



Université de POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2021

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETATff
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(arrêté du 8 avril 2013)

présentée et soutenue publiquement
le 10 Novembre 2021 à POITIERS
par **Madame LERNO MAUD**

Le chocolat : de l'aliment plaisir aux vertus thérapeutiques

Composition du jury :

Président : Monsieur le Professeur GUILLARD Jérôme

Membres : Monsieur THEVENOT Patrice, Docteur en pharmacie
Madame RAUX Véronique, Docteur en pharmacie

Directeur de thèse :

Monsieur ELIOT Guillaume, Maître de conférence associé, Docteur en pharmacie
Madame GIRARDOT Marion MCU, biologie végétale et pharmacognosie

PHARMACIE

Professeurs

- CARATO Pascal, PU, chimie thérapeutique
- COUET William, PU-PH, pharmacie clinique
- DUPUIS Antoine, PU-PH, pharmacie clinique
- FAUCONNEAU Bernard, PU, toxicologie
- GUILLARD Jérôme, PU, pharmacochimie
- IMBERT Christine, PU, parasitologie
- MARCHAND Sandrine, PU-PH, pharmacocinétique
- OLIVIER Jean Christophe, PU, galénique
- PAGE Guylène, PU, biologie cellulaire
- RABOUAN Sylvie, PU, chimie physique, chimie analytique
- RAGOT Stéphanie, PU-PH, santé publique
- SARROUILHE Denis, PU, physiologie
- SEGUIN François, PU, biophysique, biomathématiques

Maitres de Conférences

- BARRA Anne, MCU-PH, immunologie-hématologie
- BARRIER Laurence, MCU, biochimie
- BODET Charles, MCU, bactériologie (HDR)
- BON Delphine, MCU, biophysique
- BRILLAULT Julien, MCU, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, MCU, microbiologie,
- CHARVET Caroline, MCU, physiologie
- CHAUZY Alexia, MCU, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, MCU, sciences physico-chimiques
- DELAGE Jacques, MCU, biomathématiques, biophysique
- FAVOT-LAFORGE Laure, MCU, biologie cellulaire et moléculaire (HDR)

- GIRARDOT Marion, MCU, biologie végétale et pharmacognosie
- GREGOIRE Nicolas, MCU, pharmacologie (HDR)
- HUSSAIN Didja, MCU, pharmacie galénique (HDR)
- INGRAND Sabrina, MCU, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, MCU, pharmacochimie
- PAIN Stéphanie, MCU, toxicologie (HDR)
- RIOUX BILAN Agnès, MCU, biochimie
- THEVENOT Sarah, MCU-PH, hygiène et santé publique
- TEWES Frédéric, MCU, chimie et pharmacochimie
- THOREAU Vincent, MCU, biologie cellulaire
- WAHL Anne, MCU, chimie analytique

Maitres de Conférences Associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

A.T.E.R. (attaché temporaire d'enseignement et de recherche)

- MIANTEZILA BASILUA Joe, épidémiologie et santé publique

Enseignants d'anglais

- DEBAIL Didier

Remerciements

À **Jérôme Guillard**, Professeur de chimie organique de la faculté de pharmacie de Poitiers, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury. Veuillez accepter le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À **Guillaume Eliot et Marion Girardot**, merci d'avoir accepté de diriger mon travail et de m'avoir aidée dans la construction de cette thèse. Merci à vous pour vos implications.

À **Patrice Thevenot**, mon maître de stage, merci de m'avoir accompagnée dans cette dernière ligne droite avant le grand saut dans la vie professionnelle. Merci pour vos explications, vos conseils et votre bienveillance.

À **Sabrina, Justine et Katy**, merci de m'avoir accueillie dans votre équipe pendant ces 6 mois de stage ponctués par la Covid. Merci pour votre patience. A nos rires, nos disputes et tous nos souvenirs. Merci mes supers nanas de pharma.

À ma marraine, **Véronique Raux**, merci de continuer à être là pour moi. Je suis très heureuse de te compter dans mon jury.

À **mes parents**, pour leur soutien et sans qui je n'aurai jamais pu faire ces études avec un si grand confort. Merci de m'avoir fait confiance durant toutes ces années et de continuer à m'épauler dans ce nouveau métier. Un énorme merci.

À **ma sœur**, la prochaine soutenance sera la tienne.

À **mon frère**.

À **mes grands-parents, plus particulièrement à ma grand-mère Métou**, qui pourrait repasser son diplôme de pharmacien, tant elle m'a fait réviser les différentes matières de la botanique à la cancérologie, de la mycologie à la cosmétologie. Merci pour ton soutien.

À **Mou**, ma grand-mère de cœur, merci d'être toujours là pour moi.

À **Xavier**, mon compagnon, qui a supporté tous ces week-ends et soirées dédiés à la rédaction de cette thèse. Tu as su être patient et d'un précieux soutien, merci.

À ma famille.

À mes ami(e)s, plus particulièrement **Marion et Jessica**. Marion, à nos TP ensembles, nos révisions et nos rires. Jessica, nos révisions, nos heures passées au téléphone pour se soutenir dans les moments les plus difficiles. Une page se tourne, et une autre commence.

À toute l'équipe de la pharmacie d'Arvert : Chloé, Viginie, Amandine, Mégane et Sonia pour ces saisons travaillées dans la bonne humeur. Merci de m'avoir permis d'acquérir de nouvelles compétences.

Sommaire

REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
GLOSSAIRE	8
INTRODUCTION	9
PARTIE 1 : BOTANIQUE, FABRICATION DU CHOCOLAT ET NUTRITION	10
I) LES CACAoyERS.....	11
A) DESCRIPTION BOTANIQUE	11
1) LE TRONC	11
1) LES RACINES	12
2) LES FEUILLES.....	12
3) LES FLEURS.....	13
4) LES FRUITS : LES CABOSSES.....	15
5) LES GRAINES OU FEVES	17
B) CLASSIFICATION BOTANIQUE	17
1) CLASSIFICATION TRADITIONNELLE.....	18
2) NOUVELLE CLASSIFICATION	20
C) CONDITIONS DE CULTURE	23
1) LES FACTEURS CLIMATIQUES.....	23
2) LE SOL.....	24
3) PLANTATIONS ET RENDEMENTS.....	24
D) LES ENNEMIS DU CACAoyERS	24
1) LES CHAMPIGNONS.....	24
2) LES VIRUS	26
3) LES INSECTES	27
4) AUTRES PREDATEURS	27
II) FABRICATION DU CHOCOLAT.....	28
A) DE L'ARBRE A LA FEVE FERMENTEE	28
1) RECOLTE.....	28
2) LA FERMENTATION	30
3) LE SECHAGE	31
4) LE STOCKAGE.....	34
B) DE LA FEVE AU BEURRE DE CACAO ET A LA POUDRE.....	34
1) LA TORREFACTION	34
2) LE CONCASSAGE ET LE DECORTICAGE.....	35
3) LE BROYAGE OU MOUTURE	36
4) DE MASSE AU CHOCOLAT	36
C) FABRICATION DU CHOCOLAT	37

III) CHOCOLAT ET NUTRITION	40
A) LES DIFFERENTS TYPES DE CHOCOLAT	40
B) COMPOSITION NUTRITIONNELLE.....	41
1) LES MACRONUTRIMENTS	41
2) LES MICRONUTRIMENTS	47
3) LES VITAMINES	59
4) AUTRES.....	60
 PARTIE 2 : HISTOIRE DU CHOCOLAT	 61
A) ORIGINE DU CACAO	61
1) LES ORIGINES.....	61
2) LA LEGENDE DE QUETZALCOATL.....	61
3) LES AZTEQUES ET LE CACAO.....	62
4) L'ARRIVEE DES « CONQUISTADORES ».....	64
B) LE CHOCOLAT EN EUROPE.....	67
C) LE CACAO EN FRANCE	68
D) NAISSANCE ET DEVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DU CHOCOLAT	71
1) AVANT 1789	71
2) APRES 1789	72
 PARTIE 3 : ENQUETE	 76
A) CONTEXTE, MATERIEL ET METHODE	76
B) RESULTATS	76
1) SOCIO-DEMOGRAPHIE.....	77
2) HABITUDES DE CONSOMMATION	78
3) CONNAISSANCE DU CHOCOLAT	81
4) CHOCOLAT ET SANTE.....	83
C) DISCUSSION	86
1) SOCIO DEMOGRAPHIE	86
2) HABITUDES DE CONSOMMATION	86
3) CONNAISSANCE DU CHOCOLAT	87
4) CHOCOLAT ET SANTE.....	87
 CONCLUSION.....	 99
 BIBLIOGRAPHIE	 101
 ANNEXES.....	 107
 ANNEXE 1 : LE BEURRE DE CACAO DANS LA PHARMACOPÉE	 107
 RESUME	 115

Liste des figures

Figure 1 : Structure générale du cacaoyer	11
Figure 2 : à gauche : photographie des feuilles du cacaoyer, à droite planche botanique représentant les feuilles et les fleurs de cacaoyer.....	13
Figure 3 : Inflorescence du cacaoyer	14
Figure 4 : Coupe et diagramme florale d'une la fleur du cacaoyer	14
Figure 5 : Coupe longitudinale et transversale de la cabosse du cacaoyer.....	16
Figure 6 : Cabosse de Criollo	18
Figure 7 : Photographie d'une cabosse de Forastero	19
Figure 8 : Cabosse du Trinitario	19
Figure 9 : Cabosse de l'Amelonado	20
Figure 10 : Photographie de cabosse de Purus.....	21
Figure 11 : Photographie d'une cabosse touchée par Phytophthora	25
Figure 12 : Photographie Rameau atteint par M.perniciosa.....	25
Figure 13 : Cabosse atteinte du Swollen-shoot	26
Figure 14 : Carte des pays producteurs et consommateurs de cacao	28
Figure 15 : Récolte d'une cabosse avec un émondoir.....	29
Figure 16 : Conditions et réactions de la phase alcoolique.....	30
Figure 17 : Conditions et réactions de la phase acétique	30
Figure 18 : Séchage traditionnel au sol, Venezuela	32
Figure 19 : Séchoir « autobus », Cameroun	32
Figure 20 : Séchoir à toit mobile, République dominicaine	32
Figure 21 : Schéma de la fabrication du chocolat	39
Figure 22 : Structure chimique du glucose	43
Figure 23 : Structure chimique du fructose	44
Figure 24 : Structure chimique du saccharose source	44
Figure 25 : Structure chimique du lactose	44
Figure 26 : Structure chimique de l'amidon.....	45
Figure 27 : Schéma de la structure d'une dent	51
Figure 28 : Schéma de la cascade de coagulation.....	52
Figure 29 : : Représentation de Quetzalcóatl	62
Figure 30 : L'accueil de Christophe Colomb par les Aztèques.....	64
Figure 31 : Tablette de chocolat Meunier®	73
Figure 32 : Affiche publicitaire du chocolat Meunier®, 1892.....	73
Figure 33 : Schéma de la thyroïde.....	93

Listes des diagrammes

Diagramme 1 : Proportion homme/femme	77
Diagramme 2 : Répartition de notre échantillon en fonction de la tranche d'âge	77
Diagramme 3 : Répartition de notre échantillon en fonction de leur profession	78
Diagramme 4 : Répartition de la consommation de chocolat en fonction du type de chocolat	78
Diagramme 5 : Fréquence de la consommation de chocolat	79
Diagramme 6 : Répartition de la consommation sur la journée	79
Diagramme 7 : Quantité de chocolat consommé	80
Diagramme 8 : Le type de chocolat consommé	80
Diagramme 9 : Raison de consommation de chocolat	81
Diagramme 10 : Connaissance de la valeur calorique du chocolat	81
Diagramme 11 : Connaissance de la composition macronutritionnelle du chocolat	82
Diagramme 12 : Connaissance de la composition micronutritionnelle du chocolat	82
Diagramme 13 : Chocolat et bénéfice	83
Diagramme 14 : Les vertus du chocolat	83
Diagramme 15 : Qui peut consommer du chocolat ?	84
Diagramme 16 : Connaissance d'une gamme de chocolat "thérapeutique"	85

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différents types de chocolat en fonction de leur composition	41
Tableau 2 : Composition en macronutriments des différents types de chocolats	41
Tableau 3 : Composition en glucides des différents types de chocolats	43
Tableau 4 : Indice glycémique des différents chocolats	45
Tableau 5 : Composition en lipides en fonction du type de chocolat	46
Tableau 6 : Teneur en magnésium en fonction du type de chocolat	48
Tableau 7 : Teneur en potassium en fonction du type de chocolat	50
Tableau 8 : Teneur en phosphore en fonction du type de chocolat	50
Tableau 9 : Teneur en calcium en fonction du type de chocolat	53
Tableau 10 : Teneur en fer en fonction du type de chocolat	54
Tableau 11 : Teneur en sodium en fonction du type de chocolat	55
Tableau 12 : Teneur en cuivre en fonction du type de chocolat	57
Tableau 13 : Teneur en zinc en fonction du type de chocolat	58
Tableau 14 : Composition vitaminique en fonction du type de chocolat	59

Liste des abréviations

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

CV : Cardiovasculaire

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

HTA : Hypertension artérielle

IRS : Inhibiteur de la recapture de la sérotonine

IRSNA : Inhibiteur de la recapture de la sérotonine et de la noradrénaline

LDL : Low Density Lipoproteine = Lipoprotéine de basse densité ou « mauvais cholestérol »

PEA : Phényléthylamine

PLP : Phosphate de pyridoxal

SNA : Système Nerveux Autonome

Glossaire

AJR : Apports Journaliers Recommandés, ce sont des valeurs réglementaires européennes utilisées pour les vitamines et minéraux. Ils sont utilisés sur l'étiquetage des produits alimentaires, mais ne sont ni spécifiques à l'âge, ni au sexe^{[1],[2]}.

Allégation : message, figurant sur certains emballages alimentaires ou accompagnant le produit (publicité, site internet), qui fait état des propriétés sanitaires et/ou nutritionnelles des aliments ou de leurs composants.

Une allégation est dite de santé quand elle met en exergue un lien entre un nutriment ou un aliment et l'état de santé. Une allégation santé peut revendiquer la diminution d'un facteur de risque (ex: "les oméga 3 réduisent les risques cardio-vasculaires") ou celle d'un risque de maladie, mais elle ne peut pas comporter de mention thérapeutique indiquant que tel nutriment prévient une pathologie ou la guérit (ex : "le calcium prévient l'ostéoporose")^{[5],[6]}.

ANC : Apport Nutritionnel Conseillé. Ils représentent les besoins nutritionnels moyens mesurés sur un large groupe d'individus auxquels sont ajoutés 2 écarts type représentant le plus souvent chacun 15 % de la moyenne. Cette marge de sécurité statistique permet de prendre en compte la variabilité interindividuelle et de couvrir ainsi les besoins de la plus grande partie de la population : 97,5 % des individus. Les ANC sont des valeurs optimales pour la population en matière de santé, et pas seulement en prévention de carence. Le terme ANC est applicable à pratiquement tous les nutriments, aussi bien aux nutriments indispensables qu'aux nutriments non indispensables, voire peu ou non digérés (comme les fibres), pour éviter la multiplication des terminologies pour des notions similaires. Ils sont adaptés aux français selon leur habitudes alimentaires, ils sont variables en fonction de l'âge, du sexe et même pour certains états (grossesse, sportifs...)^{[1],[2]}.

Conidies : spore résultant d'un bourgeonnement externe, assurant la reproduction des champignons^[4].

Cordiforme : en forme de cœur^[1].

Cyme bipare : cyme dans laquelle deux rameaux floraux prennent naissance sur celui qui les précède^[3].

Déhiscente : en parlant d'un organe végétal : qui s'ouvre de façon déhiscente, c'est-à-dire d'une façon brute, à maturité, selon une ligne déterminée^[4].

Index glycémique (IG) : index reflète le pouvoir hyperglycémiant propre à chaque glucide, donc à chaque aliment les contenant. L'IG est considéré comme faible s'il est inférieur à 50, il est moyen entre 50 et 74 et fort entre 75 et 100^[1].

Lancéolées : en parlant d'un organe, d'une plante ayant la forme d'un fer de lance^[4]

Introduction

Le cacaoyer est un arbre tropical à l'origine d'un produit particulier : le cacao. Ce cacao se définit comme étant une poudre soluble, obtenue à partir des extraits de la graine du cacaoyer nommée fève. Les Aztèques consommaient déjà ces fèves pour « leurs bienfaits » santé et les utilisaient comme monnaie. Ce cacao est ensuite transformé via différentes étapes en chocolat.

Après son importation en Europe, le chocolat est tout d'abord un produit d'exception réservé au plus aisés. Puis, grâce aux différentes avancées dans les procédés de fabrication, le chocolat se démocratisa. Il est maintenant dégusté notamment sous forme de tablettes, dont certaines sont décorées d'une petite fille bien connue depuis longtemps, la petite fille Meunier®.

Ce chocolat, est consommé en moyenne, en France, à raison de 6,4kg par habitant et par an, les français se plaçant ainsi à la 6^{ème} place au niveau de la consommation de chocolat mondiale selon le syndicat du chocolat. Le chocolat se trouve principalement dans nos supermarchés, et chocolateries même si il continue à intéresser pour ses propriétés médicales, notamment dans son rôle de prévention du risque cardiovasculaire, grâce notamment aux flavonoïdes qu'il contient.

Dans cette thèse nous avons focalisé notre travail sur la connaissance du chocolat et sur ses vertus pour la santé.

Dans une première partie, nous verrons tous d'abord la botanique du cacaoyer si particulière puis les étapes d'obtention du chocolat ainsi que ses intérêts nutritionnels. Dans une seconde partie, nous retracerons les origines historiques du chocolat, l'évolution du chocolat à travers les différentes époques jusqu'à nos jours. Enfin dans la dernière partie, nous chercherons à savoir, grâce à une enquête, pourquoi ce chocolat est-il si prisé des français ? Est- ce par la connaissance des bienfaits qu'il peut avoir ?

Le chocolat est-il consommable par tous ? Et finalement quelles propriétés a-t-il vraiment ?

Partie 1 : Botanique, Fabrication du chocolat et Nutrition

I) Les cacaoyers

Le cacaoyer fut appelé tout d'abord « *Amygdala pecuniaria* » par les Aztèques. Ce nom aurait pour origine l'utilisation des fèves de cacao comme monnaie par cette civilisation. Cet arbre fut ensuite rebaptisé « *Theobroma cacao* » par le suédois Carl Von Linné en 1753. L'origine de ce nouveau nom vient du grec « théos » : dieu et « broma » : nourriture signifiant donc « mets des dieux ». Nous verrons d'ailleurs dans la deuxième partie de cette thèse la relation entre ce nom et l'histoire du cacao.

A) Description botanique

1) Le tronc

Le cacaoyer est un arbre dont la hauteur peut atteindre jusqu'à 15m à l'état sauvage [7]. Il pousse à l'ombre des arbres plus grands qui occupent la couche supérieure des forêts tropicales. Son diamètre de tronc n'excède pas 30 centimètres.

Il se ramifie à 1m- 1,50m du sol en 3 à 5 rameaux en éventail (Figure 1). Ces rameaux seront les branches charpentières de la frondaison et constitueront la première couronne de l'arbre. Cependant le plus résistant des bourgeons axillaires du tronc, situé en dessous des branches de cette couronne, va ensuite se développer de manière similaire à la première tige sur 1m-1,50m et une deuxième couronne sera alors formée (Figure 1)[5]. Lorsque cette dernière est bien développée, la première couronne disparaît peu à peu.

Et ainsi de suite jusqu'à ce que la hauteur de la maturité soit atteinte.

En culture, l'arbre est taillé pour ne former qu'une seule couronne et sa hauteur est alors limitée entre 4 et 10 m. L'écorce très mince, d'un brun cannelle à reflets argentés, devient plus épaisse lorsqu'elle vieillit. Le bois est rosé, poreux et léger [5][6].

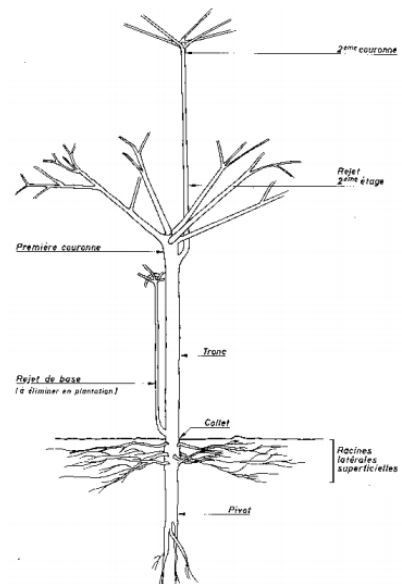


Figure 1 : Structure générale du cacaoyer [6]

1) Les racines

Le système racinaire abondant présente un solide pivot (racine principale verticale), capable d'atteindre une profondeur de 2 mètres pour un arbre de 10 ans d'âge^[6].

A partir de ce pivot, naissent des racines latérales qui ne se développent que dans la partie supérieure de la racine, c'est-à-dire entre la surface et 15 à 20 cm de profondeur. Ainsi, huit à dix racines superficielles, tout comme leurs abondantes ramifications sous forme de radicelles s'étalent, couvrant jusqu'à 6 mètres autour du tronc^[6].

Ces radicelles touffu hébergent certains champignons qui joueraient un rôle dans la captation d'éléments nutritifs du sol^[5].

2) Les feuilles

Elles mesurent entre 20 à 30 centimètres de long et 7 à 12 centimètres de large. Elles sont oblongues et pointues, à bord lisse ou légèrement dentelé. Sa pointe étirée et longue permet à l'eau de s'égoutter (Figure 2)^[5]. Quant à sa base, elle est arrondie ou en forme de cœur. Seule la face inférieure possède des stomates^[7].

La nervation est pennée, avec une douzaine de nervures secondaires se raccordant à la nervure médiane. Selon la localisation de la feuille sur l'arbre (tronc ou couronne), le pétiole sera plus ou moins long. Ce pétiole présente une double articulation permettant ainsi à la feuille de s'orienter constamment vers la lumière. L'activité photosynthétique de la feuille est maximale durant les quatre à cinq premiers mois, pour ensuite devenir sénescence^[5].

Les jeunes feuilles peuvent, selon la variété de l'arbre, varier du rose pâle au vert clair, voire rouge ou violacé ; puis elles foncent graduellement jusqu'à prendre une couleur foncée, verte ou brune, qui leur confère un aspect de cuir. Les feuilles tombent en général au bout d'une année^[5].

Les arbres à fruits rouges ont généralement des feuilles plus foncées que ceux à fruits jaunes ; cette particularité est précieuse car elle permet la distinction de certaines variétés^[5].

La production des feuilles se fait par plusieurs poussées au cours de l'année, qui alternent avec des périodes de repos (ces dernières ont une durée évaluée à 8 semaines) pendant lesquelles les bourgeons reprennent leur « hibernation ». Les poussées foliaires ne sont pas continues. D'ailleurs, une branche porte le plus souvent des feuilles correspondant à 2 à 3 de ces poussées foliaires^[5].



Figure 2 : à gauche : photographie des feuilles du cacaoyer, à droite planche botanique représentant les feuilles et les fleurs de cacaoyer. [7]

3) Les fleurs

Elles apparaissent sur l'écorce des branches principales, un à deux ans après la transformation des rameaux en vrai bois (Figure 3 et Figure 4). Au niveau du tronc, elles sont rarement observées avant le développement de la couronne. Ainsi, la première floraison, en générale, se produit à partir de la troisième ou quatrième année. Les fleurs sont hermaphrodites^{[6][8]}.

Elles sont inodores roses ou blanches, et sont de très petite taille par rapport aux fruits (8 millimètres environ^[9]).

Elles se regroupent en petites inflorescences : en cymes bipares, de une à cinq fleurs, généralement deux ou trois^[6].

Le développement des inflorescences se fait au même endroit chaque année, provoquant ainsi des boursoflures nommées « coussinets floraux ».

Un coussinet peut porter beaucoup de fleurs à la fois. L'apparition de fleurs se fait de façon synchrone sur tous les coussinets floraux de l'arbre. La floraison est de courte durée : elle ne dépasse pas 48h^[6].

La fleur est régulière, pentamère. Le calice se compose de 5 sépales légèrement soudés à la base, allongés, lancéolés, à bord un peu cilié, teintés de rose ou blanc. La corolle est constituée de 5 pétales libres qui alternent avec les sépales, et sont tordus dans la préfloraison. Les pétales sont de la même couleur que les sépales à la base et jaunâtre dans leur partie supérieure. Leur base est étroite puis s'élargit d'abord pour former une partie concave en forme de cuillère tournée vers l'intérieur (la cuculle), puis se prolonge par une fine languette jaunâtre terminée par une spatule cordiforme retournée vers l'extérieur de la fleur (la ligule) (Figure 3)^[6].

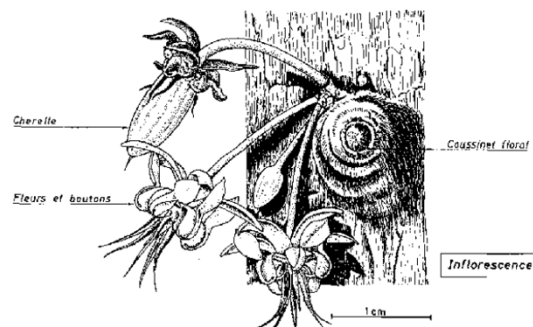


Figure 3 : Inflorescence du cacaoyer [6]

L'androcée comporte 10 étamines dont 5 fertiles et 5 staminodes stériles, unies à la base en tube réduit entourant l'ovaire.

Les étamines fertiles, opposées aux pétales sont glabres et dressées. Elles sont recourbées vers l'extérieur et leurs anthères, comportant 4 sacs polliniques, prennent place à l'intérieur de la cuculle du pétale correspondant. Les 5 staminodes alternent avec les étamines fertiles et se dressent autour du gynécée.

L'ovaire est supère, finement pubescent, pluriloculaire à 5 loges contenant chacune 6 à 12 ovules. Il est surmonté de 5 styles soudés sur presque toute leur longueur puis 5 stigmates tubulaires restant le plus souvent agglomérés^[6]. (Figure 4)

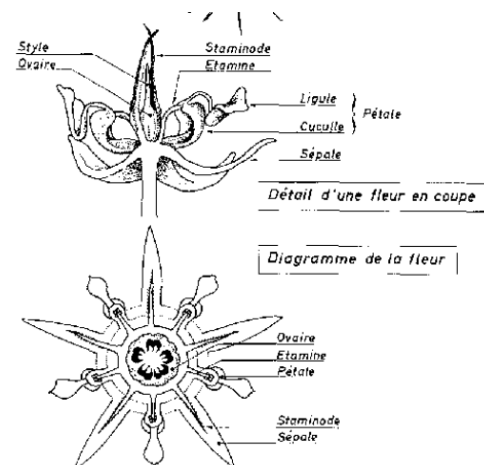


Figure 4 : Coupe et diagramme florale d'une la fleur du cacaoyer. [6]

La reproduction s'effectue par pollinisation.

La structure de la fleur rend difficile la mise en contact du pollen avec le style ou les stigmates, de fait de la position des anthères et la présence de la barrière que constitue la couronne de staminodes stériles. Les grains de pollen, par suite de leur viscosité élevée, restent groupés en masse plus ou moins importante, difficilement transportable par le vent^[5].

Le transport de ce pollen épais ne peut donc être réalisé que par des insectes et en particulier par :

- des moucheron du genre *Forcypomyia* ;
- des fourmis du genre *Crematogaster*,
- des diptères Cecidomies
- des cicadelles.

En effet, l'absence de nectar ou d'arômes ne permet pas d'attirer d'autres insectes^[6].

Naturellement seulement 40% des fleurs sont pollinisées et seulement 5% reçoivent un nombre de grains de pollen suffisant pour féconder tous les ovules. Les 60% de fleurs non pollinisées vont tomber au bout du deuxième jour. Lorsque la pollinisation est complétée à la main, le rapport est meilleur mais on note quand même une sous pollinisation chronique du cacaoyer^[6].

4) Les fruits : les cabosses

Il est nommé « chérelle » durant toute la période de croissance, et sera appelé cabosse lorsqu'il sera arrivé à sa maturité complète à 4 ou 6 mois après la floraison. Il est relié au tronc ou aux branches par un court pédoncule. Ce fruit est une baie particulière, dure, assez volumineuse ayant la forme d'un ballon de rugby de 15 à 25 centimètres de longueur pour un diamètre de 6 à 12 centimètres. Sa surface d'aspect plus ou moins noueux, présente 5 à 10 sillons de haut en bas^{[5][6][7]}.

La couleur diffère selon les espèces et varie en arrivant à maturité. Un fruit vert devient jaune à maturité alors qu'une cabosse immature rouge violette évolue vers l'orange^[5].

Une cabosse pèse en moyenne 300 à 500g.

Elle est constituée de 3 couches :

- l'épicarpe qui est épais et charnu, plus ou moins dur
- le mésocarpe, mince et dur, avec des lignifications plus ou moins importantes
- l'endocarpe, charnu et plus ou moins épais^[6]

(Figure 5).

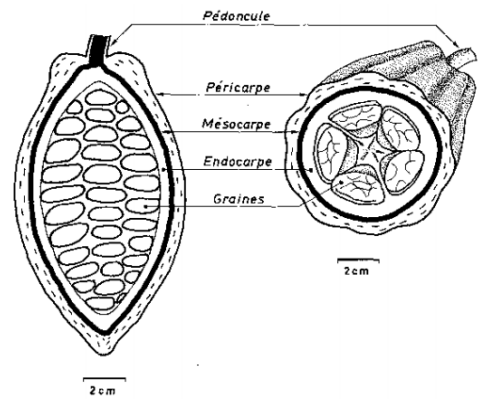


Figure 5 : Coupe longitudinale et transversale de la cabosse du cacaoyer. [6]

Le péricarpe de 10 à 15 millimètres d'épaisseur un peu charnu, devient dur et résistant à maturité^[5]

Chaque fruit contient 25 à 75 graines ou fèves, noyées dans une pulpe mucilagineuse blanchâtre à la fois sucrée et légèrement acidulée dont elles se nourrissent. Le nombre de graines varie selon plusieurs critères qui sont :

- La fertilité soit le nombre d'ovules fécondés devenant graines.
- La qualité de la pollinisation, soit le dépôt de pollen efficace sur les styles des fleurs.
- Le nombre moyen d'ovules contenus dans l'ovaire ; ce qui reflète le potentiel de production en graines de la plante.
- Le nombre minimal de graines pour qu'une chérelle ne flétrisse pas. En effet en dessous d'un certain seuil appelé « point de flétrissement différentiel » qui est variable selon les espèces, la probabilité de tenue de celle-ci sur l'arbre décroît de façon très rapide^[6].

La cabosse n'étant pas déhiscente, les fèves ne tombent pas naturellement sur le sol. Dans les conditions naturelles, les graines sont disséminées par l'intermédiaire de petits mammifères, comme les singes, les agoutis, ou encore les biches, qui ouvrent la cabosse encore fixée à l'arbre, sucent la pulpe dont ils sont friands et recrachent les fèves^{[5][7]}.

Cette pulpe est aussi utilisée dans certaines régions par les indigènes pour préparer une boisson rafraîchissante ainsi qu'une sorte de confiture. À maturité, les fèves flottent dans la cabosse et les fruits sont creux.

5) Les graines ou fèves

La graine mesure 20 à 25 millimètres de long sur 10 à 15 millimètres de large. Elle comprend 2 cotylédons plissés, une radicule et une gemmule entourés d'un tégument coriace^[5].

Ce tégument est en fait composé de deux parties : d'une coque spongieuse, riche en tanins et difficile à réduire en poudre et d'une mince pellicule peu colorée : le tégument argentin. La graine pèse deux à trois grammes. Sa couleur varie du brun rougeâtre au brun grisâtre.

On retrouve notamment dans ces fèves des polyphénols (tanins, catéchines, anthocyanines, leucoanthocyanines), et des purines (théobromine et caféine) dont l'utilité sera développé plus tard.

Ces diverses substances permettront de développer les différents arômes de la fève après torréfaction^[6].

B) Classification botanique

Le cacaoyer appartient au clade des Eudicotylédones, à l'ordre des Malvales, à la famille des Malvacées, au genre *Theobroma* et à l'espèce *cacao*.

Des espèces apparentées, sauvages ou cultivées sont également connues comme *Theobroma bicolor* (Patate), *Theobroma angustifolium* (cacao mono) et *Theobroma grandiflorum* mais conduisent pour les deux premières à la production d'un cacao de qualité inférieure sans valeur commerciale et pour la troisième uniquement à la préparation de boissons rafraîchissantes et de confiseries^{[8][10]}.

Traditionnellement, il existe deux sous espèces de cacaoyer: le Forastero (*Theobroma cacao sphaerocarpum*) et le Criollo (*Theobroma cacao cacao*) ; ainsi que le croisement de ces deux sous-espèces : le Trinitario utilisé surtout en cacaoculture^{[5][10]}.

Cependant une nouvelle classification, basée sur des données génétiques est en discussion depuis 2008. Voyons ainsi plus en détails les classifications proposées.

1) Classification traditionnelle

a) Le Criollo

Il se rencontre de nos jours sous forme de groupes d'arbres isolés ou de petites plantations très ancestrales. Il se distingue des autres sous espèces par une branche verticale unique.

Sa cabosse est allongée, marquée de sillons proéminents, de couleur jaune ou verte, parfois partiellement ou totalement rouge, verruqueuse, à paroi peu épaisse, avec une extrémité pointue (Figure 6)^[8]. Les fèves sont rondes, dodues et claires, toujours bien pleines à cotylédons presque blancs quand elles sont fraîches, plus rarement violet clair^[6].



Figure 6 : Cabosse de Criollo [11]

Le criollo fournit un cacao de grande qualité, à faible teneur en tanin, réservé à la fabrication des chocolats fins, voire de produits de luxe. Il nécessite un temps de fermentation réduit et une torréfaction à température basse et rapide. En effet, il offre un arôme fort avec une délicatesse gustative notable^{[5][6]}.

Malgré sa valeur, il a tendance à être abandonné à cause sa croissance lente, de son faible rendement en cabosses, et de sa faible résistance aux agresseurs^{[6][11]}. C'est pourquoi il représente moins de 0,1% de la production mondiale de cacao^[11]. Il est encore cultivé en Amérique centrale, Venezuela, Colombie, Guatemala, Mexique et quelques régions d'Asie^[5]. Cependant des études menées notamment par le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) pour décrypter le génome de ce cacaoyer, donne espoir de créer un cacaoyer plus résistant et productif, tout en maintenant sa haute qualité gustative^[10].

b) Le Forastero

Forastero, qui signifie « étranger » en espagnol, a désigné autrefois une variété de cacaoyer introduite au Brésil en 1750 et provenant à l'origine de Haute Amazonie avant de s'appliquer à toutes les variétés autres que celles répondant à la définition du criollo^[5].

C'est donc un groupe très diversifié.

Sa cabosse est verte à l'état jeune, elle devient toute jaune à maturité. Elle est de forme plus ou moins ovale, sans sillons profonds. Les parois sont épaisses, difficiles à couper (Figure 7)^{[8][12]}.



Figure 7 : Photographie d'une cabosse de Forastero [7]

La saveur de son cacao est amère. Les fèves, plus ou moins aplaties, fournissent le cacao à teneur en tanin la plus élevée. Les cotylédons à l'état frais sont pourpres, parfois presque noirs. 30 à 40 fèves sont présentes par cabosse^[6].

C'est de loin le type commercial le plus important, et il est le plus cultivé (80% de la production mondiale de cacao). Il a une importante résistance aux maladies. Il a également un très fort taux de productivité. Ces cacaoyers sont cultivés dans l'Ouest Africain, en Amérique centrale, au Nord de l'Amérique du Sud, au Brésil ainsi qu'en Equateur^[5].

c) Le Trinitario

Comme le rappelle son nom, le Trinitario est apparu à Trinidad. En effet, suite à la destruction de la majorité des cacaoyers Criollo de l'île de Trinidad par un cyclone, de nouvelles semences de Forasteros furent ramenées d'Amazonie sur l'île^{[5][6][12]}. L'hybridation avec les rescapés Criollos fut spontanée et très rapide donnant naissance à cet hybride, ayant hérité du parfum délicat du Criollo et de la résistance du Forastero.

Il correspond aujourd'hui à tout un groupe de cacaoyers hybrides répartis dans le monde, et provenant de croisements répétés de Criollos et de Forasteros^[6]. Il s'agit d'un groupe génétiquement hétérogène qui réunit les caractères des deux sous-espèces.

On peut y ranger tous les arbres à cabosses rouges ou bicolores qu'il n'est pas possible de rattacher au Forasteros amazoniens (Figure 8).



Figure 8 : Cabosse du Trinitario [11]

Les cultures fournissent environ 10 à 15% de la production mondiale de cacao et sont présentes en particulier dans l'ouest africain (Cameroun), au Mexique, Brésil et Venezuela. En moyenne un arbre de cette catégorie produit 150 cabosses par an, soit 6kg de cacao^{[5][11]}.

2) Nouvelle classification

En 2008, un groupe de chercheurs a publié une étude intitulée « Geographic and genetic population differentiation of the amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L) » dans laquelle ils proposent une nouvelle classification définissant 10 groupes .

Cette nouvelle classification est basée principalement sur les données génétiques des cacaoyers permettant par exemple aux producteurs de mieux maîtriser les caractéristiques de leur culture. Cette nouvelle classification, moins simpliste, permet également d'éviter les confusions survenant parfois avec la classification traditionnelle.

Les dix groupes proposés sont : Amelonado, Criollo, Nacional, Contamana, Curaray, Cacao guiana, Iquitos, Marañon, Nanay, Purús ^{[11][12]}.

a) L'Amelonado

Ses fèves de couleur violet foncé en font sa particularité.
Son cacao est défini comme gras, légèrement amer et dégageant des odeurs de café, et d'épices (telle que la cannelle et la vanille).
Il est excessivement prolifique.
Son nom vient de la ressemblance de sa cabosse avec le melon (Figure 9)
Il est retrouvé principalement en Guyane.
Il est aussi présent en Afrique de l'Ouest mais tend à y disparaître, faisant place à des cacaoyers hybrides^[11].



Figure 9 : Cabosse de l'Amelonado. [12]

b) Le Purus

Il tient son nom de sa localisation, puisqu'il se trouve près du Rio Purus au Brésil, au niveau de la réserve d'Arapixi et des villes Boca do Acre et Maracaju. Il croit le plus couramment de façon naturelle sur cette terre qui est connue pour être la plus fertile de l'Amazonie. A contrario, la localisation dispersée rend la cueillette difficile.

Les cultivateurs doivent se déplacer en pirogue sur le fleuve rio Purus, pour aller d'un groupe de cacaoyers à un autre, rendant sa productivité d'exploitation très faible.

Sa cabosse est petite, et présente une couleur intense à dominance jaune^[11] (Figure 10). Son cacao a des saveurs épicées et très variées permettant la production de chocolat de très haute qualité mais souvent cher du fait de la difficulté de sa récolte.



Figure 10 : Photographie de cabosse de Purus

Source : <https://wildchocolate.org/landmarks/purus/>

c) Le Nacional

Il n'est présent pratiquement qu'en Equateur, et au Pérou, leur transplantation ailleurs n'ayant montrée qu'un succès limité. Il est très peu résistant aux maladies ce qui rend sa culture compliquée. Le Nacional est un cacaoyer de taille moyenne, aux cabosses ovales et jaune-orangé lorsqu'elles sont à maturité. Ses fèves sont rouges pourpres ou blanches. Son cacao très fin est naturellement sucré, peu gras et peu amer. Il renferme un ensemble d'arômes floraux mêlant fleur d'oranger, lilas, violette et jasmin^[11].

d) Le Marañon

Son nom vient, tout comme le Perus, de sa localisation, puisqu'il est énormément répondu dans le canyon de Marañón. La cueillette de ses fèves remonterait au début du XXe siècle. Aujourd'hui, après de multiples sélections, les exploitations de ce cacaoyer sont des plus productives, avec des produits d'excellence. Cependant, sa culture demande beaucoup de main d'œuvre. La saveur de son cacao est florale et fruitée ^[11].

e) Le Contamana

Il a été découvert dans la vallée de la rivière de Ucayali au Pérou en 1937. Il est affilié au cacaoyer Nacional, mais présente cependant une robustesse meilleure, et des graines violettes de petites tailles donnant un cacao plus amer. Il est très résistant à la maladie du balai de sorcière contrairement au Nacional^[11].

f) Iquitos et Nanay

Ils sont tous deux originaires de la même région péruvienne excessivement dense. Ils sont très résistants et vigoureux permettant ainsi une pousse naturelle ou une culture à grande échelle. Leurs graines, de couleur pourpre ou violette, riches en tanins, donnent du corps au chocolat qui en sera issu. Cependant ces graines demandent un traitement plus minutieux (une fermentation plus longue et une torréfaction à température élevée) pour atténuer leur amertume^[11].

g) Le Guiana

Il est retrouvé essentiellement autour des bassins des rivières Camopi, Tampok et Oyapock au Sud-Est de la Guyane française. Arbre de petite taille, ses graines, nombreuses, sont également petites ce qui est plutôt un défaut pour les producteurs. Il est reconnu pour sa très grande robustesse (notamment face à la maladie du balai de sorcière). Ses fèves, une fois torréfiées ont un goût très raffiné, relevé par une faible amertume. Sa forte intensité en arôme est expliquée par une teneur en purine élevée (composé aromatique organique)^[11].

h) Le Curaray

Lui aussi tient son nom de sa localisation, puisqu'il pousse près de la rivière péruvienne portant le même nom. Il présente certains points communs avec les autres groupes issues de la même région Amazonienne : le Nacional, le Contamana et l'Iquitos. Cependant il demeure dans une zone circonscrite dans la région amazonienne de L'Équateur contrairement à ces autres groupes de répartition plus large. Pour le moment, il représente une part minime de la production de cacao. Cependant, des études de manipulations génétiques et d'hybridations sont envisagées pour en tirer un profit meilleur ^[11].

C) Conditions de culture

1) Les facteurs climatiques

Le cacaoyer étant originaire de la forêt tropicale amazonienne, les conditions optimales de culture sont obtenues quand les données climatologiques des pays de culture se rapprochent de celles de la zone d'origine^[6].

Le cacaoyer a besoin d'un climat chaud et humide. Cependant, il ne tolère pas un ensoleillement excessif et il lui faut un ombrage adapté, conditions qui sont réunies dans les forêts tropicales. Sa température optimale de croissance se situe entre 24 et 28°C.

Il peut cependant supporter des températures plus faibles sur une courte période (sans descendre sous les 10°C). Au-dessus de 32°C, la production de cabosses diminue notablement même si la pluviométrie est forte.

Cette dernière doit être au minimum de 1500mm de pluies par an, bien que dans des sols riches et profonds, il puisse croître normalement avec seulement 1100 à 1200mm d'eau par an. La répartition des pluies et la durée de la saison sèche (qui ne doit pas excéder trois mois), demeurent des paramètres plus importants que la quantité d'eau^[13].

L'humidité est souvent de 100% la nuit et de 70 à 80% le jour dans les régions productrices de cacao. Il est nécessaire de limiter l'effet des vents pouvant être asséchants (par exemple l'Harmattan en Afrique de l'Ouest) via l'emploi de brise vent et d'arbres d'ombrage. Les arbres d'ombrage, souvent composés de bananiers, et de cocotiers plantés plus haut afin de constituer un « parasol » au-dessus des cultures de cacaoyers permettent également de limiter l'ensoleillement^[6].

Durant les deux premières années de culture, cet ombrage est indispensable et doit être relativement épais, pour ne laisser passer que 50% de la totalité de la lumière. Il sera ensuite baissé de façon progressive, et ce de façon corrélée avec le développement de l'arbre, mais jamais avant la formation complète des couronnes^[6].

2) Le sol

Sa profondeur doit être au minimum d'1m50. Elle doit être plus importante, si les pluies sont mal réparties dans l'année ou encore insuffisantes, pour permettre au cacaoyer d'implanter une racine importante afin de développer une meilleure résistance. A contrario sur des terrains modérément profonds, l'amplification du réseau racinaire secondaire permet aux organes aériens d'arriver à une bonne croissance^[13].

Le sol doit également être enrichi en azote, en potasse et en matières organiques. Une teneur de 3,5 % de matières organiques dans les quinze premiers centimètres du sol est le minimum à avoir. Cette matière organique doit être préservée de toute dégradation engendrée par l'utilisation d'engins trop lourds, ou par une insolation directe et longue.

Lors des saisons sèches, il est primordial de maintenir une bonne rétention en eau pour éviter une déshydratation et un dessèchement du cacaoyer.

A l'inverse, en saison pluvieuse, les cultivateurs de cacao doivent veiller à un bon drainage de l'eau afin de ne pas provoquer une asphyxie du système racinaire^[6].

3) Plantations et rendements

Les plantations comptent environ 1000 arbres par hectare, avec une récolte approximative de 350 kg de graines. Néanmoins, en fonction des engrais et de la sélection des espèces, cette productivité peut atteindre 2,5 tonnes par hectare^[13].

D) Les ennemis du cacaoyers

1) Les champignons

Tous les organes du cacaoyer tels que les tiges, les feuilles, les coussinets floraux, les fruits et les racines, peuvent être affectés par des champignons pathogènes. Voici plusieurs exemples de maladies fongiques pouvant toucher le cacaoyer.

a) La pourriture brune des cabosses aux *Phytophthora*.

Ces champignons apprécient tout particulièrement l'humidité et la chaleur du climat équatorial dans lequel se développe le cacaoyer. Ils envahissent la cabosse en un temps record, partant de la surface pour atteindre l'intérieur, rendant la cabosse brune spongieuse et flasque et les graines inconsommables^[14] (Figure 11). Elle touche l'ensemble des zones de la production mondiale. Le vent, l'eau et les insectes (fourmis) sont les 3 principales causes de dissémination de ces champignons.



Figure 11 : Photographie d'une cabosse touchée par *Phytophthora* [14]

b) Le balai de sorcière

Le champignon pathogène impliqué dans cette pathologie est *Moniliophthora perniciosa*, retrouvé pour l'instant uniquement en Amérique Latine. Il entraîne une prolifération des rameaux, leur donnant un aspect de « balai de sorcière » (Figure 12). Une fois infecté, l'arbre ne fait plus de fleur, ni de fruit et meurt d'épuisement. Pour tenter de vaincre ce champignon, il faut couper un à un les rameaux malades, ceci nécessitant une main d'œuvre importante, et du temps, engendrant un coût non négligeable^[14].



Figure 12 : Photographie Rameau atteint par *M.perniciosa* [14]

c) La moniliose

Cette maladie touche les cabosses et est causée par un autre champignon du genre *Moniliophthora* : *Moniliophthora roreri*. C'est une maladie originaire d'Amazonie et présente de nos jours sur tout le continent américain. On peut cependant noter que cette maladie n'atteint pas pour l'instant les principaux pays producteurs de cacao situés en Afrique. Ce champignon entraîne une momification de la cabosse, qui deviendra alors un nouveau centre de contamination contenant des millions de conidies* transportées ensuite par le vent pour infecter d'autres arbres^[6]. Un ombrage modéré et uniforme maintenant une humidité plutôt faible et freinant la dispersion du champignon par le vent permet de lutter contre celui-ci^{[6][15]}.

2) Les virus

Les virus sont également impliqués dans des affections des cacaoyers. On peut citer par exemple le virus de l'œdème des pousses du cacaoyer (*Cacao swollen-shoot virus*), phytovirus du genre *Badnavirus* et de la famille des *Caulimoviridae*. Ce virus est responsable d'important dégâts en Afrique de l'ouest et a pour vecteur principale des cochenilles^{[6][16]}.

Les symptômes des cacaoyers sont les suivants :

- Un gonflement inconstant des rameaux pouvant doubler ou tripler de diamètre sur quelques centimètres de long. Le gonflement des racines au niveau du pivot et des racines latérales et secondaires est également souvent observé.
- Une décoloration des feuilles soit le long des nervures principales et secondaires, soit au niveau du limbe.
- Une déformation des cabosses, les rendant arrondies et plus petites (Figure 13) ^{[6][17]}.

L'évolution se fait vers une défoliation et une diminution de la productivité de l'arbre. En effet, le nombre de cabosses, le poids moyen de celles-ci ainsi que le poids moyen des fèves sont significativement diminués et l'arbre finit par mourir^[14].



Figure 13 : Cabosse atteinte du Swollen-shoot [16]

Il semblerait que cette virose soit favorisée par les périodes de forte sécheresse plus longues et plus fréquentes rencontrées de nos jours (impact du réchauffement climatique), qui conduiraient à l'affaiblissement de l'arbre favorisant l'action du virus^[18].

La lutte contre cette virose a longtemps consisté à une destruction systématique des arbres malades, une diminution de la présence des espèces de la flore forestière connues pour être des réservoirs du virus et des vecteurs ainsi que l'éradication des cochenilles. Depuis plusieurs années on s'oriente aussi vers la sélection de variétés de cacaoyers résistants ou tolérants à ce virus. Il semble que ce soit des cacaoyers des hauts-plateaux amazoniens qui soient les mieux « armés » contre cette maladie^[14].

3) Les insectes

Les insectes sont également des prédateurs redoutables du cacaoyer. On peut citer parmi les plus destructeurs les mirides : hémiptères, appartenant à la famille des *Miridae*. Ces insectes sont responsables d'important dégâts, notamment en Afrique de l'Ouest et centrale. Les deux principales espèces sont : *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma*. Ces deux punaises vont non seulement endommager la récolte mais aussi dégrader les capacités de production des arbres au point d'arriver rapidement à une production dérisoire par la suite. Elles s'alimentent au détriment des cabosses et des rameaux, créant une nécrose des tissus^[6].

La connaissance de leur cycle de reproduction et la découverte de nouveaux traitements ont permis de diminuer de manière significative l'impact de ces mirides. L'ombrage forestier important a également un effet bénéfique dans la lutte contre *S. singularis* ^{[15][19]}.

La lutte contre insectes a longtemps consisté en l'utilisation de pesticides chimiques. De nos jours, cette pratique tend cependant à être évitée pour diverses raisons. Tout d'abord leur efficacité est plutôt faible et demande une technicité importante pour les producteurs. Ensuite, les risques pour l'environnement ne sont pas négligeables, d'autant que la production biologique de cacao tend à s'accroître. Pour terminer, ils ont un coût important les rendant inabordables financièrement aux pays « pauvres » produisant le cacao^[14].

C'est pourquoi de nombreux instituts de recherche comme le CIRAD tentent de développer des plantations hybrides capables de résister à ces différents ennemis^[10].

4) Autres prédateurs

Les mammifères tels que les rats, les écureuils, les agoutis et les singes peuvent aussi être responsables d'important dégâts dans les plantations, se nourrissant de la pulpe entourant les fèves. Les perroquets et les pивerts peuvent aussi percer la créant une porte d'entrée aux champignons précédemment évoqués ^{[5][9],[10]}.

II) Fabrication du chocolat

La Côte d'Ivoire est le premier pays producteur mondial de fèves de cacaoiers devant le Ghana, l'Indonésie, le Cameroun, le Nigéria ou le Brésil et est également le premier fournisseur de cacao importé en France^[20] (Figure 14). Dans cette partie, nous allons voir les différentes étapes pour passer du fruit issu de ces zones de culture aux tablettes de chocolat.

Sur cette carte, nous retrouvons en rouge la production de cacao en milliers de tonnes pour les années 2019/2020 et en marron, la consommation de cacao en milliers de tonnes pour les années 2018/2019.

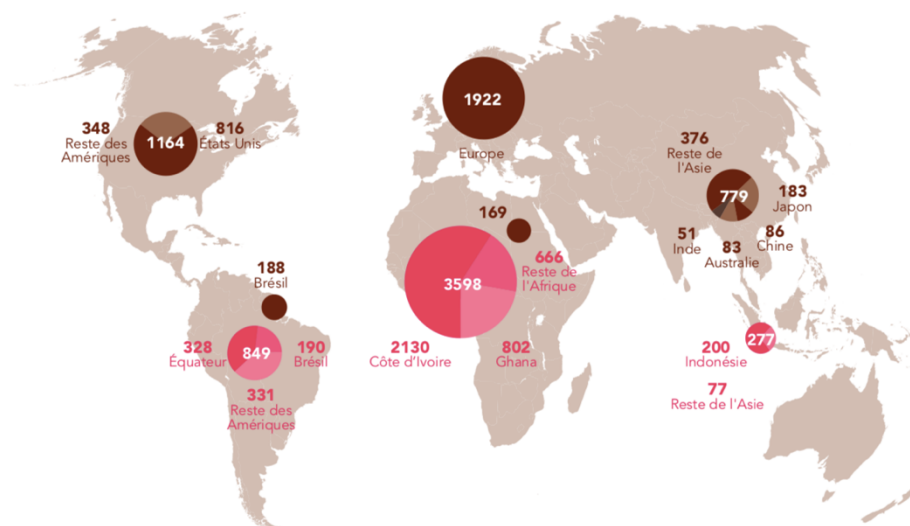


Figure 14 : Carte des pays producteurs et consommateurs de cacao.
Source : ICCO 2020, Tableau 2, 40

A) De l'arbre à la fève fermentée

1) Récolte

Dans la majorité des pays producteurs où il existe une alternance de saisons, deux récoltes sont effectuées : l'une dite principale (fin de la première saison des pluies début de la grande saison sèche), donnant des fèves de meilleures qualités et l'autre dite intermédiaire durant les premiers mois de la grande saison des pluies. Les dates de ces deux récoltes varient suivant les régions. On peut noter qu'en Nouvelle-Guinée, la récolte est possible toute l'année du fait d'une pluviométrie suffisante et d'une saison sèche peu marquée ^{[5][13]}.

Les cabosses doivent être cueillies à maturité exacte. En effet si la récolte est trop tardive le fruit sèche difficilement et garde un goût amer très désagréable ou entraîne un risque de pourriture et de germination des graines. A l'inverse, récolter trop tôt diminue le rendement. La cabosse est mûre environ 5 à 6 mois après la floraison. La maturité se juge notamment sur le changement de couleur de la cabosse (le rouge devient orangé, le vert devient jaune)^[6].

Cette récolte est réalisée fruit par fruit. Elle nécessite une certaine expérience puisqu'il faut sectionner le pédoncule des cabosses à l'aide d'une lame bien affûtée et sans endommager les coussinets floraux car ceux-ci porteront les cabosses l'année suivante. Si le cacaoyer est un peu trop haut, les producteurs de cacao utilisent un émondoir fixé au bout d'une longue perche (Figure 15)^[14].

Les cabosses détachées de l'arbre manuellement tombent sur le sol où elles sont ramassées puis entassées, restant ainsi pendant plusieurs jours en attendant que leur nombre soit suffisant pour envisager de procéder à la fermentation des fèves. Cette attente qui peut durer 3 à 4 jours n'aura pas de conséquences importantes sur la qualité du futur cacao^[6].



Figure 15 : Récolte d'une cabosse avec un émondoir [14]

L'écabossage est la dernière étape avant d'obtenir les fèves et de procéder à leur fermentation. Les planteurs utilisent une machette pour fendre la cabosse. Cependant, il faut être très précis pour ne pas abîmer les fèves. Le gourdin est aussi utilisé pour éclater le fruit. Les fèves sont ensuite détachées du rachis, les fèves défectueuses étant mises à l'écart. Les cabosses vides sont ensuite envoyées dans des aires de compostage^[6].

Une petite partie de celles-ci va également être laissée directement sur le terrain, pour attirer les mouches qui contribuent à la pollinisation^[21]. L'écabossage nécessite une main d'œuvre importante, impliquant souvent le producteur mais aussi sa famille, ses voisins et ses amis^{[6][14]}.

Les fèves sont ensuite nettoyées, calibrées par passage sur une succession de tamis à agitation continue, de dimensions et de mailles différentes. Les impuretés, les poussières et les débris variés (pierres, morceaux de cabosse, particules métalliques, débris de sac,...) sont éliminés.

Dans certains pays comme à Madagascar, les producteurs vendent les graines sur le marché tel quel, sous le nom de « Gomma » ou « cacao en baba ». Mais le plus souvent, les fèves vont ensuite être fermentées^[14].

2) La fermentation

Deux types de fermentation vont avoir lieu : la fermentation externe et la fermentation interne.

a) La fermentation externe

Elle est dans un premier temps de type alcoolique (anaérobie) puis dans un deuxième temps de type acétique (aérobie). Stérile dans le fruit, la pulpe riche en glucides est rapidement colonisée par des bactéries et des levures véhiculées par les mains ou l'air. Sous l'action de ses microorganismes, la pulpe se liquéfie et donne naissance à un jus qu'il convient d'évacuer rapidement. Les sucres complexes ont été réduits en sucre simple (comme le glucose ou le fructose et sont transformés à leur tour en alcool éthylique avec la production importante d'anhydride carbonique (Figure 16). Ces réactions sont en majorité exothermiques ce qui explique l'augmentation de température.

A la fin de cette fermentation alcoolique, la pulpe a été en partie évacuée sous forme de jus et l'aération de la masse restante permet le déclenchement d'une fermentation acétique (Figure 17). L'alcool éthylique se transforme en acide acétique, là encore sous l'action des bactéries. Après 3 à 7 jours, durée variant avec l'origine du cacao, toutes les fèves auront perdues leur capacité de germination^{[6][14]}.

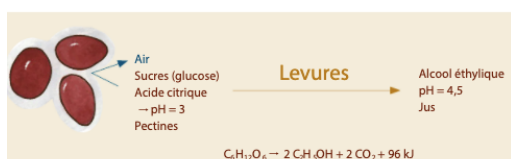


Figure 16 : Conditions et réactions de la phase alcoolique [14]

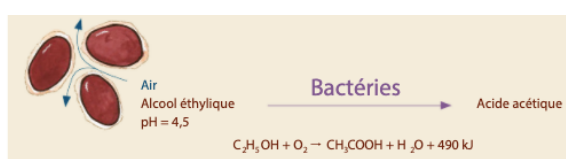


Figure 17 : Condition et réactions de la phase acétique [14]

b) La fermentation interne

Cette fermentation va produire des transformations à l'intérieur même de la fève. Sous l'action d'enzymes hydrolysantes, oxydantes et réductrices, des transformations importantes vont se produire à l'intérieur des cotylédons. Les sucres complexes seront scindés en sucres simples et les protéines seront transformées en acides aminés. Les acides aminés et les sucres simples obtenus sont des précurseurs d'arôme. Ces précurseurs vont intervenir pendant la torréfaction afin de donner l'arôme du chocolat. Cette fermentation modifie également les polyphénols, les empêchant plus tard de se combiner aux acides aminés (cette combinaison inhibant la formation des arômes)^{[5][14]}.

Les microorganismes de cette fermentation synthétisent des substances odorantes pouvant pénétrer dans la graine et ainsi apporter des saveurs spécifiques des différents terroirs (fruits secs, tabac, épices...)^[14].

La durée de l'étape fermentation varie en fonction du type de cacaoyer. Par exemple il sera de 5 à 8 jours pour le Forastero, 2 à 3 jours pour le Criollo et 3 à 5 jours pour le National ou le Trinitario . Elle est une étape cruciale car si elle n'est pas correctement menée, elle aboutit à des défauts, comme par exemple l'apparition d'une couleur violette de la fève. Une fève violette traduit une fermentation trop courte, ayant pour conséquence une fève amère et astringente. Au contraire, si la fermentation est trop longue, la fève va pourrir ^[14].

3) Le séchage

Il permet de ramener le taux d'humidité des fèves à 7 - 8% contre 60% initialement afin d'éviter toute fermentation supplémentaire et afin d'obtenir une meilleure conservation.

La vitesse de séchage a son importance. En effet s'il est trop lent, les fèves vont moisir et à l'inverse un séchage trop rapide entraîne une certaine acidité. En effet, c'est durant cette étape que l'acide acétique formé lors de la fermentation est évaporé, tout comme l'eau. Si le séchage est trop rapide, seule l'eau aura le temps de s'évaporer, et l'acide acétique restera au sein des fèves. Il existe plusieurs méthodes de séchages ^[5].

a) Le séchage au soleil

Différentes techniques sont utilisées.

- Le séchage sur nattes : les fèves sont étalées en couche mince sur des nattes à même le sol ou plus souvent sur des « bâtis » rustiques pour les protéger des animaux domestiques (Figure 19). Au bout de trois ou quatre jours, une bâche en plastique noire est intercalée entre les nattes et les fèves. La chaleur absorbée par la bâche optimise alors le séchage. Le soir ou lors des précipitations, la bâche est roulée par-dessus les fèves, évitant ainsi l'apparition d'humidité supplémentaire. Cette deuxième phase de séchage durera environ dix jours.
- Le séchoir « autobus » : il est constitué d'un abri en bois couvert de nattes, de plastiques ou de tôles. Des ouvertures sont présentes de chaque côté, permettant une bonne ventilation. Sur des rampes en bois, des claies horizontales (c'est-à-dire des nattes posées sur une armature bois) coulissantes sont posées. Ce type de séchage permet d'optimiser l'espace puisque plusieurs étages de claies peuvent être superposées, ainsi qu'une mise à l'abri rapide des fèves en cas de pluies (Figure 18).
- Le séchoir à toit mobile : c'est le principe inverse de celui du séchoir précédent. L'aire de séchage est fixe (cimentée ou en bois) et le toit est amovible par coulissage sur des rails fixés le long de celui-ci (Figure 20)^{[6][14]}.

Pour un séchage homogène, un brassage très fréquent est primordial. Au début, cela doit être fait toutes les heures et ensuite à minima de quatre fois par jour. Pour cela, les cultivateurs utilisent un râteau en bois sans dent pour ne pas abîmer les fèves (Figure 18, 19)^[22].



Figure 19 : Séchage traditionnel au sol, Venezuela [14]



Figure 18 : Séchoir « autobus », Cameroun [14]



Figure 20 : Séchoir à toit mobile, République dominicaine [14]

Certains cultivateurs utilisent un protocole particulier. Ils commencent par un séchage au soleil en couche mince durant deux heures, puis les fèves sont mises dans le séchoir « autobus » pendant deux heures. Ensuite elles sont de nouveau brassées et exposées au soleil. La deuxième étape consiste à les rassembler pour former un petit monticule afin que les fèves ne sèchent pas trop rapidement et évacuent correctement l'acide acétique. Ce monticule est ensuite à nouveau étalé en couche mince. Par la suite, les fèves sont exposées environ 8 heures directement au soleil puis elles sont recouvertes avec la bâche pendant 2 heures puis elles seront de nouveau exposées directement au soleil. Ce processus durera 48 heures^[22].

Ce type de séchage naturel garanti une fève de qualité bien meilleure mais nécessite beaucoup de main d'œuvre et apparaît difficile, voire impossible dans les pays où les précipitations sont trop fréquentes ou importantes^{[5][14]}.

b) Le séchage artificiel

Il est utilisé surtout lorsqu'il y a une trop grande quantité de fèves à faire sécher ou bien quand la récolte a lieu pendant une période humide, comme c'est le cas en Indonésie par exemple. Le séchage artificiel est plus rapide puisque le temps est réduit à un ou deux jours. Deux types d'appareillages peuvent être utilisés : les séchoirs simples et les séchoirs mécaniques.

- Séchoirs simples : ce sont des fours à sole en ciment sur lequel le cacao est séché par échauffement du sol. Il existe aussi des fours à courant d'air chaud formé par des conduits de fumée d'un foyer extérieur entretenu avec du bois.
- Séchoirs mécaniques : Ils sont utilisés principalement dans les exploitations de grosses tailles. Il peut s'agir de claies mobiles parcourant un tunnel d'air chaud, ou de séchoirs rotatifs dans lequel l'air chaud traverse les fèves contenues dans un cylindre en mouvement^[6].

Le séchage artificiel présente plusieurs avantages tels que l'obtention d'un produit homogène, une rapidité d'exécution, l'inexistence de fèves moisies et surtout une économie de main d'œuvre et de surface.

Cependant, il présente également certains inconvénients tel qu'une qualité moindre avec une fève au gout plus agressif et amer par une évaporation incomplète de l'acide acétique. De plus, lors de l'utilisation de séchoirs simples, la fumée peut contaminer la fève lui laissant une odeur et un gout désagréable^[5].

4) Le stockage

Il se fait dans des sacs de jute. Le jute est perméable à l'air, permettant aux fèves de ne pas moisir. En effet, au départ, l'air contenu dans le sac est chaud et très humide tout comme celui du pays producteur. En cas de transport dans un contenant imperméable, la température extérieure entraîne, lors de sa diminution, un phénomène de condensation : les fèves se mouillent et moisissent, d'où l'intérêt d'utiliser ce jute imperméable.

Cependant, ce jute ne protège pas les fèves d'attaques d'insectes. Ces attaques sont favorisées par le ramollissement des fèves à cause du fort taux d'humidité ambiant. C'est pourquoi il est primordial que la vente se fasse le plus rapidement possible^[14].

B) De la fève au beurre de cacao et à la poudre

Avant la première étape, qui est la torréfaction, les fèves sont triées et nettoyées afin d'éliminer les particules étrangères (poussières, cailloux, brisures...).

1) La torréfaction

La torréfaction qui consiste à traiter par la chaleur la fève est une opération capitale ayant plusieurs rôles :

- Abaisser le taux d'humidité à 1,5-2 %,
- Provoquer l'évaporation des acides volatils,
- Faciliter la séparation de l'amande et des coques,
- Développer l'arôme du cacao^[5].

C'est une opération très précise dont l'intensité et la durée doivent être soigneusement réglées suivant les particularités des fèves en traitement.

Elle se fait habituellement en continu (100 à 140°C pendant 15 à 40 minutes) puis les fèves sont refroidies très rapidement permettant de stopper complètement les effets de la torréfaction (afin d'éviter que la torréfaction ne continue au sein de la graine)^{[5][14]}.

Les variétés les plus délicates comme le Criollo sont torréfiées à des températures plus basses pour « optimiser le développement de l'arôme ».

C'est le rôle de l'ouvrier torréfacteur de saisir le moment où les fèves atteignent les caractéristiques souhaitées^[23].

Tout comme la fermentation, c'est une étape délicate. Une torréfaction excessive détruit l'arôme naturel ; à contrario si elle est insuffisante les téguments argentins deviennent difficiles à éliminer l'amertume de la fève brute persiste^[5].

Pendant la torréfaction, des réactions chimiques naturelles, appelées « réaction de Maillard », se produisent. Elles font intervenir les acides aminés et les sucres et aboutissent à la production de molécules aromatiques et de composés de couleur brune. Ainsi, les sucres et les acides aminés sont bien des précurseurs de l'arôme du chocolat composé d'environ 500 composants volatils^[14].

2) Le concassage et le décortiquage

Le but de ces deux opérations est de séparer différents éléments : l'amande (ou cotylédons), le tégument argentin, et le germe (ou embryon). La torréfaction facilite le concassage car il rend la coque cassante. Le concassage des fèves est réalisé par deux disques broyeurs tournant à des vitesses différentes, réduisant les fèves en particule de deux ou trois millimètres. Les débris de coques sont éliminés par ventilation. Les autres composants sont séparés par densité sur des tamis vibrants. Ce cacao concassé s'appelle « le grué ». Après cela, le poids du cacao est diminué de 20%^{[5][24]}. Durant cette étape, tout est utilisé puisque les brisures de coques qui contiennent un peu de beurre de cacao sont utilisées dans l'industrie. Elles servent également d'engrais ou d'aliment dans le bétail^[5].

3) Le broyage ou mouture

Le grué est ensuite écrasé à une température élevée (50 à 70°C). L'écrasement se fait dans des broyeurs à cylindres de plus en plus serrés qui broient le grué de plus en plus finement. C'est cette action mécanique associée à la chaleur qui casse les structures cellulaires permettant de former une pâte. Cette pâte est ensuite refroidie et solidifiée pour former la masse de cacao^{[5][14]}. Il existe d'autres dispositifs de broyage : des moulins à disques, des moulins à broches et des moulins à billes. Cette masse dont l'amertume est très intense est utilisée dans la coloration et l'aromatisation des pâtisseries ^[14].

4) De masse au chocolat

A partir de cette pâte et après pressage on obtient deux produits : le beurre de cacao et la poudre de cacao^[25].

a) Le beurre de cacao

C'est le Hollandais Casparus Van Houten qui inventa en 1828 l'extraction de celui-ci, en utilisant des presses hydrauliques à chaud^{[14][26]}. En sortant de la presse, le beurre de cacao est filtré pour que les éléments solides résiduels soient retirés. Dans le cas où ces éléments solides ne sont pas retirés, ils brûlent aux températures de traitement donnant un mauvais goût et un changement de couleur du beurre.

Le beurre de cacao peut également être désodorisé c'est à dire soumis à une injection de vapeur sous vide poussé pour que les fractions volatiles responsables de l'odeur soient entraînées^[27]. Il est ensuite refroidi pour obtenir des blocs solides de couleur jaune. Selon les techniques utilisées, 2/3 à 3/4 de la matière grasse initialement présente dans la masse de cacao va être extraite.

Son usage principal se fait dans les chocolateries pour la fabrication du chocolat. Aujourd'hui il est également retrouvé dans les produits cosmétiques bio comme des rouges à lèvres, ou comme excipients dans des suppositoires (une monographie du beurre de cacao est d'ailleurs présente dans la pharmacopée française (cf Annexe 1)) bien qu'il soit de plus en plus remplacé par des composants plus stables aux variations de températures.

b) La poudre de cacao

Après le pressage et l'extraction du beurre de cacao, on obtient une masse compacte de plusieurs centimètres d'épaisseur, appelée tourteau ^[27]. Ce tourteau qui ne contient plus que 10 ou 20% de matières grasses sera ensuite broyé et pulvérisé finement pour devenir poudre de cacao^[23]. C'est un ingrédient de base pour l'aromatisation de divers produits comme les biscuits ou encore les crèmes desserts^[27]. Elle est également utilisée dans la fabrication de pâte à tartiner^[14].

Enfin, elle est utilisée pour la préparation de chocolat chaud, car elle est facilement soluble dans l'eau ou le lait, du fait de sa faible teneur en matières grasses^[14].

C) Fabrication du chocolat

a) Le mélange

La masse de cacao (appelée aussi liqueur de chocolat) est mélangée au sucre, puis le tout est ensuite malaxé pour obtenir « une masse grasse et fluide »^[25].

b) L'affinage

Cette masse est ensuite mise dans un broyeur pendant une vingtaine d'heures pour obtenir une pâte bien lisse. C'est l'étape d'affinage appelé aussi raffinage. L'affinage est vérifié par le maître chocolatier d'une façon assez originale: il met un peu de pâte sur sa langue et la fait passer sur son palais, pour vérifier qu'il n'y ait plus aucun grain^[23].

c) Le conchage

C'est l'étape qui consiste à ôter les résidus astringents et acides contenus dans le mélange broyé. Cette étape aurait été créée par le célèbre chocolatier Rudolf Lindt en 1879. Cette étape a une durée très variée, d'une dizaine d'heures jusqu'à sept jours mais est en moyenne de trois jours ^[14].

Le conchage consiste donc en un brassage à chaud qui permet de terminer la déshydratation du chocolat et d'ôter l'intégralité de l'acide acétique restant de la fermentation. Cependant en ôtant cet acide acétique, les arômes volatils sont aussi éliminés. L'art réside donc à trouver la durée idéale donnant une texture harmonieuse tout en gardant un maximum d'arômes. Après cette première partie, appelé conchage sec, est entamé le conchage « gras » avec l'ajout du beurre de cacao. Le beurre de cacao permettra d'obtenir un chocolat onctueux et brillant^[5].

d) Tempérage

C'est une étape clef qui permet d'avoir un chocolat contenant du beurre de cacao sous la forme cristalline V, forme stable (il existe 6 formes cristallines différentes du beurre de cacao fondant à des températures différentes). Au naturel, lorsque l'on fait fondre du chocolat (au soleil par exemple) et qu'il revient ensuite à l'état solide, il n'est plus cassant, des traces blanches apparaissent et l'aspect n'est plus appétissant. Cela est dû à la formation d'une forme instable du beurre de cacao contenu dans le chocolat^[28].

Or, lorsque le chocolatier veut travailler le chocolat, il doit d'abord être chauffé pour le rendre liquide puis refroidit. Le but du tempérage est donc de garder les propriétés voulues, en maintenant le beurre de cacao dans sa forme stable V, et de garder ainsi un aspect lisse et brillant^[28].

Ce tempérage doit se faire entre 28 et 34°C, la température exacte dépendant du type de chocolat. Elle sera de 31-32°C pour un chocolat noir contre 29-30°C pour un chocolat blanc^[28].

e) Le moulage

Dernière étape, elle permet de donner au chocolat sa forme définitive. Il se fait avec des moules chauds pour permettre une solidification homogène^{[5][14]}.

Remarque : Pour fabriquer du chocolat au lait, on ajoutera simplement de la poudre de lait au mélange sucre, masse de cacao lors de la première étape.

Pour celle du chocolat blanc, les ingrédients sont bien différents puisque ce n'est pas la masse de cacao qui est utilisée mais le beurre de cacao. A celui-ci est ajouté du lait et du sucre^[25].

La figure ci-dessous résume les différentes étapes d'obtention du chocolat (Figure 21).



Figure 21 : Schéma de la fabrication du chocolat [14]

III) Chocolat et nutrition

A) Les différents types de chocolat

Il existe différents types de chocolat en termes de composition dont voici une liste non exhaustive (Tableau 1)^[29].

<u>Types</u>	<u>Description</u>
Chocolat	Contient en matière sèche au moins 35% de cacao dont 18% de beurre de cacao et 14% de cacao dégraissé.
Chocolat « à la taza »	Contient au maximum 8% de cacao et d'autres ingrédients tels que le blé, le maïs, le riz, et/ou de l'amidon.
Chocolat sucré	Contient 30% de cacao dont au moins 18% de beurre de cacao et 12% d'extrait sec de cacao sans matières grasses.
Chocolat « familier à la taza »	Comme le chocolat sucré, avec un maximum de 18% de blé, maïs, de riz et/ou de l'amidon.
Couverture de chocolat	Contient en matière sèche avec 35% de cacao dont 31% de beurre de cacao et 2,5% d'extrait sec de cacao dégraissé.
Chocolat au lait	Contient en matière sèche avec 25% de matières solides de cacao (dont un minimum de 2,5% de solides non gras) et un minimum de lait solide entre 12% et 14% (y compris 2,5 à 3,5% de matières grasses).
Chocolat familier au lait	Contient 20% de cacao (dont un minimum de 2,5% de matières solides sans matières grasses) et 20% de lait solide (y compris un minimum de 5% de matières grasses).
Couverture de chocolat au lait	Contient 25% de cacao (dont un minimum de 2,5% de matières solides sans matière grasse), 14% de lait solide (y compris un minimum de 3,5% de matière grasse) et une matière grasse totale non inférieure à 31%.
Chocolat blanc	Contient en matière sèche au moins 20% de beurre de cacao et 14% de lait solide (y compris au moins entre 2,5 à 3,5% de matière grasse).

<u>Types</u>	<u>Description</u>
Chocolat Gianduja	Contient au minimum 32% de cacao (dont au moins 8% de cacao solides non gras) et au moins 20% voir au plus 40% de noisettes finement broyées .
Chocolat au lait aux noisettes Gianduja	Contient 20% de caco, 10% de lait et au moins 15% voir au plus 40% de noisettes finement broyées. D'autres ingrédients peuvent également être ajoutés : amandes et autres variétés de noix de sorte que la quantité totale, ne dépasse pas 60% du poids total du produit.
Chocolat para mesa	Chocolat non raffiné dans lequel la granulométrie du sucre est supérieure à 70 microns.
Chocolat de base para mesa	Contient de la matière sèche avec 20% de cacao solide (dont un minimum de 11% de beurre de cacao et 9% de cacao dégraissé.

Tableau 1 : Les différents types de chocolat en fonction de leur composition

A ces différents types de chocolats s'ajoutent aussi les chocolats dit « thérapeutiques » que nous étudieront de plus près dans la partie III de cette thèse.

B) Composition Nutritionnelle

1) Les macronutriments

Le tableau ci-après détaille la composition en macronutriments des types les plus courants de chocolats (Tableau 2).

Pour 100g	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Énergie (Kcal)	526	591	537	551
Protéines (g)	6,39	10,4	7,5	6,16
Glucides (g)	51,4	26,9	55,6	57,1
Lipides (g)	33,1	46,3	30,8	34,2
Fibres (g)	8,76	12,8	2,9	1

Tableau 2 : Composition en macronutriments des différents types de chocolats [30]

a) Protéines

Dix grammes de chocolat noir apportent environ 1 g de protéines.

L'apport en protéines est donc mineur, et est loin de couvrir l'apport journalier recommandé en protéines. En effet, selon l'ANSES : « Dans l'état actuel des connaissances, des apports entre 0,83 et 2,2 g/kg/j de protéines (soit de 10 à 27 % de l'apport énergétique) peuvent être considérés comme satisfaisants pour un individu adulte de moins de 60 ans. »^[30].

Cependant les protéines apportées par le chocolat présentent quelques avantages puisqu'elles sont très digestes^[1].

Ces protéines contiennent aussi tous les acides aminés indispensables qui sont, pour rappel : la leucine, l'isoleucine, la valine, la thréonine, la méthionine, la phénylalanine, le tryptophane et enfin la lysine. Ces acides aminés ne sont pas synthétisables par le corps et doivent donc être apportés par l'alimentation.

Or, une protéine est dite de bonne qualité nutritionnelle si elle contient ces 8 acides aminés dans les proportions adaptés aux besoins de l'organisme ^{[1][31]}.

En effet si une protéine contient un acide aminé limitant, soit un acide aminé en proportion trop faible pour permettre la synthèse correcte de la protéine et que cet acide aminé n'est pas synthétisable par le corps, le manque de cet acide aminé ne peut être comblé, la protéine ne sera donc pas synthétisée.

Le tryptophane étant l'acide aminé précurseur de la sérotonine, hormone régulatrice de l'humeur, le chocolat agirait donc sur celle-ci^{[1][5]}.

b) Glucides

Le chocolat est une source importante de glucides. Le tableau 3 présente les compositions en glucides de différents types de chocolats :

Pour 100g	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Glucides totaux	51,4	26,9	55,6	57,1
Glucides simples :	0,11	< 0,4	< 0,2	0,38
Glucides complexes	41,5	22,5	55,5	54,1

Tableau 3 : Composition en glucides des différents types de chocolats [30].

Remarque : Les chiffres présentés dans le tableau 3 sont des moyennes de valeurs retrouvées dans la littérature, il est donc normal que la valeur des glucides totaux ne soit pas égale à celle des « glucides simples + glucides complexes » et nous ne tenons pas en compte des faibles quantités de maltose^[14]

Le chocolat contient des glucides dit simples. Un sucre simple, aussi appelé monosaccharide, est composé d'une seule molécule. Les glucides simples rencontrés dans le chocolat sont le fructose et glucose.

Le glucose : le glucose est un aldose (Figure 22).

Il est la source première d'énergie de l'organisme (via la glycolyse)^[32].

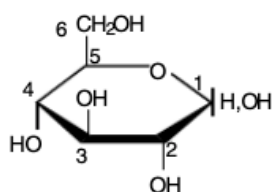


Figure 22 : Structure chimique du glucose [32]

L'ajout de ce composé est réglementé, il ne doit pas dépasser 20% de la composition.

Le fructose : le fructose est un aldose (Figure 23).

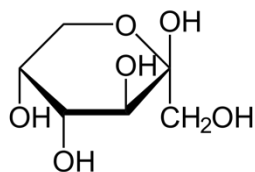


Figure 23 : Structure chimique du fructose

Il peut remplacer le saccharose dans les chocolats à destination des personnes diabétiques en raison de son faible indice glycémique^[33]. Cependant, de nos jours, il est souvent remplacé par du maltitol (édulcorant appartenant à la classe des polyols) dans ce type de chocolat. Et pour cause, un excès de fructose augmente le taux de triglycérides dans le sang, constituant ainsi un facteur de risque cardiovasculaire^[34]. De plus, le maltitol est mal absorbé par l'intestin grêle, rendant son indice glycémique faible (35), par conséquent sa valeur calorique est elle aussi faible (2,4 kcal/g)^[34]. Cependant on peut noter que les polyols font baisser l'absorption intestinale des polyphénols, et entraîne une fermentation au niveau de l'intestin ayant pour conséquences des ballonnements voir des diarrhées^{[35][36]}.

Les sucres complexes, aussi appelés polysaccharides et composés d'au moins deux monosaccharides, sont quant à eux représentés dans le chocolat par le lactose, le saccharose et l'amidon.

Le saccharose :

Le saccharose (Glc-Fru)

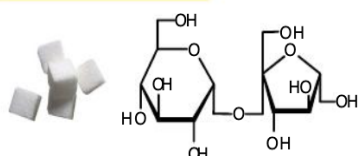


Figure 24 : Structure chimique du saccharose
source : mémo visuel de biochimie,
X.Coumoul

Il est composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose (Figure 24).

C'est le sucre le plus présent dans le chocolat et ce quel qu'en soit le type (noir, lait, blanc)^[33].

Le lactose :

Le lactose (Gal-Glc)

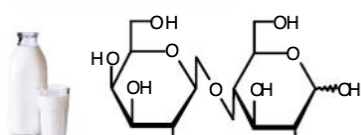


Figure 25 : Structure chimique du lactose
source : mémo visuel de biochimie,
X.Coumoul

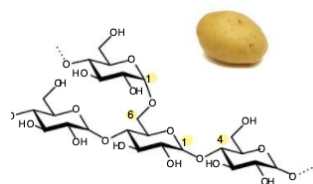
Il est composé d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose (Figure 25).

Il est retrouvé dans le chocolat au lait et blanc^[33].

Sa présence dans ces deux types de chocolat s'explique facilement, puisque lors de leur fabrication, il y a un ajout de poudre de lait dont il est le sucre majoritaire.

Les sucres complexes sont composés d'une chaîne de sucre représentés dans le chocolat par l'amidon^[33].

L'Amidon : l'amidon est un polymère de l'alpha-D-glucose. (Figure 26).



Il est retrouvé tous les types de chocolat en faible quantité ou à l'état de traces^[33].

Figure 26 : Structure chimique de l'amidon
source : mémo visuel de biochimie,
X.Coumoul

L'index glycémique (IG) du chocolat est globalement faible car les glucides sont associés à des fibres et à des graisses qui ralentissent l'absorption des sucres.

Pour rappel un IG est considéré comme faible s'il est inférieur à 50, il est moyen entre 50 et 74 et fort entre 75 et 100^[1].

Produits	IG
Chocolat noir à 70%	22
Chocolat au lait	45
Chocolat blanc	45 à 60
Chocolat thérapeutique « sans sucres » avec polyol	35 à 45

Tableau 4 : Indice glycémique des différents chocolats [30].

Ainsi on peut remarquer que plus le chocolat présente un fort pourcentage en cacao, moins il est sucré et donc moins son IG est important.

c) Les lipides

Ils constituent la matière grasse du chocolat et sont responsables avec les glucides de la forte teneur en calories du chocolat.

Pour 100g	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Lipides (g)	33,1	46,3	30,8	34,2
Lipides saturés (g)	22	28,7	18,7	21,3
Lipides monoinsaturés (g)	9,92	14	9,52	10,2
Lipides polyinsaturés (g)	1,02	1,46	1,03	1,06
Cholestérol (mg)	1,73	6,07	22,1	23

Tableau 5 : Composition en lipides en fonction du type de chocolat [30].

Le chocolat noir à 70% d cacao est le plus riche en lipides. Quel que soit le type de chocolat, les lipides sont majoritairement constitués de lipides saturés, puis monoinsaturés puis polyinsaturés (Tableau 5)^[30].

L'origine des lipides contenus dans le chocolat varie en fonction du type de chocolat considéré. Pour le chocolat noir, l'origine est le beurre de cacao ajouté ou contenu dans la pâte de cacao. Pour le chocolat au lait, ils proviennent du beurre de cacao contenue dans la pâte de cacao mais aussi de la poudre de lait. Enfin pour le chocolat blanc ils proviennent de la poudre de lait et du beurre de cacao ajouté^[14].

d) Les fibres

L'apport journalier recommandé se situe entre 30 et 45g pour un adulte en bonne santé^[37]. En moyenne 9g de fibres sont retrouvées pour 100g de chocolat noir^[30].

Le chocolat est composé à 81% de fibres insolubles qui favorisent le transit et le sentiment de satiété. Les fibres dites solubles, quant à elles, ne sont présentes qu'au maximum à 19% dans le chocolat. Ces fibres solubles limitent l'absorption des glucides et lipides et favorisent la diminution de la glycémie^[1].

2) Les micronutriments

a) Le magnésium

Il est le second minéral le plus présent dans l'organisme, majoritairement retrouvé dans l'os et dans le muscle^[38].

C'est un anti-stress naturel puissant, puisqu'il empêche une augmentation du taux de cortisol (aussi appelée « hormone du stress »). Cependant en cas de stress majeur, la réserve de magnésium s'épuise, créant un déficit en celui-ci^[39]. Ainsi, en cas de stress ou d'anxiété, une supplémentation en magnésium est donc largement conseillée^[40].

Il est également cofacteur de la synthèse de la dopamine (précurseur de la noradrénaline) et de la sérotonine^[39].

Ces deux neurotransmetteurs sont en déficit lors d'une dépression. C'est pourquoi les Inhibiteur de la Recapture de la Sérotonine (IRS) et les Inhibiteur de la Synthèse de la Sérotonine et de la Noradrénaline (IRSNA), appartenant à la classe des antidépresseurs sont prescrits dans ce cas. En effet, en inhibant la recapture de ces neurotransmetteurs, leur taux dans la synapse neuronale augmente.

Le magnésium étant cofacteur ces deux neurotransmetteurs, il augmente leur taux synaptique. Ce mécanisme potentialise l'efficacité de ces deux familles d'antidépresseurs.

De plus, l'axe limbique (= axe des émotions et de la mémoire) et l'axe hypothalamo-hypophysaire (qui contrôle la faim, le stress, l'éveil...) sont sensibles à l'action du magnésium.

Il est aussi capable de désactiver l'allumage de l'hippocampe (partie du cerveau appartenant aux système limbique). Ainsi, une supplémentation en magnésium semble alors intéressante lors d'un traitement pour une dépression^[41].

Le magnésium joue également un rôle dans le métabolisme des sucres. Il intervient aussi dans la transformation de la vitamine B6 en sa forme active appelée phosphate de pyridoxal. Il permet également avec la vitamine C de transformer la vitamine B9 en acide tétrahydrofolique qui sera à son tour transformé en acide folinique, forme active de la vitamine B9^{[39][42]}.

Lors de la contraction musculaire, on a une entrée en d'ion calcium et une sortie en d'ions magnésium^[39].

Les 6 allégations santé (messages mettant en exergue un lien entre un nutriment ou un aliment et l'état de santé) associées au magnésium autorisées sont^[1] :

- Maintien de la fonction musculaire normale
- Maintien de la fonction normale du système nerveux
- Maintien d'une ossature normale
- Joue un rôle dans la division cellulaire
- Contribution à la synthèse protéique
- Contribution aux maintiens des fonctions physiologiques normales

Cependant, pour que ces allégations santé liées au magnésium soient valables, le chocolat doit contenir au moins 15% des apports journalier recommandé* (AJR) en magnésium soit minimum 56 mg de magnésium pour 100g de chocolat .

Le tableau 6 représente la teneur en magnésium en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 360mg /j H : 420mg/j	375mg/j	130 mg/100g	200mg/100g	59 mg/100g	26,5mg/100g

Tableau 6 : Teneur en magnésium en fonction du type de chocolat [30]

On s'aperçoit que même en consommant du chocolat noir à au moins 70% de cacao, l'apport en magnésium par le chocolat en portion plus réelle (soit 25g) est de 50mg soit 13% de AJR. Ainsi tous les bénéfices rattachés au magnésium ne peuvent s'appliquer par simple consommation de chocolat (pas suffisamment riche en magnésium pour obtenir les allégations santé). Il faudrait donc ajouter d'autres aliments riches en magnésium comme la poudre de cacao non sucré (500mg/100g), les légumes secs... pour assurer un apport suffisant et en observer les effets bénéfiques.

b) Le potassium

Il intervient dans la contraction musculaire et l'activité cardiaque via la pompe Na/K ATPase^[5]. En effet, la contraction cardiaque est régie par un potentiel d'action (PA). Ce PA est une variation transitoire du potentiel membranaire responsable de l'activation des cardiomyocytes. Ce potentiel membranaire est régi par les ions sodium et potassium.

Lors de la première phase appelée dépolarisation, il y a ouverture des canaux sodiques, générant la dépolarisation de la membrane. Ensuite ces canaux s'inactivent et les canaux potassiques transitoires dépendant du voltage s'ouvrent induisant une repolarisation de la membrane.

Les allégations santé pouvant être notées pour le potassium sont^[1]:

- Le potassium contribue au fonctionnement normal du système nerveux.
- Le potassium contribue à une fonction musculaire normale.
- Le potassium contribue à une pression sanguine normale.

Un régime alimentaire riche en potassium est associé à une diminution de la pression artérielle. Ce phénomène s'expliquerait par plusieurs mécanismes^{[43][44]}.

Tout d'abord, un apport en potassium diminue le volume intravasculaire. Par conséquent la réabsorption du sodium chute contrairement à son excrétion urinaire qui augmente. Cependant cet effet cesse dans le temps donc n'explique pas la baisse de la pression artérielle sur le long terme^[45].

Ensuite, lors d'un apport en potassium via l'alimentation, le taux plasmatique de potassium augmente ayant pour conséquence une vasodilatation via une stimulation de la pompe Na⁺/K⁺ ATP, entraînant une ouverture des canaux potassiques de cette pompe^[45].

Enfin Mark Houston, médecin américain et directeur de « hypertension institut » situé à Nashville liste un d'autres mécanismes d'actions liés au potassium tels que des altérations de la sensibilité baroréflexe et de la sensibilité aux récepteurs et aux hormones qui influencent le fonctionnement des cellules du muscle lisse vasculaire et du système nerveux sympathique^[43]. Ces effets peuvent être importants pour diminuer la tension artérielle.

Le tableau 7 présente la teneur en potassium de divers types de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Non fixé	2000mg/j	300 mg/100g	750mg/100g	510mg/100g	350mg/100g

Tableau 7 : Teneur en potassium en fonction du type de chocolat [30]

On remarque donc que tous les types de chocolat contiennent au moins 300mg de potassium pour 100g de chocolat, valeur seuil pour obtenir allégations santé lié à ce nutriment.

c) Le phosphore

En association avec le calcium, il participe à la constitution de la trame osseuse et des dents ^{[5][46]}.

Le tableau 8 représente la teneur en phosphore en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 750mg /j H : 750mg/j	700mg/j	186mg/100g	218mg/100g	230 mg/100g	230mg/100g

Tableau 8 : Teneur en phosphore en fonction du type de chocolat [30]

L'apport en phosphore via le chocolat est non négligeable (Tableau 8). Cependant, du fait de sa large répartition dans l'alimentation, une carence en ce phosphore est très rare ^[47].

Le phosphore est retrouvé dans notre organisme à 85% sous la forme d'hydroxyapatite, qui est un sel phosphocalcique. C'est plus précisément au niveau de la matrice extracellulaire du tissu osseux qu'il est présent.

En effet, la matrice extracellulaire de ce tissu se compose de deux parties, une partie organique et une partie minéralisée. C'est dans cette seconde partie que se trouve l'hydroxyapatite^[48].

Ainsi le phosphore joue un rôle primordial en association avec le calcium dans la constitution du tissu osseux, ainsi que pendant la réparation et le remodelage lors d'une fracture^[39].

Les ostéogènes jouent un rôle sur l'absorption intestinale du phosphore^[47]. Lors de la ménopause, les ostéogènes diminuent, c'est pour cela qu'à cette période on a souvent l'apparition d'une pathologie appelée ostéoporose.

Dans les dents, l'hydroxyapatite est retrouvée au niveau de l'émail et de la dentine (Figure 27). A ce niveau, l'hydroxyapatite est fluorée, le rendant moins soluble.

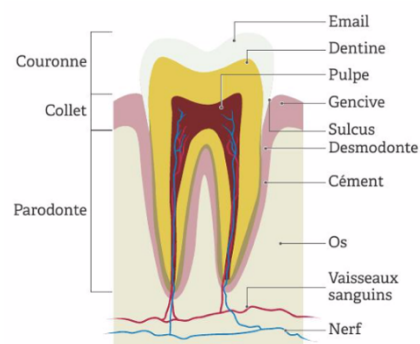


Figure 27 : Schéma de la structure d'une dent.
Source : Moniteur des pharmaciens du 16/04/21

Le phosphore est également un composant des phospholipides, composé majoritaire des membranes cellulaires^[48].

L'adénosine triphosphate (ATP), molécule énergétique intervenant dans de nombreuses réactions dans notre organisme est lui aussi composé de phosphore. En effet le phosphore associé au calcium est appelé phosphate^[39].

Les chocolats pouvant avoir les allégations santé liées au phosphore sont ceux qui contiennent au moins 105mg de phosphore pour 100g. Ces chocolats peuvent revendiquer les allégations santé suivantes^[1] :

- Le phosphore contribue à un métabolisme énergétique normal.
- Le phosphore contribue au maintien d'une ossature normale.
- Le phosphore contribue au maintien d'une dentition normale
- Le phosphore contribue au fonctionnement normal des membranes cellulaires.

d) Le calcium

Son rôle le plus connu est la croissance ainsi que l'entretien de la masse osseuse et des dents en association avec le phosphore vu précédemment^[5].

En situation pathologique appelée ostéoporose, une supplémentation calcique est prescrite en complément des médicaments plus spécifiques de l'inhibition de la résorption osseuse. En effet, lors d'une carence en calcium, la glande parathyroïdienne est stimulée, produisant alors la parathormone (PTH), qui augmente l'absorption digestive du calcium ainsi que la dégradation de l'os pour rétablir un taux de calcium suffisant.

Le calcium est également impliqué dans plusieurs étapes de la coagulation sanguine. En effet il permet notamment de lier le facteur tissulaire (Facteur III) avec le facteur VIIa, d'activer les facteurs XI, IX et d'activer le facteur XIII qui va stabiliser les polymères de fibrine^[49] (Figure 28).

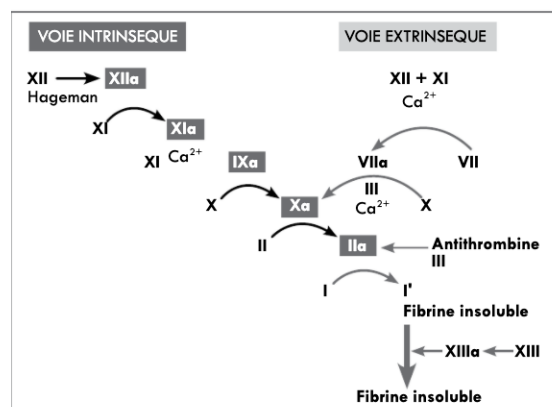


Figure 28 : Schéma de la cascade de coagulation
source : P1 Mémo : Les 567 moyens mnémotechniques
pour la réussite à la 1ère année LMD Santé de G.Zagury

Le contrôle de l'activité cardiaque est aussi régi par ce micronutriment. En rentrant dans la cellule du muscle cardiaque par les canaux calciques de type L après avoir été libéré par le réticulum sarcoplasmique lors du potentiel d'action, le calcium déclenche la contraction cardiaque. C'est d'ailleurs pour cela que les médicaments nommés inhibiteurs calciques, sont délivrés en cas de troubles cardiaques^[50].

De plus, il a un rôle dans le sommeil puisqu'il est nécessaire pour atteindre le sommeil paradoxal, aussi appelé sommeil REM (Rapid Eye Mouvement)^[51].

Enfin, il participe au bon développement du système nerveux, et est connu comme anti dépresseur tout comme le magnésium. C'est donc un minéral jouant un rôle primordial dans l'organisme^[39].

La principale source d'apport en calcium via l'alimentation est les produits laitiers ainsi que certaines eaux minérales. Qu'en est-il donc de l'apport de ce nutriment via le chocolat ?

Le tableau 9 présente la teneur en calcium en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 900mg /j H : 900mg/j	800mg/j	46mg/100g	62mg/100g	220mg/100g	281mg/100g

Tableau 9 : Teneur en calcium en fonction du type de chocolat [30]

La différence notable de teneur en calcium entre le chocolat noir et les deux autres s'explique par l'ajout de poudre de lait au moment de la fabrication du chocolat au lait et du chocolat blanc.

Pour qu'un chocolat puisse avoir les allégations santé liées au calcium, il doit contenir au moins 15% de l'AJR en celui-ci c'est à dire 120mg/100g.

Ces chocolats peuvent revendiquer les allégations santé suivantes^[1] :

- Le calcium contribue à un métabolisme énergétique normal.
- Le calcium est nécessaire au maintien d'une ossature normale.
- Le calcium est nécessaire au maintien d'une dentition normale.
- Le calcium contribue à une fonction musculaire normale.
- Le calcium contribue à une neurotransmission normale.
- Le calcium contribue à un fonctionnement normal des enzymes digestives.
- Le calcium joue un rôle dans les processus de division et de spécialisation cellulaires.
- Le calcium contribue à la coagulation sanguine normale.

Ainsi seule les chocolats au lait et blanc sont concernés par ces allégations.

e) Le fer

Sa fonction principale est bien sûr la participation à la production de globules rouges, (GR) ainsi que l'apport en oxygène dans le corps^[13]. En effet, le fer est contenue dans l'hémoglobine, constituant majoritaire des globules rouges et formé de 4 sous unités portant un groupement hémique (Fe^{2+}) capable de se lier à l'oxygène.

C'est pourquoi, en cas de carence en fer, la synthèse de l'hémoglobine ne peut se faire correctement. Les globule rouge sont alors moins nombreux et microcytaires (de plus petite taille). Parmi les signes cliniques de l'anémie, il y a la fatigue persistante, les maux de têtes...

Le fer est également un cofacteur dans la production de dopamine à partir de la tyrosine, acide aminé lui-même synthétisé à partir de la phénylalanine, réaction pour laquelle le fer est aussi un cofacteur. Sachant que la dopamine est le neurotransmetteur de la voie méso limbique et méso-corticale qui contrôlent l'émotivité et l'anxiété, une supplémentation en cas de stress, dépression semble une piste intéressante au même titre qu'une supplémentation en magnésium vu précédemment^[39].

Le fer a une action sur le système immunitaire. En effet, il module l'activité des lymphocytes T (LT) CD4, qui ont une action activatrice des macrophages. Il interagit aussi sur les LT CD8. Il joue également sur la production d'interférons, qui bloquent la réplication virale^[52].

Le tableau 10 représente la teneur en fer en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 16mg /j H : 9mg/j	14mg/j	4,35mg/100g	11mg/100g	3,6mg/100g	0,2mg/100g

Tableau 10 : Teneur en fer en fonction du type de chocolat [30].

Le chocolat noir à 70% de cacao est le plus riche en fer avec 11mg/100g, valeur proche de l'AJR. Cependant il est riche en fer dit « non héminique », qui est absorbé uniquement à hauteur de 5% par notre organisme.

Pour qu'un chocolat puisse avoir les allégations santé liées au fer, il doit contenir au moins 2,1mg de fer pour 100g.

Les allégations santé autorisées sur l'emballage du chocolat lié à ce nutriment sont^[1] :

- Le fer contribue à un métabolisme énergétique normal.
- Le fer contribue à la formation normale de globules rouges et d'hémoglobine.
- Le fer contribue au transport normal de l'oxygène dans l'organisme.
- Le fer contribue à une fonction cognitive normale.
- Le fer contribue au fonctionnement normal du système immunitaire.
- Le fer contribue à réduire la fatigue.
- Le fer joue un rôle dans le processus de division cellulaire.

f) Le sodium

C'est le principal cation extracellulaire. Il est souvent en association avec le chlorure. Il rentre dans la composition du sel de table. La teneur en sodium pour les chocolats noirs est relativement faible. Ainsi un patient devant respecter un régime sans sel peut consommer tous types de chocolat même s'il est préférable de privilégier le chocolat noir qui est moins riche en sel.

Le tableau 11 représente la teneur en sodium en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 16mg /j H : 9mg/j	14mg/j	5,36mg/100g	8mg/100g	78mg/100g	88mg/100g

Tableau 11 : Teneur en sodium en fonction du type de chocolat [30] .

g) Le cuivre

Le cuivre est connu pour son action antioxydante puissante. En effet, il intervient dans la structure d'une des trois superoxyde dismutases^[53] :

la superoxyde dismutase de cuivre-zinc (Cu / ZnSOD); les deux autres étant la superoxyde dismutase de manganèse (MnSOD) et la superoxyde dismutase extracellulaire. Cette famille d'enzyme « a pour fonction de piéger les radicaux libres produits par le métabolisme », jouant un rôle dans la prévention de nombreuses pathologies ainsi que le traitement de pathologies cardiaques et cancéreuses^[54].

La Cu/ZnSOD est mutée dans la maladie de Charcot (= maladie neurodégénérative mortelle affectant les motoneurones du cerveau, du tronc cérébral et de la moelle épinière)^[55].

Le cuivre est également un cofacteur de réactions d'oxydo-réduction intervenant dans le développement et la croissance^[53].

Le cuivre intervient dans la synthèse de la noradrénaline à partir de la dopamine. Ainsi, tout comme expliqué plus haut, une supplémentation chez un patient dépressif pourrait être intéressante^[39].

Le cuivre a également plusieurs rôles au sein de notre système immunitaire. Tout d'abord, lors d'une infection, les macrophages peuvent phagocyter les pathogènes dans un phagolysosome. Dans certains cas, ce phagolysosome peut contenir une teneur élevée en cuivre. C'est le cas pour la lutte contre *Escherichia colis*, *Candida albicans* ou les Salmonelles^[56].

Ensuite, il améliore la réactivité des cellules Natural Killer. Il peut également catalyser la formation d'espèces réactives de l'oxygène, afin de les utiliser pour tuer le pathogène.

Enfin, il joue un rôle dans la différenciation et la prolifération des Lymphocytes T (LT). En effet une carence en cuivre réduit l'expression de l'interleukine 2 ce qui induit une réduction, de la prolifération des LT^[52].

Concernant le rapport entre coloration des cheveux et le cuivre, il apparaît qu'une carence en fer et en cuivre a une conséquence sur la croissance et la coloration des cheveux^[57].

Le tableau 12 représente la teneur en cuivre en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 1,5mg /j H : 2mg/j	1mg/j	0,6mg/100g	1,6mg/100g	0,29mg/100g	traces

Tableau 12 : Teneur en cuivre en fonction du type de chocolat [30].

La quantité en cuivre apporté par le chocolat noir est non négligeable : dose de 1,6mg/100g pour le chocolat noir à 70% ce qui est supérieur à l'AJR.

Pour qu'un chocolat puisse avoir les allégations santé liées au cuivre, il doit contenir au moins 0,15mg de cuivre pour 100g.

Les allégations de santé autorisées pour ce micronutriment sont^[1] :

- Le cuivre contribue à un métabolisme énergétique normal.
- Le cuivre contribue au fonctionnement normal du système nerveux.
- Le cuivre contribue au transport normal du fer dans l'organisme.
- Le cuivre contribue à protéger les cellules contre le stress oxydatif.
- Le cuivre contribue au maintien du tissu conjonctif normal.
- Le cuivre contribue à la pigmentation normale des cheveux et de la peau.
- Le cuivre contribue au fonctionnement normal du système immunitaire.

h) Le zinc

Il est connu pour sa propriété cicatrisante au niveau cutané. C'est également un antioxydant jouant un rôle dans le système immunitaire^[58] : il joue un rôle sur la maturation et l'activation des LT et LB. Il permet également un contrôle sur l'intensité de la réaction inflammatoire, en évitant une inflammation excessive délétère pour l'organisme^[59].

Tout comme le fer il active la production d'interférons^[52].

Tout comme le magnésium il est un cofacteur dans la transformation de la dopa en dopamine, précurseur de la Noradrénaline^[39].

Le tableau 13 représente la teneur en zinc en fonction du type de chocolat.

ANC Chez l'adulte	AJR	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
F : 10mg /j H : 12mg/j	10mg/j	1,3mg/100g	3mg/100g	1,1mg/100g	0,9mg/100g

Tableau 13 : Teneur en zinc en fonction du type de chocolat [30].

3) Les vitamines

Le chocolat contient des vitamines notamment celle du groupe B, dont les teneurs sont résumées dans le tableau ci-dessous^[32].

Vitamines	ANC Chez l'adulte par jour	AJR Par jour	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Vit D (µg)	5	5	0	2,16	1,5	traces
Vit E (mg)	12	12	1,44	0,67	0,45	1,14
Vit C (mg)	110	80	0,28	< 0,5	1,58	0
Vit B1 (mg)	H : 1,3 F : 1,1	1,1	0,07	0,13	0,071	0,08
Vit B2 (mg)	H : 1,6 F : 1,5	1,4	0,07	0,11	0,26	0,49
Vit B3 ou PP (mg)	H : 14 F : 11	NR	0,6	0,49	0,18	0,2
Vit B5 (mg)	5	6		0,44	1,26	0,59
Vit B6 (mg)	H : 1,8 F : 1,5	1,4	0,03	< 0,01	0,066	0,07
Vit B9 (mg)	H : 300 F : 30	200	12	52	18,7	10
Vit B12 (mg)	2,4	2,5	NR	0,35	0,54	traces

Tableau 14 : Composition vitaminique en fonction du type de chocolat [30].

On constate que globalement l'apport en vitamines est minime par rapport aux AJR.

4) Autres

Le chocolat contient d'autres molécules comme des polyphénols (notamment de type flavonoïdes) aux propriétés anti-oxydantes. Il contient aussi des composés « psychoactifs » comme la caféine, la théobromine, la théophylline, de la phényléthylamine...

On estime la concentration en théobromine entre 500 et 1600mg pour 100g de chocolat noir et de 150 à 220mg pour 100g de chocolat au lait et celle de la théophylline entre 500 et 1600mg pour 100g de chocolat noir et de 150 à 220mg pour 100g de chocolat au lait.

Partie 2 : Histoire du Chocolat

A) Origine du cacao

1) Les origines

L'origine du cacaoyer se retrouve dans la préhistoire de l'Amérique équatoriale. La trace des premières cultures de cacaoyers a été trouvée au début du VII^e siècle. On l'attribue aux mayas de la presqu'île du Yucatan (un des états du Mexique)^[24].

2) La légende de Quetzalcóatl

L'histoire du cacao repose sur une légende, celle de Quetzalcóatl. Cette histoire commence à l'époque des Toltèques (peuple bâtisseur ayant rayonné entre 900 et 1200 ap J.C. au Mexique), dont Quetzalcóatl était le roi. Il habitait à Tula, capitale de cette civilisation où ne se trouvait qu'abondance, beauté et luxe^[60]. Des constructions toutes en pierres précieuses, coquillages et plumes de toutes les couleurs lui était destinées. Il avait mis en place de nombreuses cultures de cacaoyers aux multiples couleurs, appelés *xochicacaóatl* qui s'étendaient sur le royaume. Il était à la fois roi et grand prêtre vénéré comme un dieu par toute cette civilisation. Cependant cette ère de gloire et de beauté toucha à sa fin à l'arrivée du magicien Tezcatlipoca. Un jour, Quetzalcóatl voulu rajeunir et devenir immortel. C'est alors que Tezcatlipoca lui tendit un breuvage qui devait exhausser ce vœu. Dès qu'il l'eut bu, Quetzalcóatl devint fou (incendiant les maisons, faisant dépérir les cacaoyers). Le roi déchu, quitta le royaume et embarqua sur un radeau fait de serpents entrelacés et disparu vers l'Est. Cependant, avant de disparaître, il annonça qu'il reviendrait^[61].

Au fil des années, les différents peuples mexicains n'oublièrent pas ce roi qui leur avait donné l'ineestimable cacaoyer, ainsi que sa manière de le cultiver. Ils lui vouèrent un culte, représenté par un serpent à plumes puisque le nom Quetzalcóatl vient du mot *quetzalli* signifiant « plume verte » et *cóatl* signifiant « serpent »^[60](Figure 29).



Figure 29 : : Représentation de Quetzalcóatl

Source : <https://stringfixer.com/fr/Quetzalcoatl>

3) Les aztèques et le cacao

Même si le premier peuple évolué ayant cultivé le cacaoyer semble être celui des Mayas, qui utilisaient la fève de cacao comme monnaie courante et pour le paiement des impôts, l'histoire du cacao dans l'alimentaire commence avec celle des Aztèques. Pour eux, le cacao avait alors deux utilités : monnaie et aliment ^[62].

Au début du XVI^e siècle, les Aztèques étaient gouvernés par l'empereur Moctezuma II ; Pour ce dernier, le chocolat était une véritable passion. En effet, le chocolat était, en quelque sorte, la boisson nationale^[63].

Pendant les festins de Moctezuma, lui était apporté cinquante pots de «tchocolatl » avec son écume. C'était sa boisson favorite. Elle passait pour être aphrodisiaque. D'ailleurs, des illustrations de l'époque montrent des coupes de chocolat consommées lors de cérémonies de mariage.

La réputation aphrodisiaque de cette boisson viendrait de son utilisation par les nobles, qui en ajoutant des produits stimulants à celle-ci, leur permettaient d'honorer leurs nombreuses conquêtes^[62].

A cette époque, la façon d'accommoder le cacao était très sommaire : les fèves étaient d'abord grillées dans une poêle percée. Ensuite, après les avoir décortiquées, on les broyait sur des pierres préalablement chauffées. On obtenait ainsi une pâte grossière. On y ajoutait, suivant sa richesse, de la cannelle, du musc, du miel ... La pâte était ensuite mélangée avec de l'eau, puis réchauffée. A ce moment-là, le beurre de cacao remontait à la surface, et la pâte était écrémée puis mélangée. Le liquide était alors transvasé dans un récipient assez haut et battu à l'aide d'un instrument appelé moulinet jusqu'à l'obtention d'une mousse durable. On obtenait ainsi une boisson appelée « tchocoatl » qui signifie étymologiquement « tchoco » : bruit et « atl » : eau, peut être en référence au bruit de ce breuvage au moment de l'ébullition, ou à celui du moulinet pendant le mélange^{[14],[61],[64]}.

Le roi, les courtisans et les officiers prenaient en général leur chocolat pur ou mélangé avec du miel. En revanche, le peuple se contentait d'aromatiser une bouillie de farine de maïs, appelée « atolle » avec un peu de cacao.

Au-delà de son usage alimentaire, les fèves, grâce à leur longue conservation après séchage, servaient aussi de monnaie d'échange. Ainsi, un système monétaire, ayant pour unité la fève, avait été créé, afin de faciliter les divers échanges^[61].

1 zontli	valait 400 fèves	1 carga	valait 24 000 fèves
1 canasta	valait 1 600 fèves	1 tribu	valait 64 000 fèves
1 xiquipilli	valait 8 000 fèves	1 tercio	valait 72 000 fèves

À titre d'exemple ^{[14][64]}:

- un lapin valait 10 fèves
- un port en terre valait 25 fèves
- une dinde valait 100 fèves

Enfin, les fèves étaient employées pour le règlement des impôts que les villes versaient au roi au prorata de la richesse de leur production de cacao.

4) L'arrivée des « conquistadores »

En 1507, l'empereur des Aztèques, Moctezuma II préside la fête du feu nouveau, qui célèbre l'entrée dans le nouveau siècle, selon leur calendrier.

C'est alors l'époque de la Renaissance en Europe. L'Espagne assoiffée de nouvelles découvertes envoie caravelles, missionnaires et « Conquistadores » vers les terres inconnues.

a) Christophe Colomb

Parmi les plus célèbres d'entre eux, Christophe Colomb, fut le premier européen à avoir vu et touché des fèves de cacao. Parti de Cadix le 11 Mai 1502 avec 4 caravelles en direction des indes, il arrive en Juillet 1502 sur une des îles des Bahamas, l'île de Guanaga (actuellement le Honduras)^{[64][65]}. Pour autant, Christophe Colomb n'attacha aucun intérêt à ces amandes, considérant les fèves de cacao comme des « crottes de chèvres » et les jetant par-dessus bords dès que les Aztèques furent retournés (Figure 30)^[53]. Il gouta également la fameuse boisson au chocolat mais ne l'apprécia guère, car trop amère^[24].



Figure 30 : L'accueil de Christophe Colomb par les Aztèques.

Source : <https://rebellyon.info/Christophe-Colomb-decouvre-l-Amerique-au-14549>

b) Hernando Cortez

Dix-sept années s'écoulent, et le drame va arriver avec Hernando Cortez et cinq à sept cents soldats, débarquant chez les Aztèques le vendredi 21 Avril 1519, jour et année où les augures avaient prévu le retour de Quetzalcóatl^[61].

Son désir de conquête est tel qu'il motive ses troupes en brûlant ses vaisseaux, sans esprit de retour, et il s'apprête à pénétrer de force sur le continent inconnu, déterminé à briser toute résistance^[66].

Sa surprise fut grande quand il est reçu avec courtoisie par les hauts dignitaires aztèques, qui demandent à l'inconnu de bien vouloir les suivre chez leur empereur. Un tragique malentendu est alors en train de se passer et conduira à sa perte une très grande civilisation. En effet, devant cet inconnu à la peau blanche, à la barbe noire, à l'armure étincelante, et venu de l'est par la mer où Quetzalcóatl avait disparu, sous le même signe calendaire que le dieu déchu, les Aztèques, Moctezuma en tête, crient à la réincarnation de leur cher Quetzalcóatl disparu ! Cortez se garda bien de détromper le roi et se laissa parer d'or et de pierres précieuses. Il va bénéficier de tout ce qui est dû à Quetzalcóatl. Il est ici le maître, il peut tout demander^[62].

Craintes respectueuses vont donc les accompagner jusqu'à Tenochtitlan (capitale de l'empire Aztèque). Les conquérants qui évaluent avec cupidité les bijoux, les tissus brodés, l'or qui parent les Aztèques, ne cherchent qu'à découvrir ce que le pays recèle de richesses, tout en évitant de provoquer des conflits immédiats^[62].

Dans les premiers temps, les conquistadores portent peu d'intérêt au cacao en tant que boisson bien qu'ils lui reconnaissent certaines qualités : « Lorsqu'on en a bu, on peut voyager toute la journée sans fatigue et sans avoir besoin d'autres nourritures ». Cependant, c'est avant tout pour son rôle de monnaie d'échange que le cacao intéresse les Espagnols. Par la suite, le bon vin d'Espagne faisant défaut, les soldats espagnols se résignèrent à boire cette boisson qu'ils accommodèrent à leur façon c'est à dire en le mélangeant à du suc d'agave^[14].

Mais les relations se détériorent de plus en plus entre les Aztèques dépossédés, pillés et les conquérants qui exigent les richesses. Tant et si bien, que Moctezuma se révolte contre les Espagnols. Malheureusement le roi est rapidement vaincu et est contraint d'abandonner son trône.

En 1522, Cortes décide la reconstruction de Tenochtitlan. La jeune colonie mexicaine va se développer peu à peu, sous l'impulsion des européens venus pour faire fortune, conscients de la richesse que peut leur apporter le cacao^[66].

c) Les débuts de l'expansion du chocolat

Grâce au prestige, dont il jouissait auprès des Aztèques, tout au moins au début, Hernando Cortes parvient à imposer la souveraineté espagnole et offrir à sa patrie un magnifique empire. Mais l'anéantissement d'une civilisation raffinée et brillante, ainsi que la cruauté impitoyable dont il fit preuve, souillèrent définitivement sa gloire^[64].

Alors que les conquistadors menaient bon train leur quête du Nouveau Monde, le chocolat s'implantait progressivement dans la communauté espagnole. Cependant pour que le « Tchocolatl » devienne la boisson favorite des espagnols coloniaux il faut qu'un autre élément s'y adjoigne : le sucre^[62].

Comme évoqué précédemment, les soldats espagnols y ajoutèrent d'abord du sucre d'agave (suc très sucré) comme le faisaient les guerriers et les riches mexicains afin de lui faire perdre son amertume, mais très rapidement celui-ci est remplacé par du sucre de canne. Cet ajout se fit par des religieuses à Oaxaca (ville mexicaine). Le chocolat devient alors une boisson chaude et sucrée, devenant ainsi la boisson favorite des Espagnols coloniaux^[64].

Le chocolat prit alors un essor considérable. Les femmes espagnoles qui vivaient au Mexique, en raffolaient au point d'en boire une tasse durant la messe^[5].

La production de cacao est accélérée, étendant sa culture dans toute la partie de l'Amérique soumise à la domination espagnole. C'est aux environs de 1527 que de rares envois prennent le chemin de la péninsule ibérique. A la fin du XVIe, le trafic de cacao est déjà fréquent et régulier^[64].

La culture est introduite à la Trinidad (île espagnole des Antilles située à proximité du Venezuela), tout en veillant à conserver les secrets de culture et de fabrication. L'on dit que ce secret fut préservé pendant une centaine d'années, puis les arbres furent cultivés dans d'autres îles de l'ouest indien, aux Philippines d'où les Allemands les ont probablement introduits en Inde et à Ceylan^[61].

Tout ceci prend une telle expansion que les Espagnols de retour au pays ne peuvent plus se passer de ce doux breuvage.

Soucieux de préserver les secrets de fabrication, c'est la pâte de cacao que l'on exportait du Mexique. Mais à cause de sa mauvaise conservation au cours du voyage, ont dû se résigner à expédier les fèves de cacaoyers brutes^[62].

B) Le chocolat en Europe

En 1585, le cacao connaît, en Espagne, un véritable succès avec la première cargaison de type commerciale, de fèves venant du Mexique. Pendant longtemps le chocolat reste une exclusivité espagnole et un produit lourdement taxé. Il est donc une boisson pour privilégiés ne dépassant pas les frontières du pays^[24].

Le cacao apparut en Italie en 1606 grâce au Florentin Francesco Carletti revenant des Indes orientales. Le succès est immédiat là aussi. Les « Ciocolatieri »(fabricants de chocolats) sont habiles, apprêtant le chocolat de milles manières agréables. Leur art dépasse alors bien vite les frontières de Venise et de Rome où ils officient pour le plaisir des palais gourmands, avant d'être sollicités à travers l'Europe entière^{[5][67]}.

C'est de Naples, qu'un savant de Nuremberg, du nom de Johann Georg Volkammer ramène en 1641 le cacao en Allemagne. Après quelques réticences, la nouveauté fait une fois de plus l'unanimité, ses soi-disant « vertus aphrodisiaques » comptant pour beaucoup dans ce succès^[5].

C'est en 1657 que l'Angleterre est à son tour « contaminée » par le chocolat. Et son usage se répand si rapidement, qu'il devient tout à fait admis de le substituer à la traditionnelle « cup of tea ». Une tasse de bon chocolat est appréciée à l'heure du « five o clock ». De nombreuses maisons de dégustation appelée « Chocolate Houses » ouvrent alors leurs portes^{[24][67]}.

La Suisse quant à elle, connaîtra le chocolat grâce à Henri Escher, maire de Zurich, qui lors d'un voyage à Bruxelles gôûta sa première tasse de chocolat. De retour chez lui, il fait goûter le chocolat à ses amis qui l'aimeront tout autant et seront de fervents propagandistes à travers toute la suisse^{[5][24][24]}. A tel point que Suisse et Chocolat sont deux éléments qui semblent aujourd'hui indissociables.

En Autriche, l'arrivée du chocolat se fait de façon « impérial », par la voie de Charles VI qui quitte Madrid en 1711 pour s'installer avec sa cour à Vienne, où l'on aime toujours déguster un bon chocolat en rêvant au bord du Danube^[5].

Les États-Unis, alors colonie anglaise, devront attendre 1765 pour être conquis^[5].

C) Le cacao en France

L'arrivée officielle du cacao en France correspondit avec l'arrivée des juifs, chassés d'Espagne lors des pogroms, dans la région de Bayonne en 1609. Parmi eux on comptait un grand nombre de chocolatiers L'arrivée officielle du cacao en France correspondit avec l'arrivée des juifs, chassés d'Espagne lors des pogroms, dans la région de Bayonne en 1609. Parmi eux on comptait un grand nombre de chocolatiers^[61].

Le cacao entra officiellement en France en même temps que Anne d'Autriche, fille de Philippe III, d'Espagne à la suite de son mariage avec le jeune Louis XIII. La nouvelle reine de France fit rapidement partager son goût pour le chocolat à toute la cour et au clergé^{[14][24][67]}. On raconte que les premiers spécialistes en chocolaterie furent les moines, en modifiant la composition du chocolat pour le rendre plus sucré, plus doux et plus facile à faire mousse^[68].

En mai 1659 Louis XIV accorde par lettre patente, à David Chaillou, un officier de la reine, toulousain, « le privilège exclusif de faire, vendre et débiter une certaine composition qui se nomme chocolat »^{[62][67]}. David tenait une boutique au coin de la rue de l'arbre sec et de la rue Saint-Honoré à Paris. Le chocolat fut ensuite fabriqué par un certain nombre d'apothicaires et de marchands d'épices parisiens^[61].

En 1660, Louis XIV épouse Marie-Thérèse d'Autriche, fille de Philippe IV d'Espagne. Cette nouvelle reine aimait tant le chocolat qu'un historien a écrit à son sujet : « *le roi et le chocolat étaient les deux seules passions de Marie Thérèse* ». Cependant le premier médecin du roi décida que le chocolat n'était guère bon pour la santé. Pour autant, la reine continuera de s'en faire préparer dans le plus grand secret par sa femme de chambre venue d'Espagne appelée La Molina^{[53][62][67]}.

La diffusion du chocolat se fit très lentement. L'Abbé de Choisy, rapporta qu'en 1664 il était encore totalement inconnu en province. À Paris, il restait encore une denrée rare. Malgré tout, la mode du chocolat commence à se développer dans la capitale et la « bonne société ».

Madame de Sévigné (1626-1696), qui mettait un point d'honneur à se conformer à la mode, fut également une fervente adepte de cette boisson exotique au début. Dans sa correspondance avec sa fille Madame de Grignan elle le conseille d'abord « Mais vous ne portez point bien, vous n'avez point dormi ; le chocolat vous remettra. Mais vous n'avez point de chocolatières, j'y ai pensé 1000 fois : comment ferez-vous ? »^[62].

Mais quelques mois plus tard elle le dénigre : « Je vais vous dire, ma chère enfant, que le chocolat n'est plus avec moi comme il l'était. La mode m'a entraînée, comme elle le fait toujours : Tous ceux qui m'en disaient du bien, m'en disent du mal. On le maudit, on l'accuse de tous les maux qu'on a, il est la source des vapeurs et des palpitations ; ils vous flattent pour un temps et puis allume tout d'un coup une fièvre continue qui vous conduit à la mort ... »^[53].

Néanmoins, Madame de Grignan, qui était alors enceinte, resta une inconditionnelle du chocolat. Aussi la mère, alarmée, lui écrivit en ces termes en octobre 1671 : « N'avez-vous point peur de vous brûler le sang ? Tous ces effets si miraculeux ne cachent-t-ils point quelques embrassements ? Dans l'état où vous êtes ma chère enfant, rassurez-moi, car je crains les mêmes effets. J'ai aimé le chocolat comme vous le savez, mais il me semble qu'il m'a brûlée et de plus j'en ai entendu du mal. Mais vous dépeignez et vous dites si bien les merveilles qu'il fait en vous, que je ne sais plus que dire... La marquise de Coëtlogon pris dans tant de chocolat étant grosse l'année passée qu'elle accoucha d'un petit garçon noir comme le diable, qui mourut »^[53].

Au mois de décembre, sa fille accoucha d'un garçon qui contracta la petite vérole. Aussi, Madame de Grignan se rallia au point de vue de sa mère et se mit à détester le chocolat^[62].

Vers 1682, sous l'influence de Madame de Maintenon, à qui le roi ne savait rien refuser, le chocolat est servi aux collations données à Versailles les jours de divertissements. Malheureusement en Novembre 1693, le roi de retour de Fontainebleau décide de supprimer le chocolat de ces collations, pour raison économique^[53].

En 1692, un édit du roi règlemente de la vente et la distribution de chocolat. Un an plus tard (1693), on revient à la liberté du commerce pour le chocolat et dans le même temps Louis XIV créa la corporation des limonadiers, sans prendre garde d'en limiter le nombre. Les établissements où se vendait le chocolat se multiplièrent^[61].

En 1705 apparaît le premier livre technique : « le parfait limonadier où la manière de préparer le café, le thé, le chocolat et autres liqueurs chaudes ou froides »^[69].

En 1722, Jean-Baptiste Labat, dans son livre intitulé : « nouveau voyage aux îles de l'Amérique » écrivait : « *on se sert du chocolat pour en faire des petites tablettes, des dragées, des pastilles qu'on appelle diabolins et une espèce de marmelade sur laquelle on met des pignons confits. Il serait souhaitable que l'usage de cet excellent aliment s'établisse en France, comme il est en Espagne et dans toute l'Amérique* ». Il fut un des premiers à prédire des perspectives commerciales florissantes pour le chocolat étant donné le prix de vente élevé de celui-ci. Il avait également conscience du côté très lucratif que pouvait constituer la culture des cacaoyers aux Antilles françaises étant donné les faibles coûts de la culture des cacaoyers dû aux faibles dépenses occasionnées par l'entretien des esclaves^[70].

En 1743, Louis XV devient roi. La reine Marie Leszcynska, bien que non espagnole, raffolait du chocolat^[71]. Les séducteurs de l'époque, Casanova en tête, faisaient grand usage du chocolat de même que les favorites. Madame de Pompadour, femme de grande beauté, consommait sans doute pour s'échauffer, un chocolat ambré qu'elle se faisait servir à son déjeuner, avec une poignée de truffes et un potage de céleri^[62].

À cette époque, en France, on avait coutume de mettre des épices comme la vanille et la cannelle. À la cuisson on rajoutait le sucre et on y délayait le chocolat soit dans de l'eau soit dans du lait de vache ou d'amande^[67].

En 1774, Louis XVI était devenu roi. Sa femme Marie-Antoinette raffole du chocolat à l'instar des précédentes reines de France. Elle avait même son propre chocolatier^[62].

D) Naissance et développement de l'industrie du chocolat

1) Avant 1789

Au XVIII^e siècle, la production de chocolat restait artisanale, des fèves jusqu'aux produits finis et la technique de fabrication était primitive. L'ouvrier à genou broyait les fèves à la main à l'aide d'un cylindre sur une pierre inclinée chauffée.

En 1732, Dubuisson apporta un premier perfectionnement en inventant une table horizontale, chauffée au charbon de bois qui permet à l'ouvrier de travailler debout, l'opération de broyage gagna donc en efficacité, car moins physique^{[14][67]}.

C'est en 1770 que la première entreprise industrielle de production de chocolat est fondée : la compagnie des chocolats et des thés : Pelletier et Cie^[62].

En 1778, la première machine hydraulique pour broyer la pâte de cacao et la mélanger au sucre est présentée par Doré à la faculté de médecine de Paris^[14].

Durant cette période des années 1770-1780, la France était alors la première importatrice d'Europe de chocolat et la plus avancée sur le plan technique. À la même époque, Diderot décrit dans l'encyclopédie la préparation du chocolat à la manière des villes françaises d'Amérique^[72]. Cependant l'usage de cette boisson rester encore le privilège d'une minorité de nobles et de riches bourgeois. Le peuple quant à lui se contentait d'en rêver. La Révolution française tout d'abord puis le blocus continental sous Napoléon I, freinèrent la consommation de chocolat en France et entraînèrent de lourdes répercussions dans les pays producteurs en particulier dans les colonies espagnoles et portugaises d'Amérique^[67].

2) Après 1789

L'industrie et le commerce reprennent rapidement après la fin du premier empire et en ce XIX siècle, siècle des grands progrès industriels, les techniques de fabrication du chocolat connaissent un essor considérable.

a) En France

En 1819, Pelletier chocolatier installé à Paris, mit au point une pompe à vapeur permettant d'augmenter considérablement la production de chocolat. En effet, en douze heures, la production de chocolat était de plus de 75 kilos soit l'équivalent d'un travail de sept ouvriers^[67].

En 1847, la chocolaterie Poulain est créée à Blois par Victor August Poulain. Il sera le premier à créer la poudre de cacao pour le petit déjeuner. Consommée par les enfants, cette poudre eut un tel succès, qu'en 1878, cette usine produisait 5 tonnes par jour^[73] !

Trois ans plus tard (1850), de nouvelles avancées virent le jour, grâce à François Jules Devinck qui mit au point un torréfacteur, un mélangeur et une peseuse^[62].

L'histoire du chocolat en France, ne peut être complète sans évoquer de la maison Menier. Tout débuta en 1825, avec Antoine Brutus Menier, pharmacien, qui installa à Noisy sur Marne la première chocolaterie mondiale à l'échelle industrielle^{[74][75]}.

Il acheta les procédés de fabrications, ainsi que les machines à Auger, grand chocolatier parisien. Fort de nombreuses médailles et récompenses (médaille d'or de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale, ainsi que Chevalier de la légion d'honneur), il céda une entreprise prospère à ses descendants^[75].

En 1869 la chocolaterie Menier produisait près de 4000 tonnes de chocolat par an, le plaçant au rang de leader mondial^[61]. Cette production massive de chocolat s'expliquait par l'installation d'une des premières machines frigorifiques industrielles créée par Charles Tellier en 1865^[75].

Gaston Menier, reprend en 1881 l'empire créé par son grand-père puis son père, en association avec son frère Henri. Il va accroître de façon significative la renommée de la marque en lançant diverses campagnes publicitaires connues de tous^[74].

Pour la petite histoire : « la petite fille Meunier », toujours présente de nos jours sur l’emballage des tablette Meunier fut dessinée en 1892 par Firmin Bouisset. célèbre illustrateur, lithographe et affichiste français (Figures 31 et 32)^[74].



Figure 31 : Tablette de chocolat Meunier® [75]



Figure 32 : Affiche publicitaire du chocolat Meunier®, 1892

Parallèlement dans les autres pays d'Europe l'industrie du chocolat progresse surtout en Suisse et en Hollande

b) En Suisse

C'est surtout en Suisse que l'on trouve les pionniers renommés de l'industrie chocolatière. En 1819, François-Louis Cailler fonde à Vevey la première chocolaterie suisse. *« Il perfectionne la fabrication, inventant même une nouvelle broyeuse ce qui donne un tel développement à son entreprise qu'il doit déménager, puis s'installer à Broc en gruyère. »* ^[61].

Il fut imité en 1824 par Philippe Suchard à Serrières. Il développa une machine pour mélanger le cacao et le sucre. De nos jours, la marque Suchard appartient au groupe américain Mondelez, commercialisant des produits mondialement connu comme Milka® (créé par Suchard en 1901), Toblerone®^[14]...

En 1831, Amédée-Charles Kohler à Lausanne est le premier à avoir l'idée d'incorporer des noisettes à la pâte de chocolat. C'est ainsi le pionnier dans l'insertion dans le chocolat de fruits secs^[14].

Daniel Peter, voisin d'un certain Henri Nestlé, qui incorpore du lait à la farine pour enfant qu'il fabrique, décide de mettre du lait dans le chocolat. La recherche aboutit en 1875 par la fabrication d'un chocolat au lait et marque une étape importante dans l'industrie chocolatière^{[14][76]}.

Henri Nestlé, d'origine allemande, est spécialisé dans l'industrie du lait concentré, qu'il utilise pour la fabrication d'aliments infantiles. Son nouveau procédé de condensation du lait est alors utilisé par Peter. Les deux industriels se rapprochent et la maison Peter déjà associée à Kohler, produit en 1905 un nouveau chocolat au lait d'après une recette de H. Nestlé S.A^[14].

Rodolphe Lindt fonda sa maison à Berne en 1879. Il eut le mérite de prendre conscience de l'importance du conchage pour affiner la pâte et créa le premier chocolat fondant et moelleux^[14].

Jean Tobler, issu de la confiserie, créa la fameuse barre Toblerone® au nougat^[14].

c) Les Pays-Bas

Si c'est l'industrie chocolatière suisse qui est la plus connue, c'est cependant grâce à l'innovation en 1825, d'un hollandais Casparus Johannes Van Houten que la consommation de chocolat atteint son niveau actuel. Il modifia un peu la technique de fabrication du cacao. En effet, il ajouta une étape de pressage par presse hydraulique des fèves à chaud afin d'enlever à la pâte de cacao une partie de sa matière grasse. Ceci lui permit de pulvériser très finement le cacao. Il fut ainsi l'inventeur de la poudre de cacao, invention brevetée en 1828. Il ajouta un peu de potasse à cette poudre pour la rendre plus digeste à la manière des Mexicains qui eux, ajoutaient des cendres^{[26][62]}.

Son fils Coenraad Van Houten, a mis au point le procédé d'alcalinisation de la poudre par ajout de carbonate de sodium ou calcium, augmentant la solubilité de cette poudre de cacao^[67].

d) En Angleterre

En 1761, Joseph Fry, apothicaire de métier, commence la fabrication de la « pate de cacao ». Le succès est alors au rendez-vous, et la firme va alors acquérir une presse hydraulique pour augmenter sa production. L'autre date phare de cette compagnie est 1795, date à laquelle Mr Fry installa la première machine à vapeur de Bristol dont l'énergie permettait de moulinier les fèves^[14]. C'est cette même maison qui, en 1847 réussissait l'exploit du moulage de la première tablette de chocolat^[63].

Le concurrent principal de la maison Fry vu le jour en 1824 sous le nom de John Cadbury. Dix-huit ans plus tard, cette maison proposait un large panel de choix avec « seize variétés de chocolat en pains, y compris du « chocolat à croquer à la française » et onze variétés de cacao en poudre. La renommée de cette maison continua avec ses deux fils dont Georges Cadbury qui ramena la presse hydraulique (invention de Van Houten) dans son usine permettant de produire un chocolat de meilleure qualité^[67]. Le coup de génie de ce dernier résida néanmoins dans la promotion publicitaire d'une « essence de cacao » était « pure » donc bien meilleure. Ce volet publicitaire continua d'être développé par la maison, avec une attention toute particulière sur l'aspect des emballages, et la disposition des produits dans les magasins^[61].

En conclusion : l'histoire du chocolat avec sa légende, son cheminement difficile et glorieux à travers la vieille Europe s'achève.

Outre le cacao solubilisé, plus ou moins dégraissé, le commerce met aujourd'hui à la disposition des consommateurs une quantité de produits divers. Tels que le chocolat à cuire, à croquer, le chocolat au lait, celui aux noisettes, le chocolat fourré aux fruits, la confiserie, la pâtisserie et les enrobages de toutes sortes à base de chocolat...

Le chocolat est devenu un produit élaboré issu d'une industrie perfectionnée.

Partie 3 : Enquête

J'ai choisi de réaliser une enquête auprès de la population française sur la consommation et la connaissance du chocolat.

A) Contexte, matériel et méthode

Pour réaliser cette enquête, un lien donnant accès au questionnaire a été mis sur mon Facebook, puis partagé. J'ai également partagé le questionnaire sur un groupe de pharmaciens. Le questionnaire a été aussi relayé via un QR code dans une pharmacie de Charente Maritime. En période de Covid, il était préférable de ne pas donner de papier, de plus le QR code permet de ne pas devoir rester sur place pour répondre au questionnaire. Il a aussi été diffusé en version papier dans une autre officine à Montamisé, dans la Vienne.

L'enquête s'est déroulée du 19 avril 2021 au 18 mai 2021.

Pour réaliser cette enquête, un questionnaire a été créé sous forme de QCM majoritairement et de réponses ouvertes. Ce questionnaire est joint en annexes. Il comporte plusieurs parties :

- Une partie socio-démographique.
- Une partie sur les habitudes de consommation.
- Une partie sur la connaissance du chocolat en termes de composition.
- Une partie sur l'impact sur la santé de la consommation de chocolat.

Les réponses obtenues ont été toutes collectées (lien internet, QR codes, questionnaire papier) sur le site Survio® (<https://www.survio.com>)

B) Résultats

Nous allons maintenant analyser les résultats, question par question, des réponses apportées par l'échantillon de population.

Pour ce questionnaire j'ai recueilli 696 réponses

1) Socio-démographie

- Vous êtes ?

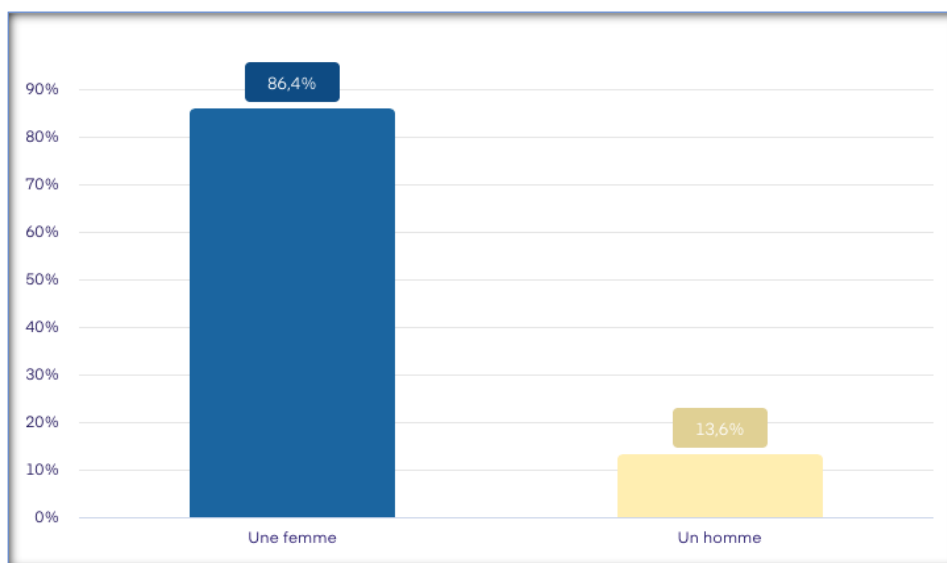


Diagramme 1 : Proportion homme/femme

On remarque une large part de réponse féminine (86% versus 13%).

- Dans quelle tranche d'âge êtes-vous ?

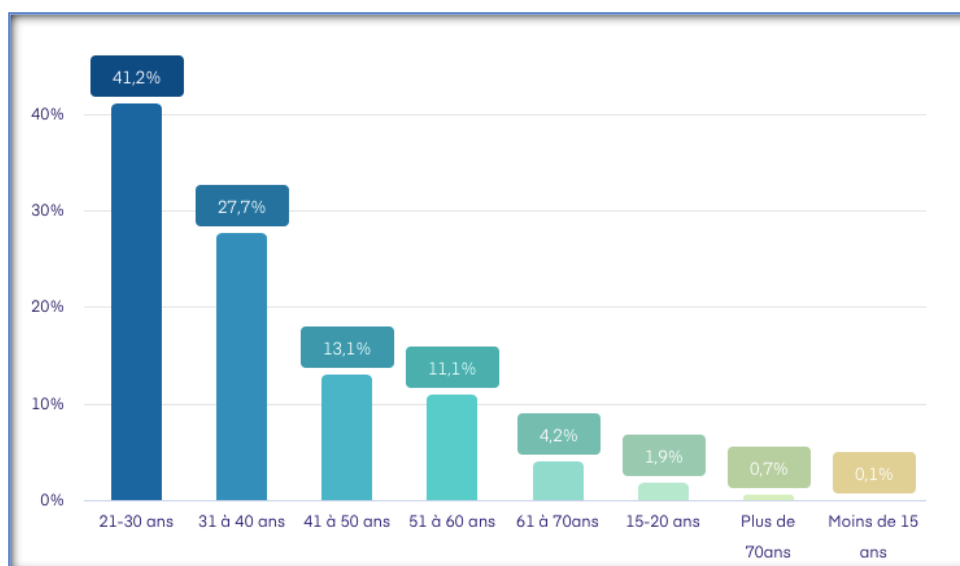


Diagramme 2 : Répartition de notre échantillon en fonction de la tranche d'âge

Le plus jeune répondant avait moins de 15 ans mais il fut le seul à répondre de cette tranche d'âge. A l'inverse la personne la plus âgée avait plus de 70ans. Le panel se situe majoritairement dans la tranche des 21-30 ans (41%) puis des 31-40 ans (27%).

- Vous êtes ?

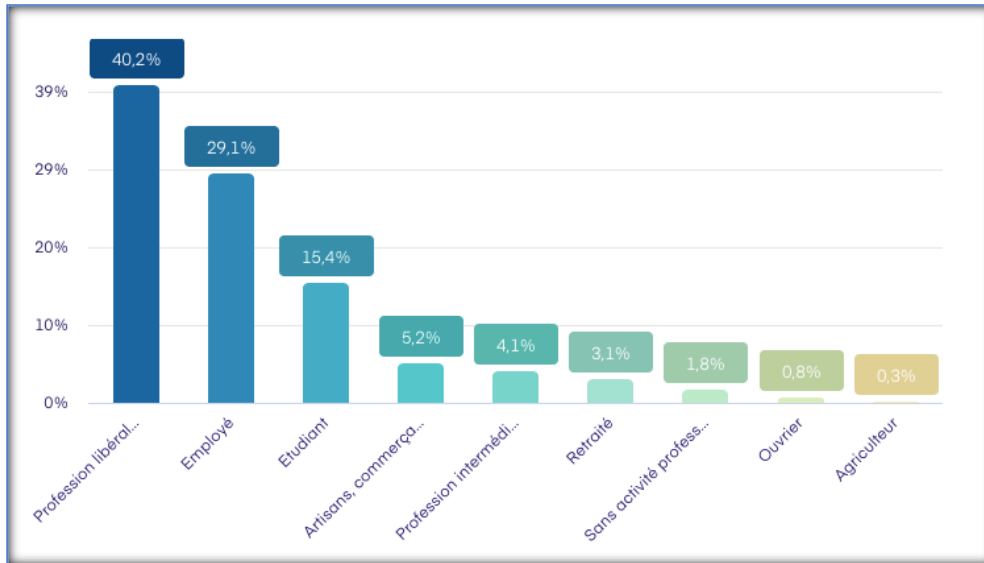


Diagramme 3 : Répartition de notre échantillon en fonction de leur profession

On remarque une large réponse de la profession libérale, des employés et des étudiants.

2) Habitudes de consommation

- Sous quelle forme consommez-vous principalement du chocolat ?

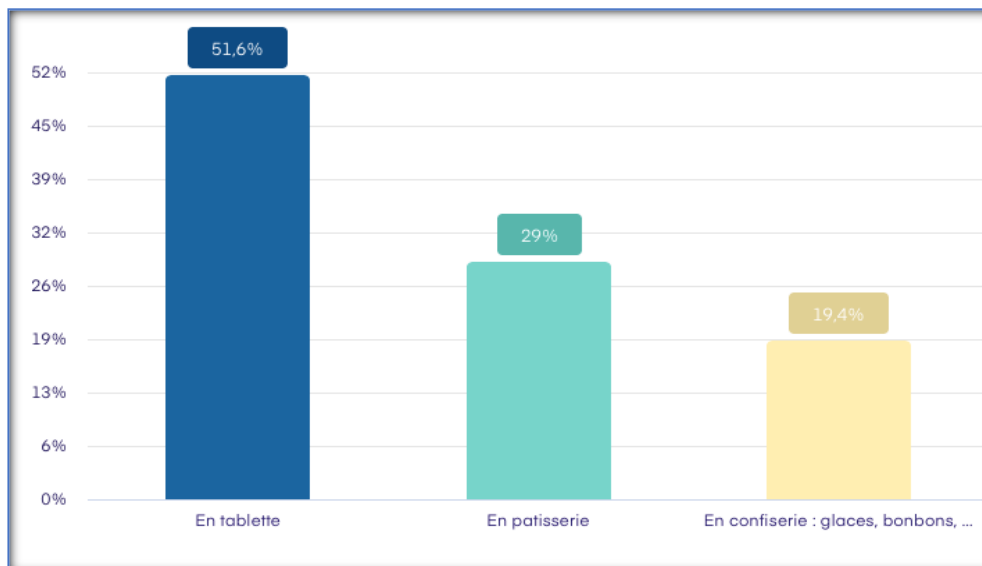


Diagramme 4 : Répartition de la consommation de chocolat en fonction du type de chocolat

Le chocolat est consommé de plusieurs manières. La majorité des personnes consomme le chocolat en tablettes. Le chocolat est consommé de plusieurs manières. Le chocolat en pâtisserie ou en confiserie est un chocolat additionné avec d'autres ingrédients, c'est pourquoi pour la suite on se concentrera sur le chocolat en tablette et sans ajout.

- *A quelle fréquence consommez-vous du chocolat ?*

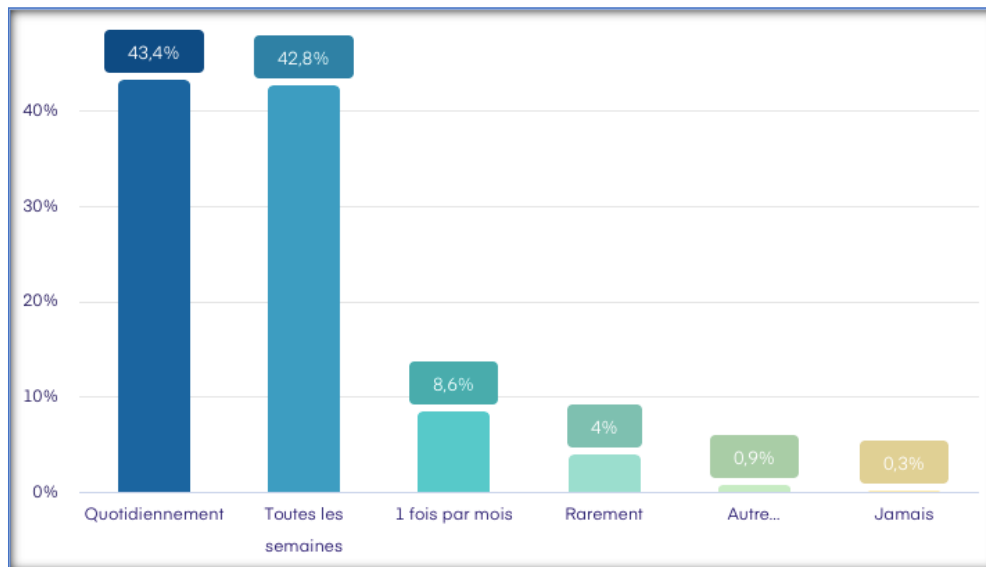


Diagramme 5 : Fréquence de la consommation de chocolat

86% des personnes consomment du chocolat de façon hebdomadaire ou quotidiennement. Seulement 0,3% ne mange jamais de chocolat.

- *A quel moment de la journée le consommez-vous ?*

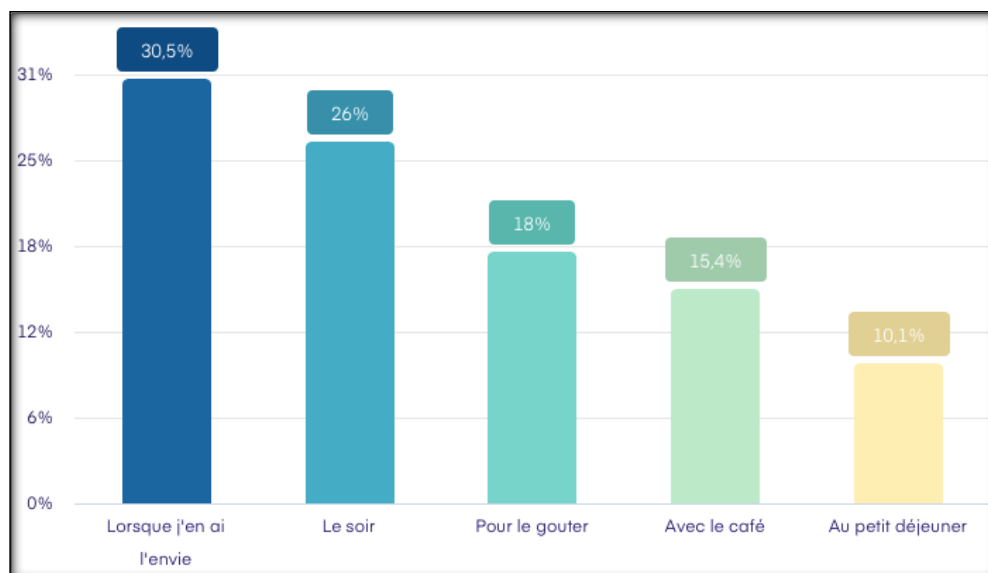


Diagramme 6 : Répartition de la consommation sur la journée

30,5% des personnes mangent du chocolat en suivant leur envie. Cela met en évidence le lien chocolat et plaisir que l'on retrouvera plus tard.

26% des personnes le mangent le soir.

- *Quelle quantité de chocolat mangez-vous en moyenne ?*

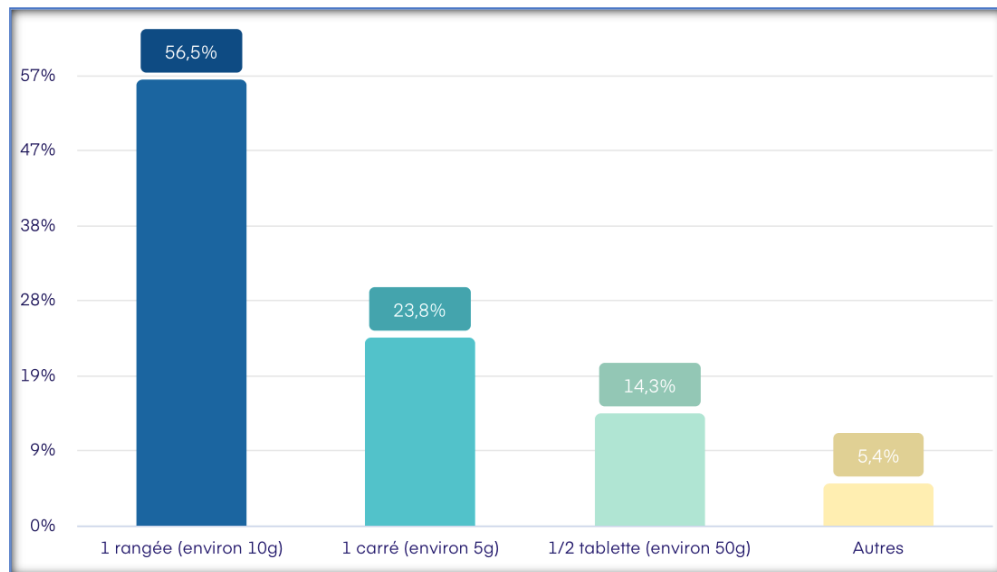


Diagramme 7 : Quantité de chocolat consommé

56,5% des répondants consomment une rangée de chocolat soit 10g environ.

- *Quel type de chocolat consommez-vous ?*

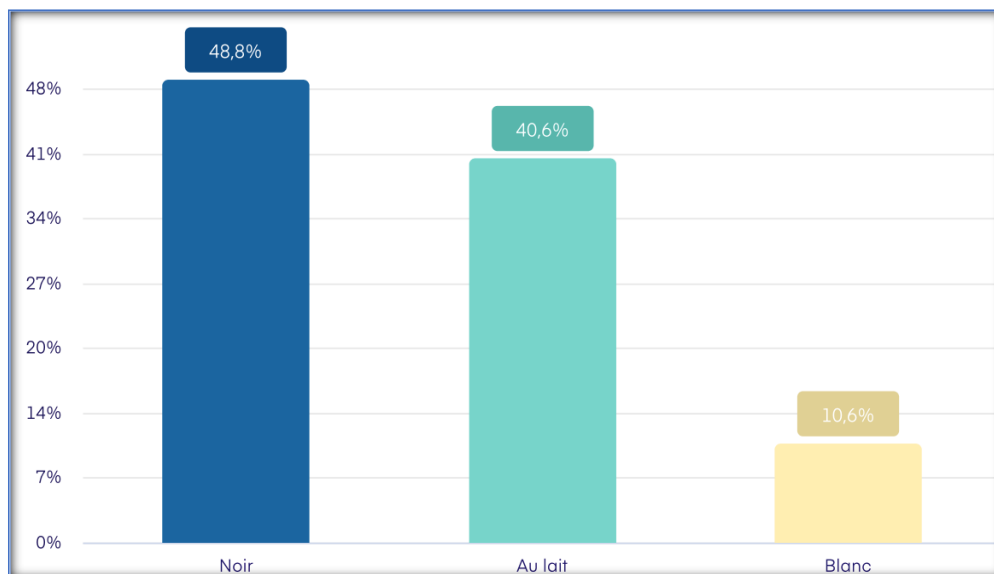


Diagramme 8 : Le type de chocolat consommé

La majorité (48,8%) des personnes consomme du chocolat noir. Mais le chocolat au lait représente aussi un fort pourcentage (40%).

Seulement 10% des répondants consomment du chocolat blanc.

- Pourquoi consommez-vous du chocolat ?

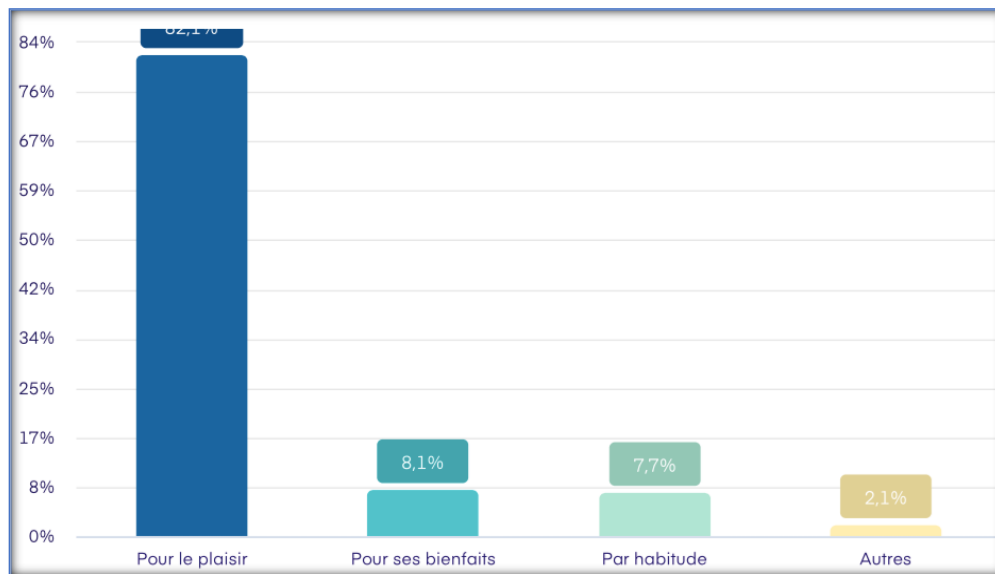


Diagramme 9 : Raison de consommation de chocolat

82,1% des répondant consomment le chocolat pour le plaisir et seulement 8,1% le consomme pour ses bienfaits potentiels.

3) Connaissance du chocolat

- Selon vous le chocolat a-t-il une valeur énergétique élevée ?

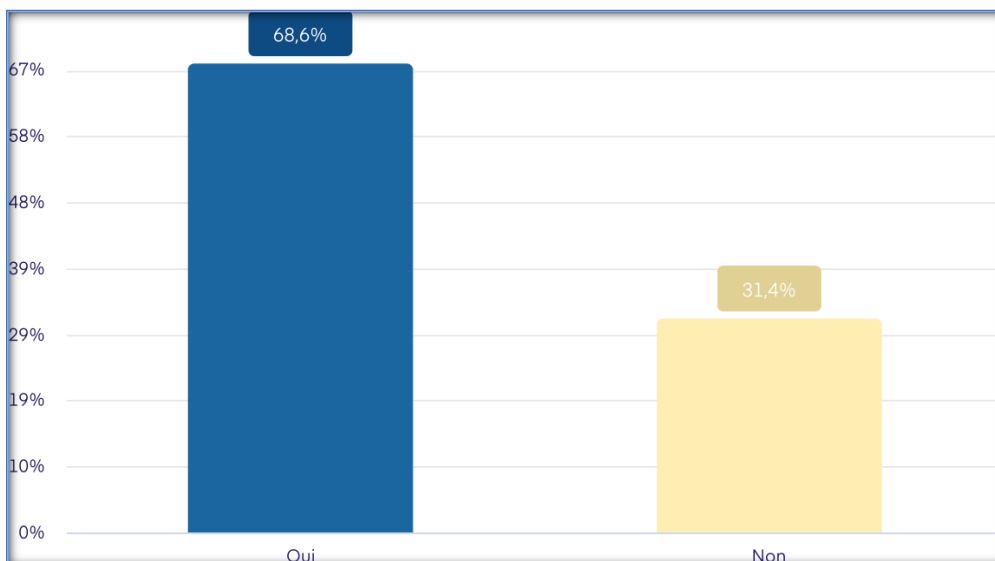


Diagramme 10 : Connaissance de la valeur calorique du chocolat

68,6% des personnes sont conscientes que le chocolat est un aliment calorique.

- Selon vous le chocolat contient majoritairement

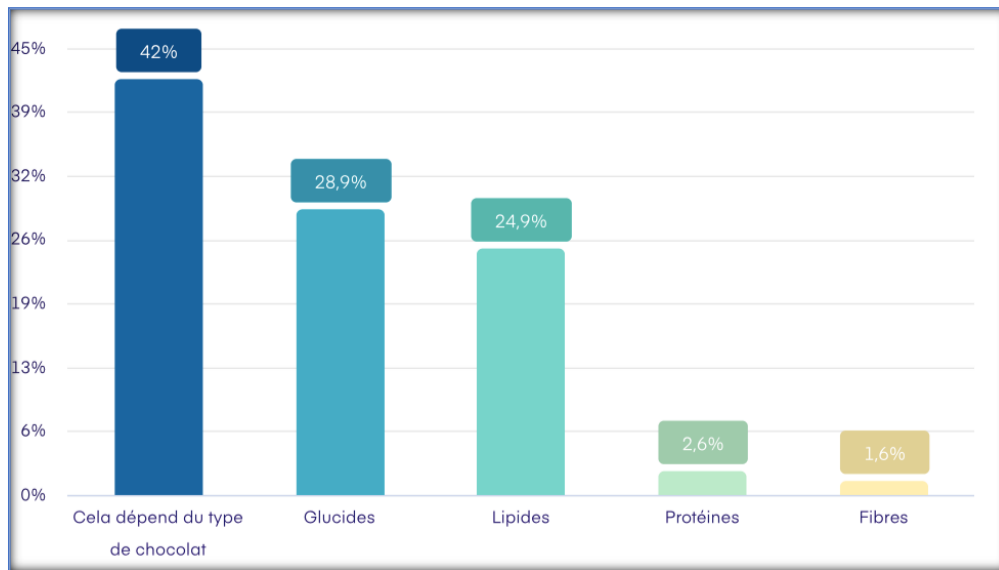


Diagramme 11 : Connaissance de la composition macronutritionnelle du chocolat

Un peu moins d'une personne sur deux sait que la composition en macronutriments du chocolat change en fonction du type de chocolat.

- Selon vous le chocolat contient ?

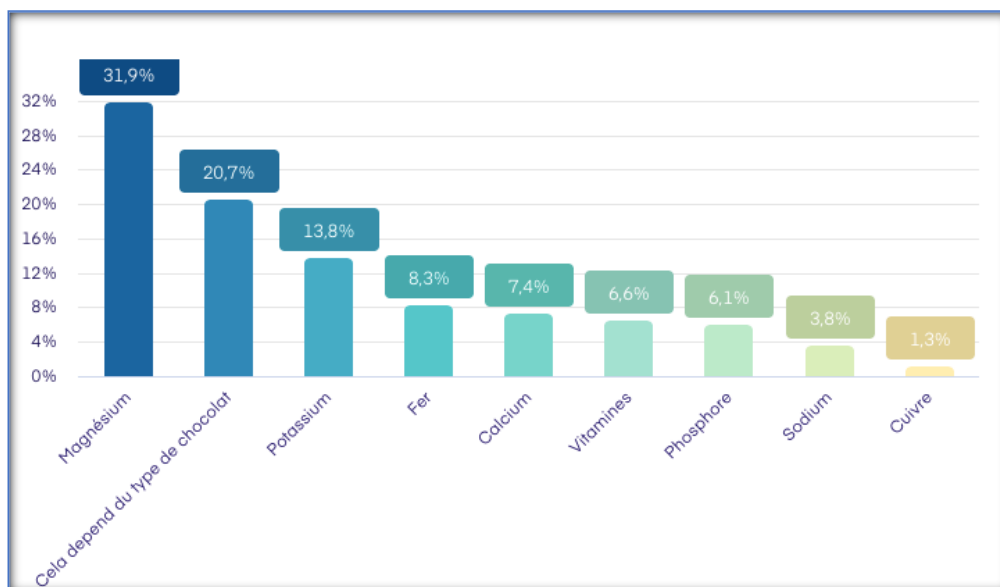


Diagramme 12 : Connaissance de la composition micronutritionnelle du chocolat

31,9% des personnes soit plus d'un tiers savent qu'il y a du magnésium dans le chocolat. Peu de répondants savent qu'il y a aussi du cuivre ou du sodium dans le chocolat.

4) Chocolat et santé

- *Selon vous le chocolat peut-il avoir un effet bénéfique sur la santé ?*

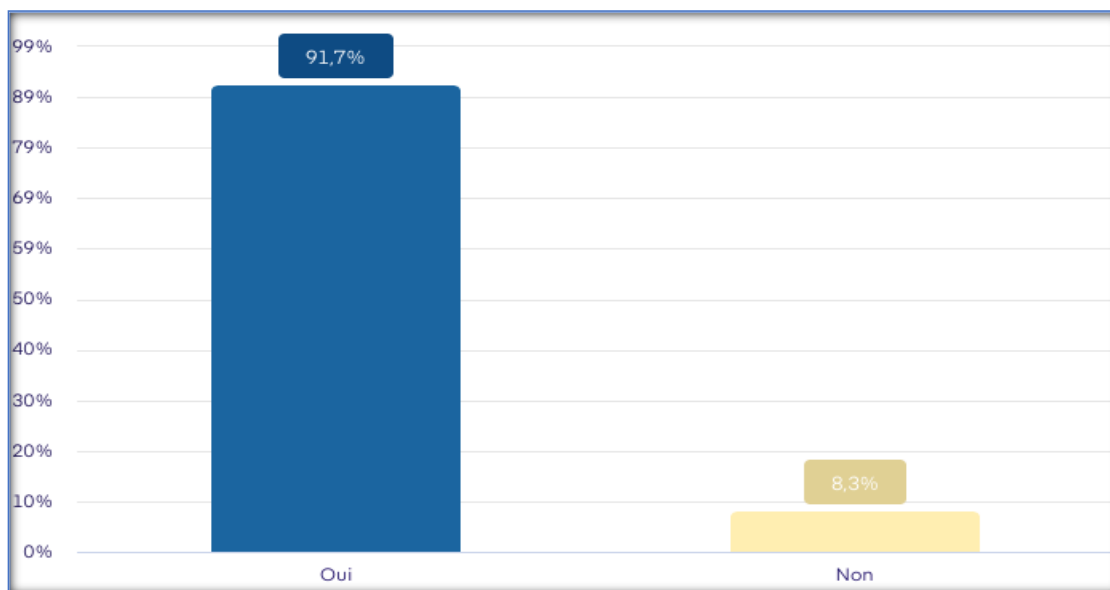


Diagramme 13 : Chocolat et bénéfice

La quasi-totalité des répondants pensent que le chocolat peut avoir un effet bénéfique sur la santé.

- *Si oui, lesquels ?*

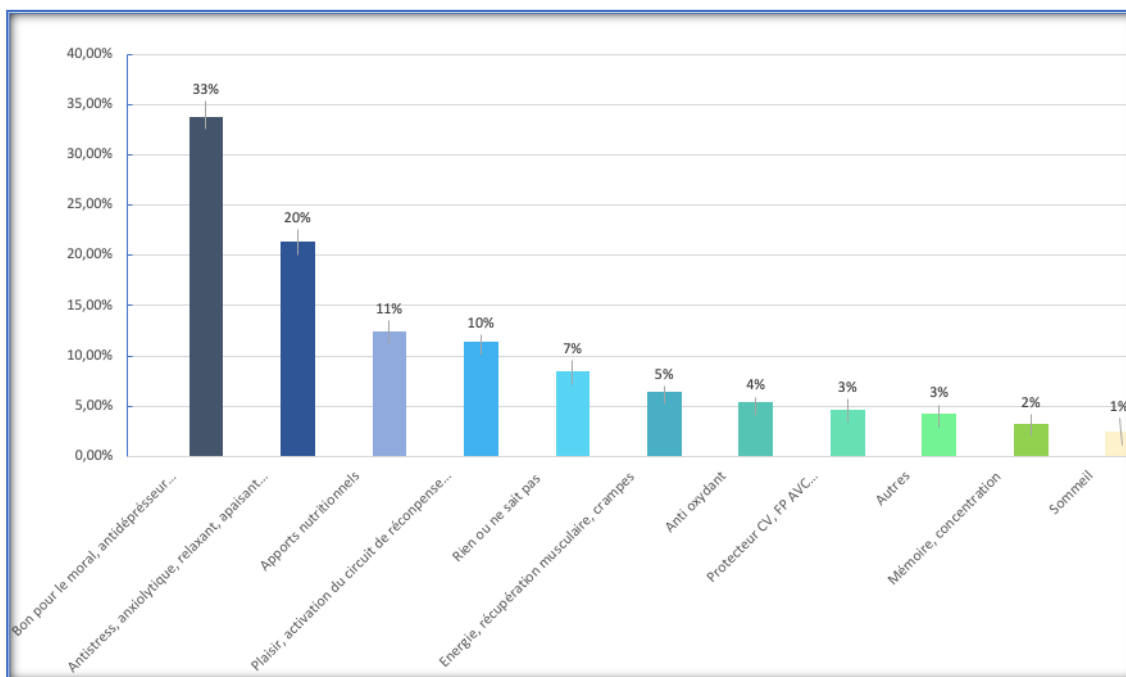


Diagramme 14 : Les vertus du chocolat

Les réponses libres ont été classées dans onze catégories, qui sont :

- Bon pour le moral et la santé mentale, antidépresseur, réconfortant. Cette catégorie est la plus évoquée par les répondant (30%).
- Anti-stress, anxiolytique, relaxant, apaisant, favorisant la détente et le bien-être. Cette catégorie est également citée majoritairement (20%).
- Apports nutritionnels (minéraux, vitamines, oligoéléments).
- Apport du plaisir (gustatif), active le circuit de la récompense, libère des endorphines, libère des catécholamines.
- Ne sait pas ou le chocolat n'a pas de vertus.
- Énergisant, maintien de la forme physique, favorise la récupération musculaire, diminue la survenue des crampes, fortifiant.
- Anti oxydant.
- Protecteur cardio-vasculaire (CV), facteur protecteur des AVC* (accident vasculaire cérébrale), diminue la tension et le taux de cholestérol.
- Augmente la mémoire et la concentration.
- Autres.

- Selon vous je peux consommer du chocolat si j'ai :

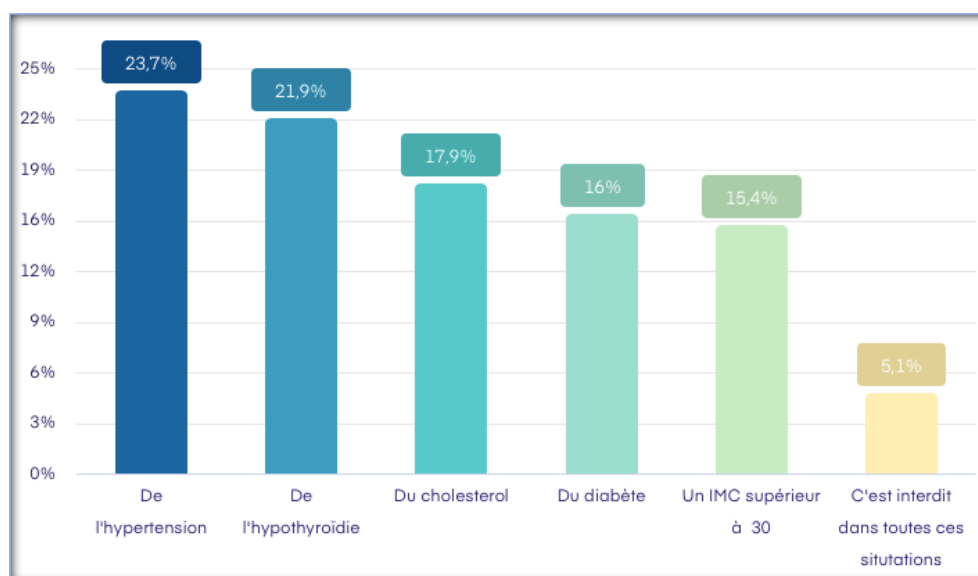


Diagramme 15 : Qui peut consommer du chocolat ?

On remarque que peu de personnes savent si le chocolat est indiqué ou non dans les maladies chroniques les plus courantes

- *Connaissez-vous une gamme de chocolat « thérapeutique » ?*

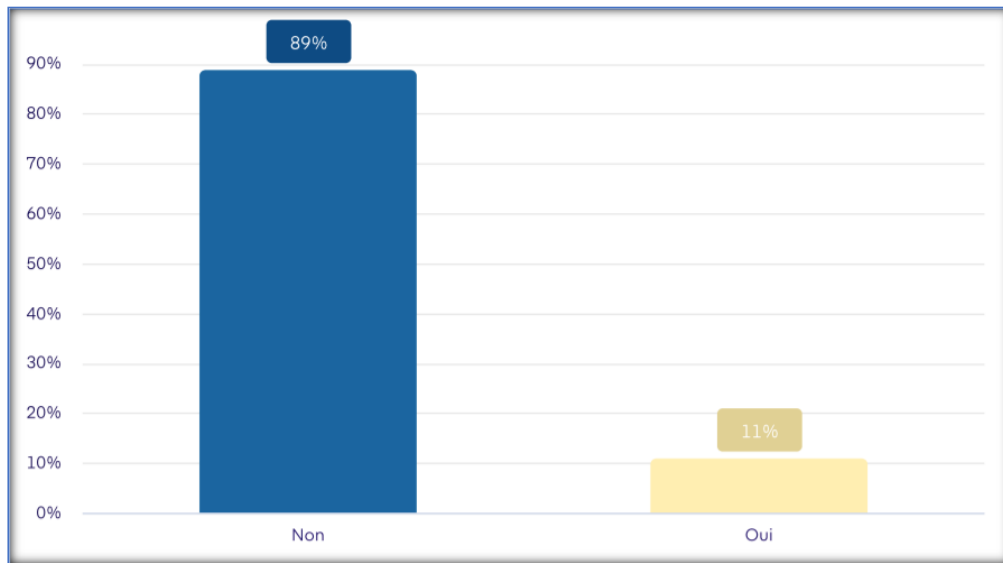


Diagramme 16 : Connaissance d'une gamme de chocolat "thérapeutique"

Très peu de répondant connaissent une gamme de chocolat « thérapeutique » (seulement 11%).

- *Si oui, laquelle ?*

La majorité des réponses des personnes ayant répondu à cette question (23 personnes) ne donne pas de marque précise mais parle de chocolat « sans sucres » ou « pour diabétiques ».

Les autres marques citées sont :

- Dardenne (9)
- Milical (2)
- Protifast (3)
- Clinutren (1)
- Oxycao(2)
- Omega chocolat (2)
- Zared (2)

C) Discussion

1) Socio démographie

On remarque, qu'une très grande majorité des réponses est féminine. Cela est sûrement dû à la méthode de diffusion. En effet, selon le conseil de l'ordre des pharmaciens, notre profession est représentée à 68% par des femmes. De plus, ce sont plus les femmes qui viennent dans nos officines^[84].

Environ 70% des personnes ayant répondues avaient entre 21 et 40 ans. Ce phénomène s'explique également par la méthode de diffusion utilisée (principalement par les réseaux sociaux).

La majorité des personnes ayant répondu à ce questionnaire, pratique une profession libérale (publication sur le groupe de pharmaciens), sont des employés ou des étudiants (publication sur le groupe Facebook de toutes les promotions d'étudiants en pharmacie de Poitiers).

2) Habitudes de consommation

Le chocolat est majoritairement consommé en tablette, et de façon régulière (43,4% quotidiennement et 42,8% de façon hebdomadaire).

Le moment de consommation dans la journée est varié mais on remarque que pour la plupart, le chocolat est lié à un moment agréable ou de détente. Cela est retrouvé dans la dernière question de cette catégorie où les répondants consomment le chocolat pour le plaisir (seulement 10% pour ses bienfaits).

Au niveau de la quantité, c'est plutôt une rangée de la tablette qui est consommée.

Le chocolat noir est le chocolat le plus consommé juste devant le chocolat au lait.

3) Connaissance du chocolat

Le chocolat a une teneur énergétique élevée entre 500 et 600 kcal/100g selon le type de chocolat, mais cet aspect-là est bien connu puisque plus de 68% des personnes en avaient conscience.

La composition du chocolat en termes de macronutriments est relativement bien connue puisqu'environ 30% des personnes savent que le chocolat contient des glucides et environ 25% savent qu'il contient des lipides. Cependant, peu de personnes connaissent la présence de fibres et de protéines dans le chocolat.

La variabilité de cette composition en fonction du type de chocolat est connue pour une personne sur deux.

A l'inverse, la composition en micronutriments du chocolat est mal connue. Cependant cette composition n'est pas indiquée sur les emballages des tablettes.

De plus, cela reste en cohérence avec les résultats précédents puisque la majorité consomme le chocolat par plaisir sans se soucier réellement de la composition.

On note que le magnésium et, en proportion plus faible, le potassium ressortent comme micronutriments connus.

Pour autant, l'apport des autres micronutriments reste non négligeable (cf partie nutrition de la partie I).

4) Chocolat et santé

a) Les effets bénéfiques du chocolat

Le chocolat pour presque tout le monde est bénéfique pour la santé. Mais en quoi exactement, cela n'est pas bien connu. Outre l'aspect plaisir, bonne humeur et moral qui est largement répandu, les autres effets sont très vastes.

➤ Chocolat et moral

La théophylline, présente dans le chocolat, stimule la sécrétion d'endorphines et de dopamine. Les endorphines, antidouleur naturel, sont sécrétées lors d'émotions positives. Elles activent les neurones dopaminergiques et la sécrétion de dopamine. Or il est connu que la dopamine est un neurotransmetteur de la voie méso-limbique, appelée également voie des émotions et du circuit de la récompense. Cette dopamine est appelée hormone du plaisir. Ainsi, l'implication de ces molécules pourraient participer à l'explication de l'effet sur le moral du chocolat ^{[8],[117]}.

Aussi, la sérotonine est presque absente dans le chocolat. Cependant sa production dans l'organisme est stimulée par la présence de son précurseur: le tryptophane, acide aminé qui active le circuit de la récompense, ainsi que par la théobromine, la théophylline et la caféine. Impliquée notamment dans la régulation des comportements, l'humeur et l'anxiété, la sérotonine produite après consommation de chocolat pourrait participer à son effet sur le moral^[5].

La phényléthylamine (PEA) contenue dans le chocolat, est elle aussi connue pour être antidépressive. En effet, elle entraîne une libération de dopamine et de noradrénaline aux effets antidépresseurs. Cependant, elle est victime d'un fort effet de premier passage. Ainsi, de très faible quantité de cette molécule arrive au niveau du cerveau, même si la quantité consommée est importante^[77].

Toutefois, si on étudie de plus près l'apport de ces molécules dans 10g de chocolat (proportion de consommée par plus de la moitié de notre panel d'étude), on remarque qu'il reste modeste.

Margé cela, et peu importe le mécanisme finalement, le chocolat pour la large majorité d'entre nous procure une sensation de bien-être.

➤ Anti-stress, anxiolytique

On peut noter que la tyramine, présente dans le chocolat, participe à notre adaptation face au stress. Une récente étude, montre que le chocolat noir à 85% à raison de 1mg/kg de poids corporel, chez la femme jeune en bonne santé, aurait un effet bénéfique en situation de stress aigu. Ce bénéfice s'explique par sa capacité à tamponner la réactivité cardiovasculaire (baisse de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle moyenne)^[78].

Une autre étude, a démontré que la consommation de 25g/j de chocolat noir particulièrement riche en polyphénols (500mg de flavonoïdes) permet une diminution du taux de cortisol (hormone sécrétée en situation de stress), mais le chocolat noir témoin (non enrichi) ne permet pas d'obtenir une amélioration de ce point^[79].

➤ Apports nutritionnels

Dans cette catégorie, c'est majoritairement l'apport en magnésium qui est cité et plus précisément son action pour lutter contre les crampes.

Les différents apports nutritionnels du chocolat, ont été détaillés dans la partie I de cette thèse.

➤ Chocolat et plaisir (gustatif)

En effet, la phényléthylamine contenue dans le chocolat augmente la sécrétion de sérotonine et d'endorphines, impliquées dans la sensation de plaisir. De plus, comme vu plus haut, la consommation de chocolat stimule le circuit de la récompense via une sécrétion de dopamine^[1].

➤ Énergisant, fortifiant, favorise la récupération musculaire

Il est connu que la caféine, diminue la sensation de fatigue par stimulation du système nerveux autonome (SNA*). En effet, en bloquant les récepteurs de l'adénosine, il entraîne une activation du système sympathique créant ainsi un regain d'énergie.

Pour information la caféine ne fait plus partie de la liste des substances dopantes mais doit cependant être à un taux inférieur de 12mg/L d'urine^{[5][6][13][77]}.

La théobromine, également présente dans le chocolat est une xanthine ayant un effet stimulant psychique, et une action sur la baisse de la fatigue. Son action est cependant bien moins importante que la caféine, mais perdure plus longtemps dans le temps (5 à 10h après consommation de chocolat)^{[5][13][77]}.

La théophylline, est aussi un stimulant psychique, par stimulation de la production d'adrénaline notamment^{[1][5][77]}.

Ces trois molécules, agissent en synergie en se potentialisant chacune^[1].

Davison en 2012, a étudié l'effet de la consommation de 100g de chocolat noir deux heures avant un exercice physique. Il observe qu'un meilleur statut antioxydant une heure avant l'exercice et une diminution des signes de la peroxydation lipidique suite à la consommation de chocolat^[80].

D'autres études permettent de conclure que la consommation de chocolat améliore les performances mais surtout que la consommation d'une boisson chocolatée permet une meilleure récupération^[1].

➤ Anti oxydant

Le stress oxydatif entraîne une peroxydation des lipides (présent notamment au niveau de la barrière hématoencéphalique) et des altérations cellulaires à l'origine de maladies cardio-vasculaires, de cancers et du vieillissement corporel.

Le chocolat noir contient de nombreux polyphénols dont des flavonoïdes appartenant à la sous famille des flavanols. Bien qu'aussi observés dans le chocolat au lait, ils y sont présents en quantité plus limitée. En neutralisent les radicaux libres, ces polyphénols font partie des plus puissants anti-oxydants que l'on retrouve dans notre alimentation^[1].

La caféine est aussi anti-oxydante en entrainant une production d'oxyde nitrique (NO) au niveau de l'endothélium vasculaire, entrainant ainsi une vasodilatation^[5].

➤ Protecteur cardio-vasculaire (CV), facteur protecteur des AVC, diminue la tension et le taux de cholestérol

Là encore, pour ces effets, les polyphénols (en particulier les flavonoïdes) du cacao jouent un rôle majeur. A eux seuls, ils auraient une action sur :

- la diminution du taux de cholestérol^[1].
- l'agrégation des plaquettes, donc sur la formation de thrombus^[1].
- la dilatation des parois veineuses et artérielles qui contribuent à la baisse de la tension artérielle^{[1][81][82]}.
- la baisse du taux de prostacyclines, donc une baisse de l'inflammation^[1].

Toutes ces actions permettraient de réduire ainsi le risque de survenue d'AVC (Accident Vasculaire Cérébral).

Cependant ces polyphénols sont détruits à une chaleur supérieure à 45°C. Pour pallier à cette destruction causée par les différents traitements de la fève de cacao pour aboutir au chocolat, certains chocolatiers ont créés différentes techniques. C'est le cas par exemple de Jerome Marchand, créateur d'oxycacao, chocolat noir avec 80% de flavanols conservés^[83].

Caféine, théobromine et théophylline_ont un rôle sur le tonus vasculaire, la contractilité du myocarde et sur la conduction du rythme cardiaque^{[5][77][84]}.

Concernant l'action du chocolat sur le cholestérol (le mauvais cholestérol ou LDL*), les polyphénols jouent encore un rôle ici. En effet, par leur action anti radicaux libres, ils sont capables d'oxyder les LDL.

De plus, même si le chocolat est majoritairement composé d'acides gras saturés donc pouvant augmenter le LDL-cholestérol, l'acide stéarique qui représente presque la moitié de ces acides gras saturés, se transforme durant la digestion en acide oléique, qui lui est neutre sur le plan cardiaque^[1].

En 2018, on découvre que plus la consommation de chocolat noir dure dans le temps (8 semaines) , et plus la tension artérielle initiale des personnes est élevée, meilleure sera la réduction de celle-ci^[81].

Dans les années 2010, de nombreuses études, sur la protection apportée par le chocolat vis-à-vis des AVC montrent un résultat positif. La protection serait d'autant plus élevée que la quantité de chocolat consommée serait élevée avec cependant une dose seuil de 90g/semaine^{[81][85]}.

Le chocolat au lait, diminuerait lui aussi la survenue des deux types d'AVC (hémorragique et ischémique)^[86].

➤ Augmente la mémoire et la concentration

L'augmentation de la concentration, serait liée à la présence de la tyramine.

Les flavanols et les méthylxanthines de type caféine, théobromine et théophylline peuvent activer la voie de la rapamycine, molécule ayant un rôle dans les mécanismes de la mémoire et de la fonction synaptique^{[1][87]}.

b) Qui peut consommer du chocolat ?

➤ Les hypertendus

Comme vu précédemment, la consommation de chocolat noir serait bénéfique pour une personne atteinte d'hypertension. Mais bien sûr, tout est une question de quantité consommée.

En effet les flavanols du chocolat entraînent une hausse de la production d'oxyde nitrique au niveau de l'endothélium ayant pour conséquence une vasodilatation qui entraîne une baisse de la tension. Ils sont aussi responsables d'une inhibition plaquettaire^[81].

Une autre étude faite en 2018 sur les effets cardiovasculaires du chocolat montre également une baisse de la tension artérielle^[84]. Dans cette même année, une autre étude confirme que le chocolat noir baisse la tension artérielle ainsi que tous les produits à base de cacao et riche en flavonols^[77].

➤ Les personnes souffrant d'hypothyroïdie

Pour rappel la thyroïde est un petit organe en forme de papillon, se situant au niveau du cou. Formé par deux lobes et un isthme central, elle produit deux types d'hormones appelées T3 et T4^[88].

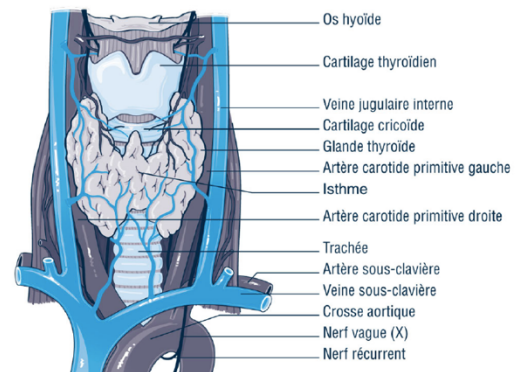


Figure 33 : Schéma de la thyroïde (Elsevier)

Ces deux hormones ont des actions variées sur notre corps. Elles sont notamment responsables de la régulation de notre température corporelle, et jouent un rôle majeur sur le métabolisme. Pour que la production de ces hormones se fasse correctement, il faut un apport journalier en iode de 100 à 150 microgrammes^[88]. Le fer, le zinc et le magnésium notamment sont aussi importants pour un bon fonctionnement de la thyroïde. Ainsi, comme vu dans la partie nutrition, le chocolat noir a un apport intéressant en fer, même si le type de fer est mal absorbé. Par le même raisonnement, l'apport en zinc et en magnésium par le chocolat est intéressant^[89].

Ainsi, d'une part il n'y a pas de contre-indication à consommer du chocolat en cas d'hypothyroïdie mais il semblerait même que le chocolat noir qui est riche en magnésium, zinc et en fer serait intéressant dans ce cas.

➤ Les personnes ayant trop de cholestérol

Dans ce contexte, le chocolat noir à partir de 70% de cacao devient intéressant en termes de type et de quantité de lipides contenus. En effet, comme vu un peu plus haut, l'acide stéarique majoritairement, se transforme au sein de notre organisme en acide oléique, acide gras insaturé non producteur de LDL^{[1][90]}.

Aussi, les polyphénols du cacao sont capables de d'éliminer une partie des LDL comme vu plus haut^[1].

Cependant pour qu'un chocolat ait une réelle activité sur le cholestérol, il ne suffit pas qu'il soit noir mais bien qu'il soit riche en polyphénols.

C'est le cas de Oxycao® ou encore Acticoa®. Ce dernier type de chocolat inventé par Barry Callebaut, a une teneur en polyphénols de 2000mg/100g, soit 80% de polyphénols conservés^[91].

Avec un taux aussi élevé, il a pu obtenir l'allégation santé « les flavanols de cacao aident à préserver l'élasticité des vaisseaux sanguins, ce qui contribue à une circulation sanguine normale » par EFSA* (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments) en 2013. Cette allégation est valable pour 10g/j de ce chocolat consommé.

Dans la composition de certains chocolats industriels on peut retrouver un composant appelé « graisse butyrique ». Sous ce terme se cache des matières grasses laitières qui peuvent être hydrogénées ou trans . Ce type de matières présente des effets plutôt néfastes sur le plan cardiovasculaire (augmentation des LDL). Cependant, elles sont présentes en quantité limitée^[90].

Concernant la consommation de chocolat au lait ou blanc, elle n'est pas interdite mais plutôt à limiter. En effet comme vu dans la partie nutritionnelle ces deux chocolat sont plus riches en lipides insaturés et en cholestérol.

➤ Les personnes ayant du diabète

Comme vu précédemment dans la partie nutrition, tous types de chocolat confondus ont un indice glycémique faible. Ils n'entraînent donc pas de pic glycémique important lors de leur consommation. Cependant, il est préférable de consommer un chocolat noir qui sera moins sucré que les autres types de chocolat, et à un pourcentage en cacao élevé (cf tableau glucides partie I, III,B)b)) ^{[1][30]}.

➤ Les personnes souffrant d'obésité

L'obésité est un problème de santé publique majeur, puisqu'il favorise la survenue d'autres pathologies comme l'HTA (Hyper Tension Artérielle), le diabète de type II, le cholestérol, et des problèmes articulaires notamment. On estime à 8 millions de personnes en France atteintes d'obésité en 2019^[92].

Même si le chocolat est riche en lipides et glucides et qu'il a une valeur énergétique élevé, si sa consommation n'est pas faite de façon trop importante alors ses apports ne sont pas responsables à eux seuls d'une prise de poids. En effet 100g de chocolat représente en moyenne 550kcal. Mais selon notre enquête la consommation de chocolat se situe entre 5 et 20g journalier, soit un apport moyen pour tout type de chocolat de 110kcal pour 20g. Si on suit le même raisonnement, l'apport en glucides moyen est de 11g et de 7g pour les lipides. Ainsi, le chocolat consommé à 20g n'est pas un problème pour les personnes souffrant d'obésité. Elles peuvent manger de tout type de chocolat mais en quantité raisonnable^[30].

c) Les chocolats « thérapeutiques »

On remarque que très peu de personnes connaissent un chocolat dit « thérapeutique » et parmi ceux ayant répondu oui, seules 21 personnes sur 696 sont capables de donner une marque. Les marques citées sont : Dardenne®, Milical®, Protifast®, Clinutren®, Oxycas, Omega chocolat® et Zared

➤ Dardenne®

Dardenne® fut créée en 1897 par Ludovic Dardenne pharmacien et chocolatier. Il s'agit de la première marque ayant supprimée la lécithine de soja dans le chocolat. Marque sans glutens depuis 2014, elle est également bio et respecte une chartre appelée «équitable et responsable »^[93].

Elle fabrique ainsi un chocolat à l'agave, ayant une teneur en saccharose réduite.

Cette marque possède également une gamme « sans sucres ajoutés » avec en composition uniquement de la masse de cacao et du beurre de cacao pour le chocolat noir. Cependant le « noir 100%, dattes, graines de courges et sésame toasté » contient des sucres apportés par les dattes. Pour autant, il contient 23g de glucides contre 27g pour un chocolat noir à 70% classique et 55,6g de glucides pour un chocolat au lait ^[93].

Ainsi, le sirop d'agave, permet de remplacer le saccharose par du fructose.

Le fructose pour rappel a un IG plus faible que le saccharose. En revanche il favorise la synthèse de triglycérides qui sont néfastes pour notre santé cardiovasculaire. En effet, le fructose après avoir été absorbé au niveau de l'intestin, est métabolisé par le foie. Cette métabolisation hépatique stimule la fructolyse, la glycolyse et la lipogenèse.

Le fructose est considéré comme facteur de risque du syndrome métabolique, en tant que composé déclenchant la production de lipides et d'acide gras, et en tant que responsable d'une accumulation ectopique de graisse excessive, particulièrement au niveau du foie^[94].

De plus si on se penche sur la composition macro nutritionnelle de ce chocolat à l'agave on remarque que le taux de lipides est supérieur à un chocolat noir à 70% classique, surtout pour les lipides dits saturés. Ce taux de lipides se traduit donc par un apport calorique plus élevé. Il est donc tout aussi gras et caloriques (590kcal/100g) qu'un chocolat noir à 70% classique (591kcal/100g)^[30].

Ainsi, il faut faire attention avec ce type de chocolat puisque que l'on sait que la surcharge pondérale est liée davantage à la consommation de lipides qu'à la consommation de glucides.

Au final, ce type de chocolat peut être intéressant pour des personnes atteintes de diabète, si il est consommé de façon modéré, mais n'est pas plus « light » qu'un chocolat noir classique.

➤ Milical

Milical est une marque minceur française, vendue en parapharmacie et en pharmacie. Elle commercialise des barres dites protéinées à base de chocolat ou des milkshakes au goût chocolat mais pas de chocolat en tablette^[95].

➤ Protifast

Protifast est une marque de minceur, prônant un régime hyperprotéiné. Inscrite au Vidal depuis 2017, elle commercialise un chocolat « riches en fibres » (24,5g/100g), « riche en protéines » (30g/100g) et allégé en sucre (5g/100g). Cependant le chocolat contient aussi 5g d'amidon ainsi que deux édulcorants (acésulfame de potassium et sucralose), et du polydextrose^[96].

L'acésulfame de potassium (ou E950), est un édulcorant ayant un pouvoir sucrant 200 fois supérieur au saccharose. Il est très soluble dans l'eau et très résistant aux variations de température. Il est donc largement utilisé dans l'industrie alimentaire. Il est éliminé sous forme inchangée, à 99% dans les urines^{[97][98]}.

En 2012, l'ANSES a publié une étude indiquant qu'aucune donnée n'est disponible sur le passage dans le lait maternel. D'autre part une étude menée sur des souris gravidiques, présente des résultats rassurants quant à l'utilisation de cet édulcorant par les femmes enceintes. La dose journalière acceptable de ce produit est de 9mg/kg/j^[99].

Le **sucralose** (ou E955) est un édulcorant non digestible donc non calorique, ayant un pouvoir sucrant 600 fois supérieur au saccharose. Il n'affecte pas la glycémie. Il est donc ainsi intéressant pour les personnes diabétiques. Il est très soluble dans l'eau mais peu dans les graisses. Dans l'alimentation (boissons plates ou gazeuses, mélanges secs) cet édulcorant, très stable dans le temps, résiste bien à la chaleur. Il est éliminé sous forme inchangée dans les fèces et les urines. L'innocuité de cet édulcorant a été largement démontrée par plusieurs autorités compétentes mondiales, tout comme son usage alimentaire^{[98][100]}.

Le **polydextrose** est un oligosaccharide non digestible. Il contient des molécules de glucoses liées de façon aléatoire à du sorbitol, de l'acide citrique et de l'acide phosphorique. Ces liaisons empêchent les enzymes digestives de l'hydrolyser. Il sera ensuite pour une faible partie (40%) fermenté par le microbiote du colon ou éliminé dans les fèces (60%).

Il aurait des effets bénéfiques sur la fonction intestinale (à raison de 8 à 10g/jour) en réduisant le temps du transit intestinal, en augmentant la fréquence des selles hebdomadaires, et en ramollissant les selles tout en ayant aucun effets indésirables de type ballonnements, diarrhée, douleurs abdominales^{[101][102]}.

Enfin, une récente (janvier 2021) publication de l'EFSA* sur la réévaluation de ce dernier en tant qu'additif alimentaire, est plus que rassurante. Aucun problème de sécurité d'utilisation en tant qu'additif n'est à signaler, et qu'il est n'est pas nécessaire de définir une dose journalière acceptable pour ce produit^[103].

➤ Clinutren

Clinutren est une marque du groupe Nestlé proposant des compléments nutritionnelles oraux. Parmi la gamme est proposée une boisson lactée hypercalorique et hyperprotéinée saveur chocolat^[104].

➤ Oxycao

Crée par Jérôme Marchand, il s'agit d'un chocolat noir à 65%, avec 80% de flavanols (sous famille des flavonoïdes) gardés via un nouveau procédé de fabrication. Ce chocolat contient 200mg de Flavanols pour 10g de chocolat donc peut présenter un intérêt en cas de taux de cholestérol élevé^[91].

➤ Zared

Inscrit sur le site du Vidal® comme chocolat riche en vitamines et en minéraux, il est commercialisé par Nicox. Présenté dans une boîte de 60 unités de 5g, la posologie est de 2 carrés par jour. Ce chocolat, appose sur sa boîte l'allégation « le zinc contribue au maintien d'une vision normale »^[105].

Sur tous les sites marchands, ce produit est actuellement en rupture (consultés le 11/10/21).

Conclusion

Le cacaoyer est une plante connue depuis des siècles, dont l'histoire commença avec les anciennes civilisations mexicaines. Le cacao traversa toutes les époques et continents pour être un produit apprécié et consommé par la plupart d'entre nous encore aujourd'hui.

Après un rappel botanique du cacaoyer dont la culture est particulièrement délicate du fait de la floraison très courte, du faible pourcentage de pollinisation ainsi que des multiples maladies qui ravagent ses cultures entières, nous avons vu comment le chocolat tel que nous le consommons arrive jusque dans nos maisons après de nombreuses étapes de transformation.

En se penchant de plus près sur la composition nutritionnelle du chocolat, on a constaté qu'elle variait selon le type de chocolat. On s'est également aperçu que le chocolat avait un indice glycémique faible donc consommable par tout le monde y compris des personnes diabétiques. Au niveau des micronutriments, le chocolat est intéressant en terme d'apport en potassium, phosphore, calcium, cuivre et zinc.

Grâce à différentes évolutions technologiques, nous disposons aujourd'hui d'un large choix de chocolat, avec des compositions nutritionnelles bien différentes, permettant de toucher un public de plus en plus large. Les brevets et processus qui ont été mis en place par les chocolatiers depuis une vingtaine d'années, ont permis d'obtenir des chocolats intéressants en termes de santé, notamment par un taux de polyphénols conservés importants.

A travers l'enquête menée sur un échantillon de plus de 600 personnes, nous constatons que rare sont les consommateurs qui connaissent réellement la composition nutritionnelle du chocolat. Cette constatation s'explique en partie par le fait que peu de personnes regardent l'étiquette d'un produit avant l'achat ou la consommation de ce dernier et que le chocolat est avant tout un aliment plaisir pour une grande majorité des consommateurs.

Plusieurs bénéfices sont associés au chocolat dans l'esprit des consommateurs et certains sont prouvés. Parmi eux, on retrouve le fait que le chocolat soit un facteur protecteur au niveau cardiovasculaire et qu'il est bénéfique pour notre santé mentale.

Nous notons cependant que les différentes études menées sur le chocolat sont effectuées à la fois sur des échantillons restreints et des périodes plutôt courtes, rendant difficile l'extrapolation des résultats à grande échelle.

Ainsi, même si le chocolat noir consommé en quantité restreinte a prouvé plusieurs intérêts pour notre santé, le lien entre chocolat et santé doit être nuancé en fonction de la quantité consommée, du type de chocolat et de sa fréquence de consommation.

Néanmoins, le chocolat est et restera un aliment plaisir, et en quantité raisonnable personne ne présente de contre-indications formelles à sa consommation.

Bibliographie

- [1] Hervet Robert, *Les vertus santé du chocolat : VRAI/FAUX sur cet aliment gourmand*, Edp sciences. 2014. Consulté le: févr. 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ressources.univ-poitiers.fr/reader/docid/88819256?searchterm=chocolat>
- [2] « ANC, AJR, RNJ, de quoi parle-t-on ? | Nutripro ». <https://www.nutripro.nestle.fr/dossier/nutrition-generale/vie-quotidienne-et-equilibre-alimentaire/les-apports-nutritionnels-conseilles-anc/anc-ajr-rnj-de-quoi-parle-t#>
- [3] É. Larousse, « Larousse.fr : encyclopédie et dictionnaires gratuits en ligne ». <https://www.larousse.fr/>
- [4] "https://www.cnrtl.fr"
- [5] S. Daverio, « le chocolat dans tous ces état », Nancy, 2005. [En ligne] Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01731888/document>
- [6] Guy Mossu, *Le cacaoyer*. 1990. [En ligne]. Disponible sur: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/76836/Le%20cacaoyer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] « Theobroma cacao L. | Plants of the World Online | Kew Science », *Plants of the World Online*. <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:320783-2>
- [8] C. König, « Cacao : génétique, culture, récolte », *Futura*. <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-chocolat-histoire-saveurs-degustation-753/page/3/>.
- [9] Grégoire Laporte, « Cacao et botanique - PARLONS SCIENCES - Museum », *museum toulouse*, 2013. <https://www.museum.toulouse.fr/-/cacao-et-botanique>
- [10] « La séquence du génome du cacaoyer déchiffrée ! - CIRAD ». <https://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/communiques-de-presse/2010/la-sequence-du-genome-du-cacaoyer-dechiffree>
- [11] « Tout savoir sur le cacaoyer », *Portail du chocolat*. <https://www.portail-du-chocolat.fr/guides/les-cacaoyers>
- [12] Philippe Lachenaud et Jean-Pierre Labouisse, « Guide d'identification des cacaoyers des îles du sud-ouest de l'océan Indien », 2019, [En ligne]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/594527/1/Lachenaud-%26-Labouisse-2019-Guide-identification-type-cacaoyers.pdf>
- [13] S. Zeraoula, « les effets bénéfiques du cacao sur le syndrome métabolique », Montpellier, 2018. [En ligne]. Disponible sur: https://ged.biu-montpellier.fr/florabium/servlet/DocumentFileManager?source=ged&document=ged:IDOC5:503727&resolution=MEDIUM&recordId=memoires%3ABIU_MEMOIRES%3A1984&file=2018_Zeraoula_Soraya.pdf
- [14] M. Barel, *Du cacao au chocolat: L'épopée d'une gourmandise*. Quae, 2016.
- [15] Cynthia GIDON, « Relations entre structure du peuplement végétal et bioagresseurs dans les agroforêts à cacaoyers. Application à trois bioagresseurs du cacaoyer : la moniliose au Costa Rica, la pourriture brune et les mirides au Cameroun. », Montpellier, 2013
- [16] « Nucleotide sequence and genomic organization of cacao swollen shoot virus », doi: 10.1006/viro.1993.1518.
- [17] K. Koffié et K. Bi, « Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacao en milieu paysan à Bazré (Côte d'Ivoire) », p. 11, 2011.

- [18] L. Point.fr, « Cacao : ce nouveau virus qui menace le chocolat », *Le Point*, 2020 2020. https://www.lepoint.fr/monde/cacao-ce-nouveau-virus-qui-menace-le-chocolat-20-03-2020-2368081_24.php
- [19] R. Babin, « Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae). Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations du ravageur », p. 247.
- [20] « Les chiffres clés du secteur », *Syndicat du chocolat*. <https://www.syndicatduchocolat.fr/les-chiffres-cles-du-secteur/>
- [21] « Episode 6 - La Récolte du Cacao | Cacao Barry ». <https://www.cacao-barry.com/fr-FR/cacao-cacaocollective/documentaire-video/recolte-cacao>
- [22] « Épisode 9 - Séchage | Cacao Barry ». <https://www.cacao-barry.com/fr-FR/cacao-cacaocollective/documentaire-video/sechage-cacao> (consulté le nov. 15, 2020).
- [23] *C'est pas sorcier, C'est pas sorcier -Les secrets du chocolat*, (2013). [En ligne Video]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=pfcvGtVwOM&list=TLPQMjlxMTIwMjCTERSpWPcsqw&index=2>
- [24] « Cote d'or .pdf ».
- [25] *C'est pas sorcier, C'est pas sorcier -CACAO ET CHOCOLAT*, (2013).. [En ligne Video]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=jWTmChsBn0>
- [26] « L'Original depuis 1815 | Van Houten ». <https://www.barry-callebaut.com/fr-FR/distribution/van-houten/historique>.
- [27] « Le processus de production | ECA European Cocoa Association ». <https://www.eurococoa.com/fr/matiere-premiere/le-processus-de-production/>
- [28] I. Christian, *Réussir le tempérage du chocolat : Les clés d'un savoir-faire*. Editions Quae, 2018.. [En ligne]. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ressources.univ-poitiers.fr/book/88863557>
- [29] F. MartinDeMartino, « Norme pour le chocolat et les produits à base de chocolat », p. 9.
- [30] « Ciquel Table de composition nutritionnelle des aliments ». <https://ciquel.anses.fr/>
- [31] D. M.-H. Paclet, « Biochimie des acides aminés », p. 13.
- [32] Baratti-Elbaz, Catherine et Le Maréchal, Pierre, *Biochimie : En 24 fiches Ed. 2 -*, Dunod. 2015. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ressources.univ-poitiers.fr/reader/docid/88826934/page/63?searchterm=biochimie>
- [33] Loubert Pauline, « le chocolat : un nutriment aux vertus santé dans les troubles du métabolisme glucidiques et lipidiques », Lyon, 2016.
- [34] « Choisir un chocolat de qualité | Fédération Française des Diabétiques ». <https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/alimentation/chocolat>
- [35] A. Saraiva, C. Carrascosa, D. Raheem, F. Ramos, et A. Raposo, « Maltitol: Analytical Determination Methods, Applications in the Food Industry, Metabolism and Health Impacts », *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, n° 14, juill. 2020, doi: 10.3390/ijerph17145227.
- [36] « Les édulcorants de synthèse », VIDAL. <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/corps-aliments/edulcorants-synthese.html>
- [37] « Les fibres alimentaires, du volume utile », VIDAL. <https://www.vidal.fr/>
- [38] M. P. Guerrero, S. L. Volpe, et J. J. Mao, « Therapeutic Uses of Magnesium », *AFP*, vol. 80, n° 2, p. 157-162, juill. 2009.

- [39] Veronica Van der Spek, *Nutrition et bien-etre mental : Pourquoi et comment notre alimentation influence notre cerveau*, De boeck. 2010. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ressources.univ-poitiers.fr/reader/docid/88841240/page/33?searchterm=magnesium%20biochimie>
- [40] N. B. Boyle, C. Lawton, et L. Dye, « The Effects of Magnesium Supplementation on Subjective Anxiety and Stress—A Systematic Review », *Nutrients*, vol. 9, n° 5, avr. 2017, doi: 10.3390/nu9050429.
- [41] H. Murck, « Magnesium and affective disorders », *Nutr Neurosci*, vol. 5, n° 6, p. 375-389, déc. 2002, doi: 10.1080/1028415021000039194.
- [42] L. M. des pharmacies.fr, « L'acide folique - Le Moniteur des Pharmacies n° 2876 du 02/04/2011 - Revues - Le Moniteur des pharmacies.fr », *Le Moniteur des pharmacies.fr*. <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/le-moniteur-des-pharmacies/article/n-2876/l-acide-folique.html>
- [43] M. C. Houston, « The importance of potassium in managing hypertension », *Curr Hypertens Rep*, vol. 13, n° 4, p. 309-317, août 2011, doi: 10.1007/s11906-011-0197-8.
- [44] A. R. Rodan, « Potassium: Friend or Foe? », *Pediatr Nephrol*, vol. 32, n° 7, p. 1109-1121, juill. 2017, doi: 10.1007/s00467-016-3411-8.
- [45] C. M. Weaver, « Potassium and Health123 », *Adv Nutr*, vol. 4, n° 3, p. 368S-377S, mai 2013, doi: 10.3945/an.112.003533.
- [46] « Présentation du rôle du phosphate dans l'organisme - Troubles hormonaux et métaboliques », *Manuels MSD pour le grand public*. <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-hormonaux-et-m%C3%A9taboliques/%C3%A9quilibre-%C3%A9lectrolytique/pr%C3%A9sentation-du-r%C3%B4le-du-phosphate-dans-l-organisme>
- [47] J. Serna et C. Bergwitz, « Importance of Dietary Phosphorus for Bone Metabolism and Healthy Aging », *Nutrients*, vol. 12, n° 10, sept. 2020, doi: 10.3390/nu12103001.
- [48] M. Thiry, N. Antoine, et S. Caudroy, *Histologie générale : Exercices et méthodes*. Dunod, 2019. Disponible sur: <http://univ.scholarvox.com/catalog/book/docid/88870379?searchterm=tissus%20osseux>
- [49] L. A. BODIN, « Relation dose-effet du calcium sur la coagulation Etude expérimentale par thromboélastographie », MEMOIRE pour l'obtention du DES d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale, Paris, 2010. [En ligne]. Disponible sur: http://medias.desar.org/Memoires-Theses/Memoires/2010/Bodin_Antoine.pdf
- [50] E. Masson, « Physiologie de la contraction cardiaque », *EM-Consulte*, 2008, [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/192355/physiologie-de-la-contraction-cardiaque>
- [51] W. Li, L. Ma, G. Yang, et W.-B. Gan, « REM sleep selectively prunes and maintains new synapses in development and learning », *Nat Neurosci*, vol. 20, n° 3, p. 427-437, mars 2017, doi: 10.1038/nn.4479.
- [52] A. F. Gombart, A. Pierre, et S. Maggini, « A Review of Micronutrients and the Immune System-Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection », *Nutrients*, vol. 12, n° 1, janv. 2020, doi: 10.3390/nu12010236.
- [53] H. Tapiero, *Les oligo-éléments : Prévention des maladies humaines*. Editions EDK, 2005. Consulté le: avr. 15, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://univ.scholarvox.com/catalog/book/docid/88806394?searchterm=cuivre>
- [54] « Superoxyde dismutase (SOD) - Complément alimentaire - VIDAL ». <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/superoxyde-dismutase-sod.html>

- [55] L. Miao et D. K. St. Clair, « Regulation of Superoxide Dismutase Genes: Implications in Diseases », *Free Radic Biol Med*, vol. 47, n° 4, p. 344-356, août 2009, doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2009.05.018.
- [56] A. N. Besold, E. M. Culbertson, et V. C. Culotta, « The Yin and Yang of Copper During Infection », *J Biol Inorg Chem*, vol. 21, n° 2, p. 137-144, avr. 2016
- [57] A. M. El-Sheikh, N. N. Elfar, H. A. Mourad, et E.-S. S. Hewedy, « Relationship between Trace Elements and Premature Hair Graying », *Int J Trichology*, vol. 10, n° 6, p. 278-283, 2018, doi: 10.4103/ijt.ijt_8_18.
- [58] I. Wessels, M. Maywald, et L. Rink, « Zinc as a Gatekeeper of Immune Function », *Nutrients*, vol. 9, n° 12, nov. 2017, doi: 10.3390/nu9121286.
- [59] Perez, Marc et Lefief-Delcourt, Alix, *Les virus ne passeront pas par moi !*, Eyrolles. 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ressources.univ-poitiers.fr/reader/docid/88906194/page/110?searchterm=immunité>
- [60] C. Dedeant, « Mayas, Toltèques, Aztèques... Ils vénéraient tous le serpent à plumes », *Geo.fr*, oct. 12, 2018. <https://www.geo.fr/histoire/mayas-tolteques-azteques-ils-veneraient-tous-le-serpent-a-plumes-192992>
- [61] Nikita Harwish, *Histoire du chocolat*, Desjonqueres. 2015.
- [62] Europe 1, *Au cœur de l'Histoire: L'histoire du chocolat (Franck Ferrand)*, (nov. 02, 2019). Consulté le: avr. 17, 2021. [En ligne Video]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=9uPsmMFhSyA>
- [63] Verna Roberto, « The history and science of chocolate », 2013.
- [64] E. Birlouez, « Le chocolat, « nourriture des dieux » », 2013.
- [65] « Christophe Colomb en italien Cristoforo Colombo espagnol Cristóbal Colón - LAROUSSE ». https://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Christophe_Colomb/114119
- [66] É. Larousse, « Hernán Cortés en français Fernand Cortez - LAROUSSE ». https://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Hern%C3%A1n_Cort%C3%A9s/114777
- [67] A. BRAYET, « Le chocolat, un patrimoine européen ? », nov. 2019. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02367268>
- [68] « working paper or preprint ».
- [69] « 1705 Le Parfait Limonadier ». <https://euvs-vintage-cocktail-books.cld.bz/1705-Le-parfait-limonadier/124/>
- [70] É. Léo, « R. P. Jean-Baptiste Labat, dit "le Père Labat" », *FranceArchives*. <https://francearchives.fr/fr/commemo/recueil-2013/39388>
- [71] « Marie Leszczyńska », *Château de Versailles*, sept. 02, 2016. <https://www.chateauversailles.fr/decouvrir/histoire/grands-personnages/marie-leszczyńska>
- [72] « Encyclopédie de Diderot - CHOCOLAT ». <http://xn--encyclopedie-ibb.eu/index.php/morale/1912389318-economie-domestique/828208218-CHOCOLAT>
- [73] « Histoire de la marque Chocolat Poulain », *Chocolat Poulain*. <https://www.chocolatpoulain.fr/la-marque/>
- [74] « MENIER® », *Nestlé*. <https://www.nestle.fr/nosmarques/chocolatconfiseries/menierchoco>
- [75] C. Viel, « Les Menier : de la droguerie pharmaceutique à l'industrie chocolatière », p. 18.
- [76] R. Verna, « The history and science of chocolate », *Malays J Pathol*, vol. 35, n° 2, p. 111-121, déc. 2013.
- [77] « Impact of chocolate on the cardiovascular health », janv. 01, 2018. <https://www.fbscience.com/Landmark/articles/10.2741/4620>

- [78] V. Regecova, J. Jurkovicova, J. Babjakova, et I. Bernatova, « The Effect of a Single Dose of Dark Chocolate on Cardiovascular Parameters and Their Reactivity to Mental Stress », *J Am Coll Nutr*, vol. 39, n° 5, p. 414-421, juill. 2020, doi: 10.1080/07315724.2019.1662341.
- [79] C. Tsang, L. Hodgson, A. Bussu, G. Farhat, et E. Al-Dujaili, « Effect of Polyphenol-Rich Dark Chocolate on Salivary Cortisol and Mood in Adults », *Antioxidants (Basel)*, vol. 8, n° 6, p. E149, mai 2019, doi: 10.3390/antiox8060149.
- [80] Davison G et al, « The effet of acute pre-exercise dark chocolate consumption on plasma antioxidant status, oxidative stress and immunoendocrine responses to prolonged exercise », 2012.
- [81] A. S. Jose P. Garcia et A. S. Jose P. Garcia, « The Cardiovascular effects of chocolate », *Reviews in Cardiovascular Medicine*, vol. 19, n° 4, p. 123-127, déc. 2018, doi: 10.31083/j.rcm.2018.04.3187.
- [82] CV Vlachopoulos, NA Alexopoulos, KA Aznaouridis, « Relation of habitual cocoa consumption to aortic stiffness and wave reflections, and to central hemodynamics in healthy individuals ».
- [83] C. France, « Un Nivernais crée Oxycas, un chocolat bon pour la santé », *www.lejdc.fr*, août 07, 2015. https://www.lejdc.fr/quarre-les-tombes-89630/loisirs/un-nivernais-cree-oxycas-un-chocolat-bon-pour-la-sante_11543218.
- [84] N. P. Riksen, P. Smits, et G. A. Rongen, « The cardiovascular effects of methylxanthines », *Handb Exp Pharmacol*, n° 200, p. 413-437, 2011,
- [85] S. Yuan, X. Li, Y. Jin, et J. Lu, « Chocolate Consumption and Risk of Coronary Heart Disease, Stroke, and Diabetes: A Meta-Analysis of Prospective Studies », *Nutrients*, vol. 9, n° 7, p. E688, juill. 2017, doi: 10.3390/nu9070688.
- [86] S. C. Larsson, J. Virtamo, et A. Wolk, « Chocolate consumption and risk of stroke: A prospective cohort of men and meta-analysis », *Neurology*, vol. 79, n° 12, p. 1223-1229, sept. 2012, doi: 10.1212/WNL.0b013e31826aacfa.
- [87] M. T. Montagna et al., « Chocolate, "Food of the Gods": History, Science, and Human Health », *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, n° 24, p. 4960, déc. 2019, doi: 10.3390/ijerph16244960.
- [88] Bélanger, Dr Raphaël, Bouchard, Dre Andrée, et Mircescu, Dre Hortensia, *Thyroïde, enfin comprendre ! : Trois endocrinologues réputés démystifient cette maladie - ScholarVox Université*, Marcel Broquet. 2011. Disponible sur: <https://univ-scholarvox.com.ressources.univ-poitiers.fr/reader/docid/88855620/page/23?searchterm=hypothyroidie>
- [89] P. Ihnatowicz, M. Drywień, P. Wątor, et J. Wojsiat, « The importance of nutritional factors and dietary management of Hashimoto's thyroiditis », *Ann Agric Environ Med.*, vol. 27, n° 2, p. 184-193, juin 2020, doi: 10.26444/aaem/112331.
- [90] M. Barel, *Quel est le meilleur chocolat ? : 90 clés pour comprendre le chocolat*. Editions Quae, 2015. Disponible sur: <http://univ.scholarvox.com/catalog/book/docid/88829328?searchterm=chocolat>
- [91] « Chocolat noir antioxydant 65% OXYCAS », *Quarre de Chocolat*. <https://quarredechocolat.com/boutique2019/product/chocolat-noir-antioxydant-65-oxycas/>
- [92] DGOS, « Obésité : prévention et prise en charge », *Ministère des Solidarités et de la Santé*, sept. 09, 2021. <https://solidarites-sante.gouv.fr/systeme-de-sante-et-medico-social/strategie-nationale-de-sante/priorite-prevention-rester-en-bonne-sante-tout-au-long-de-sa-vie-11031/priorite-prevention-les-mesures-phares-detaillees/article/obesite-prevention-et-prise-en-charge>

- [93] « Chocolat Dardenne - Maître Chocolatier à Luchon », *Chocolat Dardenne*. <http://chocolatdardenne.com/>.
- [94] M.-R. Taskinen, C. J. Packard, et J. Borén, « Dietary Fructose and the Metabolic Syndrome », *Nutrients*, vol. 11, n° 9, p. E1987, août 2019, doi: 10.3390/nu11091987.
- [95] « Milical ». <https://www.milical.com/content/8-milical>.
- [96] « Le régime Protifast pour perdre du poids - Protifast ». <https://www.protifast.com/qui-sommes-nous>
- [97] X. Bian, L. Chi, B. Gao, P. Tu, H. Ru, et K. Lu, « The artificial sweetener acesulfame potassium affects the gut microbiome and body weight gain in CD-1 mice », *PLoS One*, vol. 12, n° 6, p. e0178426, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0178426.
- [98] B. A. Magnuson, M. C. Carakostas, N. H. Moore, S. P. Poulos, et A. G. Renwick, « Biological fate of low-calorie sweeteners », *Nutr Rev*, vol. 74, n° 11, p. 670-689, nov. 2016, doi: 10.1093/nutrit/nuw032.
- [99] « Noted'étape de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative à l'évaluation des bénéfices et des risques nutritionnels des édulcorants intenses chez la femme enceinte, Juin 2012 ». Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2011sa0161.pdf>
- [100] B. A. Magnuson, A. Roberts, et E. R. Nestmann, « Critical review of the current literature on the safety of sucralose », *Food Chem Toxicol*, vol. 106, n° Pt A, p. 324-355, août 2017, doi: 10.1016/j.fct.2017.05.047.
- [101] M. Shimada *et al.*, « Effect of Polydextrose Intake on Constipation in Japanese Dialysis Patients: A Triple-Blind, Randomized, Controlled Trial », *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, vol. 61, n° 4, p. 345-353, 2015, doi: 10.3177/jnsv.61.345.
- [102] C. Hengst, S. Ptok, A. Roessler, A. Fechner, et G. Jahreis, « Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers », *Int J Food Sci Nutr*, vol. 60 Suppl 5, p. 96-105, 2009, doi: 10.1080/09637480802526760.
- [103] EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF) *et al.*, « Re-evaluation of polydextrose (E 1200) as a food additive », *EFSA J*, vol. 19, n° 1, p. e06363, janv. 2021, doi: 10.2903/j.efsa.2021.6363.
- [104] « COLLATIONS DE TYPE LACTE | Nestlé Health Science ». <https://www.nestlehealthscience.fr/nos-marques/clinutren/collations-de-type-lacte>
- [105] « ZARED CHOCOLAT Vitamines et Minéraux carré - Parapharmacie », *VIDAL*. <https://www.vidal.fr/parapharmacie/zared-chocolat-vitamines-et-mineraux-carre-156888.html>
- [106] « Visible science », *Nicox.com*. <https://www.nicox.com/fr/> (consulté le août 01, 2021).

Annexes

Annexe 1 : le beurre de cacao dans la pharmacopée

ANSM

BEURRE DE CACAO

Cacao oleum

Le beurre de cacao est la graisse solide obtenue par pression à partir de graines décortiquées de *Theobroma cacao* L. Les graines sont grillées ou non au préalable, et traitées ou non par l'hydroxyde de sodium ou d'autres agents alcalins.

CARACTÈRES

Graisse solide, blanc jaunâtre, d'odeur légère et agréable semblable à celle du cacao, de saveur douce et caractéristique, à cassure cireuse, facilement soluble dans l'éther de pétrole, dans l'éthanol anhydre bouillant, peu soluble dans l'éthanol à 96 pour cent.

d_{20}^{40} : voisine de 0,895.

IDENTIFICATION

Effectuez l'identification des huiles grasses par chromatographie sur couche mince (2.3.2) modifiée comme suit:

Solution à examiner (a). Dissolvez 100 mg de beurre de cacao dans du *chloroforme R* et complétez à 4 mL avec le même solvant.

Solution à examiner (b). Dissolvez 20 mg de beurre de cacao dans du *chloroforme R* et complétez à 4 mL avec le même solvant.

Solution témoin. Dissolvez 20 mg d'*huile de maïs R* dans du *chloroforme R* et complétez à 4 mL avec le même solvant.

Déposez séparément sur la plaque 5 µL de la solution à examiner (a), 2 µL de la solution à examiner (b), et 2 µL de la solution témoin. Après développement, séchez la plaque à 110 °C pendant 10 min, laissez refroidir et pulvérisez une solution de *rhodamine B R* à 0,5 g/L dans le *méthanol R*. Après quelques minutes, pulvérisez une solution d'*hydroxyde de potassium R* à 400 g/L. Les taches apparaissent immédiatement ou après quelques minutes, claires sur fond rosé. Laissez sécher la plaque à l'air ou séchez-la à l'aide d'un courant d'air chaud et pulvérisez à nouveau de la *solution d'hydroxyde de potassium R* à 400 g/L. Le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner (b) présente 3 taches semblables quant à leur position et leurs dimensions à celles du chromatogramme n° 3 du schéma III. Les chromatogrammes obtenus avec la solution à examiner (a) et la solution à examiner (b) ne présentent pas de taches entre G et L.

Les prescriptions générales et les monographies générales de la Pharmacopée européenne ainsi que le préambule de la Pharmacopée française s'appliquent.

Pharmacopée française 1983

ENCEINTE PARTIE HAUTE

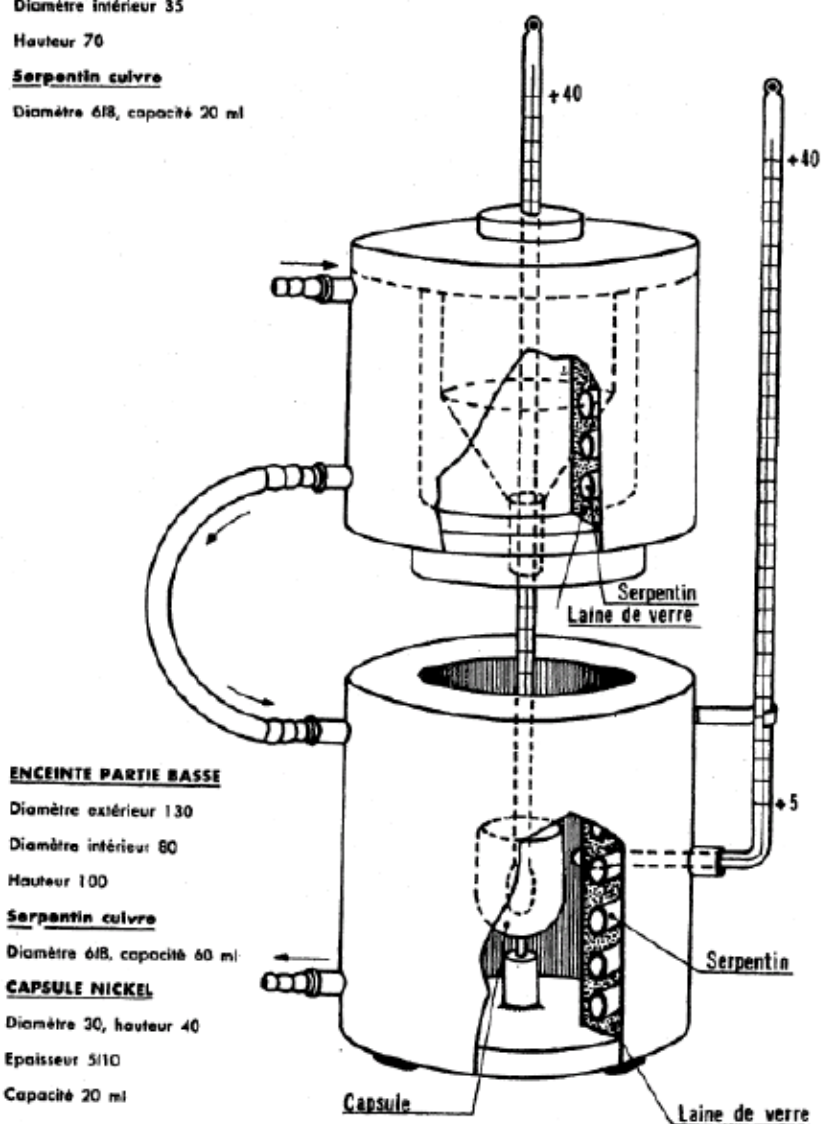
Diamètre extérieur 130

Diamètre intérieur 35

Hauteur 70

Serpentin cuivre

Diamètre 6/8, capacité 20 ml

**ENCEINTE PARTIE BASSE**

Diamètre extérieur 130

Diamètre intérieur 60

Hauteur 100

Serpentin cuivre

Diamètre 6/8, capacité 60 ml

CAPSULE NICKEL

Diamètre 30, hauteur 40

Épaisseur 5/10

Capacité 20 ml

Appareil pour la détermination de la courbe
de solidification du beurre de cacao

Cotes exprimées en mm

du

Les prescriptions générales et les monographies générales de la Pharmacopée européenne ainsi que le préambule de la Pharmacopée française s'appliquent.

Pharmacopée française 1983

ESSAI

Indice de réfraction (2.2.6) : 1,456 à 1,459, déterminé à 40 °C.

Point de fusion (2.2.15). Déterminez le point de fusion en tenant compte des précisions suivantes: dans un vase à précipité de faible hauteur, faites fondre à 50-60 °C, 50 g environ de beurre de cacao. Refroidissez au bain-marie à 25 °C jusqu'à obtention d'une consistance pâteuse, en remuant continuellement et en évitant d'introduire des bulles d'air. Introduisez le vase à précipité dans un bain-marie à 32-33 °C et continuez à remuer jusqu'à ce que la masse ait atteint la température du bain-marie. Versez une partie de la substance visqueuse et laiteuse ainsi obtenue dans un appareil métallique, de type moule à suppositoires, à 20-22 °C et laissez reposer pendant 2 h à cette température. Introduisez la substance dans les tubes capillaires selon les indications de la méthode générale et laissez reposer les tubes à une température inférieure à 10 °C pendant 48 h au moins. Le point de fusion du beurre de cacao est de 31 °C à 35 °C.

Détermination de la courbe de solidification. Appareillage. L'appareil se compose principalement d'une enceinte métallique, en deux parties, isolée thermiquement, dans laquelle est placée une petite coupe cylindro-sphérique en nickel destinée à recevoir 20 g de beurre de cacao préalablement fondu. Cette coupe est fixée à une tige support qui la maintient au centre de l'enceinte cylindrique dont l'atmosphère est réglée à une température de $15 \pm 0,1$ °C. Le chemisage de l'enceinte contient deux serpents tubulaires en cuivre dans lesquels on fait circuler lentement de l'eau provenant d'un thermostat dont la température (13-14 °C) permet d'ajuster exactement celle de l'enceinte à 15 °C. Deux thermomètres donnant le 1/10 de degré sont placés de manière à pouvoir suivre la variation de la température du beurre de cacao à essayer au cours de son refroidissement, et pour vérifier la température de l'enceinte (voir schéma).

Mode opératoire. Prélevez un échantillon moyen de beurre de cacao pesant 50 g environ, placez-le dans une capsule de porcelaine à fond plat et faites-le fondre à une température de 40 °C environ. Ajoutez 1 g de *sulfate de sodium anhydre R* et dispersez-le dans la masse fondue au moyen d'un agitateur en verre. Laissez quelques heures en contact à 40 °C, puis filtrez à chaud sur coton. Dans une étuve réglée à 40 ± 2 °C, introduisez la coupe de nickel et le beurre de cacao fondu déshydraté et filtré, laissez-les pendant 2 à 3 h après fusion complète. Ce temps écoulé, amenez la température de l'enceinte calorifugée à $15 \pm 0,1$ °C par circulation d'eau provenant du thermostat; introduisez rapidement le beurre de cacao fondu dans la coupe de nickel remplie jusqu'à 2 à 3 mm du bord, et placez-la dans l'appareil. Mettez en place le thermomètre de façon que le bulbe soit situé au centre de la masse de beurre de cacao fondu. Suivez la variation de la température et, dès que cette dernière atteint 30 °C, déclenchez un chronomètre et notez la température de 5 en 5 min. Reportez les valeurs sur un papier millimétré: 1 mm sur l'axe des abscisses représente 1 min; 1 mm sur l'axe des ordonnées représente 0,1 °C. Déduisez de la courbe obtenue la température minimale (début de cristallisation), la température maximale (fin de cristallisation) et l'écart entre ces deux valeurs.

Le beurre de cacao présente les caractéristiques suivantes : température minimale : 18-20 °C ; température maximale : 22-25 °C; écart : 3 °C à 5 °C.

Absorbance (2.2.25). Dans un vase à précipité, faites fondre, en chauffant doucement, 2,0 g de beurre de cacao et dissolvez dans 2 mL de *cyclohexane R*. Transvasez la solution dans une ampoule à décantation de 100 mL, rincez le vase à précipité avec 5 mL de *cyclohexane R* et transvasez dans l'ampoule à décantation. Ajoutez 3 mL de solution d'*hydroxyde de sodium R* à 160 g/L et mélangez pendant 2 à 3 min en agitant doucement par rotation. Rejetez la phase aqueuse et lavez la phase organique avec 7 fois 3 mL d'*eau R*. Ajoutez à la phase organique 5

Les prescriptions générales et les monographies générales de la Pharmacopée européenne ainsi que le préambule de la Pharmacopée française s'appliquent.

Pharmacopée française 1983

mL de *cyclohexane R* et desséchez sur du *sulfate de sodium anhydre R*. Filtrez et évaporez à siccité au bain-marie. Dissolvez 0,100 g du résidu dans du *cyclohexane R* et complétez à 10,0 mL avec le même solvant. L'absorbance de cette solution, au maximum d'absorption voisin de 270 nm, n'est pas supérieure à 0,18.

Indice d'acide (2.5.1). Dissolvez 5,0 g de beurre de cacao préalablement fondu dans 25 mL du mélange de solvants prescrit. L'indice d'acide n'est pas supérieur à 3.

Indice d'iode (2.5.4): 33 à 42.

Indice de peroxyde (2.5.5) : au maximum 2 ⁽¹⁾

Indice de saponification (2.5.6) : 192 à 198.

Insaponifiable (2.5.7). Le taux de l'insaponifiable n'est pas supérieur à 0,80 pour cent *m/m*.

Cire, stéarine, suif. Dans un tube à essai à bouchon rodé, à 17 ± 1 °C, dissolvez 1,0 g de beurre de cacao dans 3 mL d'*éther R*. Plongez le tube dans un mélange de glace et d'eau. Il n'apparaît ni trouble, ni dépôt de paillettes blanches avant 3 min. Après prise en masse de la solution, portez la température à 15 °C. Il se forme progressivement un liquide limpide.

Impuretés à réaction alcaline (2.4.19). Le beurre de cacao satisfait à l'essai des impuretés à réaction alcaline dans les huiles grasses.

Huiles grasses étrangères. Opérez par chromatographie en phase gazeuse (2.4.22). La teneur en acide laurique n'est pas supérieure à 0,1 pour cent ; celle en acide myristique n'est pas supérieure à 0,3 pour cent ; celle en acide linoléique n'est pas supérieure à 4,5 pour cent ; celle en acides dont le nombre d'atomes de carbone dans la molécule est supérieur ou égal à 20 n'est pas supérieure à 1,5 pour cent.

Huiles hydrogénées. Opérez par chromatographie sur couche mince (2.2.27) en utilisant une plaque préparée comme suit : étalez sur la plaque, un mélange de 30 g de *gel de silice G R* et de 60 mL d'une solution de *nitrate d'argent R* à 10 pour cent *m/m*. Laissez sécher la plaque à l'air pendant 15 min. Desséchez ensuite la plaque dans une étuve à 60 °C dont la température est portée progressivement à 115 °C en 45 min. Maintenez la plaque à cette température pendant 90 min. Si la plaque n'est pas immédiatement utilisée, elle doit être conservée à l'abri de la lumière.

Préparation de l'ester méthylique. Introduisez 4,0 g de beurre de cacao dans un ballon à col rodé de 100 mL muni d'un réfrigérant à reflux et d'un dispositif permettant de faire passer un courant de gaz. Ajoutez 40 mL de *méthanol anhydre R* et 0,5 mL d'une solution d'*hydroxyde de potassium R* à 60 g/L dans le *méthanol R*. Fixez le réfrigérant et faites passer un courant d'*azote R* à un débit d'environ 100 mL par min. Agitez et chauffez à l'ébullition. Lorsque la solution est devenue limpide, généralement après 10 min, continuez à chauffer pendant encore 5 min. Refroidissez à l'eau courante et transvasez dans une ampoule à décantation de 125 mL. Rincez le ballon avec 20 mL d'*heptane R* et versez le liquide de rinçage dans l'ampoule à décantation. Ajoutez 40 mL environ d'*eau R* et agitez doucement. S'il se forme une émulsion, ajoutez goutte à goutte de l'*heptane R*. Laissez les couches se séparer, prélevez la couche aqueuse, agitez une deuxième fois avec 20 mL d'*heptane R* et laissez décanter. Réunissez les couches organiques. Lavez avec 2 fois 20 mL d'*eau R*, desséchez sur du *sulfate*

⁽¹⁾ Le beurre de cacao étant toujours plus oxydé en surface que dans la masse, il est indispensable de veiller tout particulièrement à ce que l'échantillon soit bien représentatif de la masse totale.

Les prescriptions générales et les monographies générales de la Pharmacopée européenne ainsi que le préambule de la Pharmacopée française s'appliquent.

Pharmacopée française 1983

de sodium anhydre R, filtrez sur coton dans une fiole conique de 50 mL et évaporez au bain-marie la quasi-totalité du solvant sous un courant d'azote R.

Solution à examiner. Dissolvez 10 mg de l'ester méthylique obtenu à partir du beurre de cacao à examiner dans 0,7 à 0,8 mL de tétrachlorure de carbone R.

Solution témoin. Dissolvez 0,1 g d'élaidate de méthyle R dans du tétrachlorure de carbone R et complétez à 10 mL avec le même solvant.

Déposez sur la plaque, d'une part, la totalité de la solution à examiner en une bande continue d'une longueur de 15 cm environ et, d'autre part, à 2 cm de l'un des bords latéraux 0,05 mL de la solution témoin. Développez sur un parcours de 16 cm à l'obscurité avec un mélange de 75 volumes de toluène R et de 25 volumes d'éther de pétrole R. Après séchage, pulvérisez une solution de dichlorofluorescéine R à 1 g/L dans l'éthanol à 96 pour cent R. Examinez en lumière ultraviolette à 365 nm. Le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner ne présente pas de bande correspondant à la tache du chromatogramme obtenu avec la solution témoin.

CONSERVATION

En pain bien enveloppé ou en récipient bien fermé, à l'abri de la lumière et à une température inférieure ou égale à 30 °C.

Annexe 2 : Questionnaire de l'enquête

Consommation et connaissance du chocolat

1 Vous êtes

Propositions de réponse: *Choisissez une seule réponse*

- ☐ Une femme ☐ Un homme

2 Dans quelle tranche d'âge êtes-vous ?

Propositions de réponse: *Choisissez une seule réponse*

- ☐ Moins de 15 ans ☐ 15-20 ans ☐ 21-30 ans ☐ 31 à 40 ans ☐ 41 à 50 ans ☐ 51 à 60 ans
☐ 61 à 70ans ☐ Plus de 70ans

3 Vous êtes

Propositions de réponse: *Choisissez une ou plusieurs réponses*

- | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|
| ☐ Etudiant | ☐ Agriculteur | ☐ Artisans, commerçants ou chefs d'entreprises | ☐ Profession libérale ou cadres | ☐ Profession intermédiaire |
| ☐ Employé | ☐ Ouvrier | ☐ Retraité | ☐ Sans activité professionnelle | |

4 Sous quelle forme consommez-vous principalement du chocolat ?

Propositions de réponse: *Choisissez une ou plusieurs réponses*

- ☐ En tablette ☐ En pâtisserie ☐ En confiserie : glaces, bonbons, ...

5 A quelle fréquence consommez-vous du chocolat ?

Propositions de réponse: *Choisissez une seule réponse*

- ☐ Quotidiennement ☐ Toutes les semaines ☐ 1 fois par mois ☐ Rarement ☐ Jamais
☐ Autre...

6 A quel moment de la journée, le mangez-vous ?

Propositions de réponse: *Choisissez une ou plusieurs réponses*

- ☐ Au petit déjeuner ☐ Avec le café ☐ Pour le goûter ☐ Le soir ☐ Lorsque j'en ai l'envie

7 Quelle quantité de chocolat mangez-vous, en moyenne ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ 1 carré (environ 5g) ☐ 1 rangée (environ 10g) ☐ 1/2 tablette (environ 50g)
☐ Autres

8 Quel type de chocolat consommez-vous ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ Noir ☐ Blanc ☐ Au lait

9 Pourquoi consommez-vous du chocolat ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ Pour le plaisir ☐ Pour ses bienfaits ☐ Par habitude ☐ Autres

10 Selon vous le chocolat a-t-il une valeur énergétique élevée ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ Oui ☐ Non

11 Selon vous le chocolat contient majoritairement :

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ Glucides ☐ Lipides ☐ Protéines ☐ Fibres ☐ Cela dépend du type de chocolat

12 Selon vous le chocolat contient-il :

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

- ☐ Magnésium ☐ Potassium ☐ Phosphore ☐ Calcium ☐ Sodium ☐ Fer ☐ Cuivre
☐ Vitamines ☐ Cela dépend du type de chocolat

13 Selon vous, le chocolat peut-il avoir un effet bénéfique sur la santé ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

☐ Oui ☐ Non

14 Si oui, lesquels ?

15 Selon vous, je peux consommer du chocolat si j'ai

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

☐ Du diabète ☐ De l'hypertension ☐ Du cholestérol ☐ De l'hypothyroïdie ☐ Un IMC supérieur à 30
☐ C'est interdit dans toutes ces situations

16 Connaissez-vous une gamme de chocolat "thérapeutique" ?

Propositions de réponse: Choisissez une ou plusieurs réponses

☐ Oui ☐ Non

17 Si oui, laquelle ?

Résumé

Les cacaoyers sont cultivés depuis très longtemps pour leurs fèves. Ces fèves sont en effet à l'origine de plusieurs produits très couramment consommés actuellement comme la poudre de cacao et le chocolat. Cette thèse s'attèle donc à explorer ce fameux chocolat.

Dans un premier temps, une présentation botanique du cacaoyer a été effectuée, ainsi que les différents processus de fabrication du chocolat et les apports nutritionnels de ce dernier.

Une seconde partie retrace l'histoire riche du chocolat depuis son origine avec les Aztèques à nos jours.

Enfin une enquête a été menée afin de faire un état des lieux sur la consommation du chocolat et les raisons de cette consommation, ainsi qu'une étude des connaissances de la population concernant le chocolat.

L'étude met en évidence une grande consommation de chocolat mais une connaissance faible de sa composition. Cependant le chocolat est un aliment plaisir avec pour une majorité des répondants des vertus pour la santé. Il possède en effet des composants intéressants en matière de protection cardiovasculaire, pour le maintien d'une bonne santé morale et physique.

Mots clefs : Chocolat, Cacao, aliment, santé, prévention.

SERMENT DE GALIEN

En présence des Maîtres de la Faculté, je fais le serment : D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances,

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement,

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité,

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession,
De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens,

De coopérer avec les autres professionnels de santé.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

Signature de l'étudiant

Nom :

Prénom :

du Président du jury

Nom :

Prénom :