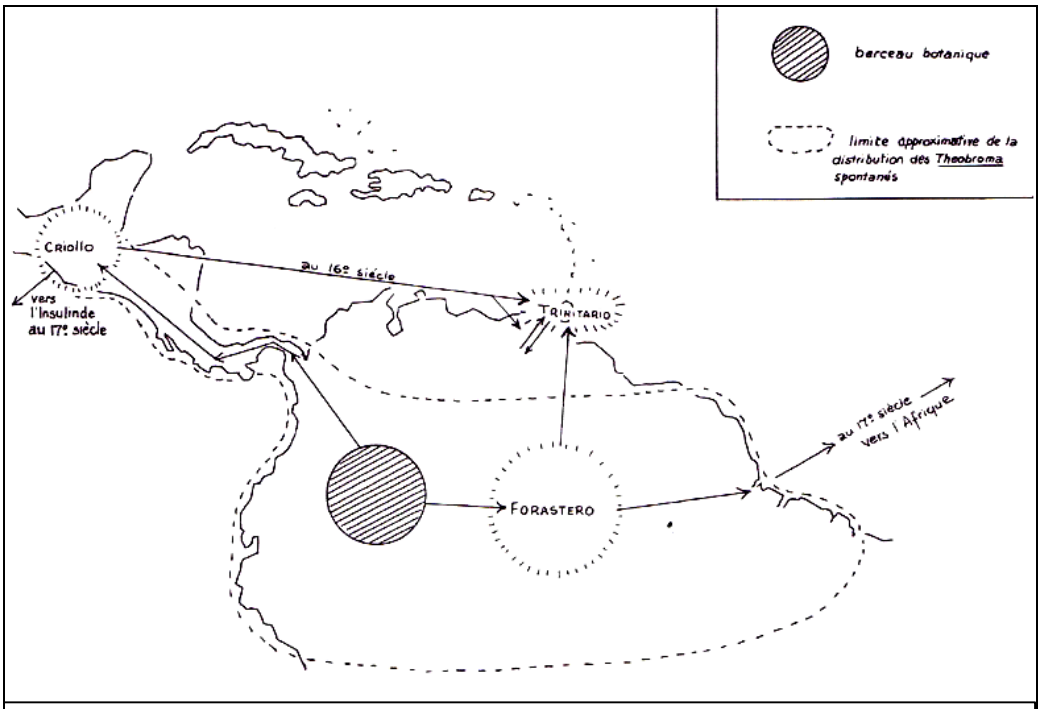

Figure 23 : Origine et évolution des cacaos cultivés (5)

Les Criollo fournissent des cacaos plus fins, plus appréciés pour leur saveur, mais moins résistants. Les Forastero sont plus amers, mais très résistants.

Ces deux variétés se sont regroupées à l'ère coloniale au Vénézuela, à Trinidad et aux Antilles pour ajouter encore à la confusion variétale, en donnant naissance aux Trinitario, mariant dans leur hétérogénéité la qualité des Criollo à la robustesse et à la productivité des Forastero (5).

I.2-Botanique et systématique

Le cacaoyer est un arbre de petite taille, 5 à 7 mètres, pouvant être plus grand à l'état sauvage. En plantation, les écartements habituels ne permettent pas au cacaoyer de s'étaler. Le cacaoyer atteint son développement le plus important au bout de dix ans. Une plantation en bon état de production ne peut être maintenue au-delà de quarante ans.

A l'extrémité du tronc, il se développe 4 à 5 branches formant une couronne. Le système foliaire très dense peut se développer sur 6 à 8 mètres de diamètre. Le tronc du cacaoyer a un diamètre d'environ 30 centimètres (figure 24). Comme la plupart de ses

congénères tropicaux, il porte à la fois des boutons floraux, des fleurs et des fruits qui sont dits cauliflores (14).

Figure 24 : Tronc de cacaoyer portant les cabosses

Les jeunes feuilles qui apparaissent sont pigmentées, offrant une couleur qui varie du vert pâle au violet foncé, et ont à leur base deux stipules qui se détachent rapidement. A maturité, les feuilles sont vert foncé et rigides (figure 25). Le limbe est lancéolé, penninerve. Il peut atteindre une longueur de 50 cm, mais l'importance de son développement dépend principalement de l'intensité de la lumière à laquelle il est exposé. Les feuilles directement exposées à la lumière sont plus petites et plus épaisses que les feuilles fortement ombragées dont le développement est beaucoup plus important. La durée de vie moyenne d'une feuille est d'environ une année (8).

Figure 25 : Feuille de cacaoyer

La fleur du cacaoyer est de petite taille, son diamètre varie de 0,5 à 1 cm. Elle est régulière, hermaphrodite, inodore et de couleur blanche ou safran teinté de rose.

Cette fleur est de type 5. Elle se compose de :

-5 sépales soudés à leur base, blancs ou teintés de rose, lancéolés, à bordure ciliée ;

-5 pétales alternant avec les sépales, libres et de forme très caractéristique. Ils sont étroits à la base, s'élargissent et deviennent concaves à l'autre extrémité pour former un petit capuchon (cuculle) de couleur blanche et bordé intérieurement de deux nervures violettes ;

-5 carpelles soudés en un ovaire supère, pluriloculaire à placentation axille ;

-5 étamines alternant avec 5 staminodes stériles. Etamines et staminodes sont soudées à leur base pour former un tube très court. Les staminodes sont des languettes étroites, linéaires, velues, de couleur brun-violacé, entourant le style. Les étamines sont recourbées vers l'extérieur, glâbres, opposées aux pétales. Chaque étamine est double et provient en réalité de la fusion de deux étamines ; c'est pourquoi chaque filet est terminé par 2 anthères superposées contenant 4 sacs polliniques.

L'épanouissement du bouton floral débute l'après-midi, lorsque les extrémités des sépales commencent à s'entrouvrir et est complet aux premières heures de la matinée suivante. L'arbre peut porter jusqu'à 6000 fleurs mais, sur 100 fleurs en moyenne, un fruit seulement arrivera à maturité.

La première floraison peut se produire à l'âge de deux ans pour des variétés précoces mais a lieu généralement la troisième ou quatrième année. Le cacaoyer peut fleurir toute l'année mais la floraison est favorisée par des températures moyennes à élevées et des pluies abondantes ainsi que par des facteurs intrinsèques de l'espèce. En général, dans l'ouest africain, on observe deux époques principales de floraison : avril à juillet, ce qui correspond à une récolte principale de septembre à janvier, et novembre à janvier, ce qui correspond à la récolte intermédiaire (avril à juillet) (74).

Le fruit du cacaoyer, indéhiscent, ressemble à une baie. Appelé cabosse (figure 26), il présente un péricarpe charnu composé de trois parties :

-l'épicarpe : charnu, épais et dont l'extérieur peut être pigmenté, verruqueux ;

-le mésocarpe : mince, dur, plus ou moins lignifié ;

-l'endocarpe : charnu, plus ou moins épais.

Figure 26 : Photographie de cabosse

Le jeune fruit, désigné sous le nom de chérelle, présente, comme l'ovaire, cinq loges dans chacune desquelles les graines sont régulièrement réparties. A maturité, les parois des loges disparaissent pour donner naissance à une pulpe mucilagineuse épaisse qui entoure les graines.

Une cabosse contient en général de 30 à 40 fèves (figure 27).

Figure 27 : Intérieur d'une cabosse

La forme, la taille et la couleur des cabosses sont utilisées pour l'identification ou la description des clones ou des cultivars de cacaoyers, notamment pour décrire les variétés de Forastero (figure 28).

-Angoleta : la cabosse est allongée, pointue, large à la base. Les sillons sont profonds, la surface verruqueuse ;

-Cundeamor : la cabosse est ovale, pointue à l'extrémité. La surface est lisse, les sillons peu marqués ;

-Amelonado : la cabosse est ovale, arrondie à l'extrémité. La surface est lisse, les sillons peu marqués ;

-Calabacillo : la cabosse est arrondie, la surface est lisse et les sillons très peu marqués (14).

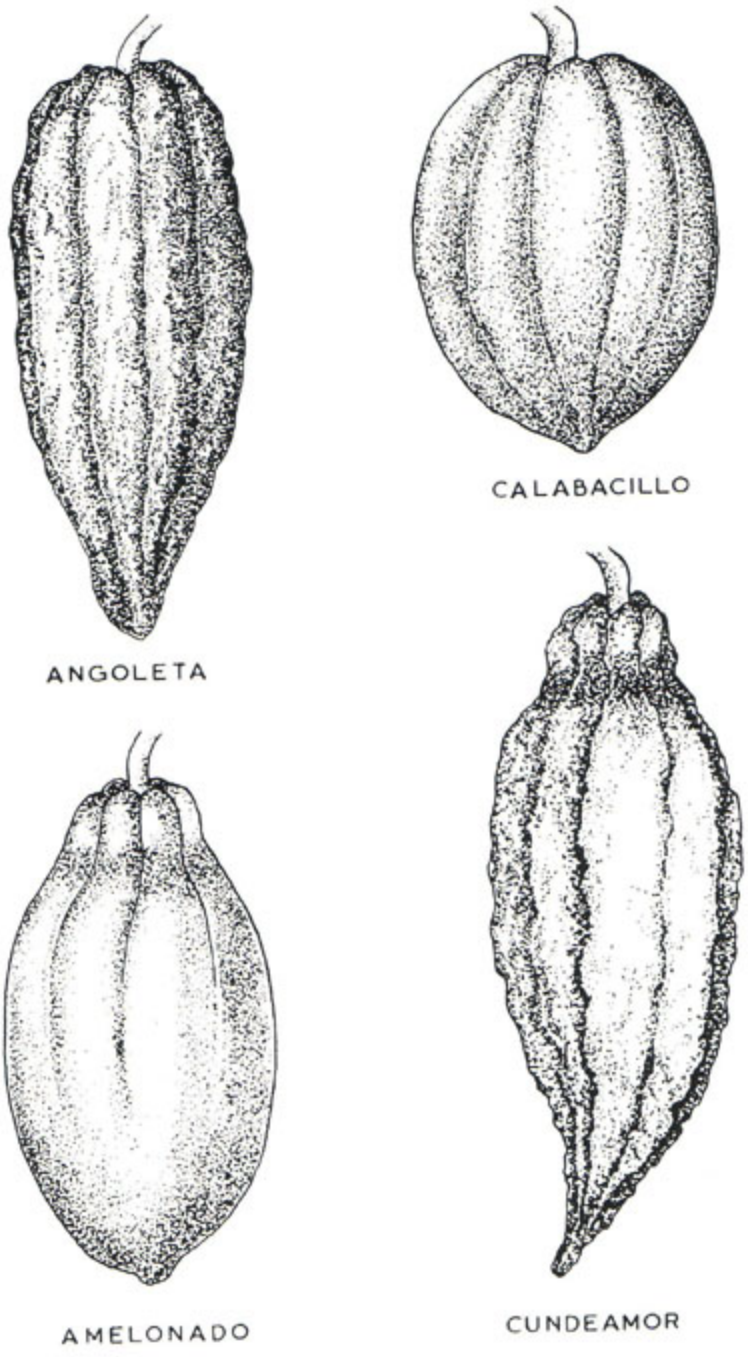

Figure 28 : Les principales formes de cabosses (14)

I.3-Classification des cacaoyers cultivés

Aujourd'hui, la seule espèce cultivée pour l'obtention de graines destinées à la préparation du chocolat et à l'extraction du beurre de cacao est *Theobroma cacao* L. On doit admettre que tous les types de cacaoyers cultivés appartiennent à cette même espèce. Il est possible toutefois de répartir les cacaoyers cultivés en trois grands groupes : Criollo, Forastero, Trinitario (figure 29) (89).

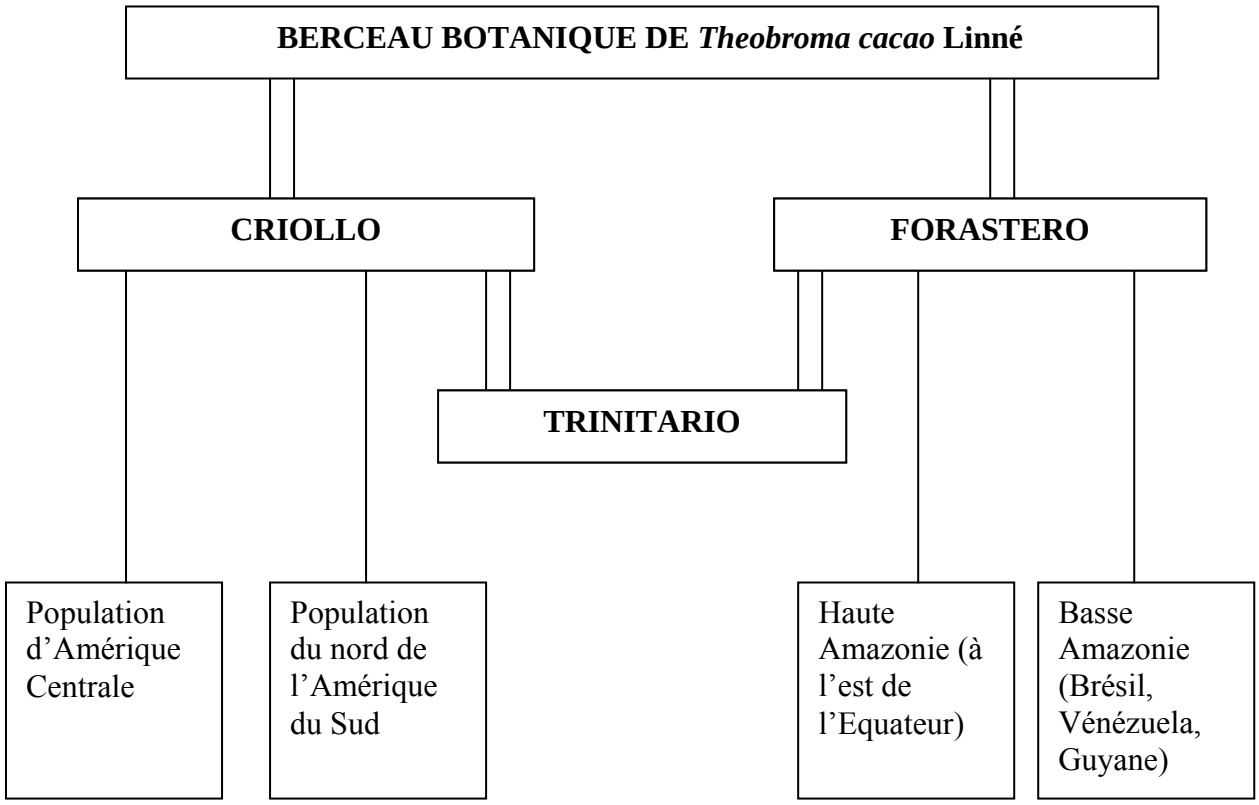

Figure 29 : Sous-espèces de *Theobroma cacao* Linné (89)

I.3.1-Le groupe des Criollo

Ils fournissent ce que, commercialement, on désigne par "cacao fin". Malgré leurs très grandes qualités, les Criollo ne sont presque plus cultivés actuellement car ils sont

moins vigoureux et sont plus sensibles aux maladies. Ils sont principalement cultivés au Mexique, en Colombie, au Nicaragua, au Vénézuela, à Madagascar et aux Comores. Leurs caractéristiques botaniques sont :

-des staminodes de couleur rose pâle ;

-une cabosse rouge ou verte avant maturité, allongée, profondément marquée de dix sillons égaux ;

-un péricarpe verruqueux mince, facile à découper ;

-un mésocarpe mince peu lignifié ;

-des fèves dodues ;

-des cotylédons frais de couleur blanche (8, 73).

I.3.2-Le groupe des Forastero

Ils fournissent la presque totalité des cacaos "courants" provenant du Brésil et de l'ouest africain qui constituent, à eux seuls, plus de 80% de la production mondiale de cacao. Leurs caractéristiques botaniques sont :

-des staminodes violets ;

-une cabosse verte puis jaune à maturité, de forme variable avec une surface lisse peu ou pas marquée de sillons ;

-un péricarpe épais et difficile à couper ;

-un mésocarpe fortement lignifié ;

-des fèves plus ou moins aplaties ;

-des cotylédons frais de couleur pourpre foncée (8, 73).

I.3.3-Le groupe des Trinitario

Ils fournissent actuellement 10 à 15% de la production mondiale de cacao. Le cacao d'origine Trinitario est de qualité intermédiaire entre celle des Criollo, cacaos fins, et des Forastero, cacaos courants. Leurs caractéristiques botaniques sont difficiles à définir car les Trinitario forment une population hybride ayant pour origine un croisement entre Forastero et Criollo. Les caractéristiques botaniques sont donc celles d'une population hybride très polymorphe où l'on peut observer tous les types intermédiaires entre Criollo et Forastero.

En effet, les premières cacaoyères de type Criollo introduites à Trinidad furent détruites par un cyclone. De nouvelles semences furent importées du Vénézuela, d'une région où existaient des arbres appartenant au groupe des Forastero amazoniens et de nombreuses hybridations eurent naturellement lieu avec les anciens Criollo (8, 73).

II-TECHNIQUES DE FABRICATION : DE LA FEVE AU CHOCOLAT

II.1-Récolte et préparation du cacao marchand

La graine de cacao, après l'écabossage, subit deux opérations : la fermentation et le séchage (figure 30).

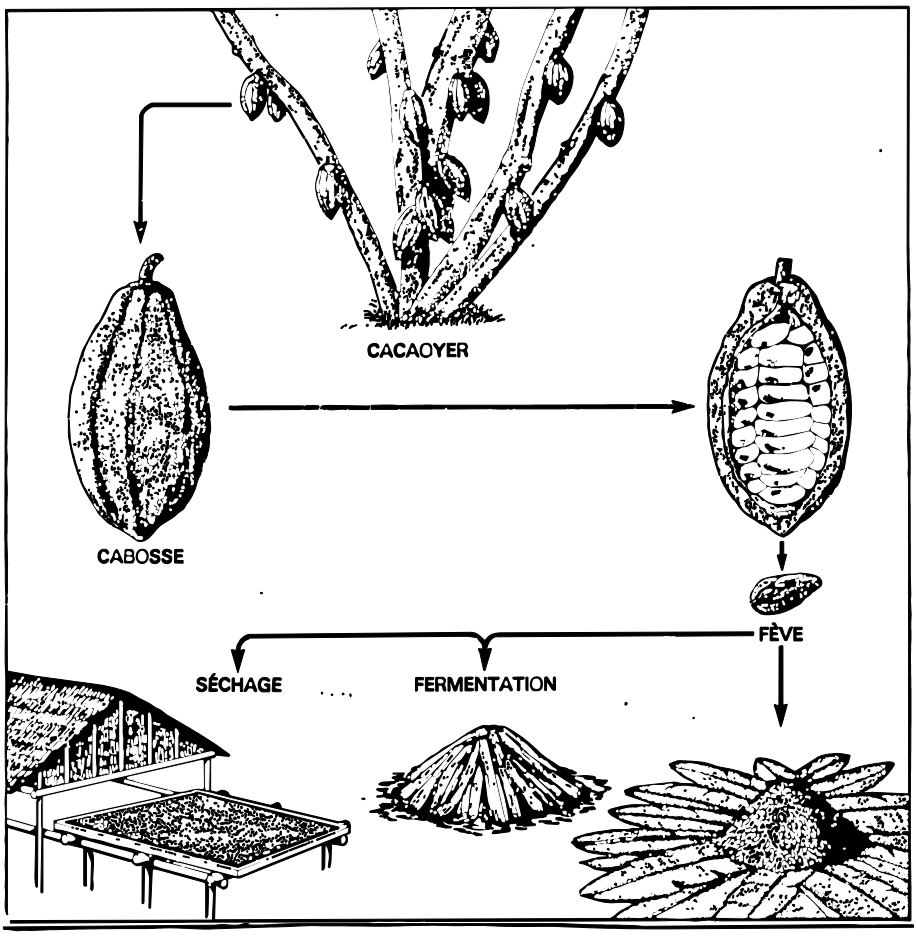

Figure 30 : Etapes préliminaires de la fabrication du chocolat

A l'issue de ces opérations, les graines portent le nom de "fèves de cacao" et sont le plus souvent exportées sous cette forme vers les pays utilisateurs (89).

II.1.1-Récolte des cabosses

Les cacaoyers fleurissent et portent des fruits toute l'année. Cependant, on compte deux récoltes de fèves par an : novembre-janvier et mai-juillet. Les cabosses sont mûres 4 à 9 mois après la fécondation de la fleur. La cabosse change alors de couleur, le vert virant au jaune et le rouge à l'orangé, et émet un son mat quand on tape dessus.

On cueille les cabosses au fur et à mesure qu'elles mûrissent : une cabosse mûre est en effet particulièrement vulnérable aux maladies et aux déprédateurs. La récolte des cabosses, avant maturité, produit un cacao de mauvaise qualité, pauvre en composés aromatiques.

La cueillette est manuelle et s'effectue par section franche du pédoncule, à l'aide de faucilles ou de serpettes, fixées à l'extrémité d'une perche. La récolte doit être effectuée à intervalles réguliers de 10 à 15 jours et ne devrait, en tout état de cause, jamais excéder 3 semaines (37, 74).

II.1.2-Ecabossage

L'écabossage est l'opération qui consiste à ouvrir les cabosses pour en extraire les graines. Il est réalisé au plus tard 6 jours après la récolte.

L'écabossage est effectué en bordure de cacaoyère : une fosse assez grande doit être prévue pour éliminer les déchets de cabosses, qui peuvent être réutilisés par l'industrie agroalimentaire.

L'écabossage se fait manuellement à l'aide d'un gourdin de bois ou d'un long couteau qui va permettre de briser la cabosse en deux hémisphères. Il existe maintenant des écabosseuse manuelles ou à moteur (74, 89).

II.1.3-Fermentation

La qualité du cacao est directement fonction de la conduite de la phase de fermentation et du séchage des fèves. Ces opérations provoquent la mort de l'embryon et l'apparition des précurseurs d'arôme chocolat qui seront développés lors de la torréfaction.

Après l'écabossage, on égrappe les fèves entourées de leur pulpe. On en fait des tas ou on remplit des caisses de bois avec ces fèves. On abandonne ensuite l'ensemble, recouvert de feuilles de bananier ou de sacs.

La pulpe, constituée de 12% de glucides et de 85% d'eau, est très vite ensemencée par des bactéries véhiculées par les mains, l'air, les parois des récipients. Pendant la fermentation, les fèves se couvrent rapidement d'une moisissure grisâtre et la température atteint 50 à 55ºC.

Des levures du genre *Saccharomyces* assurent ainsi une fermentation alcoolique de la pulpe. La fermentation alcoolique est anaérobie. La pulpe liquéfiée et fermentée constituait un breuvage très apprécié par les Espagnols et dénommé "vin de cacao".

A cette fermentation alcoolique succède une fermentation acétique, favorisée par le brassage des fèves qui introduit de l'oxygène dans la masse des fèves.

La durée de fermentation est variable, suivant le type de cacaoyer et les conditions climatiques.

On arrête la fermentation lorsqu'un certain nombre de caractéristiques sont réunies : gonflement des fèves, odeur de la masse, couleur brune des cotylédons. Ceci est obtenu en moyenne après 4 à 6 jours pour les cacaoyers de type Forastero et Trinitario et après 2 à 3 jours pour les cacaoyers de type Criollo (37, 74, 79).

II.1.4-Séchage

L'objectif du séchage est de ramener la teneur en eau des fèves fermentées, qui est d'environ 60%, à moins de 8%, de manière à assurer de bonnes conditions de conservation pour le stockage et le transport.

Le séchage permet aussi la volatilisation de composés volatils du cacao, dont l'acide acétique.

Deux modes de séchage peuvent être mis en œuvre :

-séchage naturel, au soleil, sur des claies ou à même le sol ;

-séchage artificiel, par un courant d'air chaud à une température de 50-80ºC, dans des appareils rotatifs, pouvant sécher une charge de 2 tonnes de fèves.

Dans certaines régions, existe encore la "danse du cacao" au cours de laquelle les autochtones parcourent l'aire de séchage sur des mélopées rythmées pour brasser et réguler l'action du soleil. Les fèves sont ainsi débarrassées de toutes leurs particules et acquièrent un brillant caractéristiques (30, 37, 74).

II.1.5-Nettoyage et mise en sac

Après le séchage, les fèves sont conditionnées en sac de jute. Cette opération est précédée d'un tri, avec élimination des fèves plates et des brisures. Les fèves plates ou malingres seront destinées à finir dans la poudre et le beurre de cacao. Les fèves bien dodues seront mises en sac pour être expédiées aux grands maîtres torréfacteurs de la chocolaterie.

Les normes internationales précisent que le poids net des sacs de cacao doit être de 62,5 kilogrammes, c'est-à-dire 16 sacs pour une tonne (37).

II.2-Traitement industriel des fèves de cacao

Après ces étapes préliminaires, survient le traitement industriel proprement dit (figure 31).

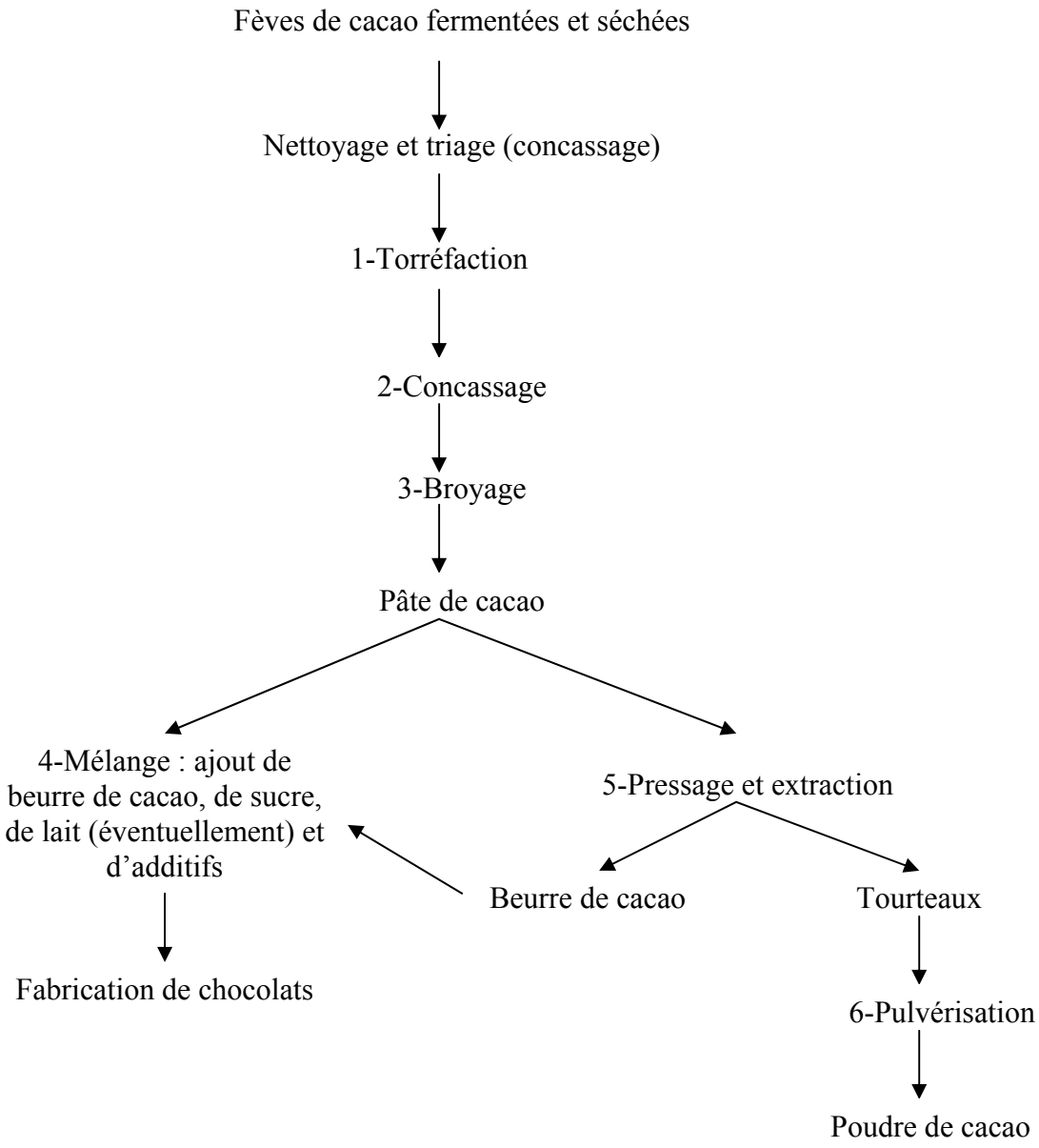

Figure 31 : Des fèves de cacao au chocolat (d'après La Chocolaterie-Alliance 7)

II.2.1-Torréfaction

Cette étape permet d'exacerber les parfums du cacao avant de concasser les fèves et de les décortiquer pour en extraire les amandes. Ce développement des arômes est dû à la réaction de Maillard qui a lieu lors de la torréfaction. On observe la formation, à partir de la leucine et de la phénylalanine, de 5-méthyl,3-phénylhexanal à flaveur chocolatée.

Chaque type de cacao oblige le torréfacteur à graduer le temps de torréfaction et la température atteinte. On peut considérer que la torréfaction se fait à une température comprise entre 100 et 140ºC et qu'elle dure environ 30 minutes.

De plus, la torréfaction permet d'évacuer l'humidité qui pourrait encore subsister dans les fèves. Cette opération s'effectue dans des torréfacteurs de forme sphérique (animés d'un mouvement de rotation) ou cylindrique, ordinairement chauffés au gaz, ou encore dans des appareils continus, sortes de colonnes verticales alimentées en air chaud. Le séchage de la fève facilitera son broyage.

Au cours de cette opération, les fèves perdent 5 à 10% de leur poids par élimination d'eau et d'autres substances volatiles (7, 82).

II.2.2-Concassage et décorticage

Les fèves sont introduites dans un concasseur qui va séparer la coque de l'amande. On procède ensuite au dégermage de l'amande, ce qui permet d'obtenir le cacao pur. Les différents éléments sont séparés entre eux par des courants d'air judicieusement réglés (18).

II.2.3-Broyage

Les particules de fèves issues des concasseurs sont introduites dans des broyeuses où des cylindres rainurés tournant à des vitesses différentes vont les écraser. La matière grasse est libérée et les débris végétaux vont être dispersés dans cette matière grasse. On obtient ainsi une pâte de cacao amère ou "grué". Si le broyage est trop grossier, le chocolat sera granuleux.

La pâte de cacao pourra suivre deux voies : celle de la confection du chocolat ou celle de l'obtention du beurre de cacao et de la poudre de cacao (18).

II.2.4-Mélange brut

La pâte de cacao obtenue est amère et grossière. Elle va d'abord être mélangée à du sucre, des aromates (vanille, cannelle), du beurre de cacao et éventuellement du lait. On obtient à ce moment une pâte homogène mais qui reste grossière.

II.2.4.1-L'affinage

La pâte va être à nouveau broyée pour réduire les particules qu'elle contient à une taille imperceptible pour la langue et le palais (inférieure à 25 microns).

Cette opération est réalisée dans des appareils comportant cinq cylindres lisses superposés, tournant à des vitesses de plus en plus rapides et en sens inverse. Cela facilite le déchirement des cellules du cacao et l'écrasement des cristaux de sucre. On obtient finalement de gros granulés de pâte de cacao (18).

II.2.4.2-Le conchage

Il permet l'élimination de toute trace d'humidité résiduelle, l'élimination des arômes indésirables, l'évacuation de l'excès d'acidité et d'amertume, la diffusion totale du beurre de cacao au sein de la pâte de cacao, l'exaltation des arômes et l'obtention d'une pâte veloutée et moelleuse.

Les granulés sont malaxés à chaud dans des pétrins spéciaux afin d'obtenir de nouveau une pâte. Celle-ci est longuement triturée dans des conches munis de cylindres ayant un mouvement circulaire et dans lesquels le chocolat subit une agitation lente et constante. Les conches sont chauffés à une température comprise entre 50 et 80°C et l'opération dure de 24 à 72 heures (figure 32) (7).

Figure 32 : Conches munis de cylindres où la pâte est malaxée

Le conchage n'est pas encore expliqué scientifiquement mais la pratique montre qu'il est indispensable pour obtenir des chocolats fins, de haute qualité.

Juste avant la fin du conchage, on ajoute à la pâte un peu de lécithine de soja ou du beurre de cacao pour donner une plus grande fluidité à la masse.

II.2.4.3-Le tempérage

Au cours de opérations précédentes, la pâte de cacao a été maintenue à des températures supérieures au point de fusion du beurre de cacao. Le tempérage permet de ramener la pâte à une température telle que le beurre de cacao cristallise sous sa forme stable. Cette cristallisation est obtenue par refroidissements et réchauffages successifs.

A ce stade, la pâte de cacao a acquis sa consistance et sa composition définitives et peut servir à la réalisation de chocolats (82).

II.2.5-Pressage et extraction

Afin de favoriser l'extraction du beurre de cacao, on procède à une alcalinisation de la pâte de cacao. Cette opération a pour but de supprimer l'astringence naturelle de cette pâte et de faire gonfler la cellulose.

On porte ensuite la pâte de cacao à une température de 100-110°C, puis elle est soumise à une pression longue et forte sous des presses hydrauliques. Le beurre de cacao qui s'en écoule est filtré, puis refroidi. Le résidu de la pression s'appelle le "tourteau" et doit contenir encore au moins 20% de matière grasse pour avoir droit à l'appellation "cacao en poudre" (18).

II.2.6-Pulvérisation

A leur sortie des presses, les tourteaux passent dans des concasseurs à dents de scie, puis dans une série de moulins qui les pulvérisent. La poudre de cacao est alors refroidie et tamisée.

Le cacao ainsi obtenu tendrait à se déposer rapidement au fond de la tasse. On doit donc lui conférer l'aptitude à se dissoudre plus facilement dans l'eau ou le lait. Plusieurs procédés ont été mis au point et ont abouti à l'élaboration de poudres de cacao pour la préparation instantanée des petits déjeuners (7).

III-CONSOMMATION DU CHOCOLAT

En Europe, la moyenne de consommation est de 4,4 kg/habitant/an soit 12 grammes par jour. La Suisse est le pays qui en consomme le plus : 10,23 kg/habitant/an soit 27,5 grammes par jour.

La consommation actuelle de chocolat des Français est estimée à 5,8 kg/habitant/an soit 16 grammes par jour. Cette consommation représente 16% de l'ensemble des produits sucrés consommés.

En France, la consommation n'est pas régulière : elle augmente en période de fêtes. La consommation du chocolat en tablette baisse, en revanche, celle des barres et biscuits chocolatés augmente (41).

IV-COMPOSITION DE LA FEVE DE CACAO

La composition de la fève de cacao dépend du type de cacaoyer, de la méthode de culture et des conditions climatiques. Il existe également des différences de composition entre la fève fraîche et la fève torréfiée. On peut néanmoins proposer des valeurs moyennes pour les différents constituants (tableau XVII).

Constituant	**Teneur du poids sec (%)**
Cendres	2,6-4,2
Matières grasses	48-57
Théobromine	1,3-2,0
Caféine	0,1-0,7
Protéines	9
Acides aminés libres	0,8
Glucose	0,1
Fructose	0,4-0,6
Amidon	4,5-7
Pectines	4,1
Cellulose	9
Acides organiques	0,05-0,5
Composés phénoliques	8-20

Tableau XVII : Composition chimique de la fève de cacao fermentée (82)

IV.1-Teneur en eau

La teneur en eau de la fève fermentée est de l'ordre de 60%. Mais afin d'assurer de bonnes conditions de conservation, les fèves sont séchées comme nous l'avons vu précédemment, et la teneur en eau est ainsi abaissée à moins de 8% (82).

IV.2-Teneur en éléments minéraux

La teneur en éléments minéraux est de l'ordre de 3 à 5%.

On y retrouve entre autres du calcium, du phosphore, du potassium, du sodium, du magnésium et du fer (tableau XVIII).

Elément	**Teneur en mg dans 25 g de cacao en poudre non sucré**
Ca	32
P	162
K	475
Na	15
Mg	125
Fe	3

Tableau XVIII : Composition moyenne en minéraux dans la poudre de cacao non sucrée (82)

Le calcium est présent sous forme d'oxalate. Cela représente un problème pour les personnes souffrant de calculs urinaires à base d'oxalate. En cas de lithiase oxalique connue, la consommation de chocolat est donc déconseillée.

Le chocolat contient peu de sodium, il ne favorise donc pas l'hypertension.

Le cacao est apparemment riche en magnésium mais la biodisponibilité de celui-ci est faible en raison de la présence d'oxalates qui complexent les cations divalents. On observe le même phénomène pour le fer (88).

IV.3-Contenu glucidique

Avant la fermentation, on ne trouve quasiment pas de sucres réducteurs dans les fèves. Par contre, le sucre principal des fèves est le saccharose (1 à 1,2%).

La teneur en sucres réducteurs, fructose et glucose, ne représente après fermentation qu'environ 25% de la teneur initiale en saccharose, la teneur en fructose (0,2-0,4%) étant nettement supérieure à celle du glucose (0,07-0,1%). Les teneurs en fructose et glucose sont faibles mais équivalentes pour de fèves peu ou pas fermentées (86).

La cinétique d'évolution de ces composés indique plus précisément que la teneur en saccharose diminue très rapidement au début de la fermentation. Sans que ces mécanismes aient été démontrés, il est vraisemblable que les sucres réducteurs se forment par l'hydrolyse des polyholosides et du saccharose (115).

Ces sucres réducteurs participent à la réaction de Maillard qui conduit à la formation d'arômes, par combinaison à des acides aminés libres. Le composé d'addition obtenu subit une déshydratation et on obtient une glycosamine N-substituée. Enfin, en milieu acide et grâce à une transposition appelée réarrangement d'Amadori, cette glycosamine conduit à la formation d'un 1-amino-1-désoxy-2-cétose. Ce dernier va subir d'autres déshydratations, plus ou moins importantes, avant de conduire à des composés de type aldéhydes ou pyrazines, responsables de l'arôme du cacao (82).

IV.4-Contenu protidique

Avant la fermentation, les fèves ne contiennent que 0,2% d'acides aminés libres. Au cours de la fermentation, les protéines sont hydrolysées et la teneur en acides aminés libres est multipliée par trois. Les protéines de réserve sont hydrolysées par des protéases et conduisent à la formation de plus de 80 oligopeptides et acides aminés libres différents. La nature de ces composés dépend du pH qui varie au cours de la fermentation. Les protéines sont d'abord hydrolysées par une endopeptidase aspartique (pH optimum=3,5) et conduisent à la formation d'oligopeptides hydrophobes. Ces derniers, sous l'action d'une carboxypeptidase (pH optimum=5,6), conduisent à la formation d'oligopeptides hydrophiles et d'acides aminés tels que l'alanine, la valine, la leucine et la phénylalanine (tableau XIX) (82).

Acides aminés	Teneur en gramme pour 100g de cacao
Acide aspartique	1,22
Acide glutamique	2,56
Alanine	0,77
Arginine	0,77
Cystine	0,32
Glycocolle	0,70
Histidine	0,32
Isoleucine	0,55
Leucine	1
Lysine	0,68
Méthionine	0,20
Phénylalanine	0,76
Proline	0,70
Sérine	0,75
Thréonine	0,20
Tryptophane	1,50
Tyrosine	0,51
Valine	0,80

Tableau XIX : Acides aminés présents dans le cacao (88)

IV.5-Contenu lipidique

Les lipides représentent 45 à 50% du poids de l'amande et forment ce que l'on appelle le "beurre de cacao" (31).

Le beurre de cacao est l'élément le plus cher trouvé dans le chocolat et utilisé en quantité importante dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique, même s'il tend à être supplanté par d'autres excipients synthétiques plus maniables (89).

Le beurre de cacao est un mélange de glycérides (mono-, di- ou triglycérides), les principaux acides gras du beurre de cacao étant :

-l'acide palmitique en C16 (P)

-l'acide oléique en C18 (O)

-l'acide stéarique en C18 (S)

-l'acide linoléique en C18 (tableau XX) (64).

Acides gras	Proportion dans le beurre de cacao
Acide palmitique	26%
Acide oléique	37%
Acide stéarique	34%
Acide linoléique	2%

Tableau XX : Composition en acides gras du beurre de cacao (64)

Le beurre de cacao est donc majoritairement composé d'acides gras saturés (palmitique et stéarique).

Le nombre restreint d'acides gras donne mathématiquement un nombre restreint de triglycérides. Les acides gras en position externe sont le plus souvent saturés, on obtient donc cinq types de triglycérides (tableau XXI) (13).

Triglycérides	Proportion dans le beurre de cacao
Oléopalmitostéarine (SOP)	52%
Oléodistéarine (SOS)	19%
Oléodipalmitine (POP)	16%
Stéarodioléine (SOO)	12%
Palmitodioléine (POO)	9%

Tableau XXI : Composition en triglycérides du beurre de cacao (13)

On trouve également 1 à 2% de lipides polaires (glycolipides et phospholipides). Les phospholipides ont pour effet de diminuer la viscosité du beurre de cacao (89).

Parmi les composés lipidiques du beurre de cacao, on retrouve un fraction insaponifiable. Les insaponifiables sont présents à hauteur de 0,3% dans le beurre de cacao. Ils comprennent des stérols, tels que le campostérol, le stigmastérol et le β-sitostérol, des terpènes, des alcools aliphatiques à longue chaîne et des vitamines liposolubles (A, D, E et K). La fraction insaponifiable ne contient pas de cholestérol, stérol spécifique des graisses animales (82).

IV.6-Composés phénoliques

Ils peuvent représenter jusqu'à 20% du poids de l'amande. Ce sont eux qui colorent la graine et qui sont modifiés au cours de la fermentation et de la dessiccation.

Longtemps mal connus et désignés sous les noms de “cacaonine”, de “rouge de cacao”, de “pourpre de cacao”, leur constitution a été étudiée en Angleterre par Forsyth à partir 1952 (78).

Au cours de la fermentation, les composés phénoliques libèrent des sucres et des aglycones qui se polymérisent, s’oxydent en quinones et se combinent aux protéines. Ces réactions diminuent la teneur en polyphénols de 70 à 80%. Cette diminution est due à des phénomènes de diffusion, de tannage et de polymérisation oxydative. Elle va permettre un fort abaissement de l’astringence et amenuiser l’inhibition des réactions de développement de l’arôme dont les polyphénols sont responsables au cours de la torréfaction.

La présence de polyphénols dans la plante dépend de plusieurs facteurs, dont le degré de maturité, la variété de la plante et son état de conservation.

Les polyphénols les plus nombreux dans le cacao sont des flavonoïdes et des tanins (82).

IV.6.1-Les flavonoïdes

Ce sont eux à proprement parler qui sont responsables de la coloration pourpre de la fève. Ces pigments naturels sont représentés par des flavones (ou phényl-2-chromones) et des flavanols et leurs hétérosides.

Parmi les flavones, on retrouve dans le cacao l’isovitexine, la clovamide et la désoxyclovamide.

On retrouve dans le cacao des génines de flavanols très proches de celles du thé. On trouve notamment l’isoquercétine majoritairement, ainsi que la quercétine-3-glucuronamide et la quercétine en proportions moindres.

Enfin, parmi les O-hétérosides de flavanols est représentée surtout la quercétine-3-O-α-L-arabinopyranoside (3, 48, 63).

IV.6.2-Les tanins

On retrouve surtout dans la fève de cacao des tanins condensés. Ils peuvent exister sous la forme de monomères flavaniques ou sous la forme d’oligomères plus ou moins condensés.

Les principaux représentants des tanins sont des monomères catéchiques. Le cacao contient quatre fois plus de monomères catéchiques anti-oxydants que le thé. On retrouve dans le cacao les mêmes monomères flavaniques que dans le thé mais en proportions différentes. En effet, dans le thé, les monomères principaux sont le gallate de (-) épicatéchine, le gallate de (-) épigallocatéchine, puis en quantités plus faibles la (+) catéchine, la (-) épicatéchine, le gallate de (-) épigallocatéchine et la (+) gallocatéchine. Par contre, dans le cacao, ce sont la (+) catéchine et la (-) épicatéchine qui sont les représentants majoritaires des monomères flavaniques. Ces monomères sont incolores et hydrosolubles. Ils confèrent à la fève fraîche son amertume et son astringence.

Parmi les tanins, on retrouve également des oligomères proanthocyanidoliques. Ils résultent de la condensation d'épicatéchine et de catéchine. Ces oligomères représentent 60% du contenu total en polyphénols de la fève. Les principaux oligomères du cacao sont le procyanidol B2, le procyanidol B5 et le procyanidol C1 (32, 59, 108).

IV.7-Substances volatiles

De nombreuses substances volatiles sont responsables de l'arôme cacao. On compte à ce jour près de 500 composés connus, volatils ou non et répartis en 17 classes chimiques distinctes, participant à cet arôme. Les pyrazines sont les composés prédominants (20% du nombre de composés identifiés dans l'arôme), viennent ensuite les esters (13%), les hydrocarbures (13%) et les acides (11%).

La flaveur (goût et arôme perçus simultanément) du cacao torréfié se décompose selon les sources de la manière suivante :

-la flaveur de base : pyrazines, aldéhydes ;

-le fruité : esters ;

-l'astringence : composés phénoliques ;

-l'amertume : purines, dicétopipérazines ;

-la flaveur "noisette" : complexe polypeptides-phénols, pyrazines ;

-la flaveur "miel" (15).

IV.8-Bases xanthiques

Comme dans le thé et le café, on retrouve les mêmes bases xanthiques mais en proportions différentes (tableau XXII).

Base xanthique	Café	Thé	Cacao
Caféine	1-2,5%	2-5%	<0,3%
Théobromine	0,002%	0,07-0,17%	1-3%
Théophylline	0,0005%	0,002-0,013%	non détectable

Tableau XXII : Teneurs en bases xanthiques dans le café, le thé et le cacao

La théobromine est donc la base xanthique prépondérante dans le cacao. Elle dérive de l'oxydation de l'acide urique. Elle a été isolée pour la première fois en 1842 par Woskrenski.

C'est un stimulant du système nerveux central et elle améliore les performances musculaires. Elle possède un effet inotrope positif inférieur à celui de la caféine. Elle a également des propriétés diurétiques faibles (12, 70).

IV.9-Amines biogènes

IV.9.1-La sérotonine

La sérotonine, ou 5-hydroxytryptamine (figure 33), est un neuromédiateur qui dérive du tryptophane, acide aminé que l'on retrouve en grande quantité dans le cacao. En effet, 100 g de chocolat noir apportent 2,7 mg de sérotonine.

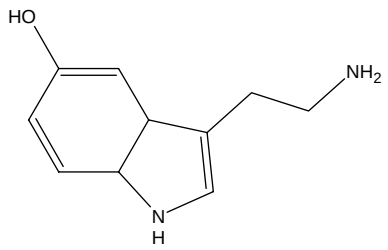

Figure 33 : Structure de la sérotonine

Le taux de sérotonine est abaissé au cours des dépressions nerveuses. Or, non seulement le chocolat en contient naturellement, mais la caféine et le sucre qu'il renferme stimulent également la sécrétion de sérotonine par l'organisme, ce qui permet de corriger le trouble chimique initial. C'est donc à la sérotonine que serait due l'action anti-dépressive que l'on impute au chocolat (88, 93).

IV.9.2-La phényléthylamine (PEA)

La phényléthylamine appartient à la famille des catécholamines et est obtenue par décarboxylation de la phénylalanine.

On trouve également de la PEA dans les fromages et certains vins rouges. Elle agirait en libérant des substances vaso-actives qui favoriseraient la survenue de crise migraineuse.

Cette molécule a une structure proche de celles des amphétamines dont on connaît les propriétés psychostimulantes. Les amphétamines ont surtout des propriétés d'éveil dues à leur action sur le système nerveux central. Dans le chocolat des Aztèques, qui était brut, ces effets étaient très puissants, voire quasiment hallucinogènes. L'adjonction de saccharose diminuerait l'action psychotonique du chocolat. Il est donc préférable de prendre un chocolat très riche en cacao pour bénéficier au maximum de ses propriétés stimulantes (88, 93).

IV.9.3-L'histamine

L'histamine est une amine hétérocyclique dérivant de l'histidine par décarboxylation (figure 34).

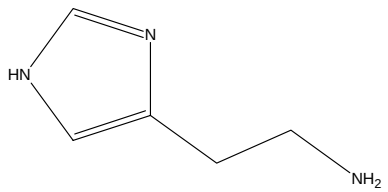

Figure 34 : Structure de l'histamine

L'histamine est présente chez l'Homme dans les mastocytes tissulaires, les granulocytes basophiles, les cellules pariétales de l'estomac et les neurones. Elle intervient dans les mécanismes de défense de l'organisme contre les agressions. Elle joue un rôle important dans le déclenchement des phénomènes allergiques et notamment dans le choc anaphylactique.

L'histamine est un puissant vasodilatateur . Elle stimule la fréquence et la force de contraction du cœur, provoque une broncho-constriction, active la motricité intestinale et stimule les sécrétions gastriques (88, 93).

IV.9.4-La tyramine

La tyramine, ou 4-hydroxyphénylélthylamine, provient de la décarboxylation de la tyrosine.

Ses effets sont proches de ceux des amphétamines et elle peut égalemnt déclencher des migraines.

Dans l'organisme, 85% de la tyramine sont oxydés en une substance inactive, grâce à l'action d'une enzyme, la Mono-Amine-Oxydase (M.A.O.). S'il existe un déficit de cette enzyme, la tyramine s'accumule anormalement dans le corps et peut provoquer des migraines (47, 88, 93).

IV.9.5-Autres amines

Le cacao contient aussi d'autres amines à l'état de trace comme l'octopamine, qui est un analogue structural de la noradrénaline, la synéphrine, la normétanéphrine et la méthylamine.

Toutes ces amines ont souvent été impliquées dans des phénomènes d'intolérance au chocolat, dont l'une des manifestations la plus fréquente est la migraine. Si par ailleurs le terme d'allergie au chocolat est employé abusivement, il n'est pas question de remettre en cause l'existence de telles migraines alimentaires (55, 88, 93).

IV.10-Anandamine et salsolinol

Ces deux composés seraient responsables du bien-être et du plaisir que procure la consommation de chocolat. Ce sont également eux qui seraient responsables de ce que l'on appelle la chocolatomanie, une véritable addiction au chocolat.

IV.10.1-L'anandamine

L'anandamine est un dérivé de l'acide arachidonique. Dans le cerveau, l'acide arachidonique est couplé à l'éthanolamine pour donner l'arachidonyléthanol, c'est-à-dire l'anandamine.

Cette molécule possède une grande affinité pour les récepteurs aux cannabinnoïdes et déclenche une exacerbation des sensations et une euphorie. Ainsi, le désir intense de chocolat ne serait pas seulement dû au goût ou à la texture, mais aussi à un sentiment de bien-être accru, similaire à celui produit par les cannabinoïdes présents dans le cannabis (88).

IV.10.2-Le salsolinol

Le salsolinol est un alcaloïde tétrahydroisoquinoléinique (figure 35). Ce composé est actif sur les récepteurs dopaminergiques : il se lie aux récepteurs D2 et surtout D3.

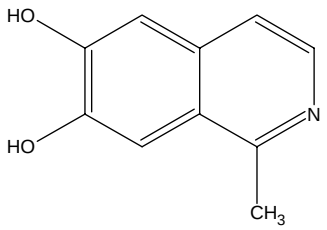

Figure 35 : Structure du salsolinol

Il inhibe la formation d'AMPc et permet la libération des β-endorphines et de l'ACTH à partir des cellules pituitaires.

Le salsolinol est l'un des principaux composés psycho-actifs du chocolat. Il aurait un effet antidépresseur et possède une certaine affinité pour les récepteurs opiacés. Il

pourrait être responsable de l'addiction. De plus, le salsolinol induit une sécrétion de peptides opiacés cérébraux, ce qui expliquerait que le chocolat ne soit pas seulement une source de plaisir gustatif, mais induise aussi un surcroît de plaisir de nature plus cérébrale (69).

V-UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES DU CACAO

Au siècle dernier, on fabriquait et on vendait couramment toute une série de chocolats médicinaux aux nombreuses propriétés. On confectionnait par exemple un chocolat purgatif à la magnésie, un chocolat antivénérien à base de sublimé corrosif et de baume de Pérou, un chocolat antihelminthique à base d'huile de croton et de calomel et bien d'autres sortes de chocolats destinés à soulager toutes sortes de maux.

De nos jours, seuls le beurre de cacao et la poudre de cacao sont utilisés en tant qu'excipients. Le chocolat n'est plus considéré comme possédant de pouvoir curatif.

V.1-Utilisations du beurre de cacao

Le beurre de cacao a longtemps été l'excipient de référence pour la fabrication des suppositoires. En effet, il présente de nombreux avantages qui ont été mis à profit dans la réalisation de cette forme galénique.

Il n'a pas d'effet thérapeutique propre et il ne réagit pas avec les substances auxquelles il sert de véhicule. Il fond à une température voisine de 37°C et fournit des suppositoires de belle apparence et de bonne consistance à température ordinaire. Il ne pose pas de problèmes d'aseptie, on peut le stériliser par tyndalisation. Son indice d'acidité est faible et il est bien toléré.

En revanche, le beurre de cacao présente aussi quelques inconvénients. Il n'est pas miscible à l'eau, il ne l'absorbe pas et ne forme pas d'émulsion. Lorsqu'il est trop chauffé, il subit des modifications qui le transforment en des formes moins stables et les formes stables deviennent alors difficiles à obtenir. Il se conserve mal et rancit facilement. De plus, certains composés comme le camphre, le chloral ou les phénols abaissent son point de fusion (64).

Pour des raisons économiques, le beurre de cacao est onéreux, et pour des raisons pratiques, il est difficile à manipuler. Pour toutes ces raisons, le beurre de cacao a été remplacé dans de nombreuses spécialités par des composés hémi-synthétiques. Néanmoins, on le retrouve encore comme excipient pour suppositoire dans les spécialités suivantes : GOMENOL RECTAL adulte et enfant, HEXAQUINE adulte et EUBINE 20 mg (104).

Outre son emploi comme excipient pour suppositoire, le beurre de cacao sert également de base à certaines pommades. Il sert aussi à confectionner des sticks pour les lèvres destinés à lutter contre les gerçures et ceci en raison de son pouvoir couvrant et graissant. Il entre dans la composition de crèmes et d'huiles solaires. Enfin, il participe à la confection de bougies vaginales destinées à l'usage vétérinaire.

Le beurre de cacao est également utilisé dans la fabrication de certains comprimés à base de vitamines. En effet, il permet de dissoudre les vitamines liposolubles comme on en trouve dans les spécialités AROVIT 50000UI, EPHYNAL 100 mg, ROVIGON et VITAMINE K1 ROCHE (104).

La fraction insaponifiable du beurre de cacao représente 0,3% de la masse du beurre de cacao. Elle est composée en grande partie de stérols et de tocophérol.

D'autres fractions insaponifiables telles que celles de l'avocat et du soja sont déjà utilisées en thérapeutique : les spécialités PIASCLEDINE et INSADOL sont utilisées en stomatologie. En outre, il semblerait que la fraction insaponifiable du beurre de cacao ait un effet synergique de celle de l'avocat.

Enfin, le beurre de cacao est utilisé en grande quantité dans l'industrie agro-alimentaire : il entre en effet dans la composition du chocolat auquel il confère des qualités de texture (35, 107).

V.2-Utilisations de la poudre de cacao

La poudre de cacao est essentiellement utilisée comme aromatisant et correctif de goût de certains médicaments (tableau XXIII).

Forme	Spécialités
Soluté buvable	APHLOINE P PAXELADINE RHINATHIOL prométhazine
Poudre et gelée	FUMAFER LUBENTYL à la magnésie
Comprimés	ALVITYL dragées AROVIT ROCHE EPHYNAL

Tableau XXIII : Spécialités aromatisées au chocolat (104)

En ce qui concerne la spécialité EPHYNAL, ce n'est pas vraiment de la poudre de cacao qui joue le rôle d'aromatisant mais de la poudre de coques de fèves de cacao.

L'amertume naturelle prononcée de la poudre de cacao permet de masquer longuement les mauvais goûts, puisque la sensation d'amertume est celle qui est la plus rémanente au niveau des papilles gustatives. La poudre de cacao étant un corps gras, les noyaux des comprimés contenant cette poudre sont très peu durs, ce qui rend leur dragéification délicate. Par contre, la présence de ce corps gras est intéressante quand on veut incorporer des vitamines liposolubles dans le comprimé. Cette technique est utilisée pour introduire les vitamines A, D, E et K dans les comprimés d'ALVITYL. Par ailleurs, on a utilisé à la fois la poudre de cacao et le beurre de cacao pour incorporer la vitamine E aux dragées d'ALVITYL (89, 104).

VI-UTILISATIONS COSMETIQUES DU CACAO

Depuis quelques années, le chocolat et le cacao font leur apparition dans la composition des cosmétiques. C'est l'aspect plaisir du chocolat qui est mis en avant ainsi que son origine naturelle.

Diverses propriétés des composants du cacao sont revendiquées : ce sont, d'une part, les propriétés des polyphénols qui sont exploitées et notamment leur pouvoir antioxydant, et d'autre part c'est l'action lipolytique des bases xanthiques qui est mise à profit.

VI.1-Le pouvoir antioxydant des polyphénols de cacao

VI.1.1-Les actions des polyphénols

On retrouve dans le cacao quasiment les mêmes polyphénols sur un plan qualitatif mais non quantitatif (les quantités étant nettement supérieures dans le cacao) que dans le thé et le vin rouge. Il restait à savoir si ces mêmes polyphénols avaient une activité anti-oxydante équivalente.

Ce sont surtout les monomères catéchiques qui possèdent les propriétés anti-oxydantes les plus évidentes. Leur structure chimiques leur permet de capter les radicaux libres et donc de les rendre inactifs. Les polyphénols inhibent la peroxydation des lipides, et notamment du LDL-cholestérol, de façon équivalente à l'α-tocophérol qui est un anti-oxydant bien connu. Cependant, les polyphénols ont une action bien supérieure à l'α-tocophérol en ce qui concerne l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique (32, 48, 57).

On peut en outre supposer que l'on pourrait tirer bien d'autres bénéfices de la structure des polyphénols. En effet puisque ceux-ci captent les radicaux libres, on peut penser qu'ils seraient capables de protéger des molécules telles que l'ADN, les protéines de structure, les enzymes et les lipides des membranes cellulaires des dommages créés par l'exposition solaire. Ce sont ces agressions par les radicaux libres qui sont responsables du vieillissement de nos cellules (32).

Il semblerait finalement que les polyphénols du cacao auraient une action anti-oxydante supérieure à ceux du thé et du vin rouge. Cependant, ces polyphénols pourraient aussi intervenir à d'autres niveaux dans notre organisme mais ceci ne serait pas lié à leur pouvoir anti-oxydant. Le cacao et ses nombreux composants reste donc un sujet de recherche actuel (32).

Si des actifs anti-oxydants issus du cacao ne font pas encore partie de notre arsenal thérapeutique, ils sont tout de même utilisés en cosmétique en tant qu'actifs anti-âge.

VI.1.2-La ligne Phytochoc® (Nuxe)

Les laboratoires Nuxe ont mis au point cette ligne de soins après trois ans de recherche. Elle est fondée sur les pouvoirs anti-oxydant, nourrissant et hydratant des polyactifs de cacao.

VI.1.2.1-Action anti-oxydante

Ce sont les polyphénols qui sont responsables de cette action comme nous l'avons déjà montré. Les radicaux libres en altérant les cellules de l'épiderme rendent le visage terne, il perd de son éclat et de sa luminosité. Les polyphénols agissent comme des conservateurs naturels en piégeant les radicaux libres responsables du vieillissement cutané.

L'efficacité anti-âge de la ligne Phytochoc® a été testée en milieu hospitalier et sous contrôle dermatologique. Ces tests démontrent une efficacité mesurable, immédiate et durable. En effet, après 28 jours de soins, la profondeur des rides a diminué de 55% et leur longueur est réduite de 20%.

VI.1.2.2-Action hydratante

Ce sont les acides aminés du cacao qui sont responsables de l'action nourrissante et hydratante de Phytochoc®. L'association des acides aminés constitue un apport nutritif considérable pour les cellules de l'épiderme et permet d'activer la micro-circulation cutanée. Grâce à cette association, on obtient un effet tenseur de la peau immédiat et durable. Pour renforcer cette action hydratante du cacao, la formulation a été enrichie en extraits végétaux gorgés d'eau tels que des extraits de melon, d'acacia et d'algues marines. Ces extraits pénètrent dans la couche cornée et améliorent considérablement l'hydratation. Il en résulte un effet coup d'éclat immédiat puis la formule diffuse progressivement les actifs hydratants pour un effet de longue durée.

Cet effet tenseur a été testé en milieu hospitalier et sous contrôle dermatologique. On observe une augmentation de l'hydratation des couches supérieures de l'épiderme de l'ordre de 97% dès 30 minutes d'où un coup d'éclat immédiat, et à plus long terme, c'est-à-dire au bout de 6 heures, une augmentation de l'hydratation des couches supérieures de l'épiderme de l'ordre de 40%.

VI.1.2.3-Action stimulante de l'activité cellulaire

Les insaponifiables de cacao contenus dans le beurre de cacao agissent au cœur de l'épiderme pour stimuler la production d'élastine et de collagène par les fibroblastes. Cette stimulation a pour conséquence une augmentation de la souplesse et de l'élasticité de la peau.

En effet, ces insaponifiables sont en partie constitués de stérols qui favorisent la turgescence des tissus, la cicatrisation et l'hydratation, de squalènes, agents naturels du Natural Moisturizing Factor et de vitamines liposolubles (A, D, E et K).

La ligne de soins Phytochoc® est donc une combinaison de trois actifs anti-âge extraits du cacao :

-les polyphénols qui sont des conservateurs naturels des cellules ;

-les acides aminés qui nourrissent la peau ;

-les insaponifiables qui relancent l'activité cellulaire de l'épiderme.

La ligne de soins Phytochoc® s'adresse aux femmes de tous âges mais peut s'utiliser dès 25/30 ans quand l'hydratation ne suffit plus et qu'il faut prévenir les attaques du temps.

Cette ligne se décline en trois produits adaptés aux différents types de peaux (tableau XXIV).

Produits	**Utilisation**
Sérum liftant	Appliquer le matin et le soir sur le visage, le cou et le contour de l'œil : -seul en coup d'éclat avant le maquillage, -avant la crème ou l'émulsion pour une action renforcée
Emulsion Lift' Jeunesse	Appliquer le matin et le soir après le sérum ou seule. L'émulsion convient surtout aux peaux normales à mixtes.
Crème Lift' Jeunesse	Appliquer le matin et le soir après le sérum ou seule. La crème convient surtout aux peaux sèches à très sèches.

Tableau XXIV : Produits de la ligne de soins Phytochoc®

VI.1.3-Autres produits

Dans le même esprit, les laboratoires Payot ont mis au point une ligne, "Les Revitalisantes", à base de cacao pour dynamiser les peaux fatiguées et stressées mais sans agir

sur la formation des rides. L'action de cette ligne s'appuie sur le magnésium qui détend et la phényléthylamine qui stimule.

Le "Sérum de Choc", pour combattre le stress, contient un cocktail énergisant : cacao, gelée royale et ginseng. Ensuite, on peut appliquer la "Crème de Choc" pour tonifier la peau. Celle-ci est un véritable soin réveil toujours à base de cacao, renforcé par un cocktail de vitamines, un extrait de thé vert et de la gelée royale.

VI.2-Les bases xanthiques et leur activité lipolytique

Le cacao contient les mêmes bases xanthiques que le thé et le café. Par conséquent, on retrouve quasiment les mêmes produits cosmétiques aux vertus amincissantes.

Celluli-choc® est un gel à base de caféine et de théobromine, toutes les deux extraites du cacao. La caféine, de même que la théobromine, stimule la lipolyse en inhibant la 3'5'phosphodiestérase ce qui conduit à une augmentation du taux d'AMPc. L'AMPc active ensuite une protéine-kinase, qui elle-même active la triglycéride lipase qui dégrade les triglycérides en acides gras libres et en glycérol.

Pour une action complète, Celluli-choc® associe un concentré actif de cacao, la Caobromine® qui est en fait une association de caféine et de théobromine, et des extraits végétaux aux propriétés désinfiltrantes et vaso-actives tels que le ginkgo biloba, la noix de kola et le séricoside. Ces extraits végétaux permettent d'éliminer plus facilement les graisses destockées. Trente jours d'application de Celluli-choc® permettent de diminuer progressivement l'aspect capitonné de la peau et d'affiner le grain de la peau.

CONCLUSION

Depuis leur découverte au XVIIème siècle, le thé, le café et le chocolat n'ont cessé de gagner en popularité jusqu'à devenir les produits de consommation que nous connaissons tous. Parallèlement aux multiples utilisations de ces trois plantes dans le domaine de l'agroalimentaire se sont développées des utilisations cosmétiques. Les produits cosmétiques à base de thé, de café et de chocolat ont alors bénéficié de l'image que ces plantes véhiculaient déjà en tant que produits agroalimentaires : le côté stimulant pour le café, le bien-être et la sérénité pour le thé, le plaisir pour le chocolat.

Nous avons vu à travers l'étude de la composition chimique du thé, du café et du chocolat que ces trois plantes avaient en commun de nombreux composés et notamment les bases xanthiques. Compte tenu de ces similitudes au niveau de la composition, on retrouve le thé, le café et le chocolat dans des produits cosmétiques qui ont des actions voisines. En effet, on retrouve le thé, le café et le chocolat dans de nombreux produits anti-cellulite où l'activité lipolytique des bases xanthiques est mise à profit. L a recherche de la minceur faisant partie des actuels critères de beauté, on peut penser que les produits cosmétiques à base de thé, de café et de chocolat ont encore de beaux jours devant eux.

LISTE DES ABREVIATIONS

A.C.T.H.: Adéno Cortico Trophine Hormone

A.D.N.: Acide Désoxyribo Nucléique

A.M.P.c. : Adénosine MonoPhosphate cyclique

A.T.P.: Adénosine TriPhosphate

C.O.M.T.: Catéchol-O-Méthyl Transférase

H.D.L.: High Density Lipoprotein

HMG-Co A: Hydoxy-Méthyl-Glutaryl Coenzyme A

L.D.L.: Low Density Lipoprotein

M.A.O.: Mono Amine Oxydase

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Feuilles, fleurs et boutons floraux de théier (page 8)
Figure 2 : Fleur de théier (page 9)
Figure 3 : Cueillette du thé (page 10)
Figure 4 : Bourgeon terminal ou Pekoe (page 11)
Figure 5 : Structure de la phényl-2-chromone (page 20)
Figure 6 : Structure de l'acide gallique (page 20)
Figure 7 : Structure de l'acide ellagique (page 20)
Figure 8 : Structure de la (+) catéchine (page 22)
Figure 9 : Structure de la (-) épicatéchine (page 22)
Figure 10 : Structure de la caféine (page 24)
Figure 11 : Structure de la théophylline (page 24)
Figure 12 : Structure de la théobromine (page 24)
Figure 13 : Caféier (page 37)
Figure 14 : Fleurs de caféier (page 38)
Figure 15 : Fruits du caféier (page 38)
Figure 16 : Coupe d'une drupe (page 39)
Figure 17 : Graine du caféier (page 39)
Figure 18 : Stockage en sacs de jute des grains de café (page 42)
Figure 19 : Les différentes étapes du traitement industriel (page 43)
Figure 20 : Structure de la trigonelline (page 54)
Figure 21 : Structure de l'acide chlorogénique (page 55)
Figure 22 : Mécanismes biochimiques de la lipolyse (page 66)
Figure 23 : Origine et évolution des cacaos cultivés (page 72)
Figure 24 : Tronc de cacaoyer portant les cabosses (page 73)
Figure 25 : Feuille de cacaoyer (page 73)
Figure 26 : Photographie de cabosse (page 75)
Figure 27 : Intérieur d'une cabosse (page 75)
Figure 28 : Les principales formes de cabosse (page 76)
Figure 29 : Sous-espèces de *Theobroma cacao* Linné (page 77)
Figure 30 : Etapes préliminaires de la fabrication du chocolat (page 79)
Figure 31 : Des fèves de cacao au chocolat (page 83)
Figure 32 : Conches munis de cylindres où la pâte est malaxée (page 85)
Figure 33 : Structure de la sérotonine (page 94)
Figure 34 : Structure de l'histamine (page 95)
Figure 35 : Structure du salsolinol (page 97)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classification des thés noirs (page 15)
Tableau II : Classification des thés verts (page 16)
Tableau III : Composition de la feuille de thé fraîche (page 17)
Tableau IV : Teneurs en éléments minéraux de la feuille de thé vert (page 17)
Tableau V : Spécialités contenant de la théophylline (page 31)
Tableau VI : Spécialités contenant du thé vert disponibles à l'officine (page 33)
Tableau VII : Produits cosmétiques contenant du thé vert disponibles à l'officine (page 34)
Tableau VIII : Exemples de produits pour le soin des yeux contenant du thé vert (page 35)
Tableau IX : Exemples de sons du visage contenant des extraits de thé vert (page 36)
Tableau X : Exemples de produits parfumés au thé vert (page 36)
Tableau XI : Composition (en % de matière sèche) des cafés verts et torréfiés selon la variété (page 48)
Tableau XII : Composition (en % de matière sèche) des cafés verts et torréfiés selon la variété d'après H. Streuli adapté par R. Viani (page 49)
Tableau XIII : Composition moyenne en minéraux des grains verts (page 50)
Tableau XIV : Teneur en benzopyrène de quelques aliments (page 57)
Tableau XV : Spécialités contenant de la caféine (page 58)
Tableau XVI : Produits amincissants à base de caféine disponibles à l'officine (page 68)
Tableau XVII : Composition chimique de la fève de cacao fermentée (page 87)
Tableau XVIII : Composition moyenne en minéraux de la poudre de cacao non sucrée (page 88)
Tableau XIX : Acides aminés présents dans le cacao (page 90)
Tableau XX : Composition en acides gras du beurre de cacao (page 91)
Tableau XXI : Composition en triglycérides du beurre e cacao (page 91)
Tableau XXII : Teneurs en bases xanthiques dans le café, le thé et le cacao (page 94)
Tableau XXIII : Spécialités aromatisées au chocolat (page 100)
Tableau XXIV : Produits de la ligne de soins Phytochoc® (page 103)

BIBLIOGRAPHIE

1-AHMAD N., MUKHTAR H.
Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications.
Nutrition Reviews, 1999, 57 (3): 78-83

2-ANDRADE LOPES J.M.
Neonatal apnea.
J. Pediatr. (Rio J.) 2001, 77(suppl. 1):S97-S103

3-ARTS I.C., HOLLMAN P.C., KROMHOUT D.
Chocolate as a source of tea flavonoïds.
Lancet, 1999, 7 (9177) : 488

4-BALANTINE D.A., WISEMAN S.A., BOUWENS C.M., MALVY D.
Chimie des flavonoïdes du thé.
Cahiers Nutr. Diét., 2000, 35, supplément 1 : thé et santé

5-BARRAU R.
Sur l'origine du cacaoyer, *Theobroma cacao* L., Sterculiaceae.
J.A.T.B.A., 1979, 26 (3/4), 171-80

6-BERLAN M., BARBE P., STICK V., GALITZKY J., BOUSQUET-MELOU A., LAFONTAN M.
Lipomobilisation, aspects physiopathologiques et pharmacologiques.
Ann. Endocrinol. (Paris), 1995, 56(2) : 97-100

7-BERLAND-INGARAO C.
Le chocolat.
Thèse Doct. Pharm., Toulouse, 2002

8-BERMONT M.C.
Sur la piste du cacao, étude botanique et agronomique, utilisation pharmaceutique.
Thèse Doct. Pharm., Nancy, 1988

9-BIEHL B., VOIGT J., HEINRICHS H., SENJUK V., BYTOF G.
pH-dependent enzymatic formation of oligopeptides and amino acids, the aroma precursors in raw cocoa beans.
11ème Conf. Int. Rech. Cacaoyère, Yamoussoukro, 1993, 717-722

10-BLANC M.
Les acides carboxyliques du café, mise au point et résultats des différentes déterminations.
ASIC, 8ème colloque, 1977, pp.73-78

11-BOIS D.
Vigne, café et cacao et d'autres plantes à boire.
Edition Rive Droite, 1996.

12-BORCHERS A.T., KEEN C., HANNOM S.
Cocoa and chocolate: composition, bioavailability and health implications.
J. Med. Food, 2000, 3, (2): 77-105

13-BRACCO U.
Chimie et physico-chimie des beurres de cacao et graisses utilisés en chocolaterie et en confiserie.
Chimia, 1979, 33 :166-172

14-BRAUDEAU J.
Le cacaoyer.
Edition Maisonneuve et Larose, Paris, 1969

15-BROWN H.B.
Changes observed in cocoa due to fermentation and their relation to chocolate flavour.
Report of the cocoa conference. Ed.: The cocoa, chocolate and confectionery alliance, Londres, 1957, pp.165-175

16-BRUNETON J.
Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales.
Edition Tec et Doc, 3ème édition, 2000

17-CHARASSE N.
Perméation cutanée de la caféine et évaluation de son activité lipolytique.
Thèse Doct. Pharm., Lyon, 1993

18-CHOLLOU J.
Le chocolat: aliment santé et plaisir.
Thèse Doct. Pharm., Amiens, 2002

19-CLARKE R.J.
Green coffee processing.
Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverages. Edition M.N. Clifford, K.C. Wilson. Avi Pub. Comp., Westport, 1985, pp. 230-250

20-CLARKE R.J.
Water and animal contents in coffee.
Chemistry (vol 1). Edition R.J. Clarke, R. Macrae. Elsevier Appl. Science Publ., London, 1985, pp. 42-82

21-CLIFFORD M.N.
Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverages. Edition M.N. Clifford, K.C. Wilson. Avi. Pub. Comp., Westport, 1985, pp. 305-374

22-CLIFFORD M.N.
Chlorogenic Acids in Coffee.
Chemistry (vol. 1). Edition R.J. Clarke, R. Macrae.
Elsevier Appl., Science Publ., London, 1985, pp.266-289

23-COSTES R.
Le caféier et le café dans le monde (tome 2).
Edition Larousse, 1959

24-COVES S.
Le thé: de la feuille à la tasse.
Cahiers Nutr. Diét., 2000, 35, supplément 1 : thé et santé.

25-DANG HONG CHAN
Le thé : aspects botaniques, pharmacologiques et industriels.
Thèse Doct. Pharm., Paris, 1988

26-DART S.H., NURSTE H.E.
Volatile components in coffee.
Chemistry (vol.1). Edition R.J. Clarke, R. Macrae. Elsevier Appl., Science Publ., London, 1985, pp.223-265

27-DE KRUIFJ N., SCHOUTEN A., VAN DER STEGEN G.H.D.
Occurrence of benzo-a-pyrene in roasted coffee, instant coffee and coffee brew.
Journal official, 18 août 1985, p.85

28-DEBRY G.
Le café, sa composition, sa consommation, ses incidences sur la santé.
Centre de nutrition humaine, Nancy, 1987

29-DEVOISE Y., RIGAL F.
Effets secondaires et utilisations thérapeutiques de la caféine et du café.
Cah. Méd., 1982, 7 : 1199-1203

30-DIMICK P., HOSKIN J.M.
Chemico-physical aspects of chocolate processing: a review.
J. Can. Inst. Food Sci. Technol., 1981, 14: 269-282

31-DORVAULT F.
L'officine.
Edition Vigot, 1994, Evreux

32-DREOSTI I.E.
Antioxidant polyphenols in tea, cocoa and wine.
Nutrition, 2000, 16 (7-8): 692-4

33-DULLOO A.G., SEYDOUX J., GIRARDIER L., CHANTRE P., VANDERMANDER J.
Green tea and thermogenesis: interactions between catechin-polyphenols, caffeine and sympathetic activity.
Int. J. Obes., 2000, 24: 252-258

34-ENGELHARDT U.H., MAIER H.G.
Saüren des Kaffees. Anteil Einzelmer Saüren an der Titrierbaren Gelsamtsaüren.
Zeitsch. Lebensm. Unters. Forsch., 1985, 90: 181-203

35-ERICKSON J., WEISSBERGER N., KEENEY P.
Tocopherols in the unsaponifiable fraction of cocoa lipids.
J. Food Sci., 1973, 38: 1158-1161

36-EVANS W.C.
Trease and Evans' pharmacognosy.
Edition Saunders, 1996

37-FABIANI P.
Cacaoyer, cacao, chocolat.
Thèse Doct. Pharm., Paris, 1993

38-FELIX H.J.
Le café.
Collection Que sais-je? Presses universitaires de France, 2ème édition, 1979, Paris

39-FOLSTAR P.
Lipids in coffee. Chemistry (vol.1).
Edition R.J. Clarke, R. Macrae. Elsevier Appl. Science Publ., London, 1985, pp.203-222

40-FREMAUX S.
Les vertus du thé vert.
Thèse Doct. Pharm., Lille, 2001

41-FREMY D., FREMY M.
Quid 2004.
Edition Robert Laffont

42-GOODMAN J.L.
The pharmacological basics of therapeutics.
Edition Mc Millan, New-York, 1980: 592-609

43-GUIGNARD J.L.
Abrégé de botanique, 7ème édition.
Edition Masson, 1989

44-GUIOL R.
Thé, café, chocolat au XVIIème siècle: d'après les "traitez nouveaux et curieux du café, du thé et du chocolat" de Dufour (1688) et autres ouvrages de l'époque.
Thèse Doct. Méd., Lyon, 1984

45-HADJIGEGION, KITSSIOU, PSASOUDAKIS
Antepartum aminophylline treatment for the prevention of the respiratory distress syndrome.
Am. Olester Gynecol., 1979, 135: 257-60

46-HAN L.K., TAKAKU T., LI J., KIMURA Y., OKUDA H.
Anti-obesity action of oolong tea.
Int. J. Obes., 1999, 23: 98-105

47-HANINGTON E.
Preliminary report on tyramine headache.
Med. J., 1976, 1: 550-551

48-HATANO T., MIYATAKE H., NATSUME M., OSAKABE N., TAKIZAWA T., ITO H., YOSHIDA T.
Proanthocyanidin glycosides and related polyphenols from cacao liquor and their antioxidant effects.
Phytochemistry, 2002, 59 (7) : 749-58

49-Headache Classification Committee of the International Headache Society.
Classification and diagnostic criteria for headache disorders, cranial neurologias and facial pains.
Cephalalgia, 1988, 8 (suppl. 7):1-96

50-HENDERSON-SMART D.J., STEER P.
Kinesthetic stimulation for preventing apnea of preterm infants.
Cochrane Database Syst. Rev. 2000:000373

51-HENDERSON-SMART D.J., STEER P
Prophylactic methylxanthine for preventing apnea in preterm infants.
Cochrane Database Syst. Rev. 2000(2):000432. Review-000273

52-HERTOG M.G., FESKENS E.J., HOLLMAN P.C., KATAN M.B., KROMHOUT D.
Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study.
Lancet, 1993, 342 (8878): 1007-1011

53-HOLLMAN P.C., FESKENS E.J., KATAN M.B.
Tea flavonols in cardiovascular disease and cancer epidemiology.
Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1999, 220

54-HUREIKI J., LAQUEILLE X.
La dépendance au thé, au tabac chiqué et au lait chez les Touaregs: approche ethnologique et clinique.
L'encéphale, 2003, 29 : 42-48

55-HURST W.J., MARTIN R.A., ZOUMAS B.L.
Biogenic amines in chocolate.
Nutrition Reports International, 26, (6) : 677

56-KEE CHANG HUANG
The pharmacology of chinese herbs.
Edition CRC Press, 1999, second edition, Boca Raton Florida

57-KONDO S., SHINCHI K., WAKABAYASHI K., HONJO S. TODORI I.
Relation of green tea consumption to serum lipids and lipoproteins in Japanese men.
J. Epidemiol., 1996, 6 (3): 128-133

58-L'ALLEMAIN G.
Les multiples applications de l'EGCG, antioxydant tire du thé vert.
Bull. Cancer, 1999, 86 (9) :721-724

59-LAMUELA-RAVENTOS R.M., ANDRES-LACUEVA C., PERMANYER J., IZQUIERDO-PULIDO M.
More antioxidant in cocoa.
J. Nutr., 2001, 131 (3):834-5

60-LANDERS, CORBET, CREGAN
Effects of aminophylline and caffeine on surfactant phospholipid in foetal rabbit lung.
Am. Rev., 1984, 130: 204-8

61-LASKA, SUNSHINEA, ZIGHEL, ROUREC
Effects of caffeine on acetaminophen analgina.
Clin. Pharm. Ther., 1983, 33 : 498-509

62-LAURENS A., LEBOEUF M., CAVE A.
Les surprenantes vertus du thé vert.
La recherche, 1998, 38 : 54-57

63-LAZARUS S.A., HAMMERSTONE J.F., SCHMIT H.H.
Chocolate contains additionnal flavonoïds not found in tea.
Lancet, 1999, 354 (9192): 1825.

64-LE MORDANT D.
Utilisations pharmaceutiques du cacao.
J. Agric. Trad. Bot. Appl., 1979, 26 : 233-246

65-LEVI C.P.
Investigation of contaminants in coffee.
ASIC, 9ème colloque, 1980, 125-133

66-MACRAE R.
Nitrogenous components in coffee. Chemistry (vol. 1).
Edition R.J. Clarke, R. Macrae. Elsevier Appl. Science Publ., London, 1985, pp.115-152

67-MAIER H.G.
Kaffee.
Edition Paul Harry, Hamburg, 1981

68-MARIAGE Frères
L'ABCdaire du thé.
Edition Flammarion

69-MELZIG M.F.,OUTSCHER J., HENKLEIN P., HABER H.
In vitro pharmacological activity if the tetrahydroisoquinoleine salsolinol is present in products from *Theobroma cacao* like cocoa and chocolate.
Journal of Ethnopharmacology, 2000, 73 :153-159

70-MEYER K.
Le chocolat.
Méd. Nutr., 2000, 36, (4) :175-187

71-MONSALLIER, CARLI, DHAINAUT
Précis de thérapeutique, 2ème édition.
Edition Maloine, 1990, p.291

72-MONTSEREN J.
Guide de l'amateur de thé.
Edition Solar, 1985

73-MOSCIANO G., SADURAL S., FASANO M., MICHALSKI J.
Organoleptic characteristics of flavour material.
Perf. & flav., 1992, 17: 33-35

74-MOSSU G.
Le cacaoyer.
Edition Maisonneuve et Larose, Paris, 1990

75-MOYA, GROSS
Effects of theophylline on fœtal rat lung.
Pharmacol. Ther., 1984, 8: 9-16

76-PARIENTI J.J., SERRES P.
Les cahiers de médecine esthétique : la cellulite (2ème édition).
Edition Solal, 1982

77-PARIS M., HURABIELLE M.
Abrégé de matière médicale, pharmacognosie. Tome 2 : monographies.
Edition Masson, 1976

78-PARIS R.R., MOYSE H.
Précis de matière médicale (tomes 2 et 3).
Edition Masson et Cie, 1971, Paris

79-PERSYN A.
Theobroma cacao L. : de la plante au chocolat.
Thèse Doct. Pharm., Lille, 1989

80-PETTIGREW J.
Thé.
Edition Books and Co, 1999

81-PIRIE E.
Etudes récentes sur le thé (*Camellia sinensis*). Le thé inattendu.
Thèse Doct. Pharm., 1992

82-PONTILLON J.
Cacao et chocolat : production, utilisation, caractéristiques.
Edition Tec et Doc, Paris, 1998

83-QIN Y.
Le thé et la santé.
Edition Quimétao, Paris, 2000

84-RABELLO G.D., FORTE L.V., GALVAO A.C.
Clinical evaluation of the efficacy of the paracetamol and caffeine combination in the treatment of tension headache.
Arq. Neuropsiquiatr., 2000, 58 (1): 90-8

85-RAPOPORT A.M.
The diagnosis of migraine and tension-type headache, then and now.
Neurology, 1992, 42(suppl. 2): 11-15

86-REINECCIUS G.A., KEENEY P.G., WEISSBERGER W.
Factors affecting the concentration of pyrazines in cocoa beans.
J. Agric. Food Chem., 1972, 20: 202-206

87-RIANT A.
Le café, le chocolat, le thé.
Edition Hachette, 1875

88-ROBERT H.
Les vertus thérapeutiques du chocolat.
Edition Artulen, 1990, 227p

89-ROLLAND D.
Le cacaoyer : *Theobroma cacao* L., présentation et utilisations.
Thèse Doct. Pharm., Nantes, 1994

90-ROMBI M.
Cent plantes médicinales.
Edition Romart, Nice, 1998

91-ROTHFOS B.
Coffee production.
Gordian-Max Rieck. Hamburg, 2ème édition, 1985

92-SADAUNE P.
Les produits amincissants d'usage externe.
Thèse Doct. Pharm., Paris, 2001

93-SCHLIENGER J.L., SCALBERT A., LECERF J.M.
Qu'en est-il exactement du chocolat?
Entretiens de Bichat, le 11/09/2001.
Nutrition, 102-104

94-SOLINAS M., FERRE S., YOU Z.B., KARCZ-KUBICHA M., POPLI P., GOLDBERG S.R.
Caffeine induces dopamine and glutamate release in the shell of the nucleus accumbens.
J. Neurosci., 2002, 22 (15), 6321-6324

95-SPILLER M.A.
The coffee plant and its processing.
Prog. Clin. Biol. Res., 1984, 158: 75-84

96-SPILLER M.A.
The chemical components of coffee.
Prog. Clin. Biol. Res., 1984, 158: 91-145

97-STREULI H.
Handbuch der Lebensmittel Chemie.
Edition J. Schormuller Springer, Berlun, 1970, 6: 16

98-THALER H., GAIGL R.
Untersuchungen an Kaffee und Kaffee Ersatz. Das Verbalten der Stickstoffsubstanzen bein Rösten von Kaffee.
Zeitschr. Lebeusm. Unters. Forsch., 1963, 120: 357-363

99-TRUGO L.C
Carbohydrates in coffee. Chemistry (vol. 1).
Edition R.J. Clarke, R. Macrae. Elsevier Appl. Science Publ., London, 1985, pp. 83-114

100-VAN DER STEGEN G.H.D., VAN OVERBRUGGEN G.J.J.
A study on coffee roasting and 3,4-benzopyrene.
ASIC, 10ème colloque, 1982, pp.347-354

101-VAN HET HOF K.H., WISEMAN S.A., YANG C.S., TIJBURG L.B.M.
Plasma and lipoprotein levels of ea catechins following repeated tea consumption.
Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1999, 220

102-VIANI R.
Coffee.
Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 1986, vol. A7, pp.315-339

103-VIANI R., HORMAN I.
Thermal behaviour of trigonelline.
J. Food Sci., 1974, 39: 1216-1217

104-VIDAL 2004
Edition OVP, Paris

105-VO T.-L.
Le caféier: étude botanique et pharmacologique.
Thèse Doct. Pharm., Paris, 1993.

106-VOHR R.B.
Survival of the extremely preterm infant in North America in the 1990s.
Clin. Perinatol., 2000, 27: 255-62

107-WARIOCQUIER-CLEROUT R.,OURAGHI M., CHAVERON H.
Non-saponifiable fraction of cocoa shell butter: effects on rats and human skin fibroblasts.
Int. J. Cosmet. Sci., 1992, 14: 39-46

108-WATERHOUSE A.L., SHIRLEY J.R., DONOVAN J.L.
Antioxidant in chocolate.
Lancet, 1996, 34 (9030): 834

109-WEINBERG B.A., BEALER B.K.
Antioxidant in chocolate.
Lancet, 1996, 348 (9030): 834

110-WEISBURGER J.H.
Second International Scientific Symposium on Tea and Health, 1999

111-WEPIERRE J., COURTHEOUX S., THEVENIN G.
Evaluation de l'effet lipolytique d'agents d'activité administrés par voie cutanée.
Parf. Cosm. Ar., 1983, 50 :75-76

112-WICHTL M., ANTON R.
Plantes thérapeutiques.
Edition Tec et Doc, 1999

113-YANG T., KOO M.
Hypocholesterolemic effects of chinese tea.
Pharmacol. Res., 1997, 35 (6), 505-512

114-ZHENG Q.S., WANG X.W., GUI C.Q., SUN R.Y.
Quantative design of optimal analgesic combination of acetaminophen, caffeine and butalbital.
Acta Pharmacol. Sin., 2001, 22 (8): 691-696

115-ZIEGLEDER G., BIEHL B.
Analysis of cocoa flavour components and flavour precursors.
Analysis of non alcoholic beverages.
Edition Linsksens H.F., Jackson J.F., Modern Methods of plant analysis, 1990.
New series, Springer-Verlag, Berlin, 321-393.

UNIVERSITE DE NANTES
FACULTE DE PHARMACIE

Année de la Soutenance
2004

Nom-Prénoms : CLEMENT Virginie

Titre de la thèse :

Résumé de la thèse :
Le thé, le café et le chocolat sont avant tout des produits de consommation courante. Ils sont devenus par la suite des composants à part entière de produits cosmétiques. Leur activité est liée à une composition chimique riche et complexe. On retrouve des composés chimiques communs au thé, au café et au chocolat, c'est pourquoi des produits à base de thé, de café ou de chocolat ont parfois des utilisations identiques. Les bases xanthiques ont une activité lipolytique qui est mise à profit dans des produits anti-cellulite. Quant aux polyphénols, c'est leur action anti-oxydante qui est utilisée dans des soins anti-âge. Le côté naturel et le rapprochement avec le produit alimentaire en font des produits très appréciés. De plus, la recherche s'intéresse de plus en plus au thé et au cacao et on peut penser que des principes actifs tirés de ces plantes feront bientôt partie de notre arsenal thérapeutique.

MOTS CLES : -COMPOSITION CHIMIQUE
-POLYPHENOLS
-BASES XANTHIQUES
-LIPOLYSE
-ANTI-CELLULITE

JURY :

PRESIDENT : Mme Françoise PEIGNE,
Faculté de Pharmacie de Nantes

ASSESSEURS : Melle Laurence COIFFARD,
Faculté de Pharmacie de Nantes
Mme Marie-Aude ANFROY, Pharmacien
51, avenue Géo André
44600 SAINT NAZAIRE

Adresse de l'auteur : La Barre
44160 SAINTE ANNE SUR BRIVET