

**UNIVERSITE DE LILLE**  
**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2023

N°:

THESE POUR LE  
**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 7 février 2023

Par Sarah FLAHAUT

Née le 31/03/1997 à Villeneuve d'Ascq - FRANCE

Le cacao dans la prévention des lésions carieuses en odontologie pédiatrique

**JURY**

Président : Madame le Professeur Caroline DELFOSSE  
Assesseurs : Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX  
Madame le Docteur Alessandra BLAIZOT  
Madame le Docteur Mathilde LOBRY

Président de l'Université	:	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

K.AGOSSA	Parodontologie
P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>C. DELFOSSE</b>	<b>Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S</b> Odontologie Pédiatrique
E. DEVEAUX	Responsable du Département de <b>Dentisterie Restauratrice</b> <b>Endodontie</b>

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
<b>P. BOITELLE</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>E. BOCQUET</b>	Responsable du Département d' <b>Orthopédie Dento-Faciale</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
C. LEFEVRE	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
<b>T. TRENTESAUX</b>	Responsable du Département d' <b>Odontologie Pédiatrique</b>
J. VANDOMME	Prothèses

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

**Aux membres du jury ...**

**Madame la Professeure Caroline DELFOSSE**

**Professeure des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Odontologie Pédiatrique*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Doctorat de l'Université de Lille 2 (mention Odontologie)

Habilitation à Diriger des Recherches (Université Clermont Auvergne)

Diplôme d'Etudes Approfondies Génie Biologie & Médical - option Biomatériaux

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Université « Sédation consciente pour les soins bucco-dentaires »

Diplôme d'Université « Gestion du stress et de l'anxiété »

Diplôme d'Université « Compétences cliniques en sédation pour les soins dentaires »

Diplôme Inter Universitaire « Pédagogie en sciences de la santé »

Formation Certifiante en Education Thérapeutique du Patient

Doyen du Département « faculté d'odontologie » de l'UFR3S - Lille

*Vous me faites le grand honneur de juger mon travail  
et de présider le jury de cette thèse.*

*Votre expérience et votre sympathie envers les  
enfants m'ont toujours épatée.*

*Veillez agréer l'expression de mon profond respect  
et ma sincère gratitude.*

**Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Odontologie Pédiatrique*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Ethique et Droit Médical de l'Université Paris Descartes (Paris V)

Certificat d'Etudes Supérieures de Pédodontie et Prévention – Paris Descartes (Paris V)

Diplôme d'Université « Soins Dentaires sous Sédation » (Aix-Marseille II)

Master 2 Ethique Médicale et Bioéthique Paris Descartes (Paris V)

Formation certifiante « Concevoir et évaluer un programme éducatif adapté au contexte de vie d'un patient »

Vice-président de la Société Française d'Odontologie Pédiatrique

Responsable du département d'Odontologie Pédiatrique

*Je vous remercie de l'intérêt que vous portez à ce travail de thèse en acceptant de le juger.*

*Je vous remercie également pour votre pédagogie lors de mes vacances hospitalières.*

*Veillez considérer ici le témoignage de mon profond respect.*

## **Madame le Docteur Alessandra BLAIZOT**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en éthique médicale de l'Université Paris Descartes (Paris V)

Chargée de mission Pédagogie

Master II : Sciences, technologies, santé à finalité recherche. Mention Ethique, Spécialité éthique médicale et bioéthique – Université Paris Descartes (Paris V)

Master II : Sciences, technologies, santé à finalité recherche. Mention Santé Publique, Spécialité épidémiologique clinique – Université Paul Sabatier (Toulouse III)

Maîtrise : Sciences de la vie et de la santé à finalité recherche. Mention méthodes d'analyses et gestion en santé publique, Spécialité épidémiologie clinique – Université Paul Sabatier (Toulouse III)

Diplôme Inter-Universitaire en pédagogie des sciences de la santé - Université de Rouen-Normandie

Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologique – Université Paul Sabatier (Toulouse III)

*Je vous remercie de vous être rendue disponible afin de juger mon travail de thèse.*

*J'ai beaucoup apprécié votre rigueur lors de mon parcours universitaire et hospitalier qui me guidera dans ma vie professionnelle.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude.*

**Madame le Docteur Mathilde LOBRY**

**Assistante Hospitalo-Universitaire des CSERD**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Odontologie Pédiatrique*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Certificat d'Etudes Supérieures d'Odontologie Pédiatrique et de Prévention – Université Paris Descartes

Master I de Biologie et de Santé – Informatique Médicale – Université Lille 2

Attestation de formation aux soins bucco-dentaires sous inhalation de MEOPA – Université de Lille 2

*Je vous remercie d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse, pour vos encouragements et votre disponibilité. Notre collaboration fut un sincère plaisir.*

*Votre discernement et votre bienveillance ont accompagné mon travail jusqu'au bout.*

*Votre rigueur, votre énergie et votre patience ont marqué mes vacances d'odontologie pédiatrique et d'urgences.*

*Veillez trouver ici le témoignage de mes sentiments les plus respectueux.*





## Table des abréviations

AJR : Apport Journalier Recommandé

ANC : Apport Nutritionnel Conseillé

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AS : Apport Satisfaisant

EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments

g : gramme

IG : Indice Glycémique

kcal : kilocalorie

kg : kilogramme

mg : milligramme

mm : millimètre

Mt : millions de tonnes

RCI : Risque Carieux Individuel

*Sm* : *Streptococcus mutans*

UFC : Unité Faisant Colonie

ug : microgramme

ZEP : Zone d'Éducation Prioritaire

°C : degré Celsius

% : pour cent

# Table des matières

<b>TABLE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>12</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>16</b>
<b>1 LA CARIE DENTAIRE</b> .....	<b>17</b>
1.1 LA MALADIE CARIEUSE.....	17
1.1.1 <i>Épidémiologie</i> .....	17
1.1.2 <i>Diagnostic</i> .....	18
1.2 LE DEVELOPPEMENT CARIEUX .....	22
1.2.1 <i>La composante bactérienne</i> .....	23
1.2.1.1 Streptocoques .....	24
1.2.1.2 Lactobacillus .....	24
1.2.1.3 Actinomyces .....	24
1.2.2 <i>L'hôte</i> .....	25
1.2.2.1 Facteurs intrinsèques .....	25
1.2.2.1.1 Salive .....	25
1.2.2.1.2 Héritéité .....	25
1.2.2.2 Facteurs extrinsèques .....	26
1.2.2.2.1 Hygiène bucco-dentaire .....	26
1.2.2.2.2 Catégorie socio-professionnelle.....	27
1.2.3 <i>Les sucres fermentescibles</i> .....	28
1.2.3.1 Glucides simples .....	28
1.2.3.2 Glucides complexes .....	28
1.2.3.3 Glucides de substitution .....	28
1.2.4 <i>Le paramètre temporel</i> .....	29
<b>2 GENERALITES SUR LE CACAO</b> .....	<b>31</b>
2.1 L'HISTOIRE DU CACAO .....	31
2.2 LES LIEUX DE PRODUCTION .....	33
2.2.1 <i>Afrique</i> .....	33
2.2.2 <i>Amérique, continent d'origine</i> .....	33
2.2.3 <i>Asie</i> .....	33
2.2.4 <i>Océanie</i> .....	33
2.3 LA COMPOSITION DU CACAO .....	34
2.3.1 <i>L'aspect botanique</i> .....	34
2.3.1.1 Les fleurs .....	34
2.3.1.2 Le cabosse .....	35
2.3.1.2.1 La fève.....	35
2.3.1.2.2 La pulpe.....	36
2.3.2 <i>L'aspect nutritionnel</i> .....	36
2.3.2.1 Les macronutriments .....	36
2.3.2.1.1 Les protéines .....	37
2.3.2.1.2 Les glucides .....	37
2.3.2.1.3 Les lipides .....	38
2.3.2.1.4 Les fibres .....	39
2.3.2.2 Les micronutriments .....	39
2.3.2.2.1 Les sels minéraux .....	39
2.3.2.2.1.1 Le potassium.....	39
2.3.2.2.1.2 Le magnésium.....	40
2.3.2.2.1.3 Le sodium .....	40
2.3.2.2.1.4 Le chlore .....	40
2.3.2.2.1.5 Le calcium .....	41
2.3.2.2.1.6 Le phosphore.....	41
2.3.2.2.1.7 Le fer .....	42
2.3.2.2.1.8 Le cuivre.....	42
2.3.2.2.1.9 Le zinc .....	42
2.3.2.2.1.10 Le fluor.....	43

2.3.2.2.1.11	L'iode .....	43
2.3.2.2.2	Les vitamines.....	43
2.3.3	<b>L'aspect pharmacologique .....</b>	<b>44</b>
2.3.3.1	Les alcaloïdes.....	44
2.3.3.1.1	La théobromine.....	45
2.3.3.1.2	La caféine .....	45
2.3.3.1.3	La théophylline.....	45
2.3.3.2	Les amines biogènes.....	45
2.3.3.2.1	La phényléthylamine .....	45
2.3.3.2.2	La sérotonine .....	46
2.3.3.2.3	La tyramine .....	46
2.3.3.2.4	L'histamine.....	46
2.3.3.3	Les polyphénols.....	46
2.3.3.3.1	Les tanins .....	46
2.3.3.3.2	Les flavonoïdes.....	47
2.4	<b>LES DIFFERENTS PROCEDES DE TRANSFORMATION DE LA CABOSSE AU CHOCOLAT .....</b>	<b>47</b>
2.4.1	<i>La récolte .....</i>	<i>47</i>
2.4.2	<i>L'écabossage .....</i>	<i>48</i>
2.4.3	<i>La fermentation.....</i>	<i>48</i>
2.4.3.1	Externe .....	48
2.4.3.2	Interne.....	48
2.4.4	<i>Le lavage.....</i>	<i>48</i>
2.4.5	<i>Le séchage .....</i>	<i>49</i>
2.4.6	<i>La sélection, pesée, emballage et transport.....</i>	<i>49</i>
2.4.7	<i>Le mélange .....</i>	<i>49</i>
2.4.8	<i>La torréfaction.....</i>	<i>49</i>
2.4.9	<i>Le concassage.....</i>	<i>50</i>
2.4.10	<i>Le broyage.....</i>	<i>50</i>
2.4.11	<i>Le deuxième broyage : l'affinage.....</i>	<i>50</i>
2.4.12	<i>Le malaxage .....</i>	<i>51</i>
2.4.13	<i>Le conchage.....</i>	<i>51</i>
2.4.14	<i>Le tempérage.....</i>	<i>51</i>
2.4.15	<i>Le moulage .....</i>	<i>52</i>
2.4.16	<i>La conservation .....</i>	<i>52</i>
<b>3</b>	<b>EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU CACAO.....</b>	<b>53</b>
3.1	SUR LE CORPS HUMAIN.....	53
3.1.1	<i>Effets anti-oxydants.....</i>	<i>53</i>
3.1.1.1	Maladies cardio-vasculaires .....	53
3.1.1.2	Cancer.....	53
3.1.2	<i>Effets métaboliques.....</i>	<i>53</i>
3.1.2.1	Diabète .....	53
3.1.2.2	Cholestérol .....	53
3.1.3	<i>Effets psychiques .....</i>	<i>54</i>
3.1.3.1	Tonicité.....	54
3.1.3.2	Dépression.....	54
3.1.4	<i>Effet bien être .....</i>	<i>55</i>
3.2	SUR L'ORGANE DENTAIRE.....	55
3.2.1	<i>Effets cariostatiques .....</i>	<i>55</i>
3.2.1.1	Antibactérien.....	55
3.2.1.2	Résistance de l'émail .....	56
3.2.1.3	Système tampon.....	57
3.2.2	<i>Effets cariogènes .....</i>	<i>57</i>
3.2.3	<i>Aspect temporel .....</i>	<i>58</i>
3.3	A PARTIR DE QUEL AGE PEUT-ON MANGER DU CHOCOLAT ? .....	58
<b>4</b>	<b>LE CACAO SUR LA MALADIE CARIEUSE.....</b>	<b>60</b>
4.1	HYGIENE ALIMENTAIRE.....	60
4.2	HYGIENE BUCCODENTAIRE .....	63

<b>CONCLUSION.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>68</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>72</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>73</b>

## Introduction

La carie dentaire est une maladie infectieuse, transmissible, multifactorielle. Elle est considérée comme la maladie chronique la plus fréquente chez l'enfant. À l'échelle mondiale, on estime que plus de 530 millions d'enfants souffrent de lésions carieuses des dents temporaires.

Aujourd'hui, nous avons assez de connaissances sur l'étiologie de la maladie carieuse et des facteurs qui y interfèrent afin de prioriser des stratégies préventives destinées aux enfants plutôt que des approches curatives.

La prévention de la carie dentaire dépend en partie du facteur alimentaire encore peu contrôlé aujourd'hui.

Le chocolat fait généralement l'unanimité chez les enfants. L'industrie alimentaire produit de nombreux types de chocolat différents. Ces dernières années, le chocolat noir, en particulier, a gagné en popularité. Le chocolat n'est pas une nourriture comme les autres car il associe une certaine connotation affective avec des effets physiologiques sur la santé, qui suscitent un intérêt croissant chez les scientifiques, les professionnels de santé et le grand public.

L'objectif de cette thèse est de proposer une alternative accessible aux enfants et à leurs familles pour réduire l'impact du facteur alimentaire et bucco-dentaire sur la carie dentaire grâce au cacao. Pour cela, nous avons fait le point sur les études concernant ce sujet car peu d'analyses ont été publiées.

Dans la première partie, nous verrons quels paramètres sont nécessaires au développement de la carie dentaire.

Dans la seconde partie, nous nous intéresserons au cacao en passant par son histoire, ses lieux de production, sa composition et son procédé de transformation en chocolat. Dans la troisième partie, nous verrons les effets physiologiques du cacao sur le corps humain et plus précisément sur l'organe dentaire.

Dans la dernière partie, nous analyserons l'effet du cacao sur la maladie carieuse dans le domaine de l'hygiène alimentaire et de l'hygiène bucco-dentaire.

# 1 La carie dentaire

## 1.1 La maladie carieuse

### 1.1.1 Épidémiologie

La carie dentaire est la maladie la plus courante pendant l'enfance. Selon les informations actuelles, la prévalence mondiale de la carie non soignée des dents définitives est supérieure à 40%, constituant la maladie la plus fréquente sur les 291 maladies étudiées dans l'Étude sur la charge mondiale de morbidité (1).

Quel que soit l'âge des patients étudiés, une situation socio-économique défavorisée est associée à des scores d'indices carieux plus élevés.

Pour les enfants de moins de 6 ans, rares sont les études épidémiologiques qui ont étudié la prévalence de la carie dentaire (chez les enfants de moins de 3 ans, aucune donnée n'était disponible). Parmi ces enfants, entre 20 et 30% avaient au moins 1 carie non soignée. Par ailleurs, on trouve de grandes différences selon le lieu de scolarisation ou le niveau socio-économique du foyer. En effet, les enfants scolarisés en Zone d'Éducation Prioritaire (ZEP) ou les enfants en situation de précarité comportaient des signes de caries et des indices carieux beaucoup plus élevés par rapport aux autres enfants (2).

Pour les enfants de 6 à 12 ans, les études épidémiologiques sont fréquentes.

L'indice carieux CAO mesure le nombre de dents définitives cariées (C), absentes pour cause de carie (A) et obturées définitivement (O) dans la bouche de la personne examinée (2).

A 6 ans, le taux d'enfants totalement indemnes de carie est de 63,4%.

A 12 ans, l'indice carieux qui était de 4,20 en 1987 et de 1,94 en 1998, est de 1,23 en 2006. La proportion d'enfants de 12 ans totalement indemnes de carie qui était de 12% en 1987 et de 40% en 1998, atteint dorénavant 56%. Une faible proportion d'enfants présente une majorité de caries : 13% des enfants contenaient 82% des lésions carieuses en 2000 alors qu'en 2006, 20% d'entre eux portent 72% des dents atteintes. Les données épidémiologiques montrent une amélioration significative de l'état de santé bucco-dentaire des enfants mais les inégalités en termes de santé bucco-dentaire restent marquées. Pour cette dernière tranche d'âge, la prévalence de la carie

dentaire était également plus importante chez les enfants en situation de précarité, scolarisés en ZEP ou nés à l'étranger (2,3).

Chez les adolescents, les études épidémiologiques concernent surtout les jeunes de moins de 15 ans mais elles sont rares.

Ces études décrivent qu'entre 20 à 50% des adolescents ne présentent pas de lésion carieuse. Elles démontrent le fait que les adolescents ayant profité de l'examen de prévention bucco-dentaire ont un indice CAO moyen d'environ 4 et qu'un adolescent sur deux présentent au moins une carie non soignée. Le nombre moyen de caries à soigner chez ces adolescents est compris entre 1,60 et 1,95, nombre moins important chez les adolescents ayant un suivi régulier chez le chirurgien-dentiste. La présence de carie dentaire et le niveau socio-économique des parents ou la zone de scolarisation en ZEP sont également en lien dans cette tranche d'âge (2,3).

Même si la prévalence carieuse a fortement diminué au cours des 30 dernières années, elle reste très importante dans les pays en voie de développement et au niveau des classes précaires des pays développés (4).

### 1.1.2 Diagnostic

Le diagnostic de la lésion carieuse s'appuie sur un examen clinique visuel. C'est l'ensemble des signes et symptômes de la maladie carieuse permettant de mesurer le risque de survenue de la maladie. Il peut être séparé en trois étapes :

- La détection des lésions : identification des lésions des différents tissus dentaires causées par un processus carieux à un temps T ;
- L'évaluation de la sévérité des lésions : caractéristiques des lésions carieuses détectées : taille, couleur, intégrité de surface ;
- L'évaluation de l'activité des lésions (4–6).

La référence actuelle en termes de détection, classification et prise de décision en cariologie est l'ICCMS (« International Caries Classification and Management System »), reposant sur l'ICDAS. Cette classification comprend les informations à l'échelle de la dent et du patient. Quatre étapes la constituent :

- L'histoire : recueil d'informations liées au risque à l'échelle du patient à combiner avec les informations à l'échelle orale issues de l'examen clinique ;

- La sévérité et l'activité des lésions carieuses ;
- La décision : synthèse et diagnostic :
  - o La classification individuelle de chaque lésion combinant des informations sur sa sévérité et son activité ;
  - o La cariosusceptibilité globale combinant les informations sur la présence ou non de lésions actives et le RCI ;
- La prévention personnalisée de la maladie carieuse, contrôle et traitements restaurateurs ultra-conservateurs (4,7).

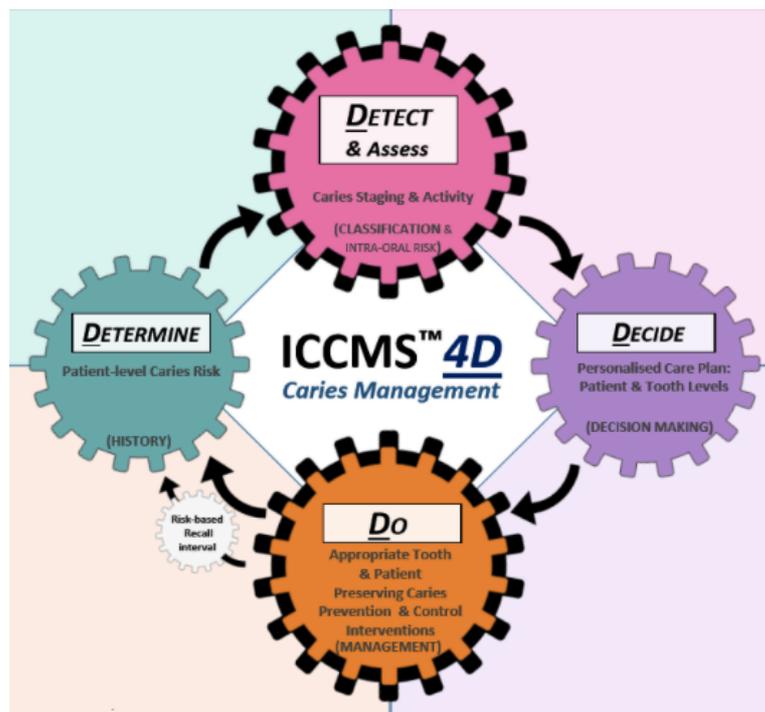
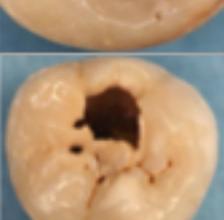


Figure 1 : Les différents éléments constituant l'ICCMS (7)

De multiples classifications se sont succédées pour finalement aboutir à la classification ICDAS (« *International Caries Detection and Assesment System* »), comportant des critères internationaux établis par des cariologistes et épidémiologistes. Elle repose sur un examen visuel aboutissant à une expression clinique (*macroscopique*) de la lésion qui est une visualisation de l'atteinte histologique (*microscopique*) correspondante. Elle permet d'établir la sévérité des lésions en définissant 7 stades incluant, selon l'ICCMS, les lésions initiales (*ICDAS 1 et 2*), les lésions modérées (*ICDAS 3 et 4*), les lésions sévères (*ICDAS 5 et 6*) (4) .

*Tableau 1 : Classification ICDAS II – Clinique et histologie (4)*

<b>Score</b>	<b>Examen visuel</b>	<b>Clinique</b>	<b>Histologie</b>
<b>ICDAS 0</b>	Surface dentaire saine		Pas de déminéralisation
<b>ICDAS 1</b>	Changement de visuel de l'émail après séchage		Déminéralisation limitée à la moitié externe de l'épaisseur de l'émail
<b>ICDAS 2</b>	Changement visuel distinct de l'émail sans séchage		Déminéralisation dans la moitié interne de l'épaisseur de l'émail. Atteinte de la jonction émail – dentine
<b>ICDAS 3</b>	Rupture localisée de l'émail sans déminéralisation de la dentine sous-jacente visible		Atteinte de la jonction émail – dentine : début de la déminéralisation de la dentine dans le tiers externe.
<b>ICDAS 4</b>	Dentine cariée visible par transparence sans ou avec rupture localisée de l'émail.		Déminéralisation du tiers externe ou moyen de la dentine.
<b>ICDAS 5</b>	Cavité carieuse de taille limitée avec dentine cariée visible.		Déminéralisation du tiers moyen de la dentine.
<b>ICDAS 6</b>	Cavité carieuse étendue avec dentine cariée visible.		Déminéralisation du tiers profond de la dentine.

D'autres méthodes existent pour établir le diagnostic des lésions carieuses.

L'examen radiographique est un examen complémentaire à l'examen visuel. Il doit se réaliser obligatoirement après l'examen endo-buccal. L'incidence rétro-coronaire est la plus appropriée pour évaluer au mieux la profondeur de la lésion.

Les tests de vitalité pulpaire calculent la vascularisation de la pulpe grâce à la spectrophotométrie, l'oxymétrie pulsatile ou la Fluxmétrie Laser Doppler.

Les tests de sensibilité pulpaire mesurent la réponse d'une dent face à un stimulus thermique (froid par du cryospray, chaud par de la gutta-percha réchauffée) ou électrique (mesure la résistance du tissu dentaire en se fondant sur le principe qu'un tissu poreux est conducteur).

La fluorescence permet de détecter les lésions initiales. En effet, les tissus dentaires émettent une fluorescence dans le spectre du vert. Plusieurs systèmes de détection existent : la caméra intra-orale DIAGNOdent ou encore Soprocare. D'autres méthodes, comme la lampe à photopolymériser, nous aident à révéler ce qui n'est pas visible à l'œil nu : la plaque, les micro-infiltrations, la dentine affectée.

L'examen salivaire complet consiste à une analyse de la viscosité, du pH, du débit et du pouvoir tampon salivaire :

- La viscosité est examinée visuellement : plus elle est collante, plus elle est importante ;
- Le pH est observé grâce à des bandelettes ;
- Le débit au repos est évalué en étudiant l'apparition de gouttelettes salivaires sur la face interne des muqueuses. Le débit stimulé est observé après 25 mastications de paraffine.

Finalement, les tests bactériens analysent le potentiel cariogène du biofilm dentaire en analysant qualitativement et quantitativement les bactéries cariogènes (5).

## 1.2 Le développement carieux

La carie dentaire est une maladie infectieuse multifactorielle transmissible et chronique d'origine bactérienne (8). Un biofilm contenant des bactéries cariogènes se forme à la surface de l'émail. Ces bactéries produisent des acides organiques en métabolisant les glucides fermentescibles qu'elles pompent dans l'alimentation de l'individu, impliquant une baisse du pH salivaire. Cette baisse de pH est à l'origine de la dissolution des cristaux d'hydroxyapatite constituant la fraction minérale de l'émail. Si le processus n'est pas arrêté, la déminéralisation continue jusqu'à l'apparition d'une cavité carieuse (9,10).

Au contraire, la production d'acide s'interrompt par un bon contrôle de plaque et par modification alimentaire : on témoigne d'un arrêt de la dissolution. De nouveaux cristaux de phosphates de calcium présents dans la salive peuvent se développer à la surface de l'émail : c'est la reminéralisation de la surface de l'émail. La présence d'ions fluorures dans la cavité buccale, administrés par le dentifrice par exemple, réduit la déminéralisation et favorise la reminéralisation. Les ions fluorures s'intègrent dans les cristaux de phosphates de calcium en cours de reprécipitation à la surface de l'émail et forment l'hydroxyapatite fluorée plus résistante aux attaques acides (8).

Le schéma de Keyes explique que la lésion carieuse ne peut pas se développer sans l'interférence de quatre facteurs :

- La plaque dentaire bactérienne : plus de 60 espèces de bactéries différentes cohabitent dans la cavité buccale constituant la plaque bactérienne en particulier les *Streptococcus mutans*, les *Actinomyces* et les *Lactobacillus* ;
- Les sucres fermentescibles : une alimentation riche en sucres favorise l'acidification du biofilm dentaire ;
- Le terrain individuel : des malpositions dentaires contribuent plus facilement à la rétention de débris alimentaires et provoquent l'accumulation de plaque bactérienne ;
- Le temps : il correspond au rythme des ingestions alimentaires. Plus elles sont répétées (comme le grignotage), plus la production d'acide est fréquente (4).

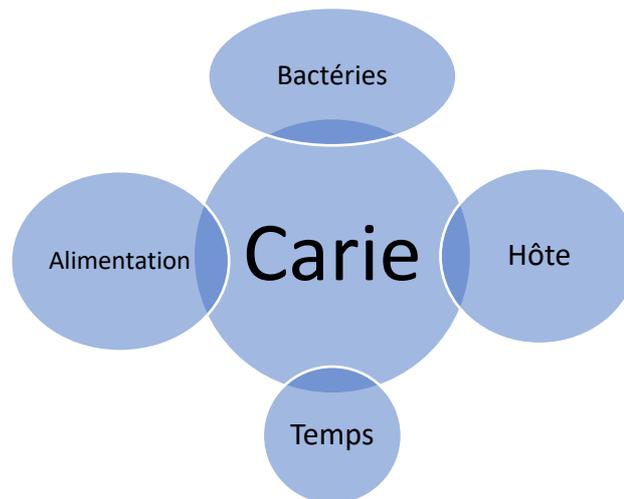


Figure 2 : Schéma de Keyes (4)

### 1.2.1 La composante bactérienne

Le processus carieux s'explique en partie par les activités métaboliques de la flore bactérienne constituant le biofilm ou plaque dentaire, qui adhèrent aux surfaces dentaires.

Grâce à la présence d'oxygène, le biofilm supra-gingival est le premier à se former. Il se compose de bactéries aérobies et anaérobies facultatives à Gram positif, cariogènes telles que les *Streptococcus mutans* (*Sm*). Au fur et à mesure que la plaque dentaire se forme, que l'oxygène se consomme, sa composition bactérienne varie permettant la croissance de colonies bactériennes sous-gingivales de type anaérobies. Ces bactéries seront responsables des maladies parodontales. Socransky explique cette maturation bactérienne par la succession de complexes bactériens : le complexe vert, débutant par des bactéries compatibles avec la santé orale et les complexes orange et rouge, de plus en plus pathogènes (11).

Plusieurs études ont prouvé le caractère très cariogène pour les tissus dentaires de 3 espèces bactériennes : les *Streptococcus mutans*, les *Lactobacillus* et les *Actinomyces*. Elles colonisent les surfaces dentaires en se fixant à la pellicule exogène acquise constituée de glycoprotéines salivaires (12).

#### 1.2.1.1 *Streptocoques*

Les streptocoques, cocci à Gram positif, sont des bactéries sphériques de forme ovoïde représentant plus de 50% des bactéries de la plaque supra-gingivale.

Elles ont le pouvoir de fermenter le glucose, le fructose et le sorbitol pour produire des glycanes extracellulaires essentiels à la formation du biofilm.

Dans cette famille bactérienne, *Streptococcus mutans* est une espèce très menaçante : elle détient le pouvoir cariogène le plus haut par sa capacité à cataboliser très vite le saccharose en acide lactique ainsi que sa rapidité à initier la colonisation des surfaces dentaires (13). Sa présence à l'âge de 1 an est prédicteur de lésions carieuses à 3 ans. Sa transmission se fait surtout de la mère à l'enfant par contact salivaire direct ou par l'intermédiaire d'objets contaminés par la salive maternelle. Pour prévenir cette transmission verticale, il est recommandé aux mères de ne pas mettre de cuillère ou de tétine dans leur bouche avant de le donner à l'enfant (14).

#### 1.2.1.2 *Lactobacillus*

Les *Lactobacillus* sont des bactéries bacillaires, fusiformes et aux extrémités effilées, impliquées dans la progression de la lésion carieuse. Elles se développent à pH très acide et ont aussi le pouvoir de métaboliser le glucose en acide et en polymères intra et extracellulaires. Elles sont adhérentes et sont localisées au niveau de la dentine cariée ou des sites anfractueux (15).

#### 1.2.1.3 *Actinomyces*

Les *Actinomyces* ont un pouvoir d'adhérence et de co-agrégation participant à l'expansion du biofilm bactérien. Elles ont la capacité acidogène de dégrader le glycogène en acide lactique expliquant la grande virulence de cette espèce. Elles concernent plus particulièrement les caries radiculaires (15).

## 1.2.2 L'hôte

### 1.2.2.1 Facteurs intrinsèques

#### 1.2.2.1.1 Salive

La salive un élément protecteur des caries dentaires sur le plan qualitatif et quantitatif.

Qualitativement, par son pouvoir tampon, la salive régule le pH de la plaque dentaire en attaquant les acides présents. Si la production d'acide s'arrête, celle-ci cesse la dissolution de l'émail. Par ailleurs, la salive favorise la reminéralisation des lésions carieuses débutantes grâce aux minéraux qu'elle détient (fluorures, calcium, phosphate). Elle possède aussi des propriétés antifongiques et antibactériennes liées aux enzymes et immunoglobulines qu'elle contient.

Quantitativement, un flux salivaire classique permet de nettoyer les surfaces dentaires et d'éliminer rapidement les débris alimentaires cariogènes par la déglutition. L'hyposialie est alors un facteur de risque carieux certain, rare chez les enfants, due à certaines maladies chroniques ou à quelques médicaments. La salive ne peut plus combattre l'acidité de la bouche favorisant la survenue des caries dentaires (16).

#### 1.2.2.1.2 Héritéité

Les gènes influent sur la susceptibilité aux caries dentaires : ils peuvent moduler la présence de défauts de l'émail et jouer sur la colonisation des bactéries cariogènes. Il existe une corrélation directe de la génétique dévoilant différents polymorphismes génétiques (comme le gène bêta-défensine 1, caractéristique de l'activité antimicrobienne) permettant d'expliquer que certaines personnes ont des risques carieux plus élevés malgré une hygiène bucco-dentaire adéquate.

Par ailleurs, certaines anomalies de minéralisation héréditaires (amélogénèses imparfaites héréditaires ou syndromiques) et/ou acquises (hypovitaminose D, hypoplasies-molaires-incisives) rendent l'émail sensible aux attaques acides. Ces pathologies génétiques peuvent troubler l'anatomie dentaire compliquant l'occlusion ou la consistance de l'émail et de la dentine favorisant le développement carieux (17).

### 1.2.2.2 Facteurs extrinsèques

#### 1.2.2.2.1 Hygiène bucco-dentaire

L'hygiène orale est un élément fondamental dans la prise en charge de la carie dentaire.

Elle doit être initiée rapidement par application d'une compresse humide sur les muqueuses de l'enfant pour nettoyer les restes alimentaires et l'habituer.

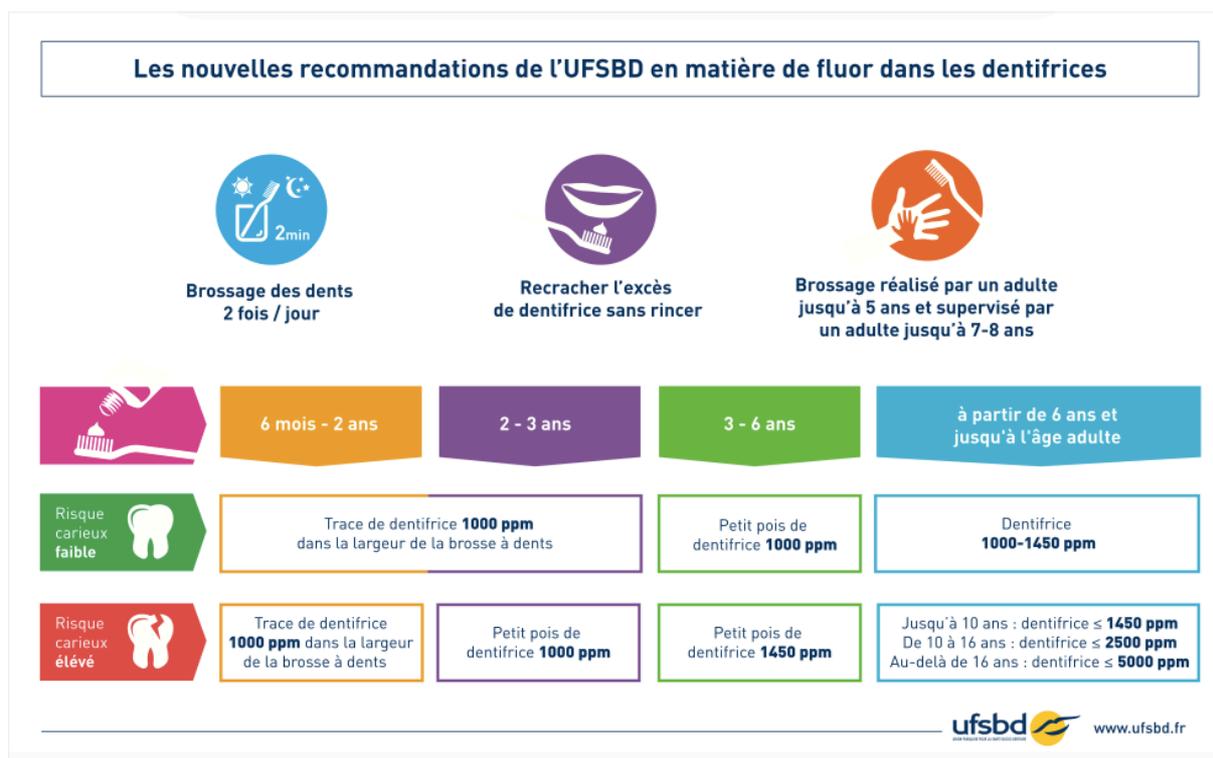
Lorsque les premières dents apparaissent, les parents réaliseront le brossage de l'enfant grâce à une compresse mouillée ou à une petite brosse à dent.

A l'âge de 5 ans, l'enfant effectuera seul le brossage, surveillé puis complété par un adulte, avec une brosse à dents « enfant » de préférence manuelle ou électrique et un dentifrice fluoré adapté à son âge.

C'est seulement vers l'âge de 7 ans que le brossage pourra être réalisé seul par l'enfant sans contrôle parental. Le rôle du brossage est d'éliminer mécaniquement le biofilm dentaire (18).

Associé à ce brossage, l'utilisation au moins biquotidienne de dentifrice fluoré est nécessaire chez les patients dentés (2). La concentration standard est de 1000 ppm à partir de 6 mois et peut aller jusqu'à 1450 ppm à partir de 6 ans. Face à un risque carieux élevé, on passe à 1450 ppm dès l'âge de 3 ans jusqu'à 10 ans, entre 1450 ppm et 2500 ppm jusqu'à 16 ans et entre 2500 ppm et 5000 ppm à partir de 16 ans (18).

A partir de 6 mois, la quantité de dentifrice doit être semblable à une trace, à un grain de riz. A partir de 3 ans, on recommande l'équivalent d'un petit pois de dentifrice. Après l'âge de 6 ans, il n'y a plus de difficultés de contrôle de la déglutition donc la quantité de dentifrice à utiliser n'a plus besoin d'être spécifiée : on l'augmente progressivement jusqu'à atteindre le tiers de la longueur de la brosse à dent (18).



**Figure 3 : Les nouvelles recommandations de l'UFSBD en matière de fluor dans les dentifrices (18)**

#### 1.2.2.2.2 Catégorie socio-professionnelle

L'éducation et le revenu des parents ont un impact sur la vie de leurs enfants et sur leur état de santé bucco-dentaire. Un revenu plus élevé favorise de bonnes conditions de vie comme l'achat de nourriture saine. A l'inverse, les enfants nés dans des familles à faible revenu ont un plus petit poids à la naissance impactant la santé bucco-dentaire. D'autre part, ils ont plus de difficultés à l'école : en effet, une mauvaise santé bucco-dentaire peut augmenter l'absentéisme scolaire exacerbant davantage les problèmes de performance scolaire. Le statut socio-économique influence également l'alphabétisation qui influe à son tour la santé (19).

Chez un individu, lorsque le stress social l'emporte sur ses capacités de résistance, il y a un risque de déséquilibre prolongé des défenses de l'individu. Cela peut se traduire par une modification de la composition de la salive et un déséquilibre de la flore bactérienne au niveau de la plaque dentaire engendrant un risque d'apparition de caries dentaires (2).

### 1.2.3 Les sucres fermentescibles

Concernant les aliments, seuls les glucides fermentescibles par les bactéries cariogènes sont capables d'induire une diminution du pH du biofilm et d'être à l'origine d'une déminéralisation de l'émail. Les acides formés par la diminution de ce pH sont les acides acétiques, formiques, propioniques, butyriques et surtout lactiques fortement déminéralisant (14).

#### 1.2.3.1 Glucides simples

Parmi les sucres simples, mono ou disaccharides, le saccharose est le plus cariogène. Il facilite l'ancrage et l'augmentation du nombre de *Streptococcus mutans* dans l'écosystème buccal. Il est le plus communément retrouvé dans notre alimentation : gâteaux, céréales, boissons sucrées, jus de fruits, ketchup ...

Le glucose et le fructose sont également cariogènes et sont retrouvés dans les confiseries, les fruits et le miel.

Le lactose est aussi fermentescible par les bactéries de la plaque dentaire mais le lait ne peut pas être retenu comme un aliment cariogène car il contient des éléments carioprotecteurs comme la caséine, les phosphates et le calcium. Ce lactose peut devenir cariogène par de mauvais comportements alimentaires comme les biberons de lait nocturnes ou un allaitement maternel prolongé et à la demande quand l'enfant possède des dents temporaires (14).

#### 1.2.3.2 Glucides complexes

Les glucides complexes font aussi partie d'une famille de molécules organiques formées de carbone, hydrogène et oxygène selon la formule générale  $C_nH_{2n}O_n$  mais comportent des polymères plus complexes tels que l'amidon (20).

L'amidon retrouvé dans le pain, les céréales, le riz, le pain et les pommes de terre (chips) est moins cariogène que les associations amidon et saccharose (21).

#### 1.2.3.3 Glucides de substitution

D'une part, il y a les édulcorants intenses avec un pouvoir sucrant 400 fois plus important que le saccharose mais à faibles calories : l'aspartame et la saccharine.

D'autre part, il y a les édulcorants de masse à fortes calories mais avec un pouvoir sucrant moindre : le sorbitol, le mannitol, l'isomalt et le xylitol.

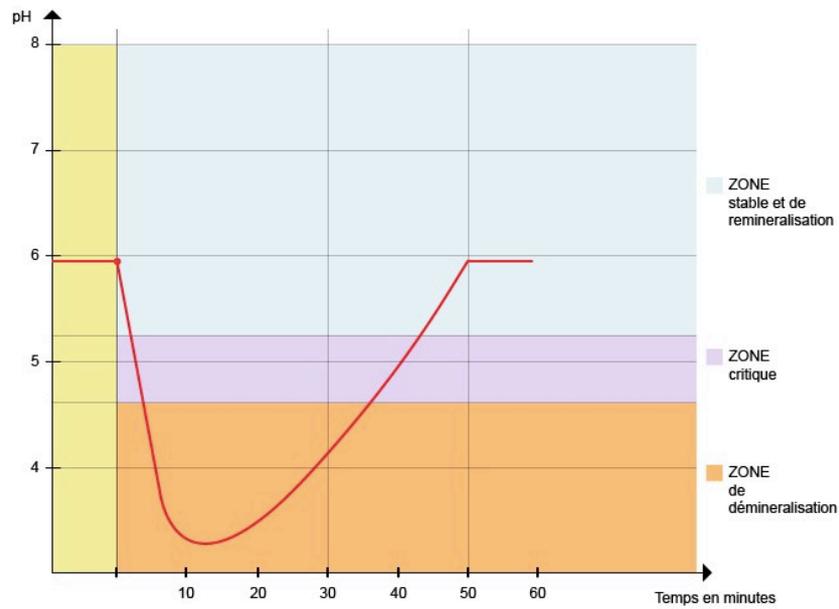
Ces glucides se retrouvent notamment dans les sirops de glucose et de fructose, et dans le sucre inverti qui sont utilisés dans l'industrie alimentaire.

La substitution du saccharose peut constituer un moyen de prévention de la carie dentaire. Les principaux substituts sont le sorbitol et le xylitol. Ce dernier, en plus de faire perdre les capacités adhésives de *Sm*, n'est pas métabolisé par ces bactéries : il détient un effet anticarie. De plus, il se lie avec le calcium et d'autres cations polyvalents favorisant la reminéralisation de l'émail (22).

#### 1.2.4 Le paramètre temporel

La fréquence de consommation est un facteur plus important que la quantité ingérée dans l'étiologie de la maladie carieuse. En effet, la courbe de Stephan explique que 15 minutes après chaque ingestion de sucre, se déclenche une attaque acide. Arrivé au pic critique d'un pH entre 4,5 et 5,5, le processus de dissolution des cristaux d'hydroxyapatite de l'émail s'initie avec délivrance d'ion phosphate et calcium. Cette attaque acide dure environ 45 minutes en l'absence d'un nouvel apport sucré, le temps nécessaire aux bicarbonates salivaires pour neutraliser les acides produits. Ils permettent de retrouver un pH salivaire basique voisin de 7 induisant une reminéralisation de l'émail (14). En revanche, si les ingestions sucrées sont régulières, la production d'acide sera fréquente, prolongée, continue, entraînant un pouvoir tampon saturé et empêchant une reminéralisation de l'émail.

De plus, la nature physique de l'aliment conditionne sa rétention aux surfaces dentaires et donc en bouche. Plus ce temps est long, plus il y aura production d'acides par les bactéries. Ceci est valable pour les aliments mous et collants alors que les aliments durs vont être mastiqués et entraîner une augmentation du flux salivaire (22).



*Figure 4 : Courbe de Stephan (23)*

Il faut retenir que l'absorption de grandes quantités de sucre en de rare occasion est moins nuisible que de petites quantités répétées au cours de la journée. Les recommandations de quatre repas par jour diminuent le risque carieux. Au-delà, l'indice CAO est augmenté (2).

## 2 Généralités sur le cacao

### 2.1 L'histoire du cacao

Le nom scientifique du cacao vient du naturaliste Carl Von Linné qui nomma le cacaoyer *Theobroma cacao* L. en 1753. Le mot theobroma est dérivé du grec et signifie « aliment des dieux » (24).

Les premières connaissances sur le cacao remontent à 1000 avant notre ère. Des archives archéologiques révèlent que les Olmèques, les Mayas et les Aztèques (peuples du Mexique) l'utilisaient comme boisson mousseuse et tonique prétendue aphrodisiaque. Les fèves de cacao étaient utilisées comme tribut, servant de monnaie d'échange sur les marchés, pour payer les travailleurs indigènes et lors de cérémonies religieuses. Ce sont donc ces peuples qui ont cultivé le cacaoyer les premiers (24).

Le premier européen à avoir vu des fèves de cacao fut Christophe Colomb en 1502 lors de son quatrième voyage en Amérique du Sud.



Figure 5: Les Aztèques et Christophe Colomb (25)

En 1519, les « Conquistadores » débarquent au Mexique. Hernan Cortès, conquistador espagnol, rencontre l'empereur aztèque Moctezuma qui lui offre une coupe d'or remplie de « xocoatl ». Cette boisson amère ne charme pas les espagnols mais les religieux d'Oaxaca ont eu l'idée d'y ajouter du sucre et de la vanille : le chocolat vient d'être inventé (24).

En 1524, Cortès livre à Charles Quint une provision de cacao et donnera alors aux Espagnols le monopole de son commerce. Le secret sera gardé longtemps mais en 1615, la fille du roi d'Espagne, Anne d'Autriche épousant Louis XIII, fera connaître à

la cour son engouement pour le chocolat. Cette passion pour le chocolat va engendrer des exploitations aux Caraïbes et en Amérique Latine par les Espagnols mais également par les Anglais, Français et Hollandais qui décideront eux aussi d'avoir leurs cultures dans leurs propres colonies (24).

Au XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles, on trouvera des plantations au Brésil, dans le Sud-Est Asiatique ou en Afrique : c'est le début de la pratique des « fronts pionniers » (26).

Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, les premières manufactures de chocolat parviennent à industrialiser la torréfaction et le concassage des fèves et ainsi augmenter fortement le volume et la productivité du cacao traité (26).

En 1828, lorsque Casparus Van Houten découvre le procédé par pression hydraulique permettant la séparation du beurre de la poudre de cacao, l'histoire du chocolat prend un autre tournant avec la fabrication du chocolat solide et de la boisson chocolat instantanée (26).

Depuis que les européens d'Amérique ont fait entrer le cacao en Europe au XVI<sup>ème</sup> siècle, cette matière première est devenue l'un des produits les plus appréciés et considérés au monde, amenant à un véritable commerce mondial très lucratif (27).

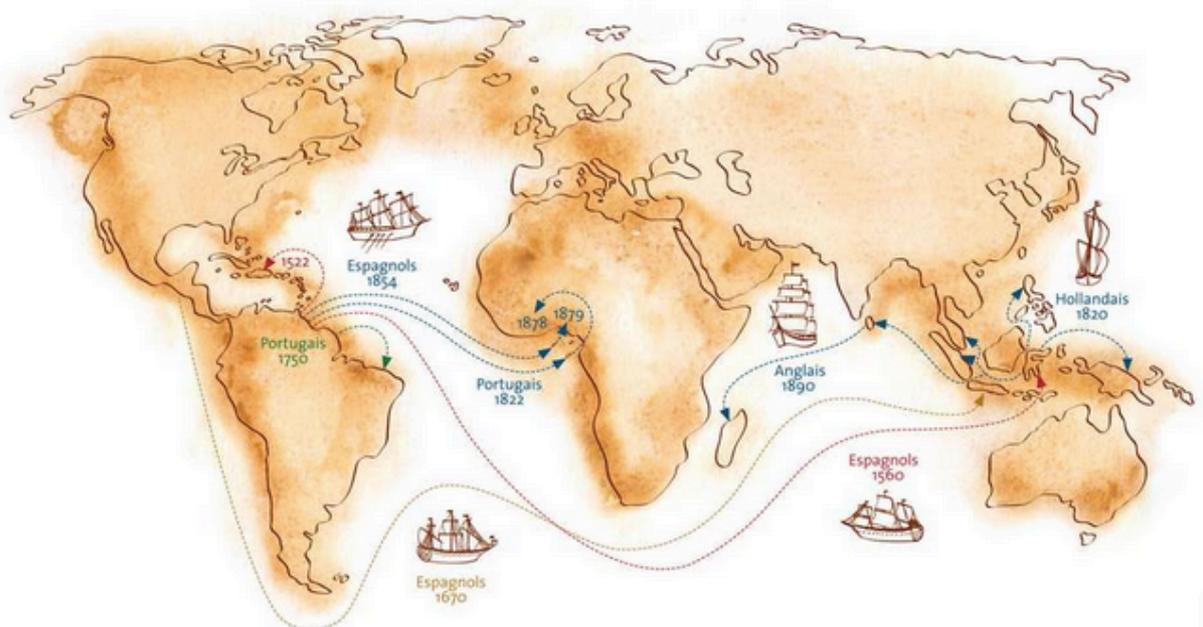


Figure 6 : Le commerce du cacao à travers le monde (28)

## 2.2 Les lieux de production

La production mondiale de fèves de cacao ne cesse d'augmenter : 1,19 millions de tonnes (Mt) produites en 1961, 1,67 Mt en 1980, 3,34 Mt en 2000 contre 5,25 Mt en 2018. Cependant, cette croissance globale de la production mondiale de cacao cache de fortes disparités selon les pays (29).

### 2.2.1 Afrique

Les principaux états producteurs de fèves de cacao sont la Côte d'Ivoire, en tête du classement avec 1,96 Mt de cacao produits en 2018 soit 37% de la production mondiale cette année-là. Le Ghana, en seconde position internationale avec 0,95 Mt produites en 2018. Le Nigeria et le Cameroun arrivent en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> position avec respectivement 0,33 et 0,31 Mt produites en 2018 (29).

### 2.2.2 Amérique, continent d'origine

Le Brésil et l'Équateur sont respectivement en 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> position mondiale du classement avec 0,24 Mt produites en 2018. Le Pérou arrive 8<sup>ème</sup> avec 0,13 Mt produites en 2018 (29).

### 2.2.3 Asie

L'Indonésie détient la 3<sup>ème</sup> place du classement internationale avec une production de 0,59 Mt en 2018 (29).

### 2.2.4 Océanie

Le premier pays d'Océanie se présentant sur le classement est la Papouasie-Nouvelle-Guinée en 12<sup>ème</sup> position avec 0,04 Mt produites en 2018 (29).



*Figure 7 : Production de cacao par état et territoire en 2018 (30)*

## 2.3 La composition du cacao

### 2.3.1 L'aspect botanique

Le cacaoyer est un arbre tropical au feuillage abondant mesurant jusqu'à 10 mètres de hauteur. Il a la caractéristique d'être un arbre cauliflore, c'est à dire que la plante et les fruits poussent directement sur le tronc et les branches principales.

Un cacaoyer cultivé commence à produire des fruits au bout d'environ 5 ans et vit entre 30 et 40 ans (26).



*Figure 8 : Cacaoyers (31)*

#### 2.3.1.1 Les fleurs

Les fleurs, petites et inodores, blanches ou jaunes rosées, poussent en petits bouquets. Elles sont pollinisées par des moucherons. Environ 1% de ces fleurs évolueront en cabosses sur le milliers de fleurs produites par an (32).



Figure 9 : Fleurs de cacaoyer (33)

#### 2.3.1.2 Le cabosse

Les cabosses sont les fruits du cacaoyer et sont de forme oblongue mesurant 15 à 25 cm. Leur poids moyen est de 500 g. Selon la variété et la saison, leurs couleurs sont jaunes, oranges ou violettes. Ces cabosses concentrent des fèves et de la pulpe (32).



Figure 10 : Le cabosse (33)

#### 2.3.1.2.1 La fève

A l'intérieur du fruit, il y a au maximum une cinquantaine de fèves qui représente les graines du cabosse.

Celles-ci sont en forme d'amande, inodores et leur saveur est fortement astringente. Un cacaoyer produit environ 350 kg de fèves par an et peut aller jusqu'à 1 tonne par an (32).



Figure 11 : Fèves débarrassées de leur enveloppe (sur la gauche) et coupe d'une fève (sur la droite) (33)

### 2.3.1.2.2 La pulpe

La pulpe ou mucilage, entoure les fèves. Celle-ci est blanche et sucrée (34).



Figure 12 : La pulpe du cabosse (33)

## 2.3.2 L'aspect nutritionnel

### 2.3.2.1 Les macronutriments

Les macronutriments sont les éléments dominants de l'alimentation. Sous forme de calories, ils procurent de l'énergie à l'organisme (35). Dans 100g de chocolat, il y a entre 500 et 600 kilocalories (kcal). Un carré de chocolat a un poids d'environ 30g.

Le chocolat est principalement composé des macronutriments suivants : les protéines, les glucides, les lipides et les fibres (36).

Tableau 2 : Composition en macronutriments des différents types de chocolats (37)

<b>Pour 100g</b>	<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
<b>Energie (Kcal)</b>	591	526	537	551
<b>Protéines (g)</b>	6,63	6,39	7,5	6,16
<b>Glucides (g)</b>	42,9	51,4	55,6	57,1
<b>Lipides (g)</b>	33,8	33,1	30,8	34,2
<b>Fibres (g)</b>	12	8,76	2,9	1

### 2.3.2.1.1 Les protéines

L'apport nutritionnel conseillé (ANC) de protéines est de 0,85 à 0,90 g/kg par jour, ce qui équivaut à 15 g/j à 4 ans, 27 g/j à 10 ans et 29 g/j à 11 ans pour les deux sexes (20). Dix grammes de chocolat noir apportent environ 0,7g de protéines, ce qui est loin de combler l'apport journalier recommandé selon l'ANSES.

Cependant, ces protéines contiennent tous les acides aminés, au nombre de 8, non synthétisables par le corps donc devant être amenés par l'alimentation. Par exemple, le tryptophane, qui est l'acide aminé précurseur de la sérotonine (hormone régulatrice de l'humeur), est présent dans les protéines du chocolat (20,38).

### 2.3.2.1.2 Les glucides

L'ANSES recommande une limite de 100 g/j pour l'ensemble des sucres (20).

Le tableau ci-dessous montre la source importante de glucides dans le chocolat.

*Tableau 3 : Composition en glucides des différents types de chocolats (37)*

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

Les glucides simples rencontrés dans le chocolat sont le :

- Glucose, qui est la source dominante d'énergie de l'organisme ;
- Fructose, pouvant remplacer le saccharose dans certains chocolats en raison de son faible indice glycémique ;
- Lactose, présent dans le chocolat au lait et le chocolat blanc car pendant leurs fabrications, de la poudre de lait est ajoutée ;
- Saccharose, sucre le plus présent dans n'importe quelle sorte de chocolat.

Les sucres complexes présents dans le chocolat sont l'amidon qui est retrouvé dans toutes les sortes de chocolat en très petite quantité (39).

L'indice glycémique (IG) est un indice attribué à chaque aliment qui permet de classer les glucides en fonction de leur capacité à accroître la glycémie, c'est-à-dire le taux de

sucres dans le sang par rapport au glucose qui lui est à 100% (40). L'IG du chocolat est bas car les glucides sont mélangés à des fibres et des graisses, ce qui réduit l'absorption des sucres. Dans le tableau ci-dessous, on note que plus le pourcentage en cacao présent dans le chocolat est fort, moins il est sucré (39).

Tableau 4 : Indice glycémique des différents chocolats (37)

<b>Produits</b>	<b>IG</b>
Chocolat noir à 70%	22
Chocolat thérapeutique « sans sucre » avec polyol	35 à 45
Chocolat au lait	45
Chocolat blanc	45 à 60

#### 2.3.2.1.3 Les lipides

Chez le nourrisson jusqu'à l'âge de 3 ans, les lipides représentent 45 à 50% de l'apport énergétique. Celui-ci diminue à 35 à 40 % chez l'enfant et l'adolescent (20).

Les lipides constituent la matière grasse du chocolat et sont responsables avec les glucides de la forte teneur en calories du chocolat (37).

Tableau 5 : Composition en lipides en fonction du type de chocolat (37)

<b>Pour 100g</b>	<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
<b>Lipides (g)</b>	33,8	33,1	30,8	34,2
<b>Lipides saturés (g)</b>	22,5	22	18,7	21,3
<b>Lipides monoinsaturés (g)</b>	9,37	9,92	9,52	10,2
<b>Lipides polyinsaturés (g)</b>	0,94	1,02	1,03	1,06
<b>Cholestérol (mg)</b>	1,45	1,73	22,1	23

Le tableau ci-dessus montre que le chocolat noir à 70% de cacao est le plus riche en lipides. De plus, la source des lipides contenus dans le chocolat varie en fonction du type de chocolat :

- Pour le chocolat noir, la source est le beurre de cacao ajouté ou contenu dans la pâte de cacao ;

- Pour le chocolat au lait, les lipides ont pour origine le beurre de cacao contenu dans la pâte de cacao et dans la poudre de lait ;
- Pour le chocolat blanc, les lipides sont issus du beurre de cacao ajouté et de la poudre de lait (37).

#### 2.3.2.1.4 Les fibres

Selon l'ANSES, l'apport satisfaisant journalier de fibres est de 30g (20). 100g de chocolat noir apportent environ 9g de fibres.

Le chocolat détient 81% de fibres insolubles qui provoquent le sentiment de satiété et favorisent le transit. Les fibres solubles, présentes à 19% dans le chocolat, diminuent l'absorption des lipides et glucides favorisant la réduction de la glycémie (37).

#### 2.3.2.2 Les micronutriments

Les micronutriments sont les nutriments qui n'apportent pas d'énergie mais qui sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Ils sont actifs à très petite quantité (35).

##### 2.3.2.2.1 Les sels minéraux

###### 2.3.2.2.1.1 Le potassium

L'Apport Satisfaisant (AS) proposé pour le potassium est de 800 à 3500 mg/j pour les enfants de 1 à 17 ans. La consommation d'aliments riches en potassium doit être encouragée chez les enfants et les adolescents (20).

Tableau 6 : Teneur en potassium en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
490mg / 100g	300mg / 100g	510mg / 100g	350mg / 100g

Par exemple, 160g de chocolat noir à 70% de cacao suffisent à répondre à l'AS en potassium d'un enfant de 1 an.

#### 2.3.2.2.1.2 Le magnésium

Les ANC ont suggéré des besoins à 5mg/kg/j. Cette valeur doit être augmentée chez les enfants et les adolescents en pleine croissance car 50 à 60% du magnésium de l'organisme humain entrent dans la composition des os (20).

Dans le tableau ci-dessous, on remarque qu'en consommant 100g de chocolat noir à 40% de cacao, l'apport en magnésium est de 130mg. En portion réelle, soit 30g, on en déduit qu'il est présent à 40mg soit la moitié de l'Apport Journalier Recommandé (AJR) d'un enfant de 16kg. Il faudrait ajouter d'autres aliments riches en magnésium pour fournir un apport suffisant (37).

Tableau 7 : Teneur en magnésium en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
120mg / 100g	130mg / 100g	59mg / 100g	26,5mg / 100g

#### 2.3.2.2.1.3 Le sodium

Le sodium entre dans la composition du sel de table.

L'AS est de 800 mg/j pour les enfants de 1 à 3 ans, de 1 g/j de 4 à 8 ans, 1,2 g/j de 9 à 13 ans, et de 1,5 g/j de 14 à 17 ans (41).

Tableau 8: Teneur en sodium en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
7,73mg / 100g	5,36mg / 100g	78mg / 100g	88mg / 100g

La quantité de sodium pour les différents chocolats reste faible, comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, ce qui est bénéfique car il ne faut pas habituer les enfants à manger trop salé (20).

#### 2.3.2.2.1.4 Le chlore

Chez les nourrissons et les enfants, la carence de chlore peut se manifester par des défauts de croissance.

L'AS est de 1,2 g/j de 1 à 3 ans, de 1,5 g/j de 4 à 8 ans, de 1,9 g/j de 9 à 13 ans et de 2,3 g/j de 14 à 17 ans (41).

Pour 100g de chocolat, celui au lait est plus riche en chlorure (247 mg) que le chocolat noir à 70% minimum de cacao (10,6 mg). La quantité de chlorure dans le chocolat reste moindre (41).

#### 2.3.2.2.1.5 Le calcium

Associé au phosphore, le calcium joue un rôle principal dans la constitution du tissu osseux et des dents, dans la réparation et le remodelage lors d'une fracture.

L'ANC est estimé à 450 à 800 mg/j chez l'enfant de 1 à 10 ans et à 1150 mg/j pour les adolescents de 11 à 17 ans (41).

Tableau 9: Teneur en calcium en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
53,7mg / 100g	46mg / 100g	220mg / 100g	281mg / 100g

La teneur en calcium est nettement supérieure dans le chocolat blanc et au lait, comme l'indique le tableau ci-dessus. Ceci s'explique par l'ajout de poudre de lait nécessaire à leurs fabrications par rapport au chocolat noir.

#### 2.3.2.2.1.6 Le phosphore

L'EFSA considère qu'un apport de phosphore est satisfaisant lorsqu'il est similaire à l'apport de calcium car ces deux sels minéraux sont en proportion équimolaire dans l'organisme. L'AS estimé est de 250 à 450 mg/j de 1 à 10 ans et de 640 mg/j de 11 à 17 ans (20).

Tableau 10: Teneur en phosphore en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
218mg / 100g	186mg / 100g	230mg / 100g	230mg / 100g

On remarque, dans le tableau précédent, que l'apport en phosphore est non négligeable dans le chocolat.

Dans notre organisme, le phosphore est retrouvé à 85% sous la forme d'hydroxyapatite dans la partie minéralisée de la matrice extracellulaire du tissu

osseux. Au niveau des organes dentaires, cette hydroxyapatite fluorée est retrouvée au niveau de l'émail et de la dentine (41).

#### 2.3.2.2.1.7 Le fer

L'ANSES conseille un apport de fer de 7 mg/j pour les enfants de 1 à 6 ans et de 11 à 16 mg/j pour les adolescents (20).

Tableau 11: Teneur en fer en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
3,7mg / 100g	4,35mg / 100g	3,6mg / 100g	0,2mg / 100g

On remarque que 2 carrés de chocolat noir, soit 60 g, suffisent à apporter la quantité journalière de fer nécessaire pour des enfants de 1 à 6 ans. Pour les adolescents, 3 carrés suffisent.

#### 2.3.2.2.1.8 Le cuivre

Le cuivre intervient dans la minéralisation osseuse. L'AS est de 0,8 mg/j pour les enfants de 1 à 3 ans, de 1 mg/j de 4 à 6 ans, de 1,2 mg/j de 7 à 14 ans et de 1,1 à 1,5 mg/j de 15 à 17 ans (41).

Tableau 12: Teneur en cuivre en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
1mg / 100g	0,6mg / 100g	0,29mg / 100g	Traces

On remarque que 3 carrés de chocolat noir à 70% de cacao suffisent à répondre à l'apport journalier de fer d'un enfant de 1 à 3 ans.

#### 2.3.2.2.1.9 Le zinc

Le zinc permet un contrôle sur l'intensité de la réaction inflammatoire.

Les besoins journaliers en zinc sont estimés à 3 mg/j pour les enfants de 0 à 4 ans et à 10 mg/j en moyenne à partir de 14 ans (42).

Tableau 13: Teneur en zinc en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
2mg / 100g	1,3 mg / 100g	1,1mg / 100g	0,9mg / 100g

On remarque dans le tableau ci-dessus que le chocolat noir à 70% contient deux fois plus de zinc que les autres types de chocolats.

#### 2.3.2.2.1.10 Le fluor

Le fluor renforce la résistance de l'émail en complément du calcium, même s'il n'a pas la caractéristique des nutriments indispensables. Il représente 0,05 mg pour 100 g de chocolat noir donc sa quantité est négligeable.

L'AS est de 0,4 mg/j chez le bébé de 6 mois à 1an, de 0,6 mg/j de 1 à 3 ans, de 1 mg/j de 4 à 6 ans, de 1,5 mg/j de 7 à 10 ans, de 2,3 mg/j de 11 à 14 ans et de 3 mg/j de 15 à 17 ans (41).

#### 2.3.2.2.1.11 L'iode

L'iode est le constituant des hormones thyroïdiennes qui contrôlent l'ensemble des processus de croissance et de maturation cellulaire (40). L'AS est de 90 ug/j pour l'enfant de 1 à 10 ans, de 120 ug/j de 11 à 14 ans et de 130 ug/j de 15 à 17 ans (41).

Tableau 14: Teneur en iode en fonction du type de chocolat (37)

<b>Chocolat noir à 70% minimum de cacao</b>	<b>Chocolat noir à 40% de cacao</b>	<b>Chocolat au lait</b>	<b>Chocolat blanc</b>
<20ug / 100g		33,7ug / 100g	0,8ug / 100g

Nous remarquons dans le tableau précédent que la quantité d'iode est plus importante dans le chocolat au lait que dans les autres types de chocolat.

#### 2.3.2.2.2 Les vitamines

Les vitamines sont des substances organiques sans valeur énergétique, nécessaires au bon fonctionnement du métabolisme. L'homme ne peut pas les synthétiser, à l'exception des vitamines D et B3, donc elles doivent être apportées par l'alimentation (20).

Le chocolat contient des vitamines dont les teneurs sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Composition vitaminique en fonction du type de chocolat pour une tablette de 100g (37,41)

Vitamines	AS de 1 à 17 ans	ANC RNP de 1 à 17 ans	Chocolat noir à 40% minimum de cacao	Chocolat noir à 70% de cacao	Chocolat au lait	Chocolat blanc
<b>D (ug)</b>	15		0	2,16	1,5	Traces
<b>E (mg)</b>	7 à 10		1,44	0,67	0,45	1,14
<b>C (mg)</b>		20 à 100	0,28	<0,5	1,58	0
<b>B1 (mg)</b>	0,2	0,1	0,07	0,13	0,071	0,08
<b>B2 (mg)</b>		0,6 à 1,6	0,07	0,11	0,26	0,49
<b>B3 ou PP (mg)</b>	2	1,6	0,6	0,49	0,18	0,2
<b>B5 (mg)</b>	4 à 6		0	0,44	1,26	0,59
<b>B6 (mg)</b>		0,6 à 1,6	0,03	<0,01	0,066	0,07
<b>B9 (mg)</b>		0,12 à 0,33	12	52	18,7	10
<b>B12 (mg)</b>		0,002 à 0,003	0	0,35	0,54	Traces

Dans ce tableau, on remarque que les vitamines du groupe B sont très présentes. A l'inverse, les vitamines C et D ne sont présentes qu'à l'état de traces.

L'apport en vitamine reste minime par rapport aux AJR.

### 2.3.3 L'aspect pharmacologique

#### 2.3.3.1 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes présents dans le cacao sont du type méthylxanthine : ce sont des bases puriques d'origine végétale composées d'un noyau auquel est ajouté plusieurs groupements méthyles. Les propriétés pharmacologiques des méthylxanthines sont signalées par des effets inotropes positifs sur le cœur, des effets diurétiques, vasodilatateurs et bronchodilatateurs, des effets stimulants sur le système nerveux central en provoquant l'éveil et l'activité psychique (43).

Ces différentes propriétés des méthylxanthines contenues dans le chocolat dépendent du type de substance et de leurs concentrations sanguines dans le corps humain. En effet, ils se dégradent moins vite après ingestion et sont alors plus longtemps biodisponibles dans l'organisme.

La fermentation du cacao entraîne une diminution des quantités des bases xanthiques (44).

#### 2.3.3.1.1 La théobromine

C'est la base purique la plus importante du cacao : la fève fraîche en contient 0,8%, ce qui représente 500 mg pour 100 g de chocolat noir.

La théobromine stimule le système nerveux. C'est aussi un diurétique, un vasodilatateur, un stimulant cardiaque qui est moins toxique que la caféine car elle n'élève pas la tension artérielle. Elle détient également un effet cariostatique (44).

#### 2.3.3.1.2 La caféine

C'est la deuxième base purique importante contenue dans le cacao : la fève fraîche en contient 0,3%, ce qui représente 68 mg pour 100 g de chocolat noir (44).

#### 2.3.3.1.3 La théophylline

Elle est en plus petite proportion par rapport aux deux autres bases puriques précédentes. La fève fraîche en contient 0,01%, ce qui représente 1 mg pour 100 g de chocolat noir (44).

### 2.3.3.2 Les amines biogènes

Les amines biogènes sont un groupe de composés organiques d'origine biologique, synthétisées par les organismes vivants.

Les amines présentes dans le cacao, qui détiennent des propriétés antidépresseurs, ne sont pas responsables du risque de dépendance attribué au chocolat car ils sont présents à faible dose. Ce risque est plutôt attribué aux sucres et graisses présents dans le chocolat (38).

#### 2.3.3.2.1 La phényléthylamine

C'est la structure de base des amines biogènes. Elle a des effets euphorisants, antidépresseurs et stimulants. Au niveau du cerveau, elle fonctionne comme la dopamine.

Sa quantité est de 1 mg pour 100 g de chocolat noir ; sa quantité est trop minime pour avoir un effet amphétaminique (38).

#### 2.3.3.2.2 La sérotonine

Cette molécule a un effet antidépresseur. De plus, elle a des effets sur les muscles lisses : elle peut provoquer une dilatation à faible concentration et une contraction à concentration plus élevée.

La quantité de sérotonine est de 2,7 mg pour 100 g de chocolat noir.

Dans l'organisme, la sérotonine est synthétisée à partir d'un acide aminé, le tryptophane qui est disponible à 3mg par gramme dans le cacao (38).

#### 2.3.3.2.3 La tyramine

Cette amine intervient indirectement sur le système sympathique en augmentant la libération de noradrénaline.

Elle est présente à 1,2 mg pour 100 g de chocolat noir, ce qui est faible pour atteindre les effets néfastes de cette amine, à savoir l'augmentation de la pression systolique et les migraines (38).

#### 2.3.3.2.4 L'histamine

Les récepteurs centraux de l'histamine servent à la régulation de la ration alimentaire, du système cardiovasculaire et de la diurèse. En périphérie, l'histamine détient un rôle dans les réactions immunoallergiques.

Sa concentration est de 0,9 mg pour 100 g de chocolat noir (38).

### 2.3.3.3 Les polyphénols

Les polyphénols sont des réducteurs chimiques : ils ont la capacité de nous défendre contre les attaques oxydatives. Un apport de 30 mg par jour de polyphénols diminuerait de 50% le risque de maladies cardiovasculaires.

La torréfaction des graines diminue de moitié le taux de polyphénols. Dans le chocolat, ils anticipent le rancissement des graisses du cacao évitant l'ajout de conservateur (45).

#### 2.3.3.3.1 Les tanins

Les tanins représentent 1 g pour 100 g de chocolat noir. Ils sont condensés et sont responsables de la saveur astringente des fèves de cacao.

Les tanins ont l'avantage d'empêcher la peroxydation lipidique. Néanmoins, cette capacité antioxydante est inhibée dans le chocolat au lait car le lait interfère l'absorption des antioxydants dans la circulation sanguine par formation de ponts entre les flavonoïdes et les protéines de lait (46,47).

#### 2.3.3.3.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes neutralisent les radicaux libres produits dans l'organisme. 100 g de chocolat noir contient 170 mg de flavonoïdes. Ce sont en grande majorité des flavanols dans lesquels on retrouve les catéchines (épicatéchine surtout) et les oligomères de flavanol, c'est à dire les procyanidines. Pendant la fermentation du cacao, c'est leur transformation qui fait passer la couleur des fèves du violet au brun (46,47).

### 2.4 Les différents procédés de transformation de la cabosse au chocolat

#### 2.4.1 La récolte

La plupart des pays producteurs effectuent deux récoltes par an :

- La récolte principale s'effectue à partir de la fin de la saison des pluies au début de la grande saison sèche ;
- La récolte secondaire ou intermédiaire se réalise pendant les premiers mois de la grande saison des pluies.

Le fruit est mûr quatre à neuf mois après la fécondation de la fleur mais sa maturité se juge surtout sur son changement de couleur.

La récolte est réalisée fruit par fruit en sectionnant le pédoncule des cabosses à l'aide d'une lame ou d'un émondoir fixé au bout d'une longue perche si le cacaoyer est trop haut (36).



Figure 13: Récolte d'une cabosse avec un émondoir (48)

#### 2.4.2 L'écabossage

Le fruit est sectionné en deux dans sa longueur avec une machette ou un gourdin, puis est vidé de son contenu en séparant les fèves de la pulpe. Il faut être précis pour ne pas endommager les fèves. A ce stade, les fèves n'ont pas l'odeur de cacao.

Les fèves imparfaites sont mises à l'écart et les cabosses vides sont envoyées dans des aires de compostage ou laissées au sol afin que les mouches contribuent à la pollinisation (36).

#### 2.4.3 La fermentation

Pendant 2 à 8 jours, selon le type de cacaoyer, les fèves de cacao sont exposées au soleil, empilées dans de grands sacs sous des feuilles de bananiers et retournées. La température atteint 50°C.

Lors de ce processus, les fèves sont séparées de la chair et perdent leur acidité tandis que leur arôme s'accroît lentement. De plus, les fèves augmentent en volume et déploient leur couleur brune spécifique (36).

Il existe deux types de fermentation :

##### 2.4.3.1 Externe

La fermentation externe est dans un premier temps de type alcoolique et anaérobie, puis dans un deuxième temps de type acétique et aérobie. Après 3 à 7 jours, toutes les fèves auront perdu leur capacité de germination (36).

##### 2.4.3.2 Interne

La fermentation interne va produire des transformations à l'intérieur de la fève. Les sucres complexes seront scindés en sucres simples et les protéines transformées en acides aminés. Les acides aminés et les sucres simples obtenus sont des précurseurs d'arôme qui interviendront pendant la torréfaction pour donner l'arôme du chocolat. Cette fermentation touche également les polyphénols, les empêchant de se combiner aux acides aminés ultérieurement (36).

#### 2.4.4 Le lavage

Les fèves sont lavées pour retirer les derniers restes de pulpe. A ce stade, elles contiennent 60 % d'humidité (36).

#### 2.4.5 Le séchage

Le séchage permet d'amener le taux d'humidité à 7% pour garantir les meilleures conditions de transport et de conservation. Elles sont séchées au soleil ou dans des séchoirs artificiels et sont mélangées ; l'acide acétique et l'eau s'évaporent (36).



Figure 14: Séchage solaire des fèves (49)

#### 2.4.6 La sélection, pesée, emballage et transport

Les fèves sont sélectionnées en fonction de leur qualité. Elles sont ensuite pesées et emballées dans des sacs de jute perméable à l'air et expédiées dans le pays importateur (36).

#### 2.4.7 Le mélange

Dès leur réception dans la chocolaterie du pays importateur, les différentes sortes de fèves de cacao sont mélangées (36).

#### 2.4.8 La torréfaction

Les fèves sont nettoyées pour être torréfiées.

Durant 15 à 40 minutes, les fèves sont passées dans un brûleur à une température de 100 à 140 °C. Des réactions chimiques naturelles font intervenir les acides aminés et les sucres précurseurs de l'arôme du chocolat composé d'environ 500 composants volatils. La torréfaction dessèche d'une part, la pellicule qui enveloppe le grué permettant son élimination, et d'autre part, le grué lui-même ou nibs, c'est à dire le cacao concassé.

Ainsi, la partie principale de l'humidité est extraite, les acides volatils s'évaporent et les arômes du cacao se développent (36).

#### 2.4.9 Le concassage

Après refroidissement, la machine à concasser broie les fèves entre deux disques broyeurs pour les réduire en particules de 2 ou 3 mm. Grâce à un tamis vibrant et un courant d'air, les différents éléments se séparent : la coque (tégument), l'amande (cotylédons) et le germe.

Les brisures de coques sont récupérées et utilisées en pharmacie pour la théobromine qu'elles comportent.

A cette étape, les fèves de cacao ont diminué leur poids de 20%. Ce grué de cacao a l'odeur caractéristique du chocolat (36).

#### 2.4.10 Le broyage

Le grué va se transformer en « pâte de cacao » nommé scientifiquement « liqueur de cacao ». C'est une pâte fluide, épaisse, odorante, brune foncée sous le double effet du broyage et de la chaleur de 50 à 70 °C.

Cette pâte sera refroidie et solidifiée pour former la « masse de cacao » (36).

#### 2.4.11 Le deuxième broyage : l'affinage

La pâte passe par des broyeuses à 5 cylindres pour acquérir des particules inférieures à 30 microns.

La pâte de cacao est un produit naturel qui contient environ 50% de beurre de cacao. Elle est utilisée dans la coloration et l'aromatisation des pâtisseries car l'amertume est très soutenue.

L'opération future de cette pâte de cacao peut être soit :

- D'aller directement en chocolaterie pour la fabrication du chocolat ;
- D'être pressée pour donner du beurre de cacao ou du tourteau ;
  - o Le tourteau, réduit en poudre par broyage, donnera la poudre de cacao utilisée pour les boissons et produits laitiers cacaotés ;
  - o Le beurre de cacao sert dans la préparation de chocolat de couverture : c'est un chocolat professionnel qualitatif utilisé par les chocolatiers et les pâtisseries comme matière première. Il contient au moins 32% de beurre de cacao ce qui le rend très fluide pour réaliser un enrobage plus fin. Il sert aussi en pharmacie et en cosmétologie (36).

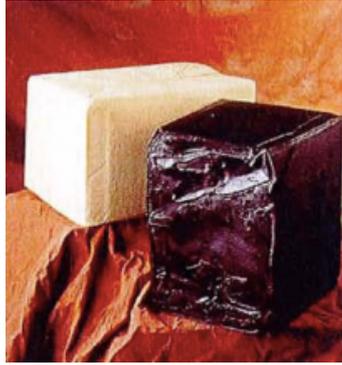


Figure 15: Bloc de tourteau de cacao (en premier plan) et bloc de beurre de cacao (en arrière-plan) (49)

#### 2.4.12 Le malaxage

Pour obtenir le chocolat noir, d'autres matières premières sont ajoutées à la masse du cacao : le beurre de cacao et le sucre.

Pour obtenir le chocolat au lait, on ajoute en plus du lait en poudre (36).

#### 2.4.13 Le conchage

Anciennement, le conchage était réalisé dans des bacs ayant la forme de coquilles. Aujourd'hui, la masse de chocolat est chauffée et pétrie durant plusieurs heures, voire plusieurs jours dans des malaxeurs : c'est cette façon de procéder qui fait la différence entre les marques de chocolat.

Lors du conchage, chaque ombre d'humidité, d'acidité et d'aigreur est extraite : cela permet au chocolat d'acquieser son caractéristique arôme crémeux.

Ensuite, le beurre de cacao et la lécithine de soja sont ajoutés à la masse assurant la fluidité parfaite du chocolat. L'arôme de vanille y est également ajouté.

Le mélange obtenu est conservé dans des cuves à 50°C jusqu'au moment du traitement définitif pour obtenir un produit fini (36).

#### 2.4.14 Le tempérage

Le chocolat est désormais en forme de pâte chaude et fluide prêt à être moulé. Il doit atteindre une température approximative de 26°C dans une tempéreuse.

Son aspect brillant et cassant dépendent de cette étape (36).

#### 2.4.15 Le moulage

La pâte de chocolat est répandue dans les moules. Le chocolat s'y refroidit et se rétracte. On démoule les tablettes et on les conditionne (36).

#### 2.4.16 La conservation

L'humidité et la chaleur sont néfastes pour chocolat. La température idéale de conservation se positionne entre 10 et 15°C pour une humidité entre 60 et 70%.

Par ailleurs, le chocolat doit être conservé dans un contenant hermétique ou dans une pièce aérée car il attire les odeurs environnantes.

Il doit être également conservé à l'abri de la lumière pour ne pas engendrer une oxydation et un rancissement du chocolat (36).

## 3 Effets physiologiques du cacao

### 3.1 Sur le corps humain

#### 3.1.1 Effets anti-oxydants

##### 3.1.1.1 *Maladies cardio-vasculaires*

Les flavanols et les procyanidines du cacao agissent comme anti-oxydants en piégeant les radicaux libres de notre organisme. Ces molécules affectent le système cardiovasculaire en améliorant la fonction vasculaire et en diminuant l'agrégation plaquettaire. Ainsi la consommation d'aliments riches en flavanols est associée à un risque réduit de maladie cardio-vasculaire (50,51).

En plus de ces nutriments, l'acide oléique diminuerait aussi les risques de thrombose car celui-ci limite la formation de caillots sanguins (52).

##### 3.1.1.2 *Cancer*

L'effet anti-oxydant des flavanols et procyanidines du cacao, en modérant le stress oxydatif auquel nos tissus sont soumis, réduirait les processus de vieillissement de nos cellules donc les risques d'apparition de cancer (50).

#### 3.1.2 Effets métaboliques

##### 3.1.2.1 *Diabète*

Chez un patient diabétique, il faut privilégier les aliments à faible indice glycémique, c'est à dire < à 50%, pour ne pas provoquer de pic glycémique.

Tous les chocolats sont donc autorisés chez ces patients dans la limite de 5 à 10% de l'apport calorique quotidien à condition de le substituer gramme par gramme aux autres glucides, de le consommer à la fin des repas pour favoriser une augmentation de la glycémie post-prandiale et de préférer le chocolat noir à 70 % qui possède l'indice glycémique le plus bas (53).

##### 3.1.2.2 *Cholestérol*

Le chocolat noir est un aliment gras. En effet, il renferme 35% de matière grasse apportée par le beurre de cacao.

Sa composition en acide gras est la suivante :

- Les acides gras insaturés : 38% d'acide oléique ;

- Les acides gras saturés, réputés nocifs pour l'organisme : 35% d'acide stéarique et 24% d'acide palmitique. Or, l'acide stéarique se distingue des autres acides gras saturés car une fois parvenu dans l'intestin, il se désature en acide oléique (54).

Donc le beurre de cacao procure 70% d'acide oléique (55). Celui-ci contribue à la dissolution des plaques d'athérome, ce qui facilite l'évacuation du cholestérol vers le foie et diminue le risque d'infarctus du myocarde et d'accidents vasculaires cérébraux (52).

### 3.1.3 Effets psychiques

#### 3.1.3.1 Tonicité

La caféine induit une activité stimulante sur le système nerveux central par son effet antagoniste sur les récepteurs A1 de l'adénosine, substance naturelle qui inhibe l'excitation : elle amplifie l'activité neuronale et repousse l'apparition de la fatigue (56,57).

La théobromine stimule le système nerveux central et améliore les fonctions cognitives potentielles par modulation des systèmes catécholaminergiques et cholinergiques ; elle augmente les performances musculaires (58).

#### 3.1.3.2 Dépression

Différents composants du chocolat détiennent des propriétés antidépressives, euphorisantes et psychostimulantes :

- Le magnésium agit au niveau du cerveau comme antidépresseur en stimulant la sécrétion de dopamine (59) ;
- La caféine et la théobromine augmentent la sécrétion d'épinéphrine, hormone de la même famille que l'adrénaline qui intercepte les récepteurs de celle-ci, ce qui réduit les effets du stress et contribue à l'effet stimulant de la molécule (56,58) ;
- La phényléthylamine, son déficit quantitatif contribue à un état dépressif (60) ;
- Le salsolinol, qui est l'alcaloïde précurseur de la phényléthylamine, se connecte aux récepteurs cérébraux de la dopamine et active lui-même le circuit de la récompense (61) ;
- La sérotonine, son déficit quantitatif contribue à un état dépressif (62).

#### 3.1.4 Effet bien être

Lorsque l'on mange du chocolat, on se fait plaisir ce qui permet à notre organisme de sécréter des endorphines. Ces neurotransmetteurs et ce plaisir gustatif permettent une meilleure réaction à la douleur et une sensation de plaisance (63).

Les bienfaits du chocolat noir commencent juste après la première bouchée. En effet, un essai contrôlé randomisé sur les bienfaits du chocolat a été réalisé à l'Université californienne de Loma Linda en mesurant les ondes cérébrales de sujets humains après avoir mangé la moitié d'une barre de taille standard, soit 48 grammes, de chocolat noir à 70%. Les effets de bien-être sont immédiats et se poursuivent pendant une période de deux heures après leur consommation (63).

Les avantages après cette première bouchée sont dus grâce à la sérotonine et à la dopamine. Lorsque l'on mange du chocolat, leurs niveaux augmentent et modifient notre humeur à mesure que le cacao est absorbé dans la circulation sanguine, ce qui procure du plaisir. De plus, le chocolat contient de la phényléthylamine, un composé appelé la « drogue de l'amour » car il peut créer un bourdonnement cérébral semblable à celui d'être amoureux (63).

Certains types de chocolats ont de meilleurs effets sur le corps que d'autres. Le chocolat noir qui contient au moins 85% de cacao augmente spécifiquement ces substances chimiques cérébrales de bien-être et diminue l'anxiété. Le chocolat blanc augmente également le niveau de dopamine dans le cerveau, bien qu'il ne soit pas aussi efficace que le chocolat noir (63).

Les avantages du chocolat noir ne s'appliquent pas nécessairement aux autres confiseries. Les collations sucrées fournissent également un pic rapide d'énergie et d'émotions de bien-être, mais le chocolat noir diffère car il contient un minimum de sucres supplémentaires. Cela signifie qu'il a une meilleure valeur nutritionnelle globale en raison des antioxydants contenus dans le cacao (63).

### 3.2 Sur l'organe dentaire

#### 3.2.1 Effets cariostatiques

##### 3.2.1.1 Antibactérien

Pour rappel, le processus carieux s'explique en partie par les activités métaboliques de la flore bactérienne constituant le biofilm sur l'organe dentaire.

En 1979, Palenik suggère que les extraits de cacao hydrosolubles induisent un changement quantitatif ou qualitatif dans la production de polysaccharides *in vitro* altérant la formation ou l'adhérence de la plaque dentaire par les bactéries *Streptococcus mutans* (*Sm*) (64).

En 1985, Paolino analyse les effets de ces composants hydrosolubles du cacao sur les bactéries et notamment sur leurs capacités métaboliques et enzymatiques. Il conclut que les polyphénols du cacao présentent des effets inhibiteurs sur l'accumulation de plaque en raison de leur capacité à empêcher la formation de polysaccharides extracellulaires à partir du saccharose (65). Plus tard, en 2017, ces études ont été reprises et leurs résultats ont été confirmés (66).

En 2000, Ooshima démontre que les polyphénols de la coque de fève cacao a significativement réduit le taux de croissance des *Streptococcus mutans* et également la synthèse de glucanes insolubles par la glycosyltransférase des *Sm* ainsi que l'induction de lésions carieuses chez des rats (67,68).

En 2007, une étude de cohorte conclut que les extraits de cacao contenant des polyphénols ont inhibé la croissance de *Sm* et d'autres bactéries buccales en présence de saccharose et de glucose. La production d'acide a donc été inhibée également. L'adhésion de *Streptococcus mutans* a également été arrêtée, ce qui suggère que la synthèse des glycanes l'a été également (69).

En 2009, une étude descriptive affirme que les produits à base de cacao contiennent des inhibiteurs de l'enzyme dextransucrase qui est l'enzyme responsable de la formation des polysaccharides extracellulaires de la plaque à partir du saccharose. Elle appartient à la famille des glycosyltransférases (70). Les résultats de ces études ont été confirmés en 2021 (71).

Par ailleurs, les matières grasses du chocolat créent un film protecteur sur l'émail (36).

#### 3.2.1.2 Résistance de l'émail

Le chocolat contient du fluor, connu pour son rôle cariostatique. En effet, il empêche la déminéralisation de l'émail par les acides bactériens et favorise sa reminéralisation (10).

En 2017, il a été démontré que la théobromine augmente la taille des cristaux d'hydroxyapatite, ce qui inhibe la dissolution de l'apatite de la surface de l'émail ; la dureté de celle-ci est ainsi renforcée (66). D'ailleurs, il a été observé que la

théobromine est meilleure que le fluorure pour augmenter la dureté de la surface amélaire (68).

### 3.2.1.3 Système tampon

Précédemment, nous avons vu que les bactéries du biofilm dentaire produisent des acides organiques en métabolisant les glucides fermentescibles de notre alimentation impliquant une baisse du pH salivaire à l'origine de la dissolution des cristaux d'hydroxyapatite.

Concernant ce biofilm bactérien, Greenby a démontré que les jeunes adultes suivant un régime au lait écrémé au chocolat pendant 5 jours accumulaient moins de plaque dentaire que ceux suivant un régime normal (68).

En 1986, Gravenmade isole à partir des fèves de cacao une substance appelée « facteur pur », hydrosoluble, qui diminue la solubilité de l'émail en solution acide in vitro. Il analyse ensuite l'influence du pré-traitement avec ce facteur pur des dents humaines qui sont placées dans des solutions acides à 37°C pendant 12 à 36 heures. L'émail non traité par le facteur pur est déminéralisé alors que celui traité présente la même structure qu'un émail non soumis à l'acidité. Il confirme les études prouvant que des extraits de cacao ont la capacité de diminuer la solubilité in vitro du phosphate tricalcique (72).

En 2004, Matsumoto a démontré que les extraits de cacao bloquaient les *Streptococcus mutans* sur l'hydroxyapatite recouverte de salive et sur un fil orthodontique, suggérant une activité anti plaque (73). Les résultats de ces études ont été confirmés en 2021 (71).

De plus, les phosphates contenus dans le chocolat tamponnent les acides et participent à la lutte contre les lésions carieuses (36).

### 3.2.2 Effets cariogènes

Le potentiel cariogène du chocolat est proportionnel à celui de la concentration de saccharose contenue dans celui-ci. Ainsi, le chocolat blanc et le chocolat au lait ont un potentiel cariogène deux fois plus important que le chocolat noir à 70% de cacao minimum car ils contiennent deux fois plus de sucre. Des professeurs en chirurgie dentaire ont émis l'hypothèse que le cacao lui-même ne contient aucune substance cariogène (68).

### 3.2.3 Aspect temporel

Précédemment, nous avons vu que la nature physique de l'aliment conditionne sa rétention aux surfaces dentaires. Pour les aliments mous et collants, plus le temps de contact est long, plus il y a production d'acides par les bactéries. Au contraire, les aliments durs vont être mastiqués et entraîner une augmentation du flux salivaire. Concernant le chocolat, il fond en bouche ; il sera en contact avec les dents que pendant un temps assez court. La production d'acide sera moindre comparée à la consommation de bonbons ou de caramel que l'on garde en bouche longtemps (22).

### 3.3 A partir de quel âge peut-on manger du chocolat ?

Dès l'âge de 6 mois, le cacao peut être apporté dans la diversification alimentaire du bébé grâce à la poudre de cacao, comme l'explique la diététicienne Nadine Ker Armel. Cela permet d'ajouter une autre saveur dans leur biberon. Le chocolat en poudre est une préparation sucrée, aromatisée au cacao, très digeste, car il ne possède pas les constituants gras du chocolat en tablette. C'est le plus consommé par les enfants jusqu'à l'âge de 7 ans (74).

Vers l'âge de 12 mois, le chocolat chaud du matin peut devenir une habitude à donner aux enfants pour les motiver à continuer de boire du lait (74).

C'est seulement vers l'âge de 2 ans que le chocolat en morceaux peut être introduit. En effet, le mélange de cacao, de beurre de cacao et de sucre n'est pas adapté à la digestion des enfants avant cet âge-là. Pour le goûter, du chocolat avec du pain est bien plus adapté que les gâteaux et les viennoiseries remplis de sucres ajoutés.

Comme tout aliment, il faut savoir doser les quantités. Au tout début, il faudra commencer par donner un carré de chocolat une fois par semaine soit environ 30 grammes par semaine. Au-delà des 3 ans, la consommation de chocolat peut aller jusqu'à 50 grammes en moyenne par semaine.

Le chocolat noir est à privilégier et à introduire dès le plus jeune âge pour habituer le palais de l'enfant à l'amertume de ce type de chocolat. En effet, ce dernier est intéressant d'un point de vue nutritionnel puisqu'il contient plus de minéraux et est peu sucré. Le chocolat au lait est moins gras mais plus sucré et a moins de minéraux.

Quant au chocolat blanc, il est beaucoup moins intéressant puisqu'il ne contient quasiment pas de nutriment et minéraux et est très sucré (74).

Les desserts au chocolat à cuire peuvent être introduits entre 2 et 3 ans. Il s'agit généralement de chocolat amer ou à forte teneur en cacao, à faire fondre pour donner du goût. Il permet la réalisation de nombreux desserts appréciés par les enfants. Mais attention, le chocolat à cuire reste riche en graisses et n'est pas très digeste pour les enfants avant 2 ans. Entre 2 et 3 ans, il faudrait commencer par des mousses ou des fondues aux fruits. Après 3 ans, ils peuvent se régaler de toutes sortes de gâteaux au chocolat (74).

## 4 Le cacao sur la maladie carieuse

### 4.1 Hygiène alimentaire

Pour les enfants et les adolescents, le lait a une valeur nutritionnelle majeure. Ces dernières années, des saveurs qui plaisent aux enfants comme la vanille, la fraise, le chocolat et la banane, ont été introduites et ont rendu le lait plus populaire. Le lait aromatisé est une boisson riche qui fournit des nutriments essentiels similaires au lait non aromatisé, à l'exception du sucre ajouté, qui ajoute des calories. Il offre une option pour respecter les apports recommandés en produits laitiers. Selon les données du département américain de l'agriculture, de la santé et des services sociaux, 70 % du lait choisi par les enfants dans les écoles est aromatisé. De plus, 18 % de la consommation de produits laitiers des enfants de 4 à 18 ans est du lait aromatisé, ce qui confirme sa popularité auprès des écoliers (75).

Cependant, lorsque la concentration de saccharose dans le lait aromatisé est augmentée, le niveau de pH est diminué, ce qui suggère que le lait pourrait perdre ses propriétés cariostatiques. Parmi les groupes de laits aromatisés testés dans une étude descriptive, le groupe « lait aromatisé au chocolat » présentait le moins de lésions carieuses, même si le lait avait le taux de sucre le plus élevé. L'ajout de la poudre extraite de cacao aux aliments cariogènes pourrait être utile dans le contrôle des lésions carieuses (75).

Dans un autre essai clinique, des enfants ont reçu un traitement quotidien de 0,45 L de lait chocolaté (5% de saccharose) sur 2 ans, produisant une augmentation faible mais non significative de lésions carieuses par rapport à un supplément de lait nature (75,76). De nombreuses organisations de nutrition et de santé ont convenu que le lait au chocolat est une alternative plus saine aux autres boissons sucrées et gazeuses pour répondre aux besoins alimentaires des plus jeunes (75).

De plus, le lait aromatisé regorge de substances alimentaires qui le rendent nutritionnellement supérieur aux boissons gazeuses type soda et aux jus de fruits. Les enfants qui boivent du lait aromatisé consomment moins de boissons gazeuses que les enfants qui n'en boivent pas. Un tel résultat peut influencer indirectement et positivement sur le facteur de risque carieux des dents par augmentation du taux de calcium et de caséine de lait à partir de lait aromatisé et ce tel résultat peut aussi entraîner une diminution de l'apport en sucres grâce à une diminution de consommation de sodas (75).

Aux États-Unis, la théobromine est un constituant de base du chocolat et peut être consommée en quantité pharmacologiquement pertinente (6 mg/kg sont présents dans cinq tasses de chocolat).

Une étude descriptive a été réalisée en 1977 par Resman, dans laquelle six mères allaitantes ont ingéré 113 g de chocolat au lait Hershey contenant 240 mg de théobromine. Si une mère mangeait cette quantité de chocolat toutes les 6 heures et que le nourrisson était allaité lorsque la concentration maximum de théobromine dans le lait était atteinte, le nourrisson pourrait alors ingérer environ 10 mg de théobromine par jour et bénéficierait de son effet cariostatique (68,77).

En 1986, dans une courte communication, Gravenmade et Jenkins décrivent l'effet du cacao sur le taux de solubilité de l'apatite de l'émail. Ces auteurs montrent que le pouvoir du cacao sur la solubilité de l'acide augmente avec la diminution du pH : 40% de réduction à pH 6 contre 75% à pH 4 (figure 16) (72).

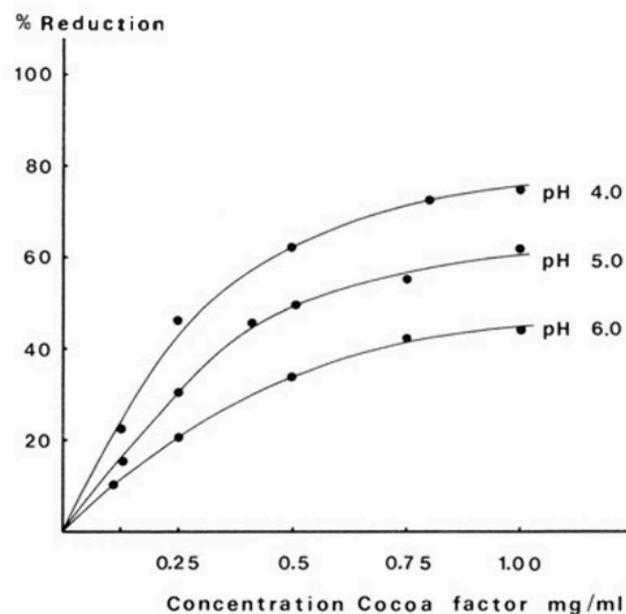


Figure 16 : Effet d'une gamme de concentrations du facteur cacao sur la solubilité de l'hydroxyapatite à différentes valeurs de pH (72)

Ils étudient aussi l'influence du facteur cacao sur des dents humaines lors de reproduction de caries artificielles. L'émail non traité au facteur cacao après une déminéralisation induite in vitro par une diminution du pH artificielle montre une perte marquée des détails structuraux des cristaux d'hydroxyapatite. Dans l'échantillon

prétraité au facteur cacao, les contours des cristaux d'apatite gardent leur forme en bâtonnets individuels comme dans l'émail sain (figure 17). Lors de ces expériences, les résidus d'hydroxyapatite des tests de solubilité ont été lavés trois fois avec de l'eau, et les résidus traités avec le facteur de cacao conservaient encore la solubilité réduite. Cela implique que le facteur cacao s'est intégré à la surface de l'apatite. Les extraits de cacao pourraient alors réduire la solubilité de l'émail.

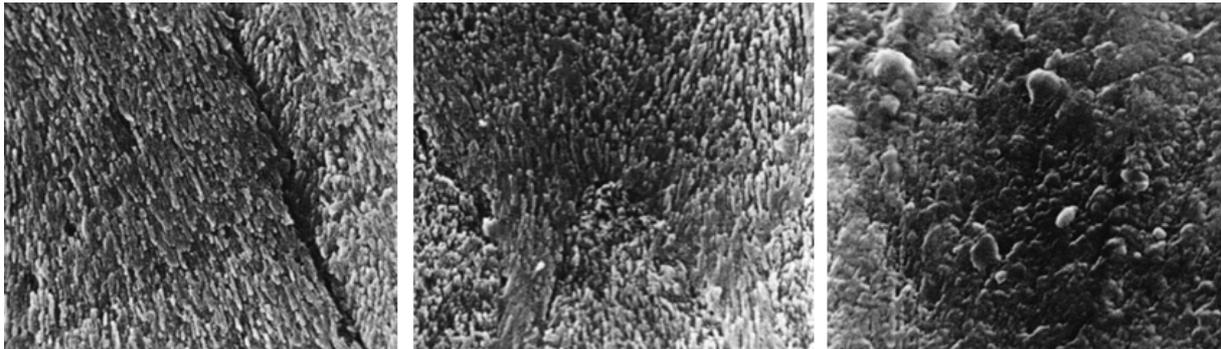


Figure 17: Trois images de microscope électronique à balayage (grossissement x12 300) de coupe transversale à environ 50  $\mu$ m en profondeur de la couche superficielle au niveau d'un émail sain (à gauche), au niveau d'un émail prétraité au facteur de cacao exposé à une attaque de carie artificielle (au centre) et au niveau d'un émail non traité exposé à une attaque de carie artificielle (à droite) (72)

L'action bénéfique du facteur cacao dans les milieux acides pourrait suggérer son utilisation comme additif anti-caries aux aliments glucidiques. Par ailleurs, la découverte qu'il protège l'apatite contre une exposition ultérieure à l'acide suggère qu'il pourrait également être efficace en prévention bucco-dentaire dans les bains de bouche et les dentifrices, en particulier s'il est appliqué à un pH compris entre 4 et 5 (72).

Aujourd'hui, il existe déjà des substituts de sucres utilisés dans un but de prévention bucco-dentaire : le sorbitol et le xylitol. On les identifie dans les sucreries, les chewing-gums et les sodas. Le xylitol est favorisé pour son pouvoir sucrant et ses propriétés chimiques convenables à un emploi dans l'industrie alimentaire. Lors de son utilisation, une diminution de l'incidence carieuse variant de 30 à 60% a été observée.

Le xylitol présente plusieurs propriétés cariostatiques (14). En effet, il détient un effet anticarie car les bactéries cariogènes ne peuvent pas le métaboliser : le pH ne baisse donc pas.

D'autre part, il permet une reminéralisation de l'émail dentaire en se liant avec le calcium. Pour que cet effet se réalise, il faut le mâcher au moins 5 minutes sous forme de chewing-gum (22). Le cacao, quant à lui, apporte une résistance à l'émail par sa théobromine, augmentant la taille des cristaux d'hydroxyapatite inhibant la dissolution de l'apatite de l'émail (66).

Finalement, il réduit les capacités adhésives et la prolifération des *Streptococcus mutans*. En effet, les *Sm* l'absorbent sans être capables de le métaboliser : l'édulcorant s'accumule dans le cytoplasme de la bactérie la privant de consommer d'autres sucres et de proliférer (22). Les extraits de cacao réussissent également à inhiber la croissance et l'adhésion des *Sm* et également la production d'acide (71). En plus du xylitol, le cacao détient une action anti-plaque (71,73).

Aujourd'hui, il est recommandé de substituer les bonbons par des confiseries édulcorées aux polyols lorsqu'ils sont pris en dehors des repas. Mastiquer des chewing-gum sans sucre au xylitol présente un avantage en absence de brossage mais ne le remplace en aucun cas. Ces chewing-gum doivent être consommés aussitôt après les prises alimentaires non suivies de brossage (14).

Mais le xylitol détient des inconvénients. Il est souvent contre-indiqué chez l'enfant de moins de 3 ans. Il peut engendrer des troubles digestifs (*ballonnements, gaz, douleurs, diarrhée*) à cause de sa digestion incomplète, ce qui limite sa consommation à 35 g/l chez l'enfant. Le xylitol et les autres sucres de substitutions ne permettent pas leur utilisation dans les préparations cuites comme les biscuits et les gâteaux.

Son coût est également élevé, ce qui explique son association avec d'autres polyols dans certains produits (14,22).

## 4.2 Hygiène buccodentaire

Les produits d'hygiène bucco-dentaire à base de plantes peuvent offrir des avantages similaires aux produits d'hygiène bucco-dentaire traditionnels avec en plus un potentiel réducteur des effets indésirables. Plusieurs extraits de plantes présentent des effets antimicrobiens prometteurs à la fois *in vitro* et *in vivo*. De plus, l'utilisation généralisée

de ces produits au sein de la population serait bénéfique y compris pour les patients de faible statut socio-économique (78).

La théobromine et le fluor sont les deux seules molécules qui favorisent la formation de cristaux d'hydroxyapatite de l'émail. Les valeurs de micro-dureté de la surface amélaire ont montré que plus la quantité de théobromine était importante, plus les échantillons d'émail étaient protégés. La théobromine, qui contrairement aux fluorures, est une substance non toxique, devrait être envisagée dans la prévention des lésions carieuses car il a été observé qu'elle est meilleure pour augmenter la dureté de la surface amélaire par rapport aux fluorures (68).

Récemment, il a été rapporté que l'enveloppe broyée des fèves de cacao était utilisée dans la composition d'un bain de bouche pour les enfants (70,79).

Ce bain de bouche aux coques de fèves de cacao possède une activité anti-glucosyltransférase et antibactérienne qui est efficace pour inhiber l'adhésion de *Sm* à l'hydroxyapatite recouverte de salive et pour réduire la formation du biofilm (78).

En 2009, une étude randomisée croisée en simple aveugle a été réalisée chez des enfants de 10 à 14 ans. Après leur avoir réalisé un détartrage, un bain de bouche placebo à 0,1 % d'éthanol dans de l'eau distillée leur a été donné. Les enfants devaient l'utiliser avant et après chaque repas, entre les repas et avant d'aller se coucher le soir, soit un total de neuf fois par jour. Chaque séance de rinçage buccal consistait en cinq rinçages de 10 secondes avec 20 ml de bain de bouche. De plus, jusqu'au matin du quatrième jour, il leur a été demandé de s'abstenir de toutes leurs pratiques habituelles d'hygiène bucco-dentaire. Les enfants ne devaient pas consommer de thé, café et de chocolats pendant la période d'étude.

Le matin du quatrième jour, 1,5 ml de salive non stimulée a été recueillie et la plaque a été colorée avec une solution bicolore et notée à l'aide de l'indice de Quigley et Hein modifié. Seules les dents complètement sorties ont été compatibles. Les dents partiellement sorties, les dents entièrement couronnées et les dents mobiles n'ont pas été prises en compte pour la notation. Après collecte de la salive, les dents ont été brossées.

Après une semaine, une prophylaxie a été effectuée. Ensuite, le bain de bouche nommé CBHE (Cacao Bean Husk Extract) a été donné à la place du placebo aux

mêmes sujets. On leur a demandé de suivre à nouveau le protocole ci-dessus. Les coques de fèves de cacao utilisées pour la fabrication de ce bain de bouche proviennent de l'usine CAMPCO à Puttur en Inde. 1 kg de coques est d'abord broyé puis traité avec de la cellulose dans de l'eau distillée. De l'éthanol est ensuite ajouté puis le mélange est chauffé. Après filtration, l'éthanol est éliminé par évaporation et la solution aqueuse lyophilisée pour obtenir une 120 g de poudre. La poudre est dissoute dans de l'eau distillée pour obtenir un bain de bouche.

Les résultats ont montré une diminution de 20,9 % du nombre de *Sm* et une diminution de 49,6 % des scores de plaque dans le groupe bain de bouche à l'extrait de cacao par rapport au groupe placebo, ce qui était hautement significatif (79).

En 2011, une étude comparative randomisée a été menée chez des enfants des deux sexes âgés de 6 à 10 ans. Un groupe de 25 enfants a reçu 10 ml de bain de bouche à la chlorhexidine à 0,2 % et 25 autres enfants ont reçu 10 ml de bain de bouche à l'extrait de fèves de cacao à 0,1 % nommé également CBHE, à rincer deux fois par jour pendant environ 30 secondes. La fréquence et la durée du brossage ne sont pas détaillées. Le procédé de fabrication de ce bain de bouche est le même que celui de l'étude de 2009.

Des échantillons salivaires ont été prélevés (*figure 18*) sur chaque enfant à 1 jour, 7 jours, 1 mois et 2 mois. L'étude a constaté une réduction significative du nombre de *Streptococcus mutans* dans la salive à tous les intervalles de suivi pour les deux groupes de bain de bouche. Cependant, il n'y avait pas de différence significative dans la réduction du nombre de *Sm* dans la salive entre les deux groupes (80).



Figure 18 : Prélèvement d'échantillons de salive à l'aide d'une bandelette Dentocult (80)

En 2016, une étude transversale a été réalisée chez des enfants âgés de 12 à 14 ans. Chaque sujet a reçu le même traitement. Dans un premier temps, la salive a été prélevée sur tous les sujets, puis ces enfants ont reçu 15 mL de bain de bouche au cacao nommé CBHEE (Cacao Bean Husk Ethanol Extract) à 0,1 % pour se rincer la bouche pendant environ 30 secondes. Enfin, leur salive a été recueillie deux fois à 15 et 30 minutes après l'intervention. Les données ont démontré statistiquement la réduction significative des colonies de *Streptococcus mutans* entre avant et après 30 minutes d'intervention (81).

Le bain de bouche utilisé dans les études de 2009, 2011 et de 2016 contenait 0,1 % de coque de fèves de cacao et devait être utilisé deux fois par jour.

Une autre étude randomisée en double aveugle a utilisé un bain de bouche à 0,5 % de coque de fèves de cacao chez des jeunes étudiants une fois par jour et a obtenu des résultats similaires : une réduction significative de *Streptococcus mutans*. La réduction de la fréquence des rinçages quotidiens de la bouche rend les patients plus confortables et augmente leur observance par rapport à la précédente étude (78).

Les bains de bouche dérivés des coques de fèves de cacao ont alors été aussi efficaces pour réduire les colonies de *Streptococcus mutans* que le bain de bouche à la chlorhexidine (78).

## Conclusion

Les produits à base de cacao contiennent des propriétés cariostatiques et antibactériennes grâce à leurs polyphénols inhibant l'adhésion et la croissance de *Streptococcus mutans* en présence de glucides. Les matières grasses du chocolat protègent l'émail par un film protecteur. De plus, la théobromine du cacao apporte une résistance à l'émail encore plus forte que le fluor et augmente la taille des cristaux d'hydroxyapatite inhibant la dissolution de l'apatite de la surface amélaire tout en étant non toxique. Les extraits de cacao ont la capacité de diminuer la solubilité in vitro du phosphate tricalcique. Par ailleurs, les phosphates du chocolat permettent de tamponner les acides et de lutter contre les lésions carieuses. Concernant sa consistance, le chocolat fond en bouche et sera en rapport avec les surfaces dentaires que pendant un court instant. La production d'acide sera moindre comparée à la consommation de confiseries que l'on mastique longtemps.

Le potentiel cariogène du chocolat est proportionnel à celui de la concentration de saccharose qu'il détient. Le cacao lui-même ne contient pas de substance cariogène. Le cacao pourrait aussi être utilisé comme additif anti-caries aux aliments glucidiques. Le chocolat noir est donc à favoriser et à introduire dès le plus jeune âge pour éduquer le palais de l'enfant à son amertume.

En bain de bouche, les coques de fèves de cacao ont montré leur activité antibactérienne pour réduire *Streptococcus mutans* et la plaque dentaire aussi efficacement qu'un bain de bouche à la chlorhexidine.

Le cacao ayant un goût et une odeur largement appréciés des enfants, la commercialisation de produits bucco-dentaires à base de cacao serait intéressante pour la prévention buccodentaire ciblant un large public même pour les patients de faible statut socio-économique.

Malheureusement, il existe encore peu d'études sur le sujet du cacao en prévention buccodentaire. Il faudrait plus d'études avec un haut niveau de preuves, randomisées comme des méta-analyses et des études systémiques qui nous aideraient à connaître l'efficacité du cacao sur la maladie carieuse et qui nous aideraient à comparer son action cariostatique avec celui du fluor, qui reste la référence en prévention buccodentaire et suivi du xylitol.

## Bibliographie

1. Benzian H., Williams D. L'enjeu des maladies bucco-dentaires - un appel pour une action mondiale. L'atlas de la santé bucco-dentaire. 2nde éd., Genève: Fédération dentaire internationale (FDI) ; 2015, 120 pages.
2. Stratégies de prévention de la carie dentaire [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 5 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_991247/fr/strategies-de-prevention-de-la-carie-dentaire](https://www.has-sante.fr/jcms/c_991247/fr/strategies-de-prevention-de-la-carie-dentaire)
3. L'état de santé de la population en France - Rapport 2007 | Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques [Internet]. [cité 5 mai 2022]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/rapports/letat-de-sante-de-la-population-en-france-rapport-2007>
4. Marquillier T, Trentesaux T, Delfosse C. Caries Précoces du jeune enfant. EMC - Médecine buccale 2019; 14(2): 1-16 [Article 28-157-A-10].
5. de La Dure-Molla M, Artaud C, Naulin-Ifi C. Approches diagnostiques des lésions carieuses. EMC - Médecine buccale 2016; 11(1):1-9 [Article 28-235-P-10].
6. Doméjean S, Tassery H, Muller-Bolla M. Maladie carieuse et intervention minimale. EMC - Médecine buccale 2017; 12(1):1-6 [Article 28-171-A-10].
7. International Caries Classification and Management System [Internet]. ICCMS. [cité 8 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.iccms-web.com/>
8. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. Lancet Lond Engl. 6 janv 2007;369(9555):51-9.
9. Santé bucco-dentaire OMS [Internet]. [cité 9 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
10. Moulis E., Chabadel O., Goldsmith M.C., Canal P. Prévention des caries dentaires et orthodontie. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Pédiatrie, 4-002-G-70, 2008.
11. Houvion E. Le biofilm dentaire : composition, formation et propriétés [Thèse de doctorat]. [Lorraine]: Université de Lorraine; 2014.
12. Ma C, Chen F, Zhang Y, Sun X, Tong P, Si Y, et al. Comparison of oral microbial profiles between children with severe early childhood caries and caries-free children using the human oral microbe identification microarray. PloS One. 2015;10(3):e0122075.
13. Van Ruyven FO, Lingström P, Van Houte J, Kent R. Relationship among mutans streptococci, « low-pH » bacteria, and iodophilic polysaccharide-producing bacteria in dental plaque and early enamel caries in humans. J Dent Res. févr 2000;79(2):778-84.
14. Foray H, d'Arbonne F. Alimentation et santé buccodentaire chez l'enfant. EMC - Médecine buccale 2014;9(2):1-7 [Article 28-915-G-10].
15. Fejerskov O, Kidd EAM. Dental caries: The disease and its clinical management. 2nd ed. Blackwell Munksgaard; 2008. 616 p.
16. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1). J Clin Pediatr Dent. 2003;28(1):47-52.
17. Bretz WA, Corby P, Schork N, Hart TC. Evidence of a contribution of genetic factors to dental caries risk. J Evid-Based Dent Pract. déc 2003;3(4):185-9.
18. 2019-10-04-Colloque-Fluor-et-Prévention-dentaire-rétablissons-les-faits-.pdf [Internet]. [cité 16 mars 2022]. Disponible sur: <http://www.ufsbd.fr/wp-content/uploads/2020/03/2019-10-04-Colloque-Fluor-et-Pr%C3%A9vention-dentaire-r%C3%A9tablissons-les-faits-.pdf>
19. Fisher-Owens SA, Gansky SA, Platt LJ, Weintraub JA, Soobader MJ, Bramlett MD, et al. Influences on children's oral health: a conceptual model. Pediatrics. sept 2007;120(3):e510-520.

20. Martin A, Potier de Courcy G. Besoins nutritionnels et apports conseillés : valeurs de référence pour l'énergie, les macronutriments et les micronutriments. EMC - Endocrinologie-Nutrition 2018;15(1):1-24 [Article 10-308-A-15].
21. Lingström P, van Houte J, Kashket S. Food starches and dental caries. Vol. 11. 2000.
22. Naulin-Ifi C. Odontologie pédiatrique clinique. CdP. 2011. 328 p. (JPIO).
23. Module - Bactériologie - Cours [Internet]. [cité 23 févr 2022]. Disponible sur: <http://www.unsof.org/media/bacterio/html/cours-N111C8-2.html>
24. Gilet F. Le cacao: des Olmèques au XXIème siècle [Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie]. Nantes; 2006.
25. McFadden C, France C. Le grand livre du chocolat. Manise. Genève; 1999. 253 p.
26. Aissa H. Composition et procédés de fabrication du chocolat. [République algérienne démocratique et populaire]: A.MIRA-BEJAIA; 2020.
27. L'histoire du cacao [Internet]. Klorane Botanical Foundation. 2017 [cité 18 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.kloranebotanical.foundation/fr/lhistoire-du-cacao>
28. Gwendolin Butter - Graphiste indépendant - Studio graphic design | LinkedIn [Internet]. [cité 18 mars 2022]. Disponible sur: <https://fr.linkedin.com/in/gwendolin-butter-1657061ab>
29. Classement des États du monde par production de cacao (fèves) [Internet]. Atlasocio.com. [cité 18 mars 2022]. Disponible sur: <https://atlasocio.com/classements/economie/agriculture/classement-etats-par-production-cacao-feves-monde.php>
30. Accueil | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [Internet]. FAOHome. [cité 18 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.fao.org/home/fr>
31. Léo L ferme de. cacaoyer [Internet]. [cité 29 mars 2022]. Disponible sur: <http://www.lafermedeleo.eu/nos-futurs-fruitiers-cacaoyer.html>
32. Cacao et botanique - PARLONS SCIENCES - Museum [Internet]. [cité 29 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.museum.toulouse.fr/-/cacao-et-botanique>
33. Lachenaud P, Labouisse JP. Guide d'identification des cacaoyers des îles du sud-ouest de l'océan Indien [Internet]. CIRAD-BIOS-UMR PVBMT; 2019 [cité 31 oct 2022]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/594527/>
34. Theobroma cacao L. | Plants of the World Online | Kew Science [Internet]. Plants of the World Online. [cité 29 mars 2022]. Disponible sur: <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:320783-2>
35. Micronutriments et macronutriments : qu'est-ce-que c'est ? [Internet]. [cité 30 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.laboratoire-lescuyer.com/blog/micronutrition/tout-savoir-sur-les-micronutriments>
36. Daverio S. Le chocolat dans tous ses états [Docteur en Pharmacie]. Henri Poincaré-Nancy 1; 2005.
37. Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments [Internet]. [cité 30 mars 2022]. Disponible sur: <https://ciqual.anses.fr/>
38. The Contribution of cocoa additive to cigarette smoking addiction 650270002 [Internet]. [cité 26 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/650270002>
39. Loubert P. Le chocolat un nutriment aux vertus sante dans les troubles du metabolisme glucidique et lipidique [Thèse d'exercice]. Université Claude Bernard - Lyon 1. Faculté de pharmacie; 2016.
40. L'index glycémique [Internet]. [cité 30 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.lanutrition.fr/bien-dans-son-assiette/le-potentiel-sante-des-aliments/index-et-charge-glycemiques/lindex-glycemique>
41. Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux [Internet]. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. 2021 [cité 6

- mai 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-r%C3%A9f%C3%A9rences-nutritionnelles-en-vitamines-et-min%C3%A9raux>
42. Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poos M. Dietary Reference Intakes. *J Am Diet Assoc.* mars 2001;101(3):294-301.
  43. acadpharm [Internet]. [cité 28 oct 2022]. Disponible sur: <http://dictionnaire.acadpharm.org/w/Acadpharm:Accueil>
  44. Brunetto M del R, Gutiérrez L, Delgado Y, Gallignani M, Zambrano A, Gómez Á, et al. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. *Food Chem.* janv 2007;100(2):459-67.
  45. Afoakwa EO. *Chocolate science and technology.* Wiley-Blackwell; 2010. 275 p.
  46. Pierre EO, Nicolas N, Pierre François D, Martine LO, Denis ON. Heritability of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity of Cameroonian cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Afr J Biotechnol.* 9 sept 2015;14(36):2672-82.
  47. Serafini M, Bugianesi R, Maiani G, Valtuena S, De Santis S, Crozier A. Plasma antioxidants from chocolate. *Nature.* août 2003;424(6952):1013-1013.
  48. Barel M. *Du cacao au chocolat: L'épopée d'une gourmandise.* 3ème. Editions Quae; 2021. (Beaux livres).
  49. Pontillon J. *Cacao et chocolat: production, utilisation, caractéristiques.* Tec & Doc; 1997. (Sciences et techniques agroalimentaires).
  50. Keen CL, Holt RR, Oteiza PI, Fraga CG, Schmitz HH. Cocoa antioxidants and cardiovascular health. *Am J Clin Nutr.* 1 janv 2005;81(1):298S-303S.
  51. Zięba K, Makarewicz-Wujec M, Kozłowska-Wojciechowska M. Cardioprotective Mechanisms of Cocoa. *J Am Coll Nutr.* 18 août 2019;38(6):564-75.
  52. Le chocolat noir, c'est bon pour le cœur [Internet]. FFC. [cité 11 mai 2022]. Disponible sur: <https://fedecardio.org/je-m-informe/le-chocolat-noir-c-est-bon-pour-le-coeur/>
  53. Baclet N, Aubert JP. Diététique du diabétique de type 2. *Rev Prat Médecine Générale.* 2003;17(602):191-200.
  54. Thijssen MAMA, Hornstra G, Mensink RP. Stearic, Oleic, and Linoleic Acids Have Comparable Effects on Markers of Thrombotic Tendency in Healthy Human Subjects. *J Nutr.* 1 déc 2005;135(12):2805-11.
  55. Cornet P, Masseboeuf N. *Guide de l'alimentation équilibrée.* Vidal Eds. 2008. 320 p.
  56. Camandola S, Plick N, Mattson MP. Impact of Coffee and Cacao Purine Metabolites on Neuroplasticity and Neurodegenerative Disease. *Neurochem Res.* janv 2019;44(1):214-27.
  57. Oñatibia-Astibia A, Franco R, Martínez-Pinilla E. Health benefits of methylxanthines in neurodegenerative diseases. *Mol Nutr Food Res.* juin 2017;61(6):1600670.
  58. Cova I, Leta V, Mariani C, Pantoni L, Pomati S. Exploring cocoa properties: is theobromine a cognitive modulator? *Psychopharmacology (Berl).* févr 2019;236(2):561-72.
  59. Tarleton EK, Littenberg B, MacLean CD, Kennedy AG, Daley C. Role of magnesium supplementation in the treatment of depression: A randomized clinical trial. *Song Y, éditeur. PLOS ONE.* 27 juin 2017;12(6):e0180067.
  60. Lee YJ, Kim HR, Lee CY, Hyun SA, Ko MY, Lee BS, et al. 2-Phenylethylamine (PEA) Ameliorates Corticosterone-Induced Depression-Like Phenotype via the BDNF/TrkB/CREB Signaling Pathway. *Int J Mol Sci.* 30 nov 2020;21(23):9103.
  61. Melzig MF, Putscher I, Henklein P, Haber H. In vitro pharmacological activity of the tetrahydroisoquinoline salsolinol present in products from *Theobroma cacao* L. like cocoa and chocolate. *J Ethnopharmacol.* nov 2000;73(1-2):153-9.
  62. De Deurwaerdere P, Di Giovanni G. Serotonin in Health and Disease. *Int J Mol Sci.* 15 mai 2020;21(10):3500.
  63. Oct. 13 EDU, 2020. *This Is What Happens to Your Body When You Eat Chocolate*

- [Internet]. The Healthy. 2018 [cité 16 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.thehealthy.com/nutrition/what-chocolate-does-to-your-body/>
64. Palenik CJ, Park K, Katz S, Stookey GK. Effect of Water Soluble Components Derived from Cocoa on Plaque Formation. *J Dent Res.* juill 1979;58(7):1749-1749.
  65. Paolino VJ, Kashket S. Inhibition by cocoa extracts of biosynthesis of extracellular polysaccharide by human oral bacteria. *Arch Oral Biol.* 1985;30(4):359-63.
  66. Lippert F. The effects of fluoride, strontium, theobromine and their combinations on caries lesion rehardening and fluoridation. *Arch Oral Biol.* août 2017;80:217-21.
  67. Ooshima T, Osaka Y, Sasaki H, Osawa K, Yasuda H, Matsumura M, et al. Caries inhibitory activity of cacao bean husk extract in in-vitro and animal experiments. *Arch Oral Biol.* août 2000;45(8):639-45.
  68. Evaluation of Human Enamel Surfaces Treated with Theobromine: A Pilot Study. *Oral Health Prev Dent.* 12 oct 2012;10(3):275-82.
  69. Smullen J, Koutsou GA, Foster HA, Zumbé A, Storey DM. The Antibacterial Activity of Plant Extracts Containing Polyphenols against *Streptococcus mutans*. *Caries Res.* 2007;41(5):342-9.
  70. Ferrazzano GF, Amato I, Ingenito A, De Natale A, Pollio A. Anti-cariogenic effects of polyphenols from plant stimulant beverages (cocoa, coffee, tea). *Fitoterapia.* juill 2009;80(5):255-62.
  71. Cinar ZÖ, Atanassova M, Tumer TB, Caruso G, Antika G, Sharma S, et al. Cocoa and cocoa bean shells role in human health: An updated review. *J Food Compos Anal.* oct 2021;103:104115.
  72. s-Gravenmade EJ, Jenkins GN. Isolation, Purification and Some Properties of a Potential Cariostatic Factor in Cocoa that Lowers Enamel Solubility (Short Communication). *Caries Res.* 1986;20(5):433-6.
  73. Matsumoto M, Tsuji M, Okuda J, Sasaki H, Nakano K, Osawa K, et al. Inhibitory effects of cacao bean husk extract on plaque formation in vitro and in vivo. *Eur J Oral Sci.* juin 2004;112(3):249-52.
  74. Nadine Ker Armel | PARENTS.fr [Internet]. 2020 [cité 3 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.parents.fr/auteurs/nadine-ker-armel-872582>
  75. Al-Jobair A, Khounganian R. Evaluating the Cariogenic Potential of Flavored Milk: An Experimental Study using Rat Model. *J Contemp Dent Pract* 2015;16(1):42-47.
  76. Dunning JM, Hodge AT. Influence of Cocoa and Sugar in Milk on Dental Caries Incidence. *J Dent Res.* juill 1971;50(4):854-9.
  77. Resman BH, Blumenthal HP, Jusko WJ. Breast milk distribution of theobromine from chocolate. *J Pediatr.* sept 1977;91(3):477-80.
  78. S S, Kemparaj U, Umesh S, Karuppaiah M, Pandian P, A K. Comparative Evaluation of Cocoa Bean Husk, Ginger and Chlorhexidine Mouth Washes in the Reduction of *Streptococcus Mutans* and *Lactobacillus* Count in Saliva: A Randomized Controlled Trial. *Cureus.* 2019;11(6):e4968.
  79. Srikanth RK, Shashikiran ND, Subba Reddy VV. Chocolate mouth rinse: Effect on plaque accumulation and mutans streptococci counts when used by children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* juin 2008;26(2):67-70.
  80. Venkatesh Babu NS, Vivek DK, Ambika G. Comparative evaluation of chlorhexidine mouthrinse versus cacao bean husk extract mouthrinse as antimicrobial agents in children. *Eur Arch Paediatr Dent Off J Eur Acad Paediatr Dent.* oct 2011;12(5):245-9.
  81. Fajriani, Mustamin AW, Asmawati. The role of cacao extract in reduction of the number of mutans streptococci colonies in the saliva of 12-14 year-old-children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* juin 2016;34(2):120-3.

## Table des illustrations

Figure 1 : Les différents éléments constituant l'ICCMS.....	19
Figure 2 : Schéma de Keyes (4).....	23
Figure 3 : Les nouvelles recommandations de l'UFSBD en matière de fluor dans les dentifrices (18) .....	27
Figure 4 : Courbe de Stephan (23) .....	30
Figure 5 : Les Aztèques et Christophe Colomb (25) .....	31
Figure 6 : Le commerce du cacao à travers le monde (28) .....	32
Figure 7 : Production de cacao par état et territoire en 2018 (30) .....	34
Figure 8 : Cacaoyers (31) .....	34
Figure 9 : Fleurs de cacaoyer (33) .....	35
Figure 10 : Le cabosse (33) .....	35
Figure 11 : Fèves débarrassées de leur enveloppe (sur la gauche) et coupe d'une fève (sur la droite) (33) .....	35
Figure 12 : La pulpe du cabosse (33) .....	36
Figure 13 : Récolte d'une cabosse avec un émondoir (48) .....	47
Figure 14 : Séchage solaire des fèves (49) .....	49
Figure 15 : Bloc de tourteau de cacao (en premier plan) et bloc de beurre de cacao (en arrière-plan) (49) .....	51
Figure 16 : Effet d'une gamme de concentrations du facteur cacao sur la solubilité de l'hydroxyapatite à différentes valeurs de pH (72).....	61
Figure 17: Images de microscopie électronique à balayage (grossissement x12 300) de coupe transversale de la couche superficielle d'émail sain normal à environ 50 um en-dessous de la surface anatomique (à gauche), d'émail prétraité au facteur de cacao et exposé à une attaque de carie artificielle (au centre) et d'émail non traité après attaque de carie artificielle (à droite) (72) .....	62
Figure 18 : Prélèvement d'échantillons de salive à l'aide d'une bandelette Dentocult (80) .....	65

## Table des tableaux

Tableau 1 : Classification ICDAS II – Clinique et histologie (4).....	20
Tableau 2 : Composition en macronutriments des différents types de chocolats (37) .....	36
Tableau 3 : Composition en glucides des différents types de chocolats (37) .....	37
Tableau 4 : Indice glycémique des différents chocolats (37) .....	38
Tableau 5 : Composition en lipides en fonction du type de chocolat (37) .....	38
Tableau 6 : Teneur en potassium en fonction du type de chocolat (37) .....	39
Tableau 7 : Teneur en magnésium en fonction du type de chocolat (37) .....	40
Tableau 8 : Teneur en sodium en fonction du type de chocolat (37) .....	40
Tableau 9 : Teneur en calcium en fonction du type de chocolat (37) .....	41
Tableau 10 : Teneur en phosphore en fonction du type de chocolat (37) .....	41
Tableau 11 : Teneur en fer en fonction du type de chocolat (37) .....	42
Tableau 12 : Teneur en cuivre en fonction du type de chocolat (37) .....	42
Tableau 13 : Teneur en zinc en fonction du type de chocolat (37) .....	43
Tableau 14 : Teneur en iode en fonction du type de chocolat (37) .....	43
Tableau 15 : Composition vitaminique en fonction du type de chocolat pour une tablette de 100g (37,41) .....	44

**Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2023 –**

Le cacao dans la prévention des caries dentaires en odontologie pédiatrique /  
**Sarah FLAHAUT**. - p. 74 : ill. 18 ; réf. 81.

**Domaines** : NUTRITION – PREVENTION – ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

**Mots clés Libres** : MALADIE CARIEUSE – PREVENTION – CACAO – ENFANT  
– ALIMENTATION

Résumé de la thèse en français

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 60 à 90 % des enfants dans le monde sont porteurs de caries dentaires. La diminution de cette affection appelle à une réforme des systèmes de santé bucco-dentaire où l'accent principal doit être mis sur l'action préventive plutôt que sur les traitements dentaires invasifs. L'alimentation se trouve être un facteur déterminant dans l'apparition des lésions carieuses et la correction des habitudes alimentaires nocives est un moyen de prévention désormais nécessaire.

Le cacao propose une alternative accessible aux enfants et à leurs familles pour réduire l'impact du facteur alimentaire et bucco-dentaire sur la carie dentaire. Le cacao est un aliment cariostatique, solide et consistant engendrant la production de salive qui réduira l'acidité buccale, nettoiera les dents et facilitera leur minéralisation. Cette thèse fait le point actuel des études réalisées sur l'efficacité du cacao sur la maladie carieuse.

**JURY** :

**Président : Madame le Professeur Caroline DELFOSSE**

**Assesseurs : Monsieur le Docteur Thomas TRENTESAUX**

**Madame le Docteur Alessandra BLAIZOT**

**Madame le Docteur Mathilde LOBRY**