

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :

...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN DE MASTER

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de qualité

Présenté par :

ARRIS MILISSA

Thème

L'IMPACT DES POLYPHÉNOLS DU THÉ SUR LE MICROBIOTE
INTESTINAL ET LEURS IMPLICATIONS SUR LA SANTÉ
HUMAINE

Soutenu le : 30 / 09 / 2020

Devant

Nom et Prénom

Grade

Bouchibane Mbarek

MAA.

Univ. de Bouira

Président

Yazzourene Ghania

MCB.

Univ. de Bouira

Examineur

Mazri Chafiaa

MCB.

Univ. de Bouira

Promoteur

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

Je dédie ce travail à une très chère amie (Yassmine) avec qui j'aurai voulu partagé ce moment très important dans ma vie.

Je dédie ce travail à mes parents et à mes frères qui ont été toujours à mes cotés tout au long de ma formation. Je les remercie pour leur encouragement et leur soutien. Et je leur promets de continuer sur ce chemin pour toujours les rendre fières de moi car sans eux je ne serais jamais arrivée.

Je dédie ce travail à ma famille proche et éloignée, à mes enseignants et à mes amis.

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma reconnaissance à M^{adame}
Mazri C, je la remercie pour tous ses conseils tout au long de ce
travail, et sa modestie.*

*L'aboutissement de ce travail de mémoire est évidemment lié à des
moments durant*

Lesquels diverses contributions m'ont été bénéfiques.

Je tiens à remercier les membres de jury ;

Pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

*Je remercie amicalement et chaleureusement Raouya pour son aide
concernant ce travail.*

<i>Introduction</i> :	01
<i>Chapitre I Polyphénols</i>	
1. <i>Polyphénols</i> :	03
1.1. <i>Origine des polyphénols</i> :	03
1.2. <i>Classification des polyphénols</i> :	03
1.2.1. <i>Polyphénols simples</i> :	04
1.2.2. <i>Polyphénols complexes</i> :	07
2. <i>Biosynthèse des composés phénoliques</i> :	08
3. <i>Polyphénols et la protection contre les maladies</i> :	09
4. <i>Rôle et intérêts des polyphénols en agroalimentaire</i> :	09
<i>Chapitre II : Le thé</i>	
1. <i>Histoire d'une conquête</i> :	10
2. <i>Étude botanique</i> :	11
2.1. <i>Origine du nom « thé »</i> :	11
2.2. <i>Classification et Description</i> :	11
2.3 <i>Procédés d'obtention du thé</i> :	12
2.3.1. <i>Cueillette du thé</i> :	12
2.3.2. <i>Fabrication du thé</i> :	13
2.3.3 <i>Type de thé</i> :	14
3. <i>Composition chimique de la feuille de thé</i> :	15
3.1. <i>Polyphénols</i> :	15
3.2. <i>Alcaloïdes</i> :	16
3.3. <i>Vitamines</i> :	16
3.4. <i>Minéraux</i> :	16
3.5. <i>Acides aminés</i> :	17
3.6. <i>Glucides</i> :	17
3.7. <i>Lipides</i> :	17
3.8. <i>Caroténoïdes</i> :	17
4. <i>Propriétés d'un bon thé</i> :	17
4.1. <i>Conservation du thé</i> :	17
4.2. <i>Quantité du thé</i> :	17
4.3. <i>Température de l'eau</i> :	17
4.4. <i>Qualité de l'eau</i> :	18

4.5. Temps d'infusion :.....	18
5. Bienfaits du thé :.....	18
5.1. Effet antioxydant :.....	18
5.2. Effet sur la silhouette :.....	18
5.3. Effet stimulant, énergisant, non excitant :.....	19
4.4. Renforce le système immunitaire :.....	19
5.5. Prévention de certaines maladies :.....	19
5.6. Propriétés sur l'intestin :.....	19
6. Effets néfastes du thé :.....	20
6.1. Thé, interactions avec le Fer :.....	20
6.2. Thé vert et anticoagulants :.....	20
6.3. Insomnies et palpitations :.....	20
6.4. Composés toxiques :.....	20

Chapitre III : Le microbiote intestinal

1. Le système digestif :.....	21
2. L'écologie intestinale (le microbiote intestinal) :.....	22
3. Répercussions alimentaires sur le microbiote intestinal.....	23
4. Le microbiote intestinal et santé humaine :.....	24

Chapitre IV : L'impact des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal

1. L'avantage des polyphénols alimentaires sur la santé intestinale :.....	26
2. L'effet des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal :.....	28
3. Les polyphénols du thé, le microbiote intestinal et avantages santé. :.....	30
Conclusion :.....	32
Références bibliographiques :.....	34

<i>Figure 01. Les grandes familles des polyphénols et leurs principales sources alimentaires ...</i>	<i>03</i>
<i>Figure 02. Squelette de base des flavonoïdes.....</i>	<i>04</i>
<i>Figure 03. Structures chimiques des flavones.....</i>	<i>05</i>
<i>Figure 04. Structures chimiques des isoflavones.....</i>	<i>05</i>
<i>Figure 05. Structures chimiques de (+)-catéchine et (-)-épicatéchine</i>	<i>06</i>
<i>Figure 06. Structure chimique de la lignane.....</i>	<i>07</i>
<i>Figure 07. Les principales voies de biosynthèse des polyphénols.....</i>	<i>08</i>
<i>Figure 08. Camellia Sinensis.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 09. L'appareil digestif de l'homme</i>	<i>21</i>

Introduction

Introduction

L'alimentation est une composante déterminante dans la prévention primaire et secondaire de nombreuses maladies chroniques. Des données épidémiologiques et cliniques de plus en plus convaincantes suggèrent que les effets santé associés à une alimentation riche en produits végétaux impliquent une catégorie particulière de composés bioactifs, celle des polyphénols (MORAND, 2013).

Le thé est l'une des boissons les plus consommées dans le monde après l'eau, rafraichissant et stimulant, il offre aussi de nombreuses vertus santé et de plus en plus de chercheurs s'intéressent à ce breuvage aux potentiels thérapeutiques. (YAN *et al.*, 2018). Cette plante est cultivée dans plus de 30 pays et constitue l'une des sources alimentaires les plus riches en polyphénols, qui dans ce produit sont pour 90% des flavan-3-ols. (MORAND, 2013).

Le microbiote intestinal a reçu une attention scientifique considérable au cours des dernières années (BOND *et* DERBYCHIRE, 2019), la relation nutrition et microbiote intestinal a été impliquée dans l'étiologie de nombreuses maladies (WILSON *et al.*, 2020). Des études récentes suggèrent que la science nutritionnelle ne devrait pas se concentrer uniquement sur les macronutriments, car d'autres composants mineurs dont les polyphénols végétaux peuvent interagir et avoir un impact sur le microbiote intestinal (RAJILIC-STOJANOVIC *et* MILIVOJEVIC, 2020). La caractérisation du comportement des polyphénols dans l'intestin est essentielle pour donner un aperçu de leurs implications sur la santé intestinale (Y WAN *et al.*, 2020). La biodisponibilité des polyphénols et leurs effets santé dépendent fortement de leur transformation par les composants du microbiote intestinal (CARDONA *et al.*, 2013) la biodiversité du microbiote intestinal propre à chaque individu permet de déterminer la capacité d'une personne à obtenir les dérivés pleinement bioactifs des polyphénols ingérés (MARIN *et al.*, 2014). La consommation régulière du thé pourrait ainsi offrir une protection contre plusieurs types de maladies dont les maladies gastro-intestinales (BOND *et* DERBYCHIRE, 2019).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail se concentre sur les bienfaits santé du thé et la caractérisation de ses polyphénols et se focalise sur l'impact des polyphénols du thé sur la santé intestinale ainsi que leurs rôles dans la modulation du microbiote intestinal.

Le travail présenté dans ce mémoire s'élabore autour de quatre parties :

La première partie comporte deux chapitres, dont le premier vise, grâce à une étude bibliographique à donner un aperçu sur la nature et la structure des polyphénols ainsi que leurs effets thérapeutiques sur l'organisme. Le second chapitre aborde le thé en général et donne une approche sur les vertus santé du thé vert.

La seconde partie vise à mettre en évidence l'importance du microbiote intestinal sur la santé humaine ainsi que l'effet des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal, tout en déterminant la contribution de ces polyphénols au maintien de la santé par la modulation du microbiote intestinal.

Chapitre I

1. Polyphénols

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont, des métabolites secondaires, spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire, ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement, contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème. L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toute substance chimique possédant dans sa structure chimique un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles, un nombre considérable de ces composés sont formés de deux noyaux benzéniques A et B reliés par un hétérocycle de type pyrane (SHARIF SWALLAH *et al.*, 2020).

1.1. Origine des polyphénols

Les polyphénols sont naturellement présents dans notre alimentation sous différentes formes (Figure 02). On les retrouve en plus grandes quantités dans les fruits, les légumes, les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs, ainsi que dans des boissons telles que le thé, le café et le vin (KUMAR SINGH *et al.*, 2019).

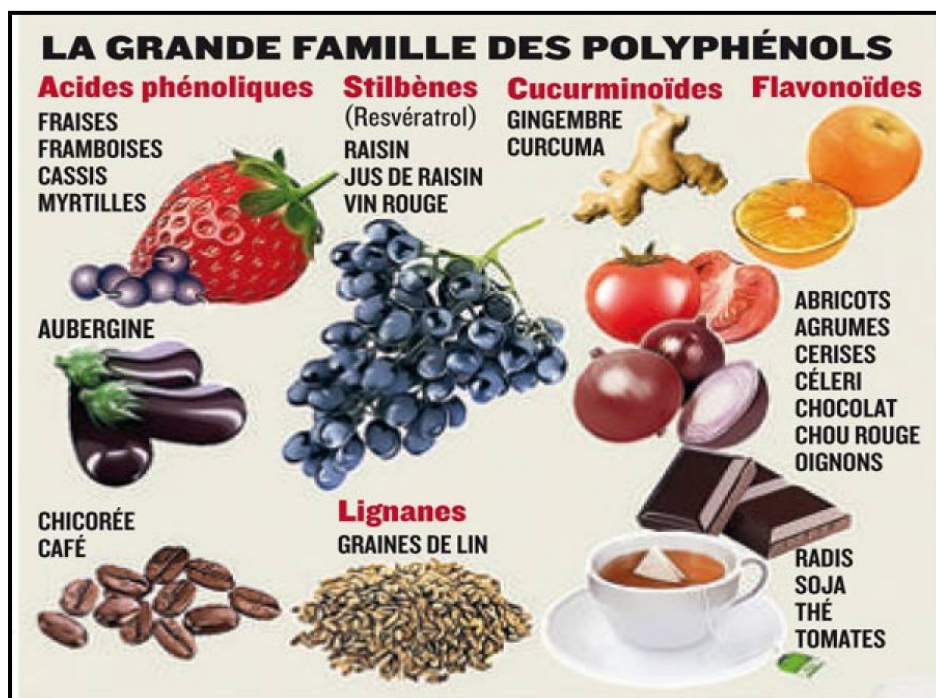


Figure 01. Les grandes familles des polyphénols et leurs principales sources alimentaires (CURTAY, 2015).

1.2. Classification des polyphénols

Les scientifiques ont identifiés plus de 8000 composés phénoliques, allant de molécules simples à des composés hautement complexes. Ils sont regroupés en différentes classes aux

noms sibyllins d'acides cinnamiques, d'acides benzoïques, de flavonoïdes, de lignines, de lignanes, de coumarines et de tanins (MASSAUX, 2012).

La classification des polyphénols est basée sur de nombreux critères comprenant leur provenance, leur fonction biologique ainsi que leur squelette carboné, plus spécifiquement le nombre de cycles phénoliques, de même que les éléments structurels liants ceux-ci (MORIN, 2015). Les composés phénoliques peuvent également être regroupés en composés hydrosolubles (acides phénoliques, flavonoïdes et quinones) et en composés insolubles dans l'eau (tanins condensés, lignines et acides hydroxycinnamique), cette classification est importante vis-à-vis de la solubilité ainsi que la digestibilité, qui sont nécessaires pour une utilisation efficace des polyphénols dans le tractus gastro-intestinale et dans certaines opérations physiologiques (SHARIF SWALLAH *et al.*, 2020).

1.2.1. Polyphénols simples

*Acides phénoliques

Ce sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes: les dérivés de l'acidehydroxybenzoïque et de l'acide hydroxycinnamique (DE ARAUJO *et al.*, 2020).

*Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont subdivisés en sous-classes selon la structure de l'hétérocycle C (Figure 03). On distingue alors les 4-oxoflavonoïdes (flavones, isoflavones, flavonols et flavanones), les flavan-3-ols et les anthocyanes (CROZIER *et al.*, 2009). Il existe dans chaque sous-classe de nombreux composés selon les substitutions des cycles aromatiques par divers groupements fonctionnels (groupements hydroxyles, méthylés ou glycosylés) (RODRIGUEZ-MATEOS *et al.*, 2013).

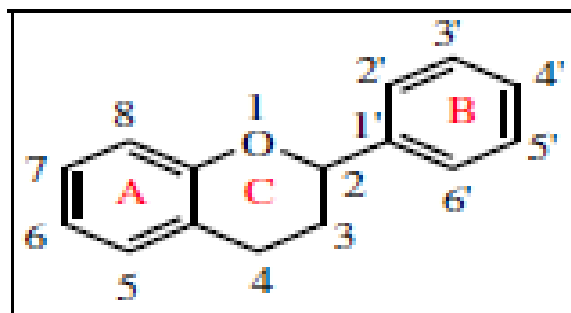


Figure 02. Squelette de base des flavonoïdes (ACHAT, 2013).

- **Flavones**

Les flavones possèdent une double liaison en position 2-3 du cycle hétérogène oxygéné C et le cycle aromatique B est fixé en position 2 (Figure 04) (STALMACH *et al.*, 2009).

Les flavones sont principalement présentes dans les céréales, les herbes, le céleri, la laitue, les betteraves, les piments et les pommes (DEL *et al.*, 2013).

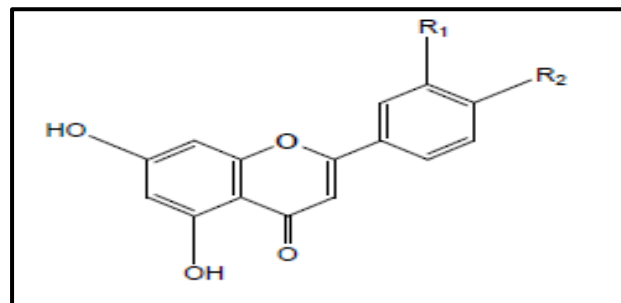


Figure 03. Structures chimiques des flavones (DENIS, 2015).

- **Flavanones**

Les flavanones sont caractérisées par l'absence de la double liaison entre C2 et C3 et par la présence d'un centre de chiralité en C2, Les agrumes constituent la principale source alimentaire de flavanones (ACHAT, 2013).

- **Isoflavone**

La structure chimique des isoflavones est différente des flavones, le cycle B des isoflavones est lié au carbone 3 au lieu du carbone 2 (Figure 05). Les isoflavones se retrouvent particulièrement dans les légumineuses et les grains de céréale et soja (DENIS, 2015).

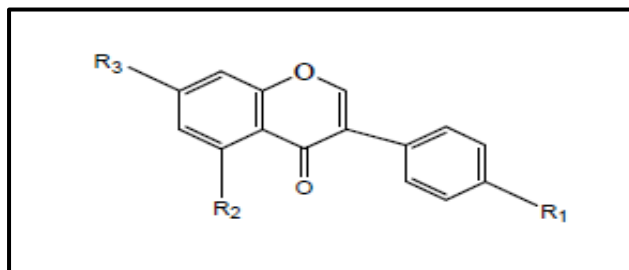


Figure 04. Structures chimiques des isoflavones (DENIS, 2015).

- **Flavonols**

Les flavonols se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C3 et d'une double-liaison en C2-C3 (ACHAT, 2013). Ce sont des flavones qui se caractérisent par

la présence d'un groupement hydroxyle (OH) en position 3 de l'hétérocycle central C (GHNIMI, 2015).

- **Flavan-3-ols**

Les flavan-3-ols sont la catégorie de flavonoïdes la plus complexe, ces composés vont de simples monomères, (+)-catéchine et son isomère (-)-épicatéchine, jusqu'aux oligomères et polymères. Ce sont les seuls flavonoïdes qui n'existent pas naturellement sous forme de glycosides, ils existent sous forme de monomères également appelés catéchines ainsi que sous forme d'oligomères et de polymères, Les flavan-3-ols présentent un hétérocycle C saturé auquel s'ajoute une fonction hydroxyle en carbone 3 (Figure 06) (DENIS, 2015).

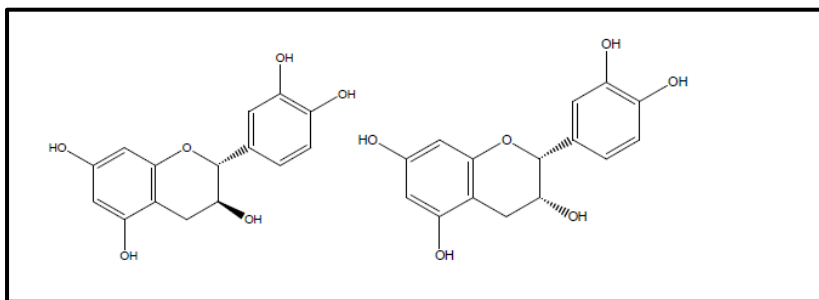


Figure 05. Structures chimiques de (+)-catéchine et (-)-épicatéchine (DENIS, 2015)

- **Anthocyanes**

Les anthocyanes, terme général qui regroupe les anthocyanidols et leurs dérivés glycosylés. Les anthocyanines sont des flavonoïdes porteurs d'une charge sur l'oxygène de l'hétérocycle C, la structure de base des anthocyanines est caractérisée par un noyau "flavon" généralement glycosylé en position C3. Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange (MUANDA, 2010).

- ***Alcools phénoliques**

Un alcool phénolique est un composé organique possédant au moins un alcool aliphatique et un hydroxyle phénolique. Le tyrosol (4-hydroxyphenylethanol) et hydroxytyrosol (3,4dihydroxyphenylethanol) sont les principales molécules de cette classe. Ces composés sont très abondants dans l'olive (fruit et feuille), libres ou associés à l'acide linoléique (ACHAT, 2013).

- ***Stilbènes**

Les stilbènes présentent sur le cycle A deux fonctions hydroxyles en position méta et un cycle B portant des fonctions hydroxyles en méta, ortho et para. Ils sont synthétisés à partir de dérivés d'acides cinnamiques dont la substitution déterminera celle du cycle B. Les sources

principales de stilbènes sont le raisin et son jus, les cacahuètes et le beurre de cacahuète (DENIS, 2015).

***Lignanes**

Une dimérisation oxydative de deux unités de phénylpropane permet la formation de la lignane (Figure 07). Il y a peu de lignane dans les fruits et les légumes comparativement à ce qui est retrouvé dans la graine de lin (DENIS, 2015).

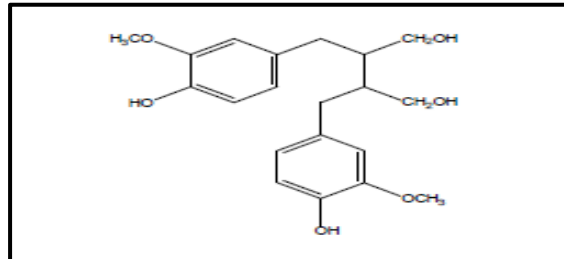


Figure 06. Structure chimique de la lignane (DENIS, 2015).

1.2.2. Polyphénols complexes

Les tanins constituent un groupe complexe de polymères d'origine naturelle, ce sont des composés relativement de haut poids moléculaire qui constituent le troisième groupe important de composés phénoliques et qui peuvent être subdivisés en tanins hydrolysables et condensés (DE ARAUJO *et al.*, 2020).

On distingue deux groupes des polyphénols complexes :

***Tanins**

• **Tanins hydrolysables**

Ces tanins sont naturellement présents dans l'écorce, les troncs et les feuilles de plusieurs espèces de plantes, ce sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol, le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol (DE ARAUJO *et al.*, 2020).

• **Tanins condensés**

Ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule, les tanins condensés sont formés par polymérisation de plusieurs flavon-3-ols monomères (DE ARAUJO *et al.*, 2020).

***Lignines**

Ces composés de haut poids molécules contribuent à former avec la cellulose et les dérivés hémicellulosiques, la paroi des cellules végétales. Ce sont des polymères tridimensionnels résultant de la condensation (copolymérisation) de trois alcools phénylpropéniques (NKHILI, 2009) ; Alcool p-coumarique, alcool coniférique et alcool sinapique. La polymérisation de ces trois alcools conduit à la formation de la lignine, il est à noter que la composition de la lignine

diffère d'une espèce à une autre. Une structure précise pour la lignine n'est pas encore connue, mais elle doit être sûrement très complexe (GHNIMI, 2015).

2. Biosynthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies métaboliques : voie de l'acide shikimique et la voie de l'acide acétatique (Figure 08) (GHARRAS, 2009).

- **La voie shikimate** : cette voie conduit à la formation des oses aux acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) puis par désamination de ces derniers, aux acides cinnamiques et à leurs très nombreux dérivés: acide benzoïque, lignanes, lignines et coumarines (SHAHIDI *et al.*, 2016).
- **La voie de l'acétate** : c'est à travers de cette voie que s'effectue la cyclisation des chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités «Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA (SHAHIDI *et al.*, 2016).

Cette biosynthèse permet la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe et d'un tissu particulier (ACHAT, 2013).

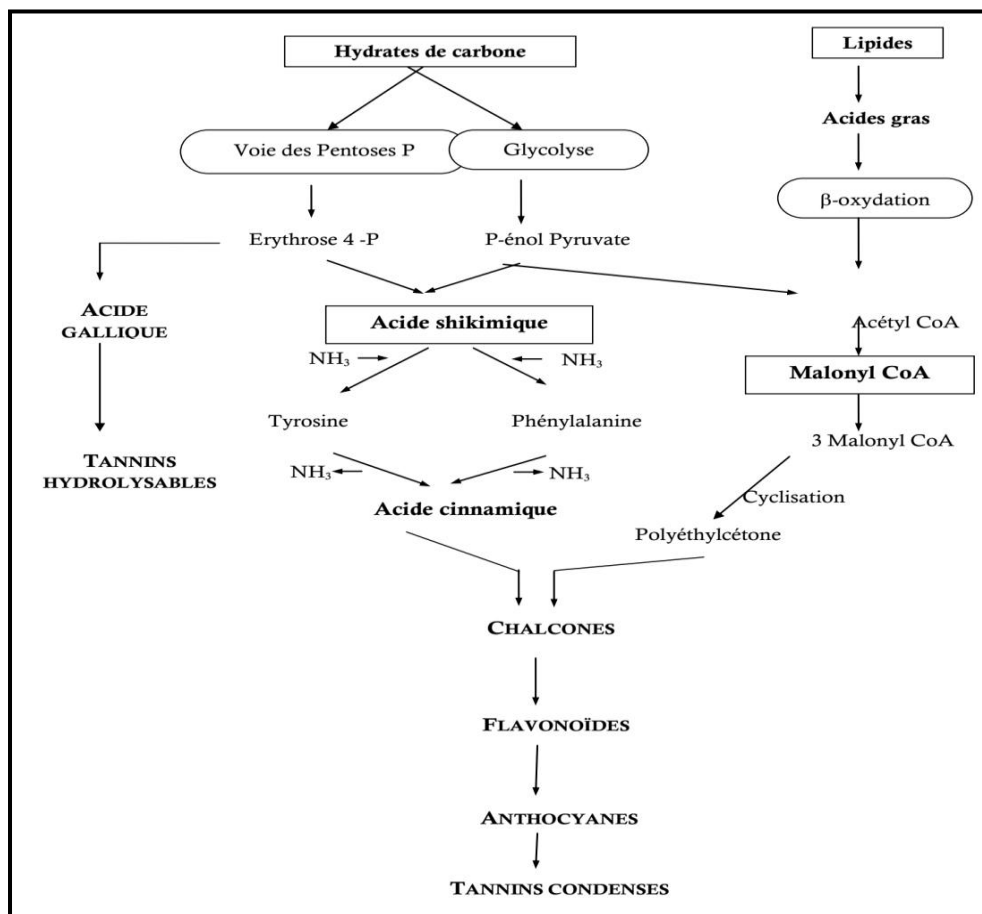


Figure 07. Les principales voies de biosynthèse des polyphénols (AKROUM, 2011).

3. Polyphénols et la protection contre les maladies

Plusieurs études scientifiques ont permis de confirmer les propriétés médicinales attribuées aux polyphénols. Ces derniers auraient un rôle antioxydant, anti-inflammatoire, antidiabétique, anti-cancer, neuro-protecteur et anti-adipogène, suggérant ainsi un lien entre la consommation d'aliments riche en polyphénols et la réduction de l'incidence de nombreux troubles chroniques. Les polyphénols seraient alors de bons agents thérapeutiques au niveau de la santé humaine (**KUMAR SINGH *et al.*, 2019**). Un apport en ces composés en quantités appropriées peut présenter des effets prometteurs dans la prévention de certaines maladies telles que l'obésité, le diabète, la Parkinson et la maladie d'Alzheimer (**DE ARAUJO *et al.*, 2020**).

Les polyphénols ont attirés une grande attention concernant leurs implications potentielles dans le soulagement de nombreuses maladies humaines, cependant, pour exercer tous leurs effets bénéfiques à l'organisme, les polyphénols doivent être biodisponibles, ce qui veut dire que leur absorption au niveau de l'intestin est primordiale pour un impact santé (**SUN *et al.*, 2017**).

4. Rôle et intérêts des polyphénols en agroalimentaire

La prise de conscience des impacts négatifs de l'utilisation de colorants synthétiques sur la santé humaine a stimulé la recherche de pigments naturels, en plus d'avoir un potentiel antioxydant, les composés phénoliques sont utilisés en industrie agroalimentaire autant que colorants naturels fournissant ainsi des nuances de rouge, jaune, orange et vert (**DE ARAUJO *et al.*, 2020**). Grâce à leurs effets aromatisants et leurs goûts variables (amère, astringente ou sucré), les polyphénols exercent un effet majeur sur les propriétés organoleptiques des produits alimentaires (**BOURGOU *et al.*, 2016**). Les polyphénols présentent de potentiels sources d'innovation dans le domaine technologie agroalimentaire, ils sont utilisés comme antioxydants naturels, en remplaçant des antioxydants de synthèse à fin de prolonger la conservation des aliments, tout en évitant le risque d'altérations (**DE ARAUJO *et al.*, 2020**).

Chapitre II

1.Histoire d'une conquête

La découverte du thé est attribuée à l'empereur Shen Nong, un personnage mythique considéré en Chine comme le père de l'agriculture et de la médecine chinoise. La légende raconte que par un jour de grande chaleur Shen Nong se reposait à l'ombre d'un arbre sauvage, il eut soif et fit bouillir un peu d'eau, à ce moment là quelques feuilles d'un arbuste vinrent se poser sur l'eau frémissante, il s'éleva un arôme, l'empereur eut envie de goûter cette préparation inattendue et fut émerveillé du goût de ce mélange. L'arbuste était un Théier, Shen Nong avait créé le thé et découvrit au fil du temps les effets bénéfiques de cette plante. Après sa découverte, l'usage du thé se répandit dans toute la population chinoise, l'empereur Shen Nong le considéra comme un remède contre diverses maladies, Plusieurs vertus lui sont associées comme la faculté de fortifier le corps, de dissiper les maux de tête et de chasser parfois le sommeil d'où les moines bouddhistes trouvèrent en cette plante une application parfaite pour pratiquer leur méditations (VATTE, 2016).

Au début du 10^{ème} siècle, la construction de nombreux ports a permis l'organisation d'une route commerciale maritime reliant la Chine à la Corée et au Japon, permettant ainsi l'exportation du thé chinois aux pays voisins. Avec la création de nombreuses routes facilitant le commerce, la Chine commence à exporter ses produits de thé vers l'Europe et c'est en 1653 que la France et l'Angleterre découvraient ainsi le thé chinois. Au 19^{ème} siècle, la Chine ne pouvant plus satisfaire une demande de thé toujours croissante, les Anglais introduisent ainsi sa culture dans certaines de leur colonies ; en Inde, à Ceylan puis dans des pays d'Afrique Noire anglophone (DESROCHES, 2012).

Le thé devient alors un produit universel par excellence, cette boisson remplie de saveurs s'est modelée à différentes cultures dans le monde, en Inde, par exemple le thé est préparé avec plusieurs épices et cuit dans du lait, en Algérie plus exactement au Sahara , la consommation du thé est très différente, selon les coutumes des Touareg, le thé est mélangé à de la menthe puis versé dans des verres à hauteur à fin de le refroidir et de créer un effet mousse à la boisson. Au Tibet, le thé a une importante valeur spirituelle, additionné de sel et de beurre, cette boisson salée servie dans des bols en bois représentait aux Tibétains un symbole d'hospitalité (CHARTIER, 2016).

Le thé est donc la boisson la plus consommée au monde et fait partie intégrante de l'alimentation de millions d'individus de toutes les classes sociales, avec son histoire millénaire, la richesse des cultures qui l'ont façonnée et les traditions qui l'ont ennobli, l'univers du thé est si vaste qu'on en fera jamais le tour complet (LIU *et al.*, 2019).

2. Étude botanique

2.1. Origine du nom « thé »

Le dictionnaire historique de la langue française (le dictionnaire Robert 1996) indique qu'à l'époque plusieurs langues ont empruntés leur nom du thé au chinois classique " *cha* " comme le portugais *cha* et le russe *tchai*, de façon différente, le français, l'allemand, et le néerlandais ont empruntés le mot thé au malais *teh*, *tey*. Ce dictionnaire confirme également que par métonymie, le mot thé sert à désigner la plante, ses feuilles ainsi que la boisson. Au XVII^e siècle, l'expression thé prend un sens vague et générale pour désigner une boisson chaude, une infusion présentant le plus souvent un caractère médicinal (TREPARDOUX *et al.*, 1999).

2.2. Classification et Description

Le Théier (Figure 01) ou *Camellia Sinensis* L. est un arbuste appartenant à la division des Angiospermes, classe des Dicotylédones et à la famille des Théacées (ZHANG *et al.*, 2019).



Figure 08. *Camellia Sinensis* (KRIEPS, 2009).

Le nom *Sinensis* signifie " de Chine " pays où le thé a été découvert, à l'état naturel le Théier est un arbuste très rameux, de 5 à 10 mètres de haut, ses petites feuilles rigides et vert foncé sont minces, longues et produisent des liqueurs parfumées, seuls les feuilles et les bourgeons sont récoltés pour l'obtention du thé, plus il y'a de bourgeons, plus le thé sera de qualité. Les fleurs du théier de couleur blanche ou jaune sont odorantes, leur taille varie et peut atteindre les trois centimètres, elles sont dialypétales (pétales indépendantes),

pentamères, actinomorphes et sont bisexuées. Ses pétales sont blanches, adhérente à la base et forment une corolle spiralée (ZHANG *et al.*, 2019).

Le calice, formé de cinq sépales est également spiralé, le nombre d'étamines jaunes peut aller jusqu'à 200. Le fruit du théier est une capsule loculaire trigone, ne renfermant qu'une ou deux graines oléagineuses, ex albuminées, entourées d'un tégument sans arille (MC KENNA *et al.*, 2002).

Le Théier est un buisson très robuste et comme il résiste mieux au froid et à la sécheresse que les autres variétés, ce petit arbre est principalement cultivé en altitude ainsi que dans les régions où le climat peut se révéler plus défavorable comme dans certaines parties de la Chine, du Japon et de la Turquie. Sa vie productive est relativement longue et peut s'étaler sur environ une centaine d'années (CHARTIER, 2016).

Outre le choix du matériel végétal, de la période et de la finesse de la cueillette, les caractéristiques d'une plantation telles que le climat, le sol et l'altitude comptent au nombre des facteurs qui influencent grandement la qualité du thé. Le Théier jouit d'une croissance optimale dans les régions tropicales et subtropicales, il a besoin d'une pluie abondante et d'une température moyenne idéale qui se situe autour de 18 à 20°C, un ensoleillement minimum de cinq heures par jour et une humidité relative de 80% lui est aussi favorable, les variations climatiques sont tout de même bénéfiques au Théier, car elles favorisent le développement des arômes, le stress engendré par ces variations fait réagir la plante qui se voit contrainte de retenir la chlorophylle dans ses feuilles, ce qui améliore le goût du thé (CHARTIER, 2016). La qualité du sol est également essentiel à une bonne croissance du Théier, ce dernier a besoin d'une terre plutôt acide car l'acidité l'aide à absorber les nutriments, il a aussi besoin d'un sol riche en minéraux et pourvu d'une bonne couche d'humus. Comme il peut recevoir des précipitations abondantes, un sol bien drainé ayant également une bonne rétention lui est également favorable et pour cela, un relief montagneux est souvent l'idéal pour un Théier (SCHWALFENBERG *et al.*, 2013).

2.3 Procédés d'obtention du thé

2.3.1. Cueillette du thé

Pour la production des thés, les premières pousses du printemps sont d'un grand intérêt, leurs arômes floraux se révèlent à chaque inspiration, la forte concentration en huiles essentielles rend la liqueur des feuilles soyeuses, et leurs tanins sont juste assez présents pour équilibrer cette liqueur. Pour bénéficier de toutes ces qualités, les feuilles du thé doivent être récoltées au bon moment, les producteurs sont donc sur le qui-vive, analysant régulièrement la

croissance des Théiers. Lorsque enfin les jeunes feuilles sont prêtes et que les conditions sont favorables, la cueillette devient une véritable course contre la montre, la récolte doit se faire en quelques jours seulement (**AMERICI et al., 2012**).

La cueillette des feuilles de thé est une opération à la fois simple et primordiale qui consiste à détacher les jeunes pousses sur les arbustes, la majorité des récoltes sont traditionnelles et sont réservées aux mains très délicates des femmes, les cueilleuses doivent pincer entre le pouce et l'index l'extrémité de la plante selon le type de cueillette désirée (cueillette fine ou impériale), pour ensuite amasser les feuilles dans un panier en bambou qu'elles portent en bandoulières, le bambou permet de garder les différents saveurs et fraîcheur de ces feuilles. Le type de cueillette diffère selon les régions et les influences du marché, de façon générale, les récoltes qui possèdent beaucoup de bourgeons sont plus délicates et souvent plus florales (**CHARTIER, 2016**).

La cueillette est un procédé très décisif, car les constituants biochimiques de la feuille de thé dépendent de cette méthode, en outre la teneur en substances aromatiques des feuilles varie selon leur maturité, plus la feuille est jeune, plus elle est chargée d'arômes. Il existe aujourd'hui de nombreuses machines qui permettent de récolter les feuilles de thé, mais elles nécessitent un relief plat et reste un processus non sélectif ce qui peut endommager et affecter la qualité des feuilles, la cueillette à la main reste cependant la meilleure méthode de récolte du thé, l'automatisation du procédé ne peut remplacer le travail aussi minutieux d'un artisan aux mains expérimentés (**CHARTIER, 2016**).

2.3.2. Fabrication du thé

***Flétrissage**

Cette opération qui suit la cueillette a pour but de faire perdre de l'eau à la feuille afin de la ramollir et de la rendre malléable. De manière traditionnelle, les feuilles sont déshydratées et assouplies, en industrie les feuilles sont étalées sur des claies et subissent un courant d'air provoqué par une soufflerie (**RAYNAUD, 2006**).

***Roulage**

Cette étape déterminera la forme finale de la feuille, elle permet également aux cellules des feuilles de se briser et de libérer les huiles essentielles. Le roulage traditionnel est effectué à la main dans une cuve chauffée, le roulage mécanique utilisera une rouleuse (**KRIEPS, 2009**).

***Fermentation**

Cette étape se fait à différentes températures suivant le type de thé, elle a pour but de développer les parfums et intensifier les couleurs (HAYAT *et al.*, 2013).

***Séchage (dessiccation)**

Cette opération consiste à faire chauffer les feuilles pour dénaturer l'enzyme causant l'oxydation, elle peut être utilisée également pour interrompre le phénomène d'oxydation (CHARTIER, 2016).

***Tamisage**

Les feuilles sèches sont triées par tamisage pour les sélectionner en fonction de leur taille et afin de les débarrasser de la poussière. Le thé est emballé ensuite dans des caisses à bois doublés d'aluminium et il est prêt à être commercialisé (CLEMENT, 2004).

2.3.3 Type de thé

Blanc, vert ou noir il existe de nombreuses couleurs de thé, cependant toutes ces variétés sont issues d'une seule et même plante ; le *Camellia sinensis*. Ce sont les transformations réalisées sur les feuilles après récolte qui permettent d'obtenir des sortes de thé différentes (YAN *et al.*, 2020).

- Thé blanc

Juste cueilli, le thé subit peu de modifications, les feuilles sont séchées naturellement, afin de retirer une partie de leur humidité, la liqueur de ce thé est peu tannique et faible en caféine (CHARTIER, 2016).

- Thé vert

Pour l'élaboration d'un thé vert, la feuille ne subit pas d'oxydation ; elle est chauffée de façon à arrêter le processus d'oxydation naturelle. Les chinois chauffent ces feuilles à haute température, les japonais utilisent la vapeur chaude d'où la différence du goût des thé vert chinois à ceux des japonais (ROBERT, 2013).

- Thé jaune

Cette couleur de thé est assez rare, les feuilles subissent une légère oxydation d'où la teinte jaunâtre de la feuille (SCHWALFENBERG *et al.*, 2013).

- Thé bleu-vert

Aussi appelé Oolong ou Wulong, il s'agit d'un thé semi-oxydé qui peut être peu oxydé ou fortement oxydé, l'oxydation est stoppée au moment souhaité (ROBERT, 2013).

- Thé noir (ou rouge)

Les thés noirs sont très riche en tannins, ce sont des thés qui subissent une forte oxydation contrairement aux autres couleurs de thé, les plus connus sont les thés de Darjeeling et de Yunnan (**HAYAT *et al.*, 2013**).

- Thé sombre

Également nommé thé post-fermenté, il se présente en vrac ou en galette, il s'agit d'un thé vieillis en cave qui développe des notes de sous-bois (**ROBERT, 2013**).

3. Composition chimique de la feuille de thé

3.1. Polyphénols

Ils représentent les constituants majoritaires de la feuille de thé, une tasse de thé apporterait 300 à 400 mg de polyphénols. Ces molécules sont synthétisés par les végétaux et appartiennent à leur métabolisme secondaire, ce sont des phytomicronutriments et généralement des pigments responsables des teintes automnales des feuilles (**LIU *et al.*, 2019**).

Dans de nombreuses cultures, le thé est une source importante de flavonoïdes alimentaires. Le thé constitue aussi l'une des sources alimentaires les plus riches en flavonoïdes, qui dans ce produit sont pour 90 % des flavan-3-ols (aussi appelés couramment catéchines) (**MORAND, 2014**).

Tous les thés proviennent des feuilles de *Camellia sinensis*, mais en fonction des méthodes de traitement utilisées plusieurs types de thé sont produits avec des compositions en flavan-3-ols très différentes. Dans le thé vert on trouve principalement des catéchines monomères (incolores, hydrosolubles et astringentes), qui sont pour la plupart des épicatechines estérifiées à l'acide gallique. À la différence du thé vert, le thé noir est un produit plus transformé, puisque les feuilles de thé fraîches sont écrasées, pour libérer la polyphénol-oxydase, puis « fermentées ». Ce processus oxyde les flavonoïdes pour générer des dimères de catéchines, appelés théaflavines (rouge orangé, astringents), et d'autres polymères plus complexes comme les théarubigènes, l'ensemble constituant les flavan-3-ols majoritaires du thé noir (**KRIEPS, 2009**).

Outre le type de thé, le niveau de flavan-3-ols varie aussi considérablement en fonction de la variété, de la zone et de la saison de récolte, les caractéristiques du produit (taille des feuilles, quantité par sachet) et les modes de préparation des infusions (température, agitation, durée d'infusion) sont d'autres facteurs qui influencent aussi les teneurs en flavonoïdes (**MORAND, 2013**).

Les polyphénols de thé sont connus pour leurs activités biologiques qui sont en relation directe avec la santé de l'être humain, contre les maladies cardiovasculaires, les polyphénols permettraient de lutter contre l'oxydation du mauvais cholestérol (**KUMAR SINGH *et al.*, 2019**). Contre les cancers, les antioxydants préviennent la formation des tumeurs, ils vont empêcher la formation des agents à l'origine des mutations génétiques nocives (**SOUSA, 2018**).

D'après les études multiples attestant l'impact positif de la consommation de polyphénols de thé sur la santé et la prévention des maladies, Ils jouent un rôle très important dans le traitement du diabète, des inflammations, des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension, des thromboses, des allergies et des infections bactériennes et virales (anti-HIV) (**KHAN *et* MUKHTAR, 2018**).

Les flavonoïdes possèdent des propriétés antimicrobiennes. Ils sont capables d'agir au niveau de la synthèse des protéines virales (**SELADJI, 2013**).

La consommation d'aliments et boissons riches en polyphénols préserve la fonction vasculaire et pourrait ainsi contribuer à la réduction des maladies cardiovasculaires. Ces composés agiraient en améliorant certains facteurs de risque associés au développement de ces pathologies (**MORAND, 2014**).

3.2. Alcaloïdes

Les alcaloïdes ou méthylxanthines présents dans les feuilles de thé sont la caféine, la théobromine et la théophylline (**MOSSION, 2007**).

La caféine du thé représente 2.5 à 3% de la matière sèche de la feuille, les scientifiques l'ont d'abord nommée théine jusqu'à ce que des recherches en 1838 prouvent que cette molécule était effectivement de la caféine, cette substance agit principalement sur le système nerveux central et cardio-vasculaire comme stimulant (**ROBERT, 2013**)

3.3. Vitamines

Les vitamines du groupe B telles que la B1 (thiamine) et la B2 (riboflavine) et la vitamine C sont retrouvées dans la feuille de thé, la vitamine C est assez abondante dans les feuilles fraîches. La fixation de la vitamine C est favorisée par la présence de polyphénols dans le thé (**CLEMENT, 2004**).

3.4. Minéraux

La composition de thé participe au bien être de l'organisme grâce à la présence de certains minéraux dans la feuille sèche qui sont ; le potassium, le calcium et le magnésium,

d'autres minéraux sont présents en infime quantité comme le cuivre, le sodium et le zinc (KRIEPS, 2009).

3.5. Acides aminés

Dans les feuilles de thé, la théanine est l'acide aminé prédominant, il représente de 1 à 2% du poids total de la feuille. Cette molécule est le composé responsable du goût *umami* des thés et elle en réduit l'amertume, par ailleurs la théanine est plus présente dans les thés noirs que dans les thés verts (ROBERT, 2013).

3.6. Glucides

Ce sont des glucides solubles qui représentent 5% de la matière sèche, les glucides présents dans le thé sont représentés par 1 à 2% d'oses, un peu de gomme et de pectine (CLEMENT, 2004).

3.7. Lipides

Les feuilles du thé contiennent 18 à 33% de triglycérides, la phosphatidylcholine représente le composé majoritaire (CLEMENT, 2004).

3.8. Caroténoïdes

Carotène, lutéine et violaxanthine sont présents en faible quantité dans le thé, très peu de ces caroténoïdes passent dans l'infusé du thé, en raison de leur caractère hydrophobe (CLEMENT, 2004).

4. Propriétés d'un bon thé

4.1. Conservation du thé

Les feuilles de thé ont une durée de conservation considérablement longue en raison de leur faible teneur en humidité. Dans le cas de certains types de thé, un stockage prolongé est même nécessaire pour le développement du goût et de l'arôme désiré. Cependant, pour d'autres types de thé, un stockage prolongé peut entraîner une perte de qualité du produit (KOSINSKA *et al.*, 2014).

4.2. Quantité du thé

Les quantités de thés utilisés dépendent du type de thé et de la méthode de préparation, un surdosage de thé risque d'apporter de l'amertume tandis que peu de thé produira une tasse sans intérêts. En règle générale, la quantité employée est d'environ 1.5mg de thé pour 10cl d'eau (ROBERT, 2013).

4.3. Température de l'eau

La température de l'eau influe sur le contenu en antioxydants, le thé doit être infusé à une température ne dépassant pas les 90°C à l'exception du thé noir, où la température peut aller jusqu'à 95°C (KRIEPS, 2009).

Une eau trop chaude pourrait brûler les feuilles de thé et amener de l'amertume à la préparation (ROBERT, 2013).

4.4. Qualité de l'eau

Le thé étant composé à 99% d'eau, il est important d'utiliser une eau de qualité pour l'infusion, c'est-à-dire une eau fraîche et pure, peu calcaire, filtrée et faible en sodium, bicarbonate et sulfate (ROBERT, 2013).

4.5. Temps d'infusion

La durée d'infusion des feuilles de thé dans l'eau influe grandement sur la qualité de la liqueur obtenue, l'eau ne doit pas bouillir afin que l'O₂ ne s'évapore pas (ROBERT, 2013). La durée d'infusion influence également le contenu en antioxydants, elle est de 3 à 5 minutes maximum, au-delà le thé sera trop fort (RAYNAUD, 2006).

5. Bienfaits du thé

5.1. Effet antioxydant

Source importante de polyphénols, le thé a un grand pouvoir antioxydant ; il prévient le vieillissement des cellules et réduit les risques de cancers (EDEAS, 2007).

Selon les résultats de certaines études conduites chez l'homme, les polyphénols seraient impliquées dans la prévention des maladies cardiovasculaires, et certaines pathologies telles que les maladies neurodégénératives, le diabète et l'ostéoporose. Ces composés deviennent ainsi les molécules préférées des nutritionnistes, des industriels agroalimentaires et des laboratoires (KHAN *et* MUKHTAR, 2018).

5.2. Effet sur la silhouette

Une forte consommation du thé pourrait être un facteur important dans la réduction du poids corporel et dans la prévention du syndrome métabolique (HAUFE *et al.*, 2018).

5.3. Effet stimulant, énergisant, non excitant

Bien que la théine soit la même molécule que la caféine, leurs effets sur l'organisme diffèrent par la présence des polyphénols dans le thé. En effet la théine est captée par ces polyphénols, ce qui rend la digestion de la théine plus lente que celle de la caféine du café. C'est pourquoi le thé a un effet stimulant et non pas excitant par rapport à celui du café (ROBERT, 2013).

5.4. Renforce le système immunitaire

la consommation du thé vert réduit les risques d'infections virales, en effet la molécule la plus actif du thé vert qui est l'épigallocatechine possède des propriétés antivirales et antibactérienne ce qui permet d'éviter la propagation des maladies et accélère la récupération du rhume et de la grippe (SCHWALFENBERG *et al.*, 2013). D'autres études ont montrés que les polyphénols avaient une activité antiallergique, en effet les polyphénols pourraient interagir avec certaines protéines allergènes formant ainsi des complexes insolubles hypoallergéniques (XING *et al.*, 2019).

5.5. Prévention de certaines maladies

Les catéchines du thé semblent avoir des effets antiobésité et antidiabétiques, les mécanismes d'actions sont déterminés à partir d'une base de données en laboratoires et pourraient être liés à la modulation du bilan énergétique, aux apports en alimentation et au système endocrinien (CHACKO *et al.*, 2010).

Des études scientifiques menées sur les vertus du thé, ont montrées que boire plusieurs tasses de thé par semaine serait inversement lié aux risques d'affections cardiaques, infarctus et thromboses (XING *et al.*, 2019). En réduisant l'oxydation du mauvais cholestérol, le thé apporte une protection sur le système cardio-vasculaire (EDEAS, 2007).

Consommer du thé régulièrement permet de renforcer les défenses naturelles des patients atteints de cancer, et de ralentir la progression de certains cancers de la peau et des voies biliaires (KHAN *et* MUKHTAR, 2018). En clinique, des gélules de thé spécifiquement du thé vert sont parfois conseillées pour atténuer les effets secondaires de la radiothérapie (vomissement et diarrhées) (KRIEPS, 2009).

Des études épidémiologiques ont montrés que la consommation du thé pourrait avoir un effet positif sur l'humeur et la fonction cognitive, des chercheurs ont rapportés que dans une population en bonne santé, ceux qui buvaient du thé étaient moins susceptibles de développer une dépression au cours de leur vie que ceux qui ne buvaient pas (GILBERT, 2019).

5.6. Propriétés sur l'intestin

De nombreuses études révèlent que la consommation du thé pourrait être bénéfique sur le microbiote intestinal (XING *et al.*, 2019, BOND *et* DERBYCHIRE, 2019). Les composés phénoliques peuvent potentiellement affecter la composition et la diversité du microbiote intestinal pour maintenir l'homéostasie intestinale (WANG *et al.*, 2016).

6. Effets néfastes du thé

6.1. Thé, interactions avec le Fer

Les polyphénols présents dans le thé empêchent l'absorption et l'assimilation du fer d'origine végétal dans l'organisme (BUREAU, 2013). Cet effet d'inhibition de l'absorption du fer est attribué au complexe tanins-fer insoluble qui se forme dans la lumière du tractus gastro-intestinal (MASSAUX, 2012).

Cependant, il est possible de diminuer cet effet négatif en évitant de consommer le thé en même temps que les repas ou encore d'associer son thé à de la vitamine C, cette dernière jouerait un rôle important sur l'absorption du fer avec un effet antagoniste de celui du thé (BUREAU, 2013).

6.2. Thé vert et anticoagulants

A fin d'éviter la formation d'un caillot sanguin, certaines personnes doivent consommer quotidiennement des anticoagulants, le thé vert fait partie des aliments qui peuvent modifier la concentration sanguine de ces médicaments, il est donc préférable pour ces personnes de ne pas consommer le thé en quantité trop élevée (CHEN *et al.*, 2013).

6.3. Insomnies et palpitations

Même si la caféine du thé n'a pas tout à fait le même effet sur l'organisme que celle du café, absorbée en forte quantité, le résultat de cette théine serait le même ; insomnies et éventuellement palpitations cardiaques (ROBERT, 2013).

6.4. Composés toxiques

Lors de sa récolte et de sa préparation, le thé peut être non bien nettoyé, de ce fait il s'y trouve forcément des contaminants naturels comme les alcaloïdes pyrrolizidiniques provenant des mauvaises herbes, selon un sondage en Inde, concernant les résidus de pesticides sur le thé, plusieurs marques de thés verts et noirs contiennent des traces de pesticides et de métaux potentiellement dangereux pour la santé (SEENIVASSAN *et al.*, 2011).

Chapitre III

1. Le système digestif

La digestion est un processus biologique complexe qui se déroule dans l'appareil digestif et qui permet à l'individu de tirer des aliments les nutriments indispensables à sa vie (MENARD et DUPONT, 2014). Au cours de leur passage dans le tube digestif (Figure 09), les aliments ingérés sont découpés et subissent plusieurs transformations mécaniques et chimiques à fin d'en extraire les nutriments qui plus facilement absorbables sont reversés dans la circulation sanguine pour satisfaire l'homéostasie des cellules de l'organisme (DAINESE-PLICHO et HEBUTERNE, 2012).

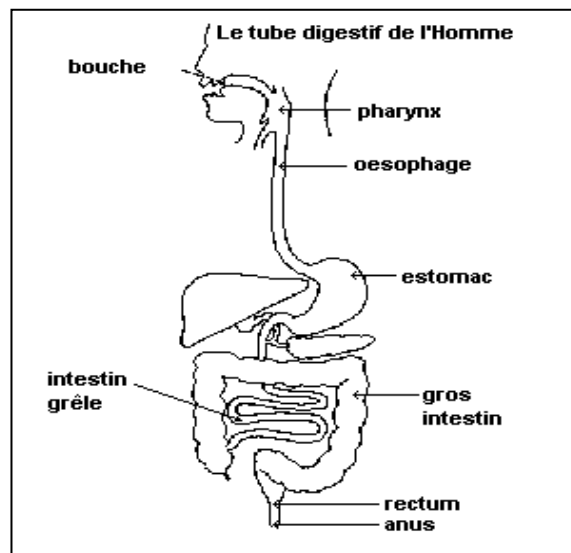


Figure 09. L'appareil digestif de l'homme (MENARD et DUPONT, 2014).

Le système digestif est d'une efficacité incroyable pour digérer les aliments, il est en effet estimé qu'un individu ingère et digère une centaine de tonne d'aliments au cours de sa vie (FIORAMONTI, 2014), la mastication en bouche, les mouvements péristaltiques de l'estomac et l'activité du microbiote intestinal permettent un traitement complet de la plupart des molécules alimentaires et l'élimination des produits non assimilables (MENARD et DUPONT, 2014). Après l'ingestion d'aliments contenant des polyphénols, ces derniers atteignent le tractus intestinal et par leur structure chimique radicalement différente, ces composés phénoliques subissent différents mode d'absorption intestinale (MIRANDA *et al.*, 2013). Les polyphénols non absorbés par l'intestin subissent des modifications structurales telles que l'hydrolyse des glycosides et la dégradation des aglycones en acides phénols

simples (GASTON, 2016), cette étape est décisive pour l'action biologique des polyphénols car elle produirait certains métabolites bioactifs contribuant ainsi aux effets santé (Y WAN *et al.*, 2020).

2. L'écologie intestinale (le microbiote intestinal)

L'intestin humain abrite plus de 100000 milliards de micro-organismes, soit 2 à 10 fois plus que le nombre de cellules qui constituent notre corps, cette communauté microbienne collective présente entre la lumière du tube digestif et l'épithélium intestinal constitue notre flore intestinale appelée également le microbiote intestinal, la composition de ce dernier diffère sensiblement entre les sites anatomiques et dépend des sécrétions de l'hôte et des conditions environnementales (WILSON *et al.*, 2020). Sans le microbiote, nous serions incapable d'assimiler certains aliments que seules les bactéries peuvent dégrader, nous parlons souvent de symbiotisme car ni cette flore intestinale, ni son hôte ne peuvent survivre l'un sans l'autre, de récents progrès des techniques de séquençage de l'ADN ont permis par le décompte de gènes, de découvrir la diversité insoupçonnée de certaines bactéries intestinales (BEN YTZHAK *et* PIGENET, 2014), ces techniques de séquençage ont établi que le microbiome bactérien de l'intestin humain est dominé par les *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Fusobacteria* et *Verrucomicrobia*, avec les *Firmicutes* et *Bacteroidetes* qui représentent 90% du microbiote intestinal (ILLIANO *et al.*, 2020), le *phylum Firmicutes* est composé de plus de 200 genres différents dont les *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus* et *Ruminococcus*. Le *Bacteroidetes* se compose de genres prédominants tels que *Bacteroides* et *Prevotella*, le *phylum Actinobacteria* est représenté principalement par les *Bifidobacterium*, de nombreuses recherches visent à mettre en évidence les relations entre ces différents genres bactériens qui, à l'avenir permettra de détecter et comprendre le fonctionnement global de notre flore intestinale et ses interactions avec l'organisme (RINNINELLA *et al.*, 2019). Le microbiote constitue ainsi un écosystème qui en dépit de perturbations qu'on lui impose, fait preuve d'une certaine inertie et garde une signature propre à chaque individu. Sans interventions extérieurs, cet écosystème s'autorégule, en effet les bactéries se contrôlent mutuellement en synthétisant des peptides antimicrobiens, mais lorsqu'il y a prise d'antibiotiques certaines bactéries sensibles meurent d'où le déséquilibre de l'écologie intestinale (BEN YTZHAK *et* PIGENET, 2014). Cependant, une communauté microbienne diversifiée et saine pourrait avoir un impact sur la santé humaine et la prévention de nombreuses maladies (WILSON *et al.*, 2020).

3. Répercussions alimentaires sur le microbiote intestinal

Chaque jours, notre corps est exposé à une grande variété d'aliments, ces derniers ont un impact clé sur notre microbiote intestinal influençant sa composition en termes de richesse et diversité microbienne (RINNINELLA *et al.*, 2019), nous savons que 30 à 40% du microbiote intestinal de l'adulte peut être modifié au cours de la vie, et le régime alimentaire est l'un des facteurs les plus pertinents (ILLIANO *et al.*, 2020). Puisque nos habitudes alimentaires sont un résultat d'un mélange de nutriments livrés en continu et indéfiniment à notre écosystème intestinal, il est donc utile d'évaluer les recommandations alimentaires visant à promouvoir la santé intestinale tout en mettant l'accent sur la qualité des aliments ainsi que sur le choix d'un régime alimentaire sain (RINNINELLA *et al.*, 2019).

Une alimentation saine, riche en protéines végétales, en sucres complexes, en polyphénols et en fibres module le microbiote en favorisant la croissance de bactéries bénéfiques telles que les *Bifidobacterium* et diminuent significativement les bactéries pathogènes telles que les *Salmonella*, tandis qu'un régime alimentaire riche en sucres simples, en graisses saturés, en protéines animales et en produits transformés contribue à la croissance de bactéries anaérobies facultatives nuisibles telles que les entérobactéries et les agents pathogènes opportunistes (FAVA *et al.*, 2018). Les composants alimentaires fonctionnels, y compris les prébiotiques et les probiotiques confèrent un bénéfice à la santé intestinale, leur consommation a été liée à une augmentation d'espèces *Bifidobacterium* et *Lactobacillus*, étant donné leur capacité à faciliter la digestion et atténuer les inflammations de l'intestin (DANNESKIOLD-SAMSOE *et al.*, 2018). La fermentation des résidus glucidiques à savoir les fibres, libère des métabolites qui exercent de remarquables effets régulateurs sur la muqueuse colique, des études épidémiologiques ont montrés qu'une consommation élevée de fibres pourrait prévenir le cancer du côlon, en fait les fibres résistent à la digestion enzymatique et représentent souvent un substrat pour la fermentation bactérienne du gros intestin (WILSON *et al.*, 2020). Plusieurs études ont démontrés que les polyphénols alimentaires pourraient modifier le microbiote intestinal, ce qui entraîne une abondance de bactéries bénéfiques, de plus le microbiote intestinal module la transformation des composés phénoliques en métabolites secondaires, en influençant leur biodisponibilité ainsi que leurs propriétés (RINNINELLA *et al.*, 2019, FAVA *et al.*, 2018, DANNESKIOLD-SAMSOE *et al.*, 2018). Les interactions entre le microbiote intestinal et l'alimentation jouent un rôle crucial dans le maintien de la santé (STOJANOVIC et MILIVOJEVIC, 2020), les

changements de statut socio-économique, de traditions culturelles et de croissance démographique ont un impact sur les habitudes alimentaires dans le monde, trouver des moyens d'augmenter la disponibilité d'aliments sains est un besoin majeur (**ILLIANO *et al.*, 2020**). En raison de la composition complexe d'un régime alimentaire, il est donc difficile de définir clairement le rôle individuel de chaque composant alimentaire sur le microbiote intestinal (**DANNESKIOLD-SAMSOE *et al.*, 2018**), par conséquent, de nouvelles approches nutritionnelles peuvent être adoptées en adaptant un régime personnalisé suite à des analyses du microbiote à fin de moduler et restaurer un écosystème intestinal sain (**RINNINELLA *et al.*, 2019**).

4. Le microbiote intestinal et santé humaine

L'intérêt pour l'étude du microbiote intestinal s'est énormément accru au cours de la dernière décennie, surtout depuis que la communauté scientifique a reconnu le rôle clé des bactéries intestinales dans de multiples fonctions physiologiques de l'organisme humain (**FAVA *et al.*, 2018**). Le microbiote intestinal est, certes, un allié indispensable pour une bonne digestion, mais il est aussi en partie responsable de la maturation de notre système immunitaire qui apprend à ne pas réagir de façon exagérée à nos bactéries commensales, notre foie, notre tissu adipeux reçoivent des signaux provenant du microbiote qui leur permettent de s'équilibrer et de mieux fonctionner, le cerveau répond également à des stimuli venus de cet ensemble de bactéries, la place du microbiote se révèle donc chaque jour plus centrale dans notre santé (**DORE *et al.*, 2017**). Le déséquilibre du microbiote intestinal pourrait être impliqué dans de nombreuses maladies, comme les inflammations chroniques, l'insulinorésistance, l'hypertension artérielle qui mènent tout droit à ce que l'on appelle le syndrome métabolique (**EL KHAOUTARI *et al.*, 2014**), cependant, une alimentation riche en fruits et légumes, faible en viandes est très bénéfique pour notre flore intestinale, qui en dégradant certaines fibres et polyphénols, produirait des métabolites comme les acides gras à courte chaîne (AGCC) qui interviennent dans la régulation de l'appétit, du transit et de la formation des graisses, d'autres métabolites comme le butyrate, protègent nos cellules intestinales de l'inflammation et auraient même des propriétés anti-cancéreuses (**PASCALE *et al.*, 2018**).

Plusieurs études expérimentales ont démontrés que les bactéries intestinales pourraient inhiber la cancérogénèse dans divers organes, d'autres preuves ont pu mettre en évidence la relation du développement d'un cancer et l'épuisement du microbiote intestinal par les

antibiotiques (**ILLIANO et al., 2020**). La relation entre l'anxiété, stress et le microbiote intestinal a été longuement analysée par des chercheurs, qui d'après une étude in vivo ont conclu que sans microbiote, la sensibilité au stress était plus élevée, cependant, les mécanismes responsable de cette relation stress-microbiote sont encore à l'étude (**RABOT, 2017**), le diabète est certes une affaire de sucre, mais aussi de bactéries intestinales qui nous permettent de digérer les sucres lents en sucres simples qui fermentent en acides gras à courte chaîne (AGCC), les diabétiques de type 2 auraient donc un microbiote moins riche en bactéries productrices d'AGCC. En mourant, certaines bactéries libèrent des substances toxiques, dont la présence dans le sang est associée à un risque accru de diabète (**HARSCH et KOUNTUREK, 2018**). Plusieurs études montrent que des individus ayant un déficit en bactéries intestinales et un appauvrissement de la diversité auraient un risque accru de développer des complications liées à l'obésité, les espèces bactériennes manquantes pourraient donc avoir un rôle contre la prise de poids (**BLOTTIERE, 2017**).

L'obésité, le diabète, les maladies cardio-vasculaires et les cancers font des ravages sur toute la planète, d'innombrables perspectives de recherche s'amorcent de jour en jour à fin de mieux comprendre l'implication des bactéries de notre flore intestinale dans ces maladies du monde moderne, ces travaux permettent de mieux cerner la relation entre alimentation, microbiote intestinal et santé, ce qui va mener à de nouveaux régimes, de thérapies plus personnalisées, voire une médecine préventive (**LI et al., 2017**).

Chapitre IV

1. L'avantage des polyphénols alimentaires sur la santé intestinale.

Plus de 100000 composés phénoliques ont été identifiés dans divers aliments comme les fruits, les légumes, les céréales et dans des boissons comme le thé, le café et le vin, les polyphénols sont connus pour être impliqués dans la prévention de nombreuses maladies, ils représentent actuellement un sujet d'intérêt croissant pour la communauté scientifique, cependant l'absorption et la biodisponibilité de ces composés restent incertaines et controversées (**RINNINELLA *et al.*, 2019**). Une fois consommés, les polyphénols alimentaires sont perçus comme des xénobiotiques chez l'homme, leur biodisponibilité est relativement faible par rapport au micro et macronutriments, la complexité structurelle et la polymérisation de ces composés influence fortement leur absorption au niveau de l'intestin (environ 5 à 10% qui sont absorbés), dans le gros intestin, les microbes agissent sur les substances phénoliques produisant des métabolites plus petits aux propriétés physiologiques importantes (**KUMAR SINGH *et al.*, 2019**). Les polyphénols sont métabolisés par les bactéries coliques via l'estérase, la glucosidase, la déméthylation et les activités de déshydroxylation et de décarboxylation donnant ainsi des métabolites comme les acides phénoliques et les acides gras à chaîne courte (AGCC) dont certains peuvent être absorbés au niveau de la muqueuse intestinale (**DANNESKIOLD-SAMSOE *et al.*, 2018**), le microbiote colique converti les polyphénols en composés bioactifs qui peuvent affecter l'écologie intestinale et influencer la santé de l'hôte, des études *in vitro* prouvent que certaines doses de polyphénols pourraient modifier la composition du microbiote intestinal, des sources de flavan-3-ols comme le chocolat, le thé vert et le raisin produiraient des changements dans les bactéries bénéfiques telles que les *Lactobacillus*, mais inhibent d'autres groupes comme les *Clostridium*, d'autres études affirment que lorsque des bactéries ont été cultivées avec divers composés phénoliques du thé, la croissance de bactéries pathogènes telles que *Clostridium Perfringens* et *Bacteroides* a été réprimée, tandis que les *Bifidobacterium* et *Lactobacillus* étaient moins touchées (**CARDONA *et al.*, 2013**).

L'aspect le plus étudié concernant l'influence des polyphénols sur les microbes intestinaux est leur activité antimicrobienne contre les pathogènes d'origine alimentaires, dans ce sens, plusieurs composés phénoliques ont été identifiés comme agents potentiels ayant des actions bactériostatiques ou bactéricides, ils pourraient également agir comme des inhibiteurs de bactéries causant des infections au niveau des cellules intestinales et des voies urinaires,

cependant, il est important de souligner que les quantités excessives de polyphénols pourraient aussi inhiber la croissance de microbes coliques bénéfiques, par conséquent, les compléments alimentaires pourraient avoir un effet indésirable sur la santé humaine au lieu de la soutenir (ETXEERRIA *et al.*, 2013), il a été constaté que les métabolites secondaires en particulier ceux avec un anneau aromatique étaient plus aptes à inhiber certaines bactéries que leurs polyphénols primaires, effectivement, les métabolites issus de la transformation microbienne de polyphénols présentent souvent une bioefficacité améliorée en raison de la structure chimique modifiée (Y WAN *et al.*, 2020). En plus d'agir comme des agents antimicrobiens, les polyphénols confèrent également des effets protecteurs en tant que prébiotiques, en raison de leur spécificité contre les agents pathogènes ainsi que leur bienfait sur les probiotiques comme les *Lactobacillus* (RINNINELLA *et al.*, 2019), plusieurs études cliniques ont révélés l'association entre les métabolites microbiens de polyphénols et la prévention du cancer colorectal, cependant, d'autres preuves expérimentales sont nécessaires à fin d'élucider les mécanismes moléculaires précis impliqués (KUMAR SINGH *et al.*, 2019). De nombreuses interventions in vitro et in vivo ont rapportés que l'apport en polyphénols pourrait être lié à la prévention du syndrome métabolique, leurs résultats soutiennent l'hypothèse que les métabolites microbiens des polyphénols doivent être pris en compte lors de l'évaluation de l'impact de ces polyphénols (CARDONA *et al.*, 2013).

En raison des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-carcinogènes des polyphénols, ces derniers semblent être des candidats prometteurs pour prévenir et lutter contre diverses maladies gastro-intestinales, cependant l'inconvénient de la plupart des études sur l'effet de ces molécules est l'absence d'un régime témoin, ces études n'ont pas pris vraiment en compte la quantité de polyphénols existante dans une alimentation normale, les volontaires les consommaient souvent sous forme de supplément de jus ou de poudre (Y WAN *et al.*, 2020). Bien que les mécanismes précis de l'impact des polyphénols sur le microbiote intestinal méritent d'avantages de clarification, les composés phénoliques ont montré plusieurs avantages pour les troubles intestinales. Malheureusement, l'utilisation thérapeutique et nutraceutique des polyphénols est compromis par leur biodisponibilité et leur incapacité à atteindre certaines cibles (tissus, cellules...etc.), à fin de surmonter cette limitation, des progrès biotechnologiques ont été développés, visant à transporter les composés phénoliques à travers le tractus gastro-intestinal et dans les régions cibles (KUMAR SINGH *et al.*, 2019), enfin, une meilleure compréhension de la relation entre le régime alimentaire phénolique et le microbiote intestinal par la combinaison d'études

métagénomiques et métabolomiques donne un aperçu plus clarifié sur l'effet santé des polyphénols alimentaires (CARDONA *et al.*, 2013).

2. L'effet des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal

Contenant de nombreux composés bioactifs, le thé est l'une des boissons les plus consommées dans le monde, ce breuvage est considéré comme une ressource naturelle potentielle pour la santé humaine (SUN *et al.*, 2017). Les polyphénols contenus dans le thé comprennent les catéchines, les flavonoïdes, les flavonols, les anthocyanes et les acides phénoliques, ce sont des antioxydants aux effets anti-cancérogènes et peuvent également protéger les cellules des radiations, en conséquence, les polyphénols du thé ont attiré une grande attention à leurs implications dans la prévention et soulagement des maladies humaines (WANG *et al.*, 2016). Au cours des dernières décennies, des données probantes sur l'ingestion du thé, ses composés et les aspects de la santé intestinale ont évolué progressivement, de manière plus cohérente, des preuves pour le thé vert semble être liées à une amélioration des profils du microbiote intestinal, de nouvelles preuves pour le thé noir et le thé oolong sont également prometteuses, avec des mécanismes similaires signalés (BOND *et DERBYCHIRE*, 2019). Dans le tractus gastro-intestinal humain, la grande majorité des résidents microbiens jouent un rôle essentiel pour le maintien de la santé de l'hôte, et la moindre perturbation du microbiote intestinal serait associée à des syndromes métaboliques, les polyphénols du thé peuvent ainsi affecter positivement la micro-écologie intestinale (SUN *et al.*, 2017), plusieurs études ont montrés que la consommation du thé chez des volontaires sains pendant deux semaines a entraîné des modifications importantes dans la composition du microbiote intestinal, effectivement les composés phénoliques du thé peuvent potentiellement affecter la diversité et la structure microbienne pour maintenir ainsi l'homéostasie intestinale (LIU *et al.*, 2019).

Les polyphénols du thé modulent le microbiote intestinal tout en améliorant la croissance d'un micro-organisme bénéfique, c'est-à-dire *Bifidobacterium*, une étude a confirmé également que les polyphénols du thé peuvent inhiber efficacement la prolifération de pathogènes comme les *Bacteroides* et *Prevotella* (XING *et al.*, 2019), Un essai in vivo, mené sur huit adultes pendant une période déterminée a démontré que les polyphénols du thé administrés ont entraînés une réduction significative d'agents pathogènes dont les *Clostridium perfringens* et les *Staphylococcus aureus* (BOND *et DERBYCHIRE*, 2019). En tant que prébiotiques, les polyphénols du thé ont été suggérées pour favoriser la croissance de

certaines probiotiques comme les *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, cette description s'adapte aux polyphénols du thé en raison de leur spécificité contre les agents pathogènes, tandis que les bactéries bénéfiques restent inchangées (WANG *et al.*, 2016), une autre étude a également montrée que la consommation des polyphénols du thé vert pouvait inhiber la croissance de plusieurs souches d'agents pathogènes bactériens y compris, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* et le *Bacillus cereus*, en comparant les propriétés antimicrobiens de plusieurs types de thé, il a été constaté que le thé vert serait le meilleur antibactérien, évidemment, le gallate d'épigallocatechine (EGCG) étant le plus puissant parmi les polyphénols du thé vert représente le potentiel antibactérien le plus élevé (Y WAN *et al.*, 2020). Le mécanisme de la remarquable activité antibactérienne contre les espèces pathogènes des polyphénols du thé peut être expliqué par leur liaison sur les membranes de cellules bactérienne de manière dose-dépendante, les dommages causées à la membrane bactérienne lipidique bicouche perturbant ainsi sa fonction ce qui va donc inhiber la croissance cellulaire de la bactérie (XING *et al.*, 2019). Certaines bactéries intestinales peuvent métaboliser les polyphénols du thé en différents métabolites aromatiques, dont la majorité montrent des caractéristiques pour inhiber les agents pathogènes et promouvoir la croissance des anaérobies commensaux et des probiotiques, la production accrue d'acides gras à chaîne courte (AGCC) dans l'intestin est considérée comme souhaitable car leur pouvoir acidifiant sur l'environnement colique peut favoriser l'absorption de minéraux et protéger l'intestin contre les bactéries pathogènes, par conséquent, les polyphénols du thé pourraient être vraiment bénéfique pour l'écosystème intestinal (SUN *et al.*, 2017), cependant, la bioactivité des polyphénols du thé contre les bactéries dépend de la structure, et les différentes souches de bactéries intestinales peuvent avoir divers degrés de sensibilité aux polyphénols de thé et à leur métabolites, en plus, il existe de grandes variations dans le microbiote intestinal entre les individus, ce qui peut entraîner une réponse différente au même polyphénol, il y'a donc beaucoup de choses à considérer lors de l'évaluation des effets des polyphénols du thé, y compris l'interaction des polyphénols et d'autres composants du régime alimentaire, qui pourraient interférer avec les interactions polyphénols-bactéries (Y WAN *et al.*, 2020). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre comment les polyphénols du thé modifient le microbiote intestinal à long terme ainsi que les niveaux de consommation habituelle qui serait requise pour des adultes en bonne santé et en poids normal, cependant, il est important qu'il y'ait toujours une uniformité accrue dans les formes de thé utilisés lors des études futures. Étant donné la totalité des preuves, il semble alors logique de suggérer que la

consommation du thé, mais surtout du thé vert pourrait aider à améliorer le profil du microbiote intestinal humain (**BOND et DERBYCHIRE, 2019**).

3. Les polyphénols du thé, le microbiote intestinal et avantages santé.

Certains considèrent le microbiote intestinal comme un « organe métabolique » qui peut moduler l'absorption des nutriments et interagir avec le système immunitaire, une composition saine de la microflore intestinale peut former une barrière contre les infections, alors que la perturbation de l'équilibre de l'écologie intestinale (la dysbiose) augmente la sensibilité aux pathogènes. De nombreux ouvrages ont discutés le lien entre la dysbiose et le développement de maladies, y compris l'obésité, les maladies cardio-vasculaires et les cancers, par conséquent, comprendre les interactions entre les polyphénols du thé et le microbiote intestinal est essentiel pour donner un aperçu de leurs implications sur la santé humaine (**Y WAN et al., 2020**). En tant que deuxième boisson consommée dans le monde après l'eau, les effets du thé sur la santé humaine sont largement reconnus, avec les nombreuses preuves soutenant l'association entre le microbiote intestinal et un large éventail de maladies émergentes, de nombreuses études ont évalués la modulation du microbiote intestinal par différents types de thé, y compris les suppléments en thé, ces études ont démontré qu'une supplémentation en thé pourrait soulager la dysbiose de l'écologie intestinale, ces résultats expliquent donc l'action importante voire sous-jacente des bienfaits santé des polyphénols du thé (**BOND et DERBYCHIRE, 2019**). D'après une étude in vivo, en examinant l'effet des polyphénols de thé sur la diversité microbienne et sur le dépôt de graisses, il a été suggérer qu'autant que prébiotiques, les polyphénols du thé peuvent offrir un traitement alternatif pour l'obésité et les troubles associés, de plus, la consommation du thé augmente la teneur en lipides dans les matières fécales, ce qui explique que les polyphénols du thé pourrait réduire l'absorption des lipides intestinaux, offrant ainsi de grands avantages en terme de diminution de l'incidence du syndrome métabolique, cependant, les mécanismes responsables de cet effet nécessite une enquête plus approfondie (**WANG et al., 2016**).

Plusieurs études ont liés le métabolisme microbien des polyphénols du thé à la prévention de cancer. En utilisant des modèles de culture animales et cellulaires, une étude a montrée que les dérivés du thé ont une activité anticancéreuse tout en favorisant divers événements cellulaires qui pourraient être protecteurs contre les cancers (**CARDONA et al., 2013**), des preuves ont également confirmés l'efficacité des polyphénols du thé pour inhiber la carcinogénèse du côlon, les résultats ont démontrés l'effet inhibiteur de ces polyphénols en

agissant sur les événements moléculaires au cours de la carcinogenèse colorectale, tels que l'apoptose cellulaire accrue (HAO *et al.*, 2017). Une autre étude a suggérée que l'effet anticancéreux des polyphénols du thé pourrait être lié à la régulation de types spécifiques de micro-organismes dans le tractus intestinal (XING *et al.*, 2019). Un certain nombre d'études ont montrés que la consommation du thé pouvait favoriser la perte de poids, cet effet pourrait être attribué à des changements au niveau du microbiote intestinal, les résultats de ces études impliquent qu'autant que prébiotiques, les polyphénols du thé modulent le rapport de certains types de bactéries dans l'intestin, qui à leurs tour, contribuent à la perte de poids. Une étude impliquant des patients atteints de colite ulcéreuse légère, a révélé que le taux de rémission chez les patients ayant consommés le thé (spécifiquement le thé vert) était de 53% contre 0% dans le placebo, le rôle du thé pour soulager ces symptômes est également digne de poursuite d'exploration (BOND *et DERBYCHIRE*, 2019). Les métabolites phénoliques dérivés de microbes intestinaux doivent être pris en considération, une étude a confirmée qu'une forte concentration d'acide formique et de propionate dans le côlon pourrait avoir un grand potentiel de prévention de l'hypocholestérolémie, les avantages santé des polyphénols du thé peuvent être attribués donc à leur métabolites bioactifs, ces derniers contribuent à la biodisponibilité des aliments phytochimiques (SUN *et al.*, 2017).

Des études *in vitro* émettent l'hypothèse que les polyphénols du thé modulent une large gamme de micro-organismes intestinaux qui peuvent être liés à l'immunité gastro-intestinale et à la défense contre les inflammations, les effets anti-inflammatoires de ces polyphénols impliquent de nombreux mécanismes, y compris, la composition du microbiote intestinal et l'inhibition de l'expression de cytokines inflammatoires (LI *et al.*, 2019).

Pour exercer un effet biologique, les polyphénols doivent d'abord satisfaire le critère de biodisponibilité, c'est-à-dire une libération de la matrice alimentaire suivie d'une absorption dans le tractus intestinal (XING *et al.*, 2019), cependant, la plupart des composés polyphénoliques ont une faible biodisponibilité *in vivo*, tandis que leur modulation du microbiote intestinal peut fortement contribuer à leur impact sur la santé. Cela pourrait non seulement ouvrir une nouvelle approche pour élucider les mécanismes d'actions des polyphénols du thé mais aussi aider à mettre en avant leurs applications dans les aliments fonctionnels (LIU *et al.*, 2019).

Conclusion

Conclusion

Il existe de plus en plus de preuves évaluant la relation entre les composés du thé et le microbiote intestinal, la plupart de ces données proviennent d'études mécanistes avec un certain nombre d'essais émergents. Ce travail a pour but l'estimation de l'effet des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal et leurs implications sur la santé humaine.

En raison des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-carcinogènes des polyphénols, ces dernières semblent être des candidats prometteurs pour prévenir et lutter contre diverses pathologies gastro-intestinales. Une alimentation riche en polyphénols contribue donc au maintien de la santé intestinale par la modulation de l'équilibre microbien à travers la stimulation de la croissance de bactéries bénéfiques, l'inhibition de germes pathogènes et un effet de type prébiotique. Cependant, la bioactivité ainsi que la biodisponibilité des polyphénols du thé dépendent fortement de leur transformation par les composants du microbiote intestinal. Comprendre l'interaction bidirectionnelle microbiote-phénolique est alors nécessaire, pour permettre la sélection de polyphénols appropriés pour certaines applications nutritionnelles. Diabète, obésité, maladies inflammatoires de l'intestin, cirrhose...etc. toutes ces pathologies sont associées à des déséquilibres du microbiote intestinal, qui ont des conséquences néfastes pour notre santé.

Enfin, l'ensemble de preuves abordées tout au long de ce travail montre l'importance de souligner les effets positifs des polyphénols du thé sur la santé intestinale, qui peuvent être utilisés comme une approche alternative pour la prévention ou le traitement de différentes maladies en améliorant ainsi la santé métabolique de l'homme.

Ce travail théorique réalisé dans des conditions de la pandémie de covid-19 mériterait d'être complété dans l'avenir par :

- Un point de vue pratique, des interventions au cœur de la dynamique bactérienne intestinale sont nécessaires (les probiotiques et les transplantations) et qui peuvent être traduites en termes de la vie réelle et appliquées dans une perspective de santé publique. Ceci est important, car boire du thé pourrait représenter un attrayant outil de style de vie d'appoint pour aider à soutenir la santé intestinale.
- La détermination du dosage, donner comment les concentrations de polyphénols varient dans différentes sources alimentaires et peuvent être modifiés par les méthodes

de préparation, définir également comment les polyphénols peuvent interagir avec d'autres substances alimentaires, et enfin déterminer la dose optimale tout en évitant les effets secondaires de la surconsommation à long terme.

L'utilisation de techniques métabolomiques à haute résolution à fin de suivre la forme bioactive des polyphénols au cours de leur trajet digestif.

*Références
bibliographiques*

- ACHAT S. (2013). Polyphénols de l'alimentation : extraction pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques. Thèse de doctorat : Université Abd Arrahmen. Mira-Bejaia, 05-27.
- AKROUM S. (2011). Etude analytique et biologique des flavonoïdes naturels. Thèse de doctorat: Université Mentouri, Constantine: 4.
- AMERICI H., DESHANAI S. J., GASCOYNE K. *et al.*, (2012). Thé vert à la rencontre d'un art millénaire. Edition de l'homme, Canada : 12-13.
- BEN YTHAK L., PIGENET Y. (2014). Microbiote: des bactéries qui nous veulent du bien. Journal CNRS : donner du sens à la science.
- BLOTTIERE H., EHRLICH S-D., LANGELLA P. *et al.* (2017). 19-23.
- BOND T., DERBYCHIRE E. (2019). Tea compounds and the Gut Microbiome: Finding from Trials and Mechanistic Studies. *Nutrients*. 11 (2364): 1-13.
- BOURGOU S., SERAIRI BEJI R., MEDINI F. *et al.* (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbiahelioscopia*. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 28(12) :1649-1655.
- BUREAU L. (2013). Thé, les interactions nutritionnelles avec le fer. *Phytothérapie*, 11:100-105.
- CARDONA F., ANDRÉS-LACUEVA C., TULIPANI S. *et al.* (2013). Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 24: 1415–1422.
- CHACKO S-M., THAMBI P-T., KUTTAN R. *et al.* (2010). Beneficial effects of Green Tea: A literature Review. *Chinese Medicine*, 5(13): 1-9.
- CHARTIER F. (2016). Thé histoire, terroirs, saveurs. Edition de l'homme, Canada : 9-32.
- CHEN X.Q., WANG X.B., GUAN R.F. *et al.*, (2013). Blood anticoagulation and antiplatelet activity of green tea (-)-epigallocatechin (EGC) in mice. *Food and function*, 4(10):1521-1525.
- CLEMENT V. (2004). Thé, café, chocolat : trois boissons d'usage cosmétique. Thèse de doctorat, Université de Nantes : 8.
- CROZIER A, JAGANATH I. B., CLIFFORD M. N. (2009). Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Product Reports*: 26.

- CURTAY J. P. (2015). Les antioxydants, les polyphénols et les cancers-à propos de l'étude SELECT. Site de consultation : La Nutrithérapie.fr. Date de consultation :27/11/17.
- DAINESE-PLICHO R., HEBUTERNE X. (2012). Digestion et absorption des nutriments dans l'intestin grêle. EMC - Gastro-entérologie, 7(4) :1-12.
- DANNESKIOLD-SAMSOE N-B., QUEIROZ BARROS H-D., SANTOS R. *et al.* (2018). Interplay between food and gut microbiota in health disease. Food Research International.
- DE ARAUJO F-F., DE PAULO FARIAS D., NERI-NUMA A-I. *et al.* (2020). Polyphenols and their implications: An approach in Food chemistry and innovation potential. Food Chemistry. (20): 1-47.
- DEL R. D., RODRIGUEZ-MATEOS A., SPENCER J.P., *et al.*, (2013). Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid Redox Signal*, 18: 18-92.
- DENIS M. C. (2015). Effets préventifs et thérapeutiques des polyphénols dans un modèle in vitro et in vivo des maladies inflammatoires de l'intestin: caractérisation des polyphénols de la pelure de pomme et de la canneberge par SPECTROMETRIE de masse. Thèse de doctorat : Université de Montréal, 40.
- DESROCHES J. (2012). Le thé histoire d'une boisson millénaire. Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira, Cité par Bouhadji S. Menasria D : 3.
- DORE J., EHRLICH S-D., MONNET V. *et al.* (2017). L'homme symbiotique. Microbiote, la Révolution Intestinale. Science et Impact. 4-7.
- EDEAS M. (2007). Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytothérapie*, 5: 264.
- EL KHAOUTARI A., ARMOUGOM F., RAOULT D. *et al.* (2014). Le microbiote intestinal et la digestion des polysaccharides. *Médecine Science*, 30 (3) : 259-265.
- ETXEBERRIA U., FERNANDEZ-QUINTELA A., MILAGRO F-I. *et al.* (2013). Impact of Polyphenols and Polyphenol-Rich Dietary Sources on Gut Microbiota Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1-17.
- FAVA F., RIZZETTO L., TUOHY K-M. (2018). Gut microbiota and Health: connecting actors across the metabolic system. *Proceedings of the nutrition society*. 1-12.
- GASTON E. (2016). Les polyphénols du vin rouge : des propriétés pour prévenir les cancers? Thèse n°25 de docteur en pharmacie, 1-146.

- GHARRAS, H. (2009). Polyphenols: Food Sources, Properties and Applications—A Review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44 : 2512-2518.
- GHNIMI W. (2015). Etude photochimique des extraits de deux Euphorbiacées: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas* Evaluation de leur propriété anti-oxydante et leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase .Thèse de doctorat : Université de Lorraine (France) et Université de Carthage (Tunisie) : 26-29.
- GILBERT N. (2019). Drink Tea and be Merry. *Mental Health.Nature*, 566: 1-2.
- HAO X., XIAO H., JU J. *et al.* (2017). Green Tea Polyphenols Inhibit Colorectal Tumorigenesis in Azoxymethane-Treated F344 Rats. *Nutritional and Cancer*. 1-9.
- HARSCH I-A., KOUNTUREK P-C. (2018). The role of Gut Microbiota in Obesity and Type 2 and Type 1 Diabetes Mellitus: New Insights into Old Diseases. *Med Sci*, 32(2).
- HAUFE T-C., HO K-K., FERRUZZI M-G. *et al.* (2018). Potential Health Effects of Tea. *Nutrition Today: Clinical Nutrition*, 53(5): 213-227.
- HAYAT K., IQBAL H., MALIK U. *et al.* (2013). Tea and Its Consumption: Benefits and Risks. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 1-58.
- ILLIANO P., BRAMBILLA R., PAROLINI C. (2020). The mutual interplay of gut microbiota, diet and human disease. *Gut microbiota and Human Health*.
- J. (2014). Etapes clé du devenir des aliments dans le tube digestif. *Innovations Agronomiques*, 36 : 1-13.
- KHAN N., MUKHTAR H. (2018). Tea Polyphenols in Promotion of Human Health. *Nutrients*, 11(39): 1-16.
- KOSINSKA A., ANDLAUER W. (2014). Chapter: Antioxidant Capacity of Tea Effect of Processing and Storage. In: *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages*. By: *Preedy V.*, 118-119.
- KRIEPS M. (2009). Le thé : origine, actualité et potentialité. Thèse de doctorat, Université Henri Poincare, Nancy :44-62.
- KUMAR SINGH A., CABRAL C., KUMAR R. *et al.* (2019). Beneficial Effects of Dietary Polyphenols on Gut Microbiota and Strategies to Improve Delivery efficiency. *Nutrients*. 11 (2216): 1-21.
- LI X., WATANABE K., KIMURA I. (2017). Gut micobiota Dysbiosis Drives and Implies Novel Therapeutic Strategies for Diabetes Mellitus and Related Metabolic Diseases. *Front Immunol*.

- LI Y., RAHMAN S-U., HUANG Y. *et al.* (2019). Green Tea polyphenols decrease weight gain, ameliorate alteration of gut microbiota, and mitigate intestinal inflammation in Canines with high-fat-diet-induced obesity. *Nutritional Biochemistry*. 1-42.
- LIU Y-C., LI X-Y., SHEN L. (2019). Modulation effect of tea consumption on gut microbiota. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1-7.
- MARIN L., MIGUELEZ E-M., VILLAR C-J. *et al.* (2014). Bioavailability of Dietary Polyphenols and Gut Microbiota Metabolism: Antimicrobial Properties. *BioMed Research International*, 2015 (905215): 1-18.
- MASSAUX C. (2012). Polyphenols des alliés pour la santé. *Abeilles & cle*, 4(149):1-4.
- Mc KENNA D. J., JONES K, HUGHES K. *et al.*, (2002). Botanical Medicines: The Desk reference for major herbal supplement. 2ème édition: 597-656. Cité par Saadallah N., Kedabi S. Mémoire de Master, université des frères Mentouri Constantine: 3-4.
- MENARD O., DUPONT D. (2014). A tous et limites des modèles de digestion gastro-intestinale : de l'in vitro à l'in vivo. *Innovations Agronomiques*, 36 :27-41.
- MIRANDA L., DEUBERT H., EVERS D., *et al.* (2013). The impact of in vitro digestion on bioaccessibility of polyphenols from potatoes and sweet potatoes and their influence on iron absorption by human intestinal cells , *Food Function*, 4:1595–1601.
- MORAND C. (2013). Les polyphenols du thé et de cacao ont-ils des effets de santé? *Phytothérapie*: 1-4.
- MORAND C., MILENKOVIC D. (2014). Polyphénols et santé vasculaire: mise en évidence du rôle direct des polyphénols dans les effets bénéfiques des agrumes dans la protection vasculaire. *Innovations Agronomiques*, 42 : 47-6.
- MORIN M.P. (2015). Les antioxydants, les polyphenols du thé vert : Des molécules à double action contre la maladie paradantale. Mémoire: Université LAVAL-Quebec Canada : 40.
- MOSSION A. (2007). Etude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et leurs caractéristiques organoleptiques. Thèse de doctorat, Université de Toulouse : 21.

- MUANDA F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydantes et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Verlaine-Metz : 21.
- NKHILI E-Z. (2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat : Université d'Avignon. 327.
- PASCALE A., MARCHESI N., MARELLI C. *et al.* (2018). Microbiota and metabolic diseases. *Endocrine*.
- RABOT S., THEODOROU V., DAUGE V. *et al.* (2017). Le dialogue entre Intestin et Cerveau. *Microbiote, la Révolution Intestinale. Science et Impact*. 14-15.
- RAJILIC-STOJANOVIC M., MILIVOJEVIC V. (2020). Nutrition and Gut microbiota. *Microb Health*, 1 (193): 1-6.
- RAYNAUD N. (2006). Les boissons chaudes ; le thé / France : 1.
- RINNINELLA E., CINTONI M., RAOUL P. *et al.* (2019). Food components and Dietary Habits : Keys for a Healthy Gut Microbiota Composition. *Nutrients*, 11(2393): 1-23.
- ROBERT J. (2013). Découvrir le thé. (1) France : 12-27.
- RODRIGUEZ-MATEOS A., SPENCER J P., TOGNOLINI M., CROZIER A. *et al.*, (2013). Dietary polyphenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid Redox Signal*, 18-92.
- SCHWALFENBERG G., GENIUS S-J., RODUSHKIN I. (2013). The Benefits and Risk of Consuming Brewed Tea: Beware of Toxic Element Contamination. *Journal of Toxicology*, 2013 (370460): 1-8.
- SEENIVASSAN S., MURALEEDHARAN N. H. (2011). On the pesticide residues in tea in south India. *Environ Monit Assess*, 176:365–371.
- SELADJI S. M. (2013). Étude phytochimique et activités biologiques (antioxydante et antimicrobienne) des composés phénoliques des extraits de la partie aérienne de *Pituranthos chloranthus* (Guezze) de la région de Biskra .Thèse de Master académique en biologie : Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen: 09.
- SHAHIDI F., YEO J. (2016). Review Insoluble-Bound Phenolics in Food. *Molecules*, 21 : 1216.

- SHARIF SWALLAH M., SUN H., AFFOH R. *et al.* (2020). Antioxidant Potential Overview of Secondary Metabolites (Polyphenols) in Fruits. *International Journal of Food Sciences*, 2020 (9081686): 1-8.
- SOUSA A. (2018). Colloque international des polyphenols et la santé. *Dictissimo*: 1-3.
- STALMACH A., MULLEN W., PECORARI M., SERAFINI M. *et al.*, (2009). Bioavailability of C-linked dihydrochalcone and flavanone glucosides in humans following ingestion of unfermented and fermented rooibos teas. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 57: 4-11.
- SUN H., CHEN Y., CHENG M. *et al.* (2017). The modulatory effect of polyphenols from green tea, oolong tea and black tea on human intestinal microbiota in vitro. *Journal of Food Scientists and Technologists*. 1-9.
- TREPARDOUX F., DELAVEAU P. (1999). Origine et historique du mot thé : son extension pour désigner diverses infusions. *Revue d'histoire de la pharmacie*: 248-251.
- VATTE C. (2016). Les récits de voyages occidentaux sur le thé en Chine. Master, Université de Lyon : 13-26.
- WANG L., ZENG B., ZHANG X. *et al.* (2016). The effect of green tea polyphenols on gut microbial diversity and fat deposition in C57BL/6JHFA mice. *Food and Function*. 1-10.
- WILSON A-S., KOLLER K-R., RAMABOLI M-C. *et al.* (2020). Diet and the human Gut microbiome : An International Review. *Digestive diseases and Sciences*.1-18.
- XING L., ZHANG H., QI R. *et al.* (2019). Recent advances in the Understanding of the Health Benefits and Molecular Mechanisms Associated with Green Tea Polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10(1021): 1-15.
- Y WAN M-L., ANNA CO V., EL-NEZAMI H. (2020). Dietary polyphenol impact on gut health and microbiota. *Critical Review in Food Science and Nutrition*.1-22.
- YAN S., SHAO H., ZHOU Z. *et al.* (2018). Non-extractable polyphenols of green tea and their antioxidant, anti- α -glucosidase capacity, and release during in vitro digestion. *Functional Food*, 42: 129-136.
- YAN S., SHAO H., ZHOU Z. *et al.* (2018). Non-extractable polyphenols of green tea and their antioxidant, anti- α -glucosidase capacity, and release during in vitro digestion. *Functional Food*, 42: 129-136.

- YAN Z., ZHONG Y., DUAN Y. *et al.* (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition Journal*. 10(1016): 1-43.

Abstract

The objective of this work is to enhance the impact of tea polyphenols on the gut microbiota as well as their implications for human health. Appreciated for ages, tea is the most consumed drink in the world after water, thanks to the polyphenols it contains, tea offers many health benefits and more and more research is evaluating the relationship between its antioxidants and the intestinal microbiota. Research on the gut microbiota has grown rapidly in recent years, offering new insights into the intervention of the gut microbiota to alleviate human disease. Due to their antioxidant, anti-inflammatory, and anti-carcinogenic properties, polyphenols are known to be promising allies for the prevention of many diseases, however, the bioavailability of these compounds remains uncertain and their health effects strongly depend on their transformation by components of the gut microbiota. A better understanding of the polyphenols-gut microbiota interaction is needed to open an intriguing new approach in the prevention and treatment of human pathologies.

Keywords: Polyphenols, Tea, Gut microbiota, Bioavailability, Human health.

Résumé

L'objectif de ce travail est de rehausser l'impact des polyphénols du thé sur le microbiote intestinal ainsi que leurs implications sur la santé humaine. Apprécié depuis des lustres, le thé est la boisson la plus consommée dans le monde après l'eau, grâce aux polyphénols qu'il contient, le thé offre de nombreuses vertus santé et de plus en plus de recherches évaluent la relation entre ses antioxydants et le microbiote intestinal.

La recherche sur le microbiote intestinal s'est rapidement développée ces dernières années, offrant de nouvelles perspectives sur l'intervention du microbiote intestinal pour soulager les maladies humaines. En raison de leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-carcinogènes, les polyphénols sont connus pour être des alliés prometteurs pour la prévention de nombreuses maladies, cependant, la biodisponibilité de ces composés reste incertaine et leurs effets santé dépendent fortement de leur transformation par les composants du microbiote intestinal. Une meilleure compréhension de l'interaction polyphénols-microbiote intestinal est nécessaire à fin d'ouvrir une nouvelle approche intrigante dans la prévention et le traitement de pathologies humaines.

Mots clés : Polyphénols, Thé, microbiote intestinal, biodisponibilité, santé humaine.

ملخص:

بوليفينول الشاي على ميكروبيوتا الأمعاء بالإضافة إلى آثارها على صحة الإنسان. يُعد الشاي الذي يُقدَّر على مر العصور، أكثر المشروبات استهلاكاً في العالم بعد الماء، وذلك بفضل مادة البوليفينول التي يحتوي عليها ، ويقدم الشاي العديد من الفوائد الصحية والمزيد والمزيد من الأبحاث التي تقيم العلاقة بين مضادات الأكسدة و الجراثيم المعوية. نمت الأبحاث المتعلقة بميكروبات الأمعاء بسرعة في السنوات الأخيرة، مما قدم رؤى جديدة في تدخل جراثيم الأمعاء للتخفيف من الأمراض التي تصيب الإنسان. نظراً لخصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات والمضادة للسرطان، من المعروف أن البوليفينول حليف واعد للوقاية من العديد من الأمراض، ومع ذلك، فإن التوافر البيولوجي لهذه المركبات لا يزال غير مؤكد وتعتمد آثارها الصحية بشدة على تحولها من خلال مكونات ميكروبيوتا الأمعاء. هناك حاجة إلى فهم

أفضل لتفاعل ميكروبيوتا الأمعاء البوليفينول لفتح نهج جديد مثير للاهتمام في الوقاية من الأمراض البشرية وعلاجها.

الكلمات المفتاحية: البوليفينول ، الشاي ، ميكروبيوتا الأمعاء ، التوافر البيولوجي ، صحة الإنسان.