

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCCEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de
l'Univers
Département de Biologie



MÉMOIRE

Présenté par

FRIDJA MAGHNIA & ZITOUNI MERIEM

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Biologie

NUTRITION ET PATHOLOGIE

Thème

Effet santé des polyphénols du thé

Soutenu le, devant le jury composé de :

Examineur 1	Mme MERZOUK HAFIDA	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur 2	Mme BABA AHMED FATIMA ZOHRA	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrant	Mme SAIDI MERZOUK	MAA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020/2021

Effet santé des polyphénols du thé

Résumé

Le thé est la boisson la plus populaire au monde, juste derrière l'eau. Le thé contient une infusion de feuilles de la plante *Camellia sinensis* riches en composés polyphénoliques appelés catéchines, dont le plus abondant est (-) - EGCG. Bien que le thé ait été consommé pendant des siècles, il n'a été que récemment étudié de manière approfondie en tant que boisson bénéfique pour la santé qui peut agir pour prévenir un certain nombre de maladies chroniques et de cancers. Plusieurs études ont montré l'effet préventif de la consommation de thé vert contre l'athérosclérose et les maladies coronariennes, les taux élevés de cholestérol sanguin et l'hypertension artérielle. Les polyphénols sont une famille de molécules dans les propriétés antioxydants sont largement documentées. Le thé est connu pour son action préventive à la fois des maladies cardiovasculaires et de certains cancers.

Les polyphénols du thé ont des effets anti-inflammatoires, dans la prévention du cancer et la régulation du métabolisme des lipides. Cette revue se concentre sur les activités thérapeutiques et la régulation des voies de signalisation par les polyphénols du thé.

Mots clés : Polyphénols du thé, activités antioxydants, EGCG, effets sur la santé, catéchines, athérosclérose, *Camellia sinensis*, maladies chroniques.

Health effect of tea polyphenols

Abstract

Tea is the world's most popular drink, just behind water. The tea contains an infusion of the *Camellia sinensis* plant rich in polyphenolic compounds called catechins, the most abundant of which is (-)-EGCG. Although tea has been consumed for centuries, it has only recently been extensively studied as a health-promoting drink that may work to prevent a number of chronic diseases and cancers. Several studies showed the preventive effect of green tea consumption against atherosclerosis and coronary heart disease, high blood cholesterol levels and high blood pressure. Polyphenols are a family of molecules whose antioxidant properties are widely documented. Tea has a preventive action, both against cardiovascular disease and certain cancers.

Tea polyphenols have been shown to have good effects as anti-inflammatory agents, cancer prevention, and regulation of lipid metabolism. This review focuses on therapeutic activities and regulation of signaling pathways by tea polyphenols.

Key words: Polyphenols in tea, antioxidant activities, EGCG, health effects, catechins, atherosclerosis, *camellia sinensis*, chronic diseases.

بوليفينول الشاي و التأثير على الصحة

الملخص

الشاي هو المشروب الأكثر شعبية في العالم. خلف الماء مباشرة. يحتوي الشاي على منقوع من أوراق نبات كاميليا سينونسيس الغني بمركبات البوليفينول المسماة بمضادات الأكسدة. قد تم استهلاكه لعدة قرون على نطاق واسع باعتباره مشروباً معززاً للصحة قد يعمل على منع العديد من الأمراض المزمنة و السرطانات. أظهرت دراسات أخرى التأثير الوقائي لاستهلاك الشاي الأخضر ضد تصلب الشرايين و أمراض القلب التاجية و ارتفاع مستويات الكوليسترول في الدم و ارتفاع ضغط الدم. البوليفينول هو عائلة من الجزيئات التي تم إثبات خصائصها المضادة للأكسدة. يشتهر الشاي بعمله الوقائي سواء ضد أمراض القلب و الأوعية الدموية و بعض أنواع السرطان. بوليفينول الشاي هو مصطلح عام لمركبات البوليفينول في الشاي و قد ثبت أن لها تأثيرات جيدة على مضادات الالتهاب و الوقاية من السرطان و تنظيم توزيع الدهون في الجسم. يركز هذا التلخيص على تعريف و تصنيف الأنشطة العلاجية لبوليفينول الشاي.

الكلمات المفتاحية: بوليفينول الشاي – نشاط مضادات الأكسدة – التأثير على الصحة – تصلب الشرايين – الأمراض المزمنة

Dédicaces

Avec l'aide de dieu tout puissant, on a pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mes parents les plus chers au monde : mon père ZITOUNI OUIASSINI la source de l'amour qui a œuvré pour ma réussite, de par son soutien (qu'il soit positif ou même négatif), ces précieux conseils et encouragement et sa présence dans ma vie et mon grand père ZIYOUNI MOKHTAR que j'aime beaucoup ; merci pour son encouragement et j'espère qu'il sera toujours présent près de nous.

Ma mère GANNAD NADIA et ma mère MAHI FATIHA qui peuvent être fières de moi ; trouvez ici le résultat de longues années pour m'aider à avancer dans ma vie et pour votre confiance. Toute ma gratitude et mes profonds sentiments ; que dieu leur procure bonne santé, longue vie et que le paradis soit leurs logis. Je les aime beaucoup.

MON frère MOKHTAR, mon frère LAHCEN et mon petit frère et la meilleure chose dans ma vie, AHMED. A ma sœur et ma bien aimée KAWTER pour leur amour et leur présence dans ma vie.

A ma grande mère maternelle FATNA ; merci pour sa tendresse, ses prières ; que dieu tout puissant lui accorde meilleur santé et longue vie.

A mes oncles OKACHA, HOURIA. A mes cousines SAFIA et sa mère NAJAT et CHAIMA et bien sur mes tantes ; toute ma famille ZITOUNI et tous les enfants sans exception

A ma collègue et mon binôme FRIDJA MAGHNIA qui a partagé ce travail, merci pour l'encouragement et la coopération. Je te souhaite de réussir dans ta vie future.

A tous mes enseignants et mon encadreur Mme MERZOUK AMEL pour son effort.

A toute personne m'ayant aidé de près ou loin. A tous ceux qui m'aiment et qui restent toujours à mes côtés.

MERIEM.Z

Dédicace

C'est grâce à ALLAH seul que j'ai pu achever ce travail. Je le dédie à :

Mes très chers parents, en témoignage et en gratitude de leur dévouement et leur soutien permanent durant toutes mes années d'études , leurs sacrifices illimités , leur réconfort moral et tous les efforts qu'ils ont consentis pour mon éducation et mon instruction pour me voir réussir un jour ...Que dieu les garde...

A mes très chères sœurs Meriem, Dounia, Amina

Ames très chères frères Abed Alkader et Ayoub

A ma collègue et mon binôme ZITOUNI MERIEM qui ma partager ce travaille, Merci pour l'encouragement et la coopération. Et je te souhaite de réussir dans ta vie future.

A tous mes professeurs de toutes les années scolaires de primaire et à l'université e surtout mon encadreur Mme MERZOUK SAIDI AMEL pour son effort (grâce à vous je suis là).

A toute la promo de NUTRITION ET PATHOLOGIE 2020-2021

MAGHNIA.F

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à Mme SAIDI MERZOUK AMEL, de nous avoir encadré dans notre mémoire de fin d'étude.

Et l'ensemble des membres du jury: Mme MERZOUK HAFIDA et Mme BABA AHMED FATIMA ZOHRA, Professeurs à l'Université de Tlemcen.

Un grand merci également à nos familles pour leurs soutiens aussi bien moral que financier et pour leurs sacrifices.

Nous tenons également à remercier tous le staff administratif et pédagogique de la faculté SNVTU, Département de Biologie, Université de Tlemcen, nos amis et tous les étudiants de Master 2 Nutrition et Pathologie.

Finalement, nous remercions tous qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des figures

Figure 01 : Thé blanc.....	4
Figure 02 : Thé vert.....	4
Figure 03 : Thé bleu-vert.....	5
Figure 04 : Thé jaune.....	5
Figure 05 : Thé noir.....	6
Figure 06 : Thé sombre.....	6
Figure 07 : phytochimie du thé.....	7
Figure 08 : divers sucres du thé.....	10
Figure 09 : constituants uniques de l'arome du thé.....	12
Figure 10 : structure du noyau phénol.....	19
Figure 11 : structures chimiques des acides hydroxybenzoïques.....	20
Figure 12 : structure chimique des acides hydroxycinnamiques.....	21
Figure 13 : squelette de base des flavonoïdes.....	21
Figure 14 : structure chimique des flavanones.....	22
Figure 15 : structure chimique de flavonols.....	22
Figure 16 : structure chimique de certains flavan-3-ol.....	23
Figure 17 : structure chimique de quelques anthocyanidines courante.....	23
Figure 18 : structure chimique de l'hydroxytyrosol (a) et du tyrosol (b).....	24
Figure 19 : structure chimique de l'oleuropéine	24
Figure 20 : structure chimique (a) d'un tanin condensé et (b) d'un gallo-tanin (1,2,3-tri-o-galloly- β -D-glucose).....	25
Figure 21 : structures chimiques de différents types de polyphénols dans le thé	26

Liste des abréviations

EGCG : épigallocatechine-3-gallate

GTPP : polyphénols de thé vert

HB1C : hémoglobine glyquée

HPLC : chromatographie en phase liquide a haute performance

EGC : épigallocatechine

ECG : épicatechine-3-gallate

TPP : polyphénols du thé

ECR : essais contrôlés randomisés

t-PA : tissu-type plasminogene activateur

GIP : insulinothropique glucose-dépendant

LDL: low-densitylipoprotein

ADN: acide désoxyribonucléique

ARN: acide ribonucléique

PPO : polyphénols oxydase

SOD: superoxyde dismutase

ATP: adénosine-triphosphate

POD : peroxydase

DT2 : diabète de type 2

CAT : catalase

TG : triglycérides

EC : épicatechine

GA : acide gallique

UV : ultraviolet

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre 01 : Consommation du thé

1. Différent types du thé	4
1.1. Thé blanc.....	4
1.2. Thé vert.....	4
1.3. Thé bleu-vert.....	5
1.4. Thé jaune	5
1.5. Thé Noir	5
1.6. Thé sombre	6
2. Composition du thé	6
2.1. Polyphénols	6
2.2. Caféine, méthylxanthines et composés apparentés.....	7
2.2.1. Caféine	7
2.2.2. Théobromine	8
2.2.3. Autres dérivés d'acides aminés.....	9
2.3. Protéine et acides aminés	9
2.4. Glucides, pectines et fibres	9
2.5. Acides organiques et vitamine C.....	10
2.6. Lipides, chlorophylles, caroténoïdes et composés apparentés	10
2.7. Vitamines et minéraux.....	11
2.8. L'arome.....	11
3. Effets santé du thé	12
3.1. Thé et maladies cardiovasculaires.....	13
3.2. Effets de la consommation de thé lors du syndrome métabolique, obésité et diabète de type 2.....	13
3.3. Thé et cancer	14

3.4. Effet du thé sur le cerveau.....	15
3.5. Effet santé du thé sur l'athérosclérose.....	15
3.6. Capacité antioxydant.....	16
3.7. Gestion de poids.....	16
3.8. Autres effets du thé sur la santé.....	17
4. Indication thérapeutique du thé.....	17
4.1. Corrige les troubles cutanés.....	17
4.2. Aide à la digestion.....	17

Chapitre 02 : Polyphénols et santé

1. Définition.....	19
2. Classification et composition des Polyphénols.....	20
2.1. Polyphénols simples.....	20
2.1.1. Acides phénoliques.....	20
a). Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque.....	20
b). Dérivés de l'acidehydroxycinnamique.....	21
2.1.2. Flavonoïdes.....	21
a).Flavanones.....	22
b). Flavonols.....	22
c). Flavan-3ols.....	23
d). Anthocyanidines.....	23
2.1.3. Alcools phénoliques.....	23
2.2. Polyphénols complexes (Tanins).....	24
2.2.1. Tanins hydrolysables.....	24
2.2.2. Tanins condensés.....	25
3. Différents types des Polyphénols dans le thé.....	25
4. Propriétés thérapeutiques.....	27

4.1. Activité hypotensive.....	27
4.2. Activité hypoglycémiante.....	27
4.3. Action contre l'athérosclérose.....	27
4.4. Action antiallergique.....	28
4.5. Effet antiulcéreuse.....	28
4.6. Activité anticancéreuse.....	28
4.7. Effet antimicrobien.....	29
4.8. Effet antioxydant.....	29
5. Polyphénols et santé.....	29
5.1. Polyphénols et maladies cardiovasculaire.....	29
5.2. Polyphénols et cancer.....	30
5.3. Polyphénols et diabète.....	30
5.4. Polyphénols et inflammation.....	31
5.5. Polyphénols et autres pathologies.....	31
5.6. Polyphénols et maladies neurodégénératives.....	32
Conclusion.....	33

Introduction

Le thé est l'une des boissons les plus consommées dans le monde. Environ trois milliards de kilogrammes de thé sont produits et consommés chaque année. L'origine du thé situe probablement au Yunnan chinois (*Camellia sinensis*) au nord de l'Inde dans les régions de l'Assam (*Camellia assamica*) en s'étendant jusqu'au sud de la Chine. Les jardins de thé sont souvent situés dans les régions humides, à proximité de forêts pluvieuses. D'après Ryu (1996), l'origine du thé situe en Chine, Inde, Burma et en Thaïlande, car des plantes de théier ont été retrouvés dans les forêts de ces pays. Pourtant le thé était également cultivé du nord du Népal jusqu'au Sud du Japon. Aujourd'hui, quatre principaux pays producteurs et exportateurs de thé existent: l'Inde, la Chine, Sri Lanka, et Kenya. Certains sont plus spécialisés dans la manufacture de thé noir, tandis que d'autres produisent préférentiellement le thé vert. Tous les ans, la quantité de thé exportée par les différents pays fluctue en fonction des conditions météorologiques et politiques. Mais souvent la baisse de production d'un pays est compensée par les hausses d'exportation d'autres pays. On distingue deux catégories de pays cultivant le thé. Les pays traditionnellement producteurs : la Chine avec une production annuelle de 1886253 tonnes de thé / ans, dont essentiellement de thé noir. Le Japon produisant préférentiellement du thé vert. D'autre part les pays ont développé leur production plus au mois récemment , en fonction de leur origine continentale : -Asie : l'Inde , Sri Lanka , Indonésie, Vietnam , Bangladesh , -Afrique : Kenya, Malawi , Ouganda, Zimbabwe, Tanzanie, -Amérique du sud : Argentine , Brésil , -Proche Orient : Iran , Turquie . Certains de ces pays sont préférentiellement exportateurs. D'autres pays produisent une partie de thé pour leur consommation personnelle: l'Inde suivi de la Turquie, Bangladesh et Iran.

Le Thé est consommé dans différentes parties du monde sous forme de thé vert, noir ou Oolong. Le thé vert est privilégié au Japon et en Chine, et des recherches initiales sur les bienfaits du thé vert ont été menées dans ces pays en raison des coutumes locales. Sur le thé produit dans le monde, 78% est du thé noir, qui est généralement consommés dans les pays occidentaux, 20% du thé vert, qui est couramment consommée dans les pays asiatiques, et 2% et du thé Oolong qui est produit (par fermentation partielle) principalement dans le sud de la Chine. Le thé infusé contient de nombreux composés, en particulier des Polyphénols, et plusieurs études montrent que les composés polyphénoliques présents dans le thé réduisent le risque de diverses maladies. Les résultats des recherches suggèrent que les composés polyphénoliques (-) – épigocatéchine-3-gallate trouvés principalement dans le thé vert, et téaflavine -3,3- digallate un composant majeur de thé noir sont les deux facteurs les plus

efficaces trouvés dans le thé (**Khan et al., 2007**). Le thé a été largement étudié pour ses effets bénéfiques potentiels sur la santé au cours des dernières décennies. Les effets bénéfiques comprennent la prévention du gain de poids corporel excessif et des anomalies métaboliques associées, du diabète, des maladies cardiovasculaires, du cancer, des maladies neurodégénératives et autres (**Soni et al., 2015**). On ne pense que la plupart de ces effets bénéfiques sont dus aux poly phénols du thé (TPP). Par exemple, le principal polyphénol du thé vert, le (-) -épigalocatéchine-3-gallate (EGCG), présente un bon effet antioxydant et réduit considérablement le gain de poids corporel, la graisse corporelle, la glycémie, la résistance à l'insuline et la gravité de la stéatose hépatique. Les résultats d'études épidémiologiques humaines et d'essais contrôlés randomisés (ECR) à court terme suggèrent également que la consommation de thé vert ou de poly phénols de thé vert (GTPP) est associée à la prévention du cancer et des maladies cardiovasculaires ainsi qu'à l'atténuation du syndrome métabolique et du diabète (**Chen et al.,2020**). Plusieurs mécanismes ont été proposés pour la réduction du diabète et de l'obésité par les TPP.

Dans ce cadre de notre mémoire de Master en Nutrition et Pathologies, une revue actualisée sur la consommation du thé avec les différents types, ainsi que les effets santé du thé et son indication thérapeutique. Par la suite, nous mettons l'accent sur les polyphénols du thé et leurs propriétés thérapeutiques ainsi que leurs effets santé.

Chapitre 01

Consommation du thé

1. Différents types de thé

Il existe différents types de thé, six au total. On parle des couleurs de thé, puisque chacun des types de thé est nommé d'après la couleur qui le caractérise. Cependant, quelque soit la couleur du thé, son origine est la même, le *Camellia sinensis*; seule change la méthode de traitement des feuilles de thé. Autrement dit, une même feuille de thé cueillie peut devenir un thé blanc ou un thé vert, noir (**Julien et al., 2013**).

1.1. Thé blanc

Le thé blanc est une forme rare de thé qui subit le moins de traitement. Seul un processus de flétrissement prolongé et un processus de séchage sont inclus dans la fabrication de thé blanc. Dans le processus de flétrissement prolongé, une légère fermentation (oxydation) se produit qui est catalysée par la poly phénol oxydase (PPO) et la peroxydase (POD) endogènes dans les feuilles du thé et ces enzymes produisent l'arome et le goût unique (Figure 1) (**Hashimoto et al., 2015**).



Figure 1.Thé blanc

1.2. Thé vert

Souvent fabriqué à partir de feuilles de thé avec des niveaux de catéchine légèrement inférieurs à ceux des feuilles utilisées pour la fabrication du thé noir (**Sharangi et al., 2009**). La feuille ne subit pas d'oxydation, elle est chauffée de façon à arrêter le processus d'oxydation naturelle (Figure 2). Les chinois chauffent ces feuilles à haute température, les japonais utilisent plutôt de la vapeur.



Figure 2. Thé vert

1.3. Thé bleu-vert

Aussi appelé Oolong ou Wu long, populaire en chine et en japon (Figure 3). Il passe par un processus intermédiaire pour un flétrissement, une brève oxydation et une cuisson /séchage (Sharangi et al., 2009).



Figure3. Thé bleu vert

1.4. Thé jaune

Egalement connu sous le nom de « huangcha » en chinois, est un thé légèrement fermenté unique en chine, en tant que variété rare et précieuse de thé. Il a gagné en popularité ces dernières années en raison de son goût doux et agréable et de ses bienfaits connus pour la santé. Similaire au thé vert à bien des égards, le processus de production initial des deux thé est le même, mais la production de thé jaune nécessite des étapes supplémentaires .Une étape unique appelée « jaunissement scellé » est toujours impliqué dans le traitement du thé jaune pour réduire le niveau d'oxydation et éliminer l'odeur d'herbe (Jingyi et al., 2018).



Figure4. Thé jaune

1.5. Thé noir

Il est entièrement fermenté, représente environ 80% de consommation totale dans le monde. Sa préparation suit certaines étapes de transformations utilisées pour le thé vert. Mais elle

présente la différence critique que les feuilles sont roulées, écrasées ou cassées (**Sharangi et al., 2009**).



Figure 5. Thé noir

1.6. Thé sombre

On l'appelle aussi le thé Puer. Ce type de thé est fermenté, il provient d'une grande variété de feuilles de théier et peut être cueilli à tout moment de l'année. Son traitement est similaire à celui du thé noir sauf que ce dernier peut être conservé de 50 à 100 ans (**Sharangi et al., 2009**).



Figure6. Thé sombre

2. La composition du thé

Le thé est l'une des boissons les plus consommées dans le monde. Sa popularité est attribuée aux propriétés sensorielles et aux bienfaits potentiels pour la santé. Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'identification des effets pharmacologiques et physiologiques de divers composants du thé.

2.1. Polyphénols

En termes de consommation humaine, le thé représente une source majeure de polyphénols alimentaires. La fraction polyphénolique du thé représente 30 à 40 % poids /poids d'extrait

solide et fournit l'astringence, la sensation de « séchage » ressentie dans la bouche après la consommation de la boisson au thé. Un buveur de thé consomme généralement 180 à 240 mg de polyphénols dans une tasse de thé fort. L'intérêt récent pour les aspects sanitaires associés à la consommation de boisson à la base de thé s'est développé au sein de la communauté scientifique avec beaucoup d'enthousiasme pour les polyphénols du thé (Beart et al., 1985). Le théier produit un nombre diversifié de constituants polyphénoliques vraisemblablement comme moyen de défense chimique contre les insectes, les oiseaux et les animaux qui consommaient la plante comme nourriture. Chez l'homme, les protéines salivaires riches en proline qui se lient efficacement aux polyphénols ont amélioré ce mécanisme de défense le convertissant en « astringence ».

2.2. Caféine, méthylxanthines et composés apparentés

Le thé a toujours été apprécié pour sa teneur en caféine. La caféine est considérée comme un constituant important du thé conférant des propriétés améliorant l'humeur et les capacités cognitives. La (figure 7) illustre les méthylxanthines du thé. Les feuilles de thé contiennent entre 2 à 5 % poids / poids de caféine selon les variétés.

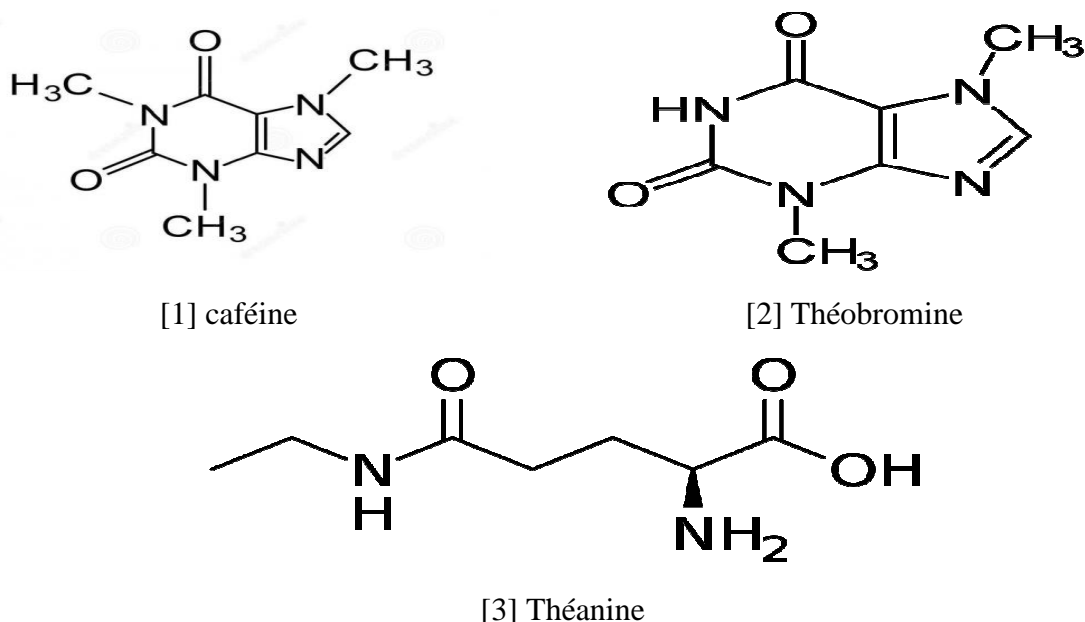


Figure 7. Phytochimie du thé

2.2.1. Caféine

C. Irawadensis, un membre de la famille des camélias, manque de caféine, mais n'est pas transformé commercialement parce qu'il produit un thé fini médiocre. La quantité de la

caféine qui se transforme dans une infusion de thé est déterminée par la tempe d'infusion et par le style des feuilles. Des tempes d'infusion plus longue conduisent à de plus grandes quantités de caféine dans une boisson au thé. Des feuilles de thé de plus petite taille donnent une infusion plus rapide et plus forte, tandis que des feuilles plus grandes et des feuilles non coupées conduisent à des infusions plus faibles. Cela se traduit respectivement par une extraction plus ou moins de caféine (**Luck et al., 1994**). La teneur en caféine d'une boisson au thé typique va de 20 à 70 mg pour 170 ml d'infusion. Une infusion typique étant préparée d'environ 2 à 2,5 g de feuilles de thé. Les infusions du café contiennent généralement de 40 à 155 mg de caféine par 170 ml de boisson.

Peu de recherches ont été effectuées sur la pharmacologie de la caféine dans les boissons à base de thé. Une étude suggère qu'une dose de caféine provenant du thé a un effet physiologique différent d'une dose pure de caféine. Cela a été attribué à l'acide aminé théanine, qui est unique au thé. Cependant, aucune étude clinique bien conçue ne vient étayer cette position. Le consensus parmi les scientifiques aujourd'hui est que la caféine de toutes les sources de boissons a un effet physiologique similaire. La teneur réelle en caféine dépend de nombreux facteurs, en particulier de la méthode de brassage. Une infusion préparée par le style « gong-Fu » est susceptible d'avoir un impact caféine différent par rapport au style occidental de thé en vrac ou à celui d'un sachet de thé. Certains rapports suggèrent que le thé vert contient beaucoup moins de caféine que le thé noir. Cela peut être influencé par le clone de feuille utilisé pour produire le thé ou par l'impact de différente technique de brassage. Aucune différence significative n'a été trouvée lors du brassage de thés verts et noirs dans des conditions similaires, discréditant la théorie selon la quelle le flétrissement et la fermentation ont un impact significatif sur la teneur en caféine. La caféine est l'un des ingrédients les plus étudiés dans l'approvisionnement alimentaire. Des recherches approfondies ne lient pas une consommation modérée de caféine à des risques pour la santé (**Roberts et al., 1963**). Des études sont nécessaires pour mieux comprendre le rôle physiologique de la caféine du thé et son association avec la popularité des boissons au thé. Les personnes particulièrement sensible à la caféine peuvent trouver des thés décaféine facilement disponibles.

2.2.2. Théobromine

La théobromine est présente dans le thé en quantités beaucoup plus faibles que la caféine. La théobromine est formée à la suite de la biosynthèse de la caféine et est produit en abondance si le chemin de méthylation vers la caféine est absent, comme chez *C. irrawadensis*. La théophylline, une di-méthylxanthine similaire, a été signalée à l'état de traces dans les feuilles de thé. Des rapports récents contredisent l'existence de ce composé dans le thé,

certaines n'ayant pas détecté ces composés et d'autres rapportant de petites quantités (**Mayer et al., 1996**). La teneur en xanthine des thés est clairement un domaine qui nécessite une recherche plus approfondies est plus approfondies.

2.2.3. Autres dérivés d'acides aminés

L'ARN et L'ADN des feuilles de thé sont métabolisés naturellement et digérés dans des conditions de flétrissement et de fermentation par les nucléases du thé. Les nucléosidases et une adénine nucléoside spécifique de ces réactions cataboliques produisent des purines, qui ont été détectées en très petite quantités dans le thé.

2.3. Protéines et acides aminés

Alors que la caféine est le composant nitrogène le plus connu du thé, les protéines de thé / peptides et les acides aminés contribuent de manière significative à la composition à la fois de la feuille et de l'extrait de thé. Une mesure récente des acides aminés dans deux thés verts confirme la présence de 18 acides aminés (**Yokogoshi et al., 1995**). Un résultat qui se reflète dans le thé noir. Les acides aminés contribuent pour environ 6% en poids/ poids d'extrait solides. Le thé contient également une quantité significative de matière peptidique (protéine), environ 6% en poids /poids d'extrait solide. Les matières azotées comprennent donc environ 1à 5 % poids / poids d'extrait solide. La teneur en acides aminés libres du thé semble augmenter pendant le flétrissement des feuilles de thé fraîches, mais diminue pendant la fermentation en thé noir, car ils sont probablement consommés pendant la biogénèse des arômes et par d'autres voies. Ces voies ont un fort impact sur l'arôme du produit fini et nécessitent une investigation plus détaillée.

En plus des acides aminés communs, il existe un acide aminé unique connu uniquement pour être présent dans le thé. On pense que cet acide aminé, la théanine (Y-N-éthyle glutamine) et le principal acide aminé présent dans le thé, comprenant environ 3% en poids / poids d'extrait solide (**Roberts et al., 1966**).

2.4. Glucides, pectines, et fibres

Il a été démontré que les feuilles de thé contiennent des résidus de sucre libres en plus de substances pectiques, de poly saccharides et de fibres. Les glucides contribuent pour environ 1% en poids / poids d'extrait solide. Des pectines de haut poids moléculaires (acide polygalacturonique) et d'autres polysaccharides ont été analysés. Au fur et à mesure que le théier mûrit, des augmentations de la teneur en lignine et en cellulose ont été observées, ce qui est cohérent avec leur rôle dans la fourniture de l'intégrité structurelle de la plante en

croissance. On a découvert qu'une partie importante de la fraction glucidique de l'extrait de thé comprenait le disaccharide 2-O- myo- inositol, comme indiqué dans la (Figure 8). Il a été détecté par des techniques de RMN dans une fraction aqueuse soumise à une extraction consécutive avec de l'acétate d'éthyle et du butanol (Sakata et al., 1989).

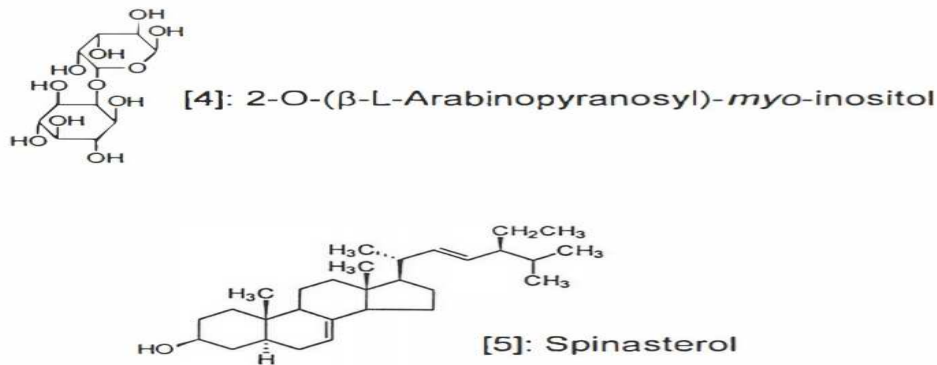


Figure8. Divers sucres du thé

2.5. Acides organiques et vitamine C

Le thé est une source importante d'acide oxalique et l'acide malique, ainsi que d'acide citrique, iso-citrique et succinique. Le thé contient également des d'acides, qui sont importants pour la biosynthèse des polyphénols. La vitamine C (acide ascorbique) a également été détectée dans le thé vert et le thé noir (Ling et al., 1990).

2.6. Lipides, chlorophylles, caroténoïdes, et composés apparentés

Les principaux pigments de la feuille de thé fraîche sont les chlorophylles et les caroténoïdes. Les chlorophylles sont oxydées au cours de la fabrication du thé noir en phosphatines et phéophorbides, qui donnent à la feuille fermentée sa couleur brun-noir caractéristique. Certaines des phosphatines et des phéophorbides sont extraites dans la boisson au thé noir. Une méthode HPLC efficace à été développée pour l'analyse de ces pigments. Il a été démontré que la composition de ces composants dans la feuille de thé vert a un fort impact sur la qualité de la boisson telle que perçue par les dégustateurs de thé (Taylor et al., 1992). Il a été constaté que le thé cultivé à l'ombre contenait une plus faible quantité de catéchines (résultant en une boisson moins astringente) et des niveaux accrus de caroténoïdes et de chlorophylle (qui peuvent aider à la production d'arôme). On pense que cet équilibre chimique contribue favorablement au goût. Les caroténoïdes jouent un rôle important dans la formation de l'arôme caractéristique du thé noir. Des niveaux élevés de chlorophylle et une

faible astringence sont important pour certaines fabrications de thé vert, en particulier le matcha, pour le quel une infusion boueuse de couleur émeraude est très importante (**Senderson et al., 1972**).

Les lipides, les terpénoïdes et les saponines constituent une grande partie de la feuille de thé fraîche, mais en raison de leurs faibles solubilités dans l'eau, on pense généralement qu'ils ne représentent qu'une petite partie des 427 composés solides de l'extrait aqueux. Cependant, il a été démontré que les stéroïdes végétaux tel que le spinastérol ou les lipides tel que la cire de cuticule végétale triacontanol comprennent une fraction importante de la crème de thé, le précipité qui se forme après refroidissement des extraits de thé concentrés. On suppose que l'environnement hydrophobe présenté par les polyphénols du thé et le complexe de caféine dans le thé fournit une solubilité supplémentaire des composants lipidiques. Les lipides représentent environ 3 à 4 % du poids de la feuille et ont été analysés en détail (**Mahanta et al., 1993**). Le rôle des matières végétales hydrophobes dans l'apparence et les propriétés organoleptiques du thé a été généralement ignoré en faveur des polyphénols, et c'est un domaine important pour lequel des recherches futures sont nécessaires.

2.7. Vitamines et minérales

Il a été démontré que le théier est riche en potassium et contient des quantités importantes de calcium et magnésium, ainsi que des petites quantités de manganèse, de fer et de phosphore. Le cuivre, le nickel, le sodium, le bore et le molybdène, le zinc et le soufre sont des éléments essentiels pour une maturation saine de théier. Le cobalt, le plomb et le cadmium ont été détectés dans la plante et les concentrations de ces minéraux dépendent dans le sol (**Mahanta et al., 1993**).

Le théier est connu pour accumuler de l'aluminium. Ceci peut être tracé par des techniques de RMN qui ont trouvées des complexes avec des fluorures et des catéchines dans le théier. On pense généralement que les polyphénols du thé se complexent avec des minéraux et peuvent être d'excellents agents chélateurs. Le grand nombre de groupes hydroxyles phénoliques fournit un grand nombre de sites de complexations actifs potentiels (**Nagata et al., 1993**). Les boissons au thé sont également une source importante de fluorure. Cela est dû en partie à l'absorption de fluorure d'aluminium.

2.8. L'arôme

L'huile essentielle ou l'arôme du thé fournit une grande partie de la saveur agréable ainsi que du parfum des boissons de thé vert et noir, mais ne comprend qu'une petite partie de la masse

totale du thé ou des extraits. L'arôme du thé contient des centaines de composés en quantités infimes, dont la composition et le mécanisme de production ont été passés en revue.

De nombreux composants aromatiques du thé peuvent être trouvés sous forme de dérivés glycosidiques, qui sont libérés pendant le processus de fermentation en raison de l'action des glycosidases, les enzymes du thé frais permettant la libération de constituants aromatiques supplémentaires dans la feuille et l'extrait. Ceci permet de restaurer l'arôme frais du thé rassis. Les glycosides de géranyle, de linalyle, de terpinyle et de néryle peuvent être trouvés dans des extraits de thé frais. La : glycosidase est l'enzyme la plus susceptible d'être responsable de la formation de l'arôme du thé à partir de ces glycosides. L'exploitation des glycosides liés à des composants aromatiques par traitement à la glycosidase offre la possibilité d'améliorations futures de la qualité du thé (Owuor et al., 1994).

Une partie de la fraction aldéhyde peut être générée à partir d'une seule amine oxydase de la feuille de thé. Le thé contient également une hydro peroxyde lyase d'acide gras, qui forme des aldéhydes volatils à partir des constituants lipidiques de la feuille de thé. Il existe également de nombreux produits dérivés des conditions oxydantes présentes pendant la fermentation du thé (Guo et al., 1993). La (Figure 9) présente l'un de ces constituants aromatiques uniques, l'aspirone qui est produit à partir de l'oxydation du β -carotène.

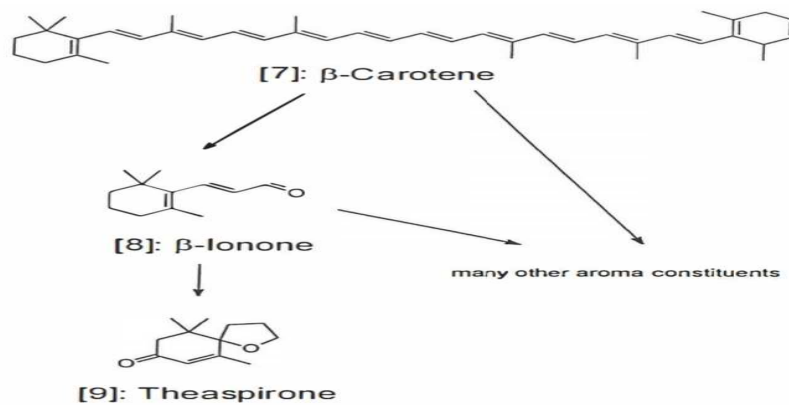


Figure9. Constituants uniques de l'arôme du thé

3. Effets santé du thé

La consommation traditionnelle de thé est principalement motivée par sa saveur et son effet stimulant. Cependant de nos jours, la consommation de thé fait partie d'une culture mondiale phénoménale qui est principalement attribuée à sa fonctionnalité biologique et à ses effets bénéfiques potentiels sur la santé (Haufe et al., 2018). En effet, les composés poly phénoliques du thé ont de nombreuses activités bénéfiques pour la santé en raison de leur diversité biologique.

3.1. Thé et maladies cardiovasculaires

Des études épidémiologiques ont indiquée que la consommation habituelle de thé réduit les facteurs de risque de maladies cardiovasculaires. Des études de Rotterdam avec des participants sans antécédent d'infarctus du myocarde ont observé dans une analyse longitudinale sur une période de 4 à 7 ans, après ajustement pour tenir compte du mode de vie et des facteurs nutritionnels, que les personnes consommant quotidiennement plus de 375 ml de thé avaient un risque relatif d'infarctus du myocarde plus faible que les non-consommateurs (risque relatif de 0,57, intervalle de confiance à 95%) (**Hodgson et al., 2013**). Il a été démontré que le thé améliore la dilatation induite par le flux sanguin et la tension artérielle, ce qui est associé à une réduction du risque de maladie cardiovasculaire (**Grassi et al., 2009**). Une étude transversale a été réalisée chez 218 femmes en utilisant le rappel alimentaire de 24 heures et l'acide 4-0- méthylgallique urinaire comme mesure de la consommation de thé. Les pressions artérielles systolique et diastolique étaient significativement plus faibles chez les femmes ayant des niveaux de consommation de thé élevé (**Hodgson et al., 2003**). A côté des études liées à la dilatation du flux et à la pression artérielle, des essais cliniques ont également été réalisés pour déterminer si la consommation du thé vert et / ou noir peut réduire les taux de peroxydation des lipides sanguins chez les adultes. Les résultats de ces essais ont été mitigés et aucun effet n'est observé dans certaines études, alors qu'un petit effet préventif est observé dans d'autres études (**Hodgson et al., 2002**). Malgré cela, l'association globale entre la consommation de thé et la santé cardiovasculaires semble forte.

3.2. Effets métaboliques de la consommation de thé lors du syndrome métabolique

L'obésité et le diabète sucré de type 2 (DT2) continuent d'être des défis de santé publique importants. Il a été démontré qu'une forte consommation de thé (environ 4 tasses par jour) et un facteur important de réduction de poids et de prévention du syndrome métabolique (**Perreault et al., 2012**). Un méta-analyse basée sur 7 études épidémiologiques a révélé un risque plus faible de DT2 chez les personnes qui consommaient 3 à 4 tasse de thé par jour par rapport à ceux qui n'en consommaient pas (**Yang et al., 2016**). Une autre cohorte rétrospective au Japon (17413 personnes âgées de 40 à 65 ans) a indiquée que la consommation de 6 tasses ou plus de thé vert était associée à une réduction de 33% du risque de développer un DT2, diminution du risque relatif de DT2 chez les personnes consommant 4 tasse ou plus de café ou 1 tasse ou plus de thé noir par jour avec des risques relatifs de 0,70 et 0,83, respectivement, mais pas de risque relatif réduit chez les consommateurs de thé

vert (**Odegaard et al., 2008**). Pourtant, un méta –analyse de 17 essais cliniques (portant sur 1133 sujets) a conclu que le thé vert réduisait favorablement la glycémie à jeun et l’HbA1c. La consommation de thé peut atténuer le syndrome métabolique en augmentant l’activité de la protéine kinase activé par l’AMP dans le foie, qui régule à la baisse les enzymes impliquées dans la glyconéogenèse (diminuant ainsi la glyconéogenèse). Un autre mécanisme d’action suggéré comprend l’inhibition de l’amylase par les poly phénols du thé vert, ce qui réduirait la digestion des glucides et la réponse glycémique aux repas riches en amidon. Cependant, seul un nombre limité d’études à grande échelle reliant les bioactifs du thé dérivés du thé infusé au syndrome métabolique ont été réalisées dans ce domaine et sont marquées par des incohérences dans les résultats parmi différentes études (**Miao et al., 2015**). Cela peut être attribuable à des différences entre les études (Ex ; durées des études, état de santé des sujets, différences génétiques et environnementales). Les effets métaboliques du thé ne sont pas aussi bien établis que les bienfaits pour la santé cardiovasculaire. Cependant, cela continue d’être un domaine de recherche en évolution qui a d’abord commencé par rapport à la gestion du poids et a évolué vers la gestion de l’énergie et la fonction cognitive.

3.3. Thé et cancer

Une étude de cohorte réalisée en 2006 au Japon a suivi 89555 personnes de 1995 à 1999 pour observer les effets potentiels de la consommation de thé vert sur le cancer des voies biliaires et les cancers associés (**Makiuchi et al., 2016**). La consommation quotidienne de niveaux élevés de thé vert (972 ml / j) a entraîné une réduction significative du risque (rapport de risque : 0,67) par rapport à ceux consommant moins de 120ml de thé vert par jour. La consommation régulière de thé vert semble réduire le risque de cancer colorectal dans une étude observationnelle, mais des preuves supplémentaires issues d’essais cliniques avec des infusions de thé (plutôt que des catéchines de thé vert) sont nécessaires pour mieux étudier cette association (**Yang et al., 2011**). Des études d’intervention ont été réalisées chez les hommes atteints d’un cancer de la prostate pour observer l’effet de la consommation de thé noir et vert avant la prostatectomie. Une bioaccumulation des catéchines du thé vert dans le tissu prostatique a été observée, une diminution significative d’un facteur d’inflammation (facteur nucléaire JB) a été observée après la consommation de thé vert dans les essais cliniques. Une Méta – analyse en 2006 de 13 études épidémiologiques analysant l’association entre la consommation de thé et le cancer de sein a établi un risque légèrement réduit comparant les consommateurs les plus élevés de thé vert avec les plus faibles consommateurs de thé vert (**Gonza et al., 2015**). Un essai de recherche clinique de 1999 a testé un produit de

thé mixte (thé vert supplémenté avec des catéchines de thé et des téaflavines / téarubigines) chez 59 patients atteints de leucoplasie de la muqueuse buccale; 37,9% des patients traités au thé vert ont présenté une diminution de la taille de la leucoplasie de la muqueuse buccale par rapport à 6,7% des patients sous placebo (**Henning et al., 2015**). Les variations chez les patients individuels ont également montré un effet car plusieurs études indiquent que la génétique affecte de manière significative de bios marqueurs liés au cancer chez les buveurs de thé (c'est-à-dire les effets ont été observés dans ceux ayant des niveaux élevés de certaines enzymes). D'autres travaux dans ce domaine pourraient aider à identifier les personnes qui pourraient être plus respectives à l'amélioration /la prévention du cancer par la consommation chronique de thé vert (**Hakim et al., 2011**).

3.4. Effet du thé sur cerveau

Il a été démontré que le gallate d'épigallocatechine et les métabolites de l'EGCG sont perméables dans les modèles de barrière hémato-encéphalique in vitro, ce qui suggère que certains polyphénols et métabolites du thé pourraient atteindre le cerveau et affecter la santé (**Pervin et al., 2017**). Dans des études antérieures, la consommation de thé était corrélée à un risque réduit de troubles neurocognitifs et de maladie de parkinson chez les sujets finlandais et chinois – Singapouriens qui buvaient habituellement 3 tasses de thé ou plus par jour. Des études antérieures ont émis l'hypothèse que la caféine est le composé bioactif responsable de la réduction du risque(**Unuo et al., 2017**). Une autre étude a révélé que la consommation de thé noir, qui n'était pas confondue par la teneur en caféine, diminuait le risque de maladie de parkinson, alors que la consommation de thé vert ne montrait pas d'association. Cela suggère que les polyphénols oxydés caractéristiques (par exemple : arubigines et théaflavines) dans le thé noir peuvent avoir un effet distinct (**Fenget et al., 2016**). Cependant, il a été démontré que la consommation régulière de thé noir ou vert réduit le risque de troubles neurocognitifs chez les sujets chinois âgés. Il a été également constaté que la consommation de thé noir améliorait la mémoire, réduisait les erreurs et accélérât les performances des sujets dans diverses tâches cognitives par rapport à la consommation d'un contrôle, l'eau (**Rizwan et al., 2017**).

3.5. Effet santé du thé sur l'athérosclérose

La consommation du thé peut aider à prévenir l'athérosclérose en abaissant le cholestérol. L'ingestion de thé vert présente des effets bénéfiques sur la santé par des mécanismes sous-jacents comme correction des troubles endocriniens, métaboliques et immunitaires, réduction

des marqueurs inflammatoires et des taux de LDL oxydés dans le plasma des fumeurs humains (Lee et al., 2005). Cinq portions /jour de thé noir réduisent le cholestérol total (6,5%), le cholestérol LDL (11,1%), l'apolipoprotéine B (5%) et la lipoprotéine (a) (16,4%) chez l'homme par rapport à un placebo avec des niveaux de caféine correspondants (Davies et al., 2003). Dans une étude expérimentale, l'administration intra péritonéale d'EGCG réduit l'incidence de la plaque athérosclérique de 73% chez les souris apoE nulles. Cependant, l'EGCG n'a pas d'effet sur les plaques établies dans ce modèle (Chyu et al., 2004). De plus, l'ingestion d'extrait de thé vert dans l'eau potable réduit la zone athéromateuse de l'aorte, abaisse le taux de peroxydation des lipides plasmatiques, le cholestérol aortique et le triacylglycérol (TG) chez les souris déficientes en apoE, alors que le cholestérol plasmatique n'est pas modifié (Rahman et al., 2006). Ainsi, les mécanismes anti – athérogènes des catéchines du thé peuvent impliquer une inhibition de l'absorption de LDL oxydés, une diminution du stress oxydatif et une réduction de la signalisation inflammatoire.

3.6. Capacité antioxydant

En général, les études d'interventions humaines sur la capacité antioxydant évaluent l'effet de la consommation aiguë de thé (1jour) sur les enzymes anti oxydantes, liée aux défenses anti oxydantes, comme la catalase (CAT) et le superoxyde dismutase (SOD) chez des sujets sains. Rietveld et Wiseman (2003) ont passé en revue les effets antioxydants de la consommation de thé vert et de thé noir (1à6 tasses /jour) sur la base d'essais cliniques humaines. Ces auteurs ont rapporté que la qualité des études disponibles est jugée insuffisante pour tirer des conclusions (Hollman et al., 2011). Un effet antioxydant direct des poly phénols in vivo est discutable car leur concentration dans le sang est généralement très faible lorsque l'on considère une alimentation normale. Helliwell et al. (2012) ont commenté le fait que jusqu'à présent, la contribution des antioxydants est incertaine.

En raison du manque de preuves des effets bénéfiques dans les études in vivo, il est nécessaire de prendre en considération la variabilité interindividuelle du métabolisme et de l'absorption des composés bioactifs potentiels.

3.7. Gestion de poids

Rains et Maki (2011) ont rapporté que des essais d'intervention contrôlés ont montré que la consommation de catéchines de thé vert (270mg à 1200mg /jour) peut réduire le poids corporel et l'accumulation de graisse, mais jusqu'à ce moment, on considère que la dose optimale n'a pas encore été établie.

3.8. Autres effets du thé sur la santé

Il existe de nombreux effets bénéfiques possibles de thé sur la santé en plus de ceux décrits ici, notamment des effets sur la santé des os, la santé dentaire, les allergies, le rhum et la grippe (Suzuki et al., 2012).

4. Indication thérapeutique du thé

4.1. Corrige les troubles cutanés

Le thé est utilisé comme remède maison séculaire pour les brûlures, les plaies et les gonflements. Un cataplasme de thé vert soulage les démangeaisons et l'inflammation des piqures d'insectes, tandis qu'une compresse arrête les saignements. Les tanins et les flavonoïdes du thé ont des propriétés antiseptiques. Les premières ont également des effets anti-inflammatoires. Le thé vert a également certains avantages pour le corps s'il est utilisé à l'extérieur. Il peut être utilisé pour arrêter ou ralentir les saignements et peut soulager les démangeaisons et les piqures d'insectes. On outre, de nombreux produits de soin des cheveux et de la peau utilisent de l'huile d'arbre à thé pour ajouter de la brillance et régénérer. Les chercheurs étudient également le thé vert comme écran solaire naturel. Les constituants de thé vert peuvent être utiles localement pour favoriser la régénération de la peau, la cicatrisation des plaies ou le traitement de certaines affections épithéliales telle que les ulcères aphteux, le psoriasis, la rosacée et la kératose actinique. À certaines concentrations, l'EGCG ou un mélange des principaux polyphénols du thé vert a stimulé les kératinocytes âgés pour générer de l'énergie biologique et synthétiser de l'ADN, éventuellement pour une division cellulaire renouvelée (Hsu et al., 2003).

4.2. Aide à la digestion

Le thé contient des composés tanniques astringents, il peut soulager l'indigestion, la diarrhée et d'autres formes de dysfonctionnement gastro-intestinal. De plus, le thé vert, noir, Oolong tous ont des propriétés antibactériennes, antioxydants, antiseptiques, détoxifiantes, et sont très efficaces pour traiter la dysenterie infectieuse ainsi que pour soulager les maladies inflammatoires de l'intestin. Cela rend le thé utile comme remède maison traditionnel pour divers problèmes digestifs.

Chapitre 02

Polyphénols et santé

Depuis une quinzaine d'années, les chercheurs et industriels de l'agro-alimentaire s'intéressent de plus en plus à une catégorie d'antioxydants, les polyphénols. La reconnaissance des propriétés antioxydants de ces composés, leur abondance dans l'alimentation et leur rôle probable dans la prévention des maladies associées à un stress oxydant sont les principales raisons de cet engouement.

1. Définition

Les Polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (**Mompon et al., 1996; He et al., 2008**). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (**Richter, 1993**), contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème. Le terme « phénol » englobe approximativement 10000 composés naturels identifiés (**Martin, 2002; Druzynk et al., 2007**). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau phénolique à 6 carbones (Figure10), auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside (**Bruneton, 1999; Balasundram, 2006**).

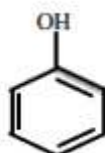
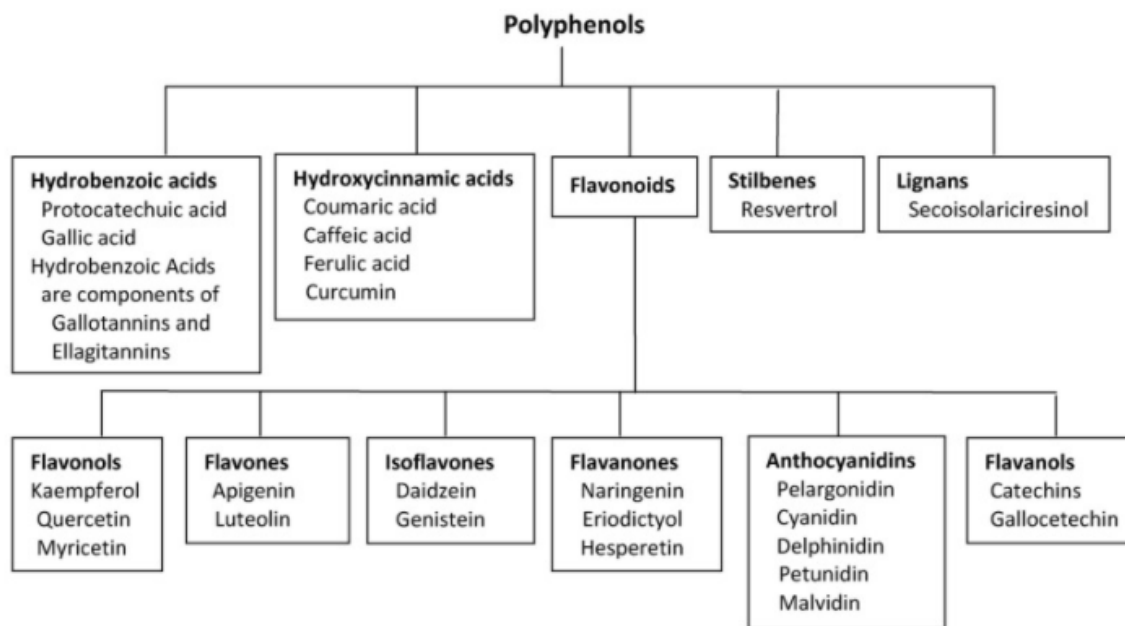


Figure 10: Structure du noyau phénol

Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies d'élaboration de cycles aromatiques, la voie shikimate (également responsable de la synthèse des acides aminés Phe et Tyr) et la voie polyacétate, qui consiste en la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe, d'un tissu particulière (**Guignard, 2000 ; Bruneton, 2008**).

2. Classification et composition des Polyphénols



La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux. On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes (Clifford, 1999 ; D'Archivio, 2007).

2.1. Polyphénols simples

2.1.1. Acides phénoliques

Ce sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes μ les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque et de l'acide hydroxycinnamique (Bruneton, 2008).

a) **Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1) :** Ces acides sont très communs aussi bien sous forme libre que sous forme combinée à l'état d'esters ou hétérosides (Bruneton, 2008; Skerget et al., 2005). Ils sont abondants dans les végétaux et les aliments, notamment les épices, les fraises, certains fruits rouges et l'oignon (Manach et al., 2004). Les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque les plus répandus sont illustrés dans la figure suivante :

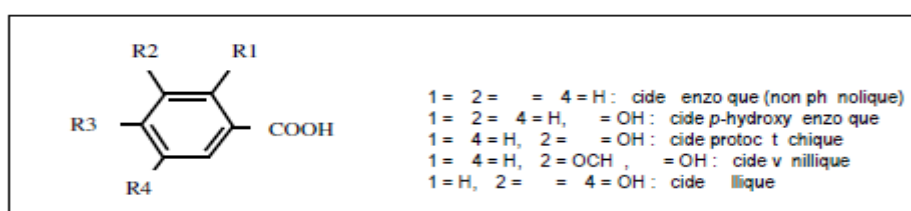


Figure 11. Structures chimiques des acides hydroxybenzoïque

b) Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3) : Ces composés ont une distribution très large. Rarement libres, ils sont souvent estérifiés (Skerget et al., 2005) et peuvent également être acidifiés ou combinés avec des sucres (O-acylglucosides, Oarylglucosides) ou des polyols tels que l'acide quinique (Figure12).

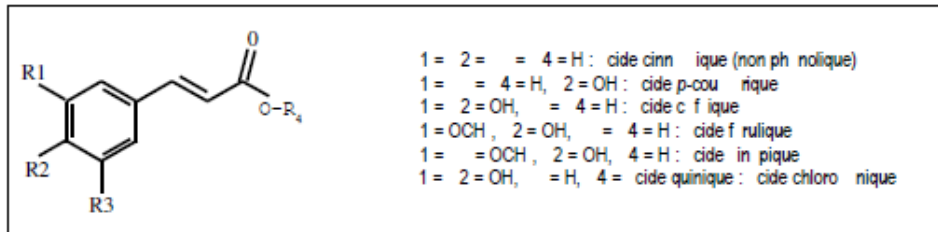


Figure12. Structure chimiques des acides hydroxycinnamiques

L'acide caféique est le principal représentant de cette catégorie. Il est présent dans de nombreux végétaux (graine de café, tomate, olive, pomme), en particulier dans les fruits. Il représente 75 à 100% de la teneur totale en acides hydroxycinnamiques de la majorité des fruits, principalement sous forme d'ester de l'acide quinique (acide chlorogénique) (Manach et al., 2004). L'acide chlorogénique est présent en très forte concentration dans la pomme (430 mg/kg) et dans le café, une seule tasse peut en contenir de 70 à 350 mg.

2.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (Figure13) (Ghedira, 2005). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (Crozier, 2003). Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin...).

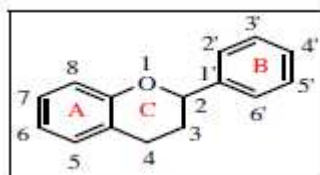


Figure 13. Squelette de base des flavonoïdes

Il existe plusieurs classes de flavonoïdes, dont les principales sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. La structure de base de ces différents flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions, les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. Ces substances existent généralement sous forme de glycosides.

a) 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 (Manach et al., 2004); Chira et al., 2008). Les agrumes constituent la principale source alimentaire de flavanones. Les principaux aglycones sont l'ériodictyol dans le citron, la naringénine dans le pamplemousse et l'hésperétine dans l'orange (Figure 14).

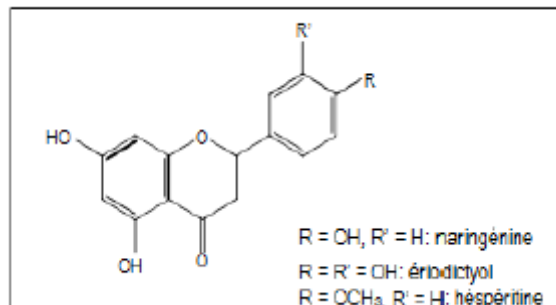


Figure 14. Structure chimique des flavanones

b) Flavonols : Les flavonols se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C3 et d'une double-liaison en C2-C3 (Figure 15). Ils peuvent exister soit sous forme d'aglycones, soit sous forme d'hétérosides. Les sucres les plus souvent impliqués sont des aldoses: D-glucose et L-rhamnose (Crozier, 2003). Leurs principaux représentants sont la quercétine, le kaempférol et la rutine. Les sources les plus riches sont les oignons, le poireau, le chou et les baies telles que le cassis. Le thé contient aussi des flavonols à teneur de 45 mg/L (Hertog et al., 1993).

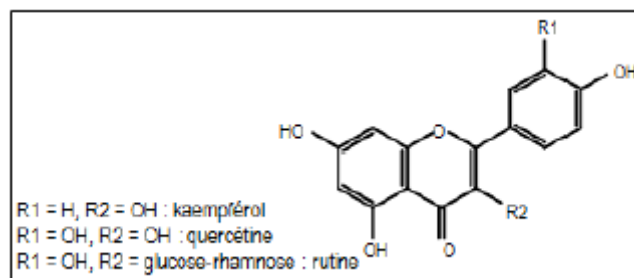


Figure 15. Structures chimiques de flavonols

c) Flavan-3-ols : Les flavan-3-ols ou dérivés de catéchine sont la catégorie de flavonoïdes la plus complexe. Ces composés vont des simples monomères, (+)-catéchine et son isomère (-)-épicatechine, jusqu'aux oligomères et polymères, les proanthocyanidines. De plus, les flavan-3-ols peuvent être estérifiés par l'acide gallique ou hydroxylés pour former les gallocatéchines (épicatechine gallate, épigalocatechine, épigalocatechine gallate) (Figure 16) (Chira et al., 2008). Les catéchines sont présentes dans le chocolat, le thé (jusqu'à 120 mg du thé noir de Chine) et dans les fruits comme l'abricot (Arts et al., 2000).

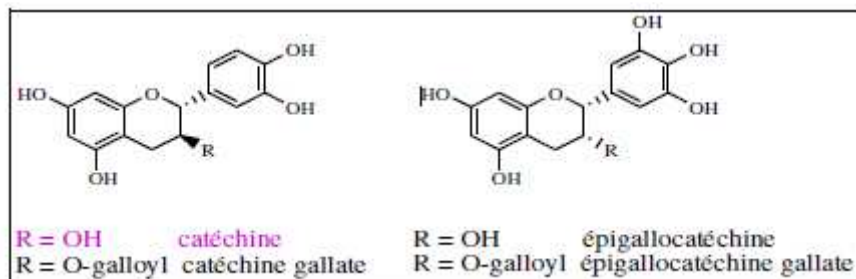


Figure 16. Structures chimiques de certains flavan-3-ol

d) Anthocyanidines : Ce sont des pigments, principalement sous formes de glycosides stables et hydrosolubles, rouges en milieu acide, virant au bleu-violet en milieu neutre ou faiblement alcalin (Košir et al., 2004). Les composés les plus courants sont la pélarгонidine, la cyanidine et la malvidine (Vitrac et al., 2005).

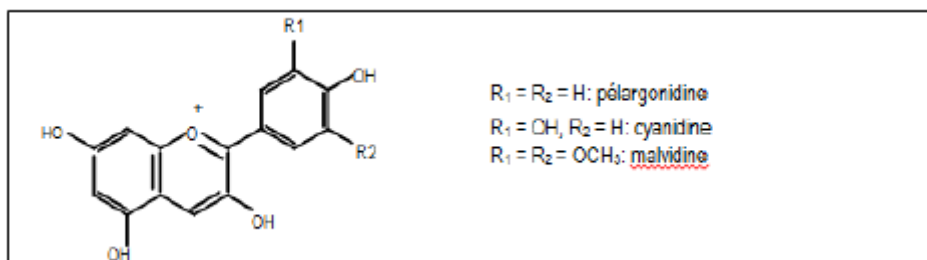


Figure 17. Structure chimique de quelques anthocyanidines courantes

2.1.3. 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 (3,4-dihydroxyphenylethanol) (Figure18) sont les principales molécules de cette classe. Ces

composés sont très abondants dans l'olive (fruit et feuille), libres ou associés à l'acide lénolique (Silva et al., 2010).

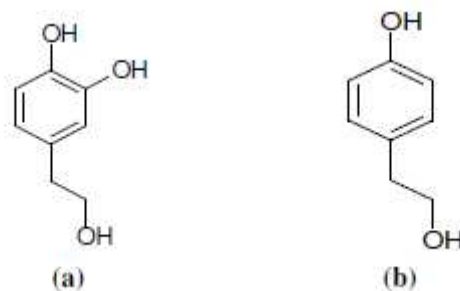


Figure 18. Structure de l'hydroxytyrosol (a) et du tyrosol (b)

Le principal alcool phénolique de l'olive (responsable de l'amertume du fruit) est l'oleuropéine (Figure 19) (Briante et al., 2004).

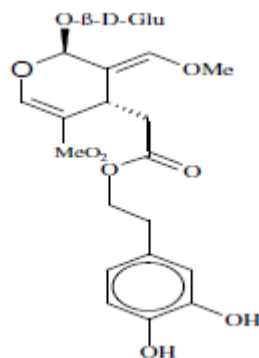


Figure 19. Structure de l'oleuropéine

2.2. Polyphénols complexes (tanins) :

Les tanins représentent une classe très importante de polyphénols localisés dans les vacuoles (Aguilera-Carbo et al., 2008). Historiquement, le terme « tanin » regroupe des composés polyphénoliques caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines (Paris, 1981), d'où leur capacité à tanner le cuir. Sur le plan structural, les tanins sont divisés en deux groupes, tanins hydrolysables et tanins condensés (Linden et Lorient, 1994):

2.2.1. Tanins hydrolysables

Ce sont des esters du D-glucose et de l'acide gallique ou de ses dérivés, en particulier l'acide ellagique (Figure 20) (O'connell, 2001). Ces substances sont facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique (tannase) (Ribéreau-Gayon, 1968).

2.2.2. Tannins condensés

Les tannins condensés ou les proanthocyanidines sont des polymères constitués d'unités flavan reliées par des liaisons entre les carbones C4 et C8 ou C4 et C6 (Figure 20) (O'connell, 2001). En raison de leur complexation avec les protéines salivaires, les tanins condensés sont responsables de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité (raisin, pêche, pomme, poire, etc. ...) et de certaines boissons (vin, cidre, thé, etc. ...) et de l'amertume du chocolat.

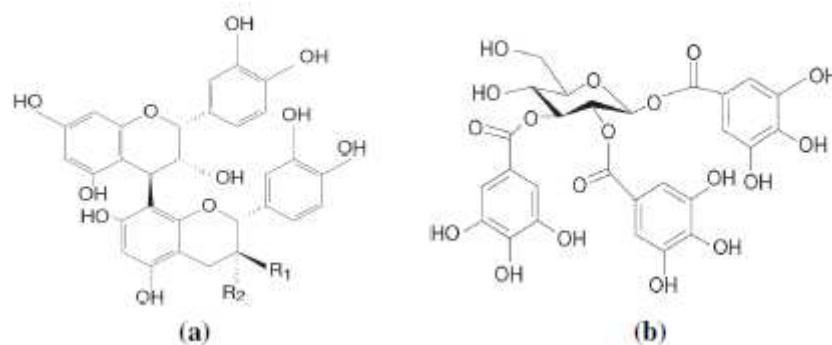


Figure 20: Structure chimique (a) d'un tanin condensé (proanthocyanidine) et (b) d'un gallotanin (1, 2,3-tri-O-galloyl-β-D-glucose).

3. Différents types des Polyphénols dans le thé

Les composés polyphénoliques contenus dans le thé vert comprennent principalement des flavonoïdes, des flavanols, des acides phénoliques, etc. les polyphénols du thé, communément appelés catéchines, sont des composés flavonoïdes avec une structure basique d' α -phénylbenzopyrane, qui représente environ 18% à 36% du poids sec des feuilles de thé (Khan et Mukhtar, 2007).

Les types les plus importants de polyphénols de thé peuvent être divisés en 4 types suivants : (-)- épigallocatechine-3-gallate (EGCG), (-)- épicatechine-3-gallate (ECG), (-) – épigallocatechine (EGC) et (-) n – épicatechine (EC) (Yang et al., 1999). Les catéchines sont composées de 3 cycles hydrocarbonés et sont structurellement classés en catéchines esters (EGCG, ECG) et catéchines non esters (EGC, EC). La structure de plusieurs polyphénols majeurs du thé est illustrée dans la figure 21. L'EGCG représente environ 59% des catéchines totales, tandis que l'EGC représente environ 19%, l'ECG 13.6% et l'EC environ 6,4% (Ciraj et al., 2001). Triés par leur résistance à l'oxydation, ils sont classés : EGCG = ECG > EGC > Acide gallique (GA) > EC = Catéchine (Rice-Evans, 2010). Le nombre et la position des groupes hydroxyle dans la structure moléculaire de ces composés

polyphénoliques déterminent en grande partie leurs propriétés antioxydantes. En tant que telles, les catéchines ont une forte capacité d'approvisionnement en hydrogène sur les cycles B et C, et la double liaison 2,3 et le groupe 4-oxo insaturé dans le cycle C favorisent la délocalisation des électrons (électron libre) de l'ortho-dihydroxy catéchol dans l'anneau B **Senanayake, 2013**). De plus, l'activité antioxydante de ces polyphénols est liée à la structure moléculaire, aux conditions de départ et au microenvironnement du milieu réactionnel (**Zhou et al., 2005**) ; **Dai et al., 2008**). En plus des polyphénols du thé, il existe divers dérivés phénoliques et analogues de polyphénols dans le thé, tels que la quercétine, le kaempférol, la myricétine. Etant donné que ces substances ont toutes une structure cyclique 4-oxo 3-hydroxy C, elles présentent une résistance à l'oxydation (**Xing et al., 2019**).

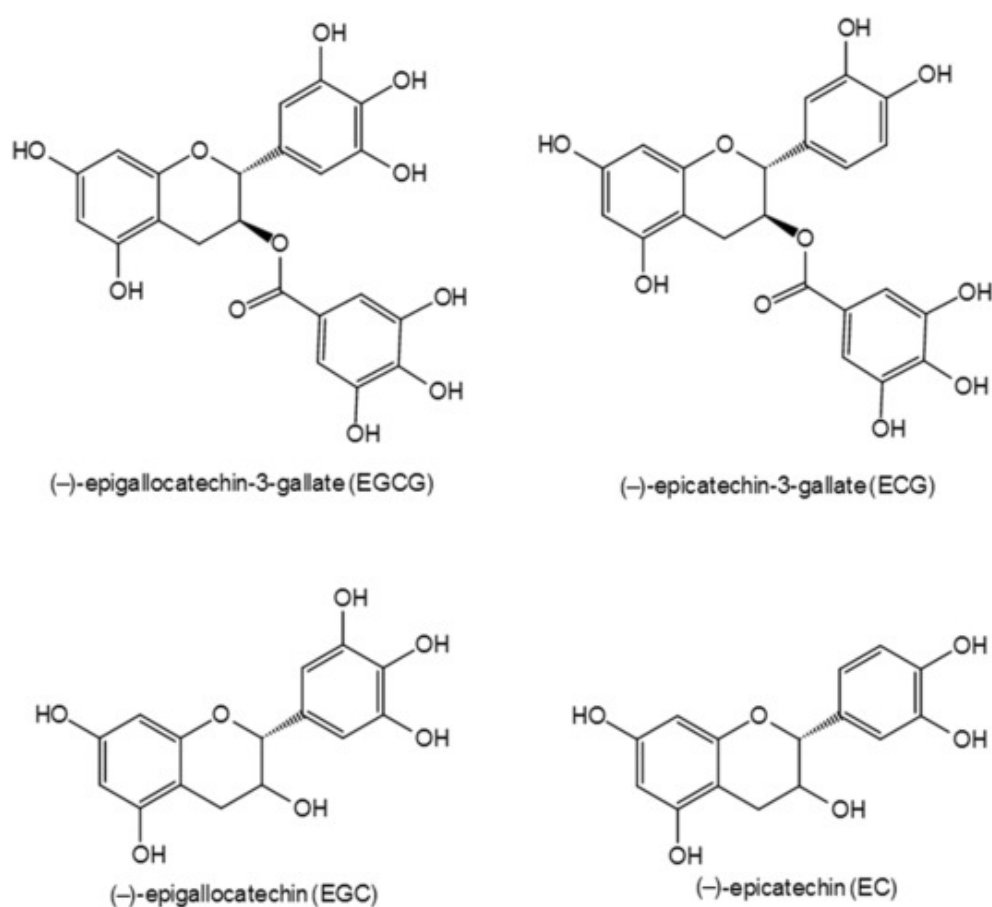


Figure21: Structures chimiques de différents types de polyphénols dans le thé

Au niveau cellulaire, l'EGCG semble être la substance la plus biologiquement active des polyphénols (**Lorenz, 2013**). Dans des conditions de température normale, les polyphénols de thé produits industriellement présentent des couleurs différentes en raison des différents supports, généralement de la poudre jaune ou vert clair. Les polyphénols du thé sont sensibles

au pH et leurs propriétés sont stables dans des conditions de pH bas; cependant, un acide fort, un alcali fort, une forte irradiation lumineuse et des températures élevées provoquent facilement une détérioration. L'EGCG est soluble dans l'eau mais insoluble dans les solvants organiques et partiellement soluble dans la graisse.

4. Propriétés thérapeutiques

De nos jours, les propriétés des polyphénols sont largement étudiées dans le domaine médical et biotechnologique où on leur reconnaît des activités antivirales, anti tumorales, anti inflammatoires, antiallergiques, anticancéreuses et antimicrobiennes.

4.1. Activité hypotensive

L'effet hypotenseur de l'extrait aqueux des feuilles d'olivier est dû aux composés bioactifs via une action plasmolytique qui agit directement sur le muscle lisse. Il permet la dilatation des vaisseaux sanguins, des artérioles et des coronaires, tout en calmant la fréquence cardiaque, et entraîne donc une diminution de la tension artérielle. Les études cliniques récentes de **Ghedira et al., (2008)** ont montré qu'une dose de 500mg de l'extrait des feuilles d'olivier, deux fois par jours, peut remplacer une dose de 12.5-25mg en CAPTOPRIL, dans l'abaissement des tensions artérielles systoliques et diastoliques chez les patients hypertendus.

4.2. Activité hypoglycémiant

Une étude de **d'Al-Azzawie et al., (2006)** sur les extraits aqueux des feuilles a montré que ceux-ci permettaient de diminuer la glycémie selon deux mécanismes :

- Amélioration de la libération de l'insuline déclenchée par le pic de glucose sanguin lors des repas et ainsi permettre une meilleure absorption cellulaire du glucose.
- Provocation de l'augmentation de l'utilisation périphérique du glucose, ce qui va entraîner une seconde diminution de la glycémie. Ces deux mécanismes rappellent ceux provoqués par le traitement DNID (**Avenard, 2008**). L'administration à un diabétique d'un extrait des feuilles d'olivier riche en oleuropéine (8mg/kg) pendant 4 semaines, montre une diminution significative du glucose.

4.3. Action contre l'athérosclérose

L'athérosclérose se traduit par la perte de l'élasticité des artères, provoquée par l'accumulation de corps gras essentiellement le mauvais cholestérol LDL au niveau de la

tunique interne (intima) des artères. Ce dépôt (Athérome) peut aller de la simple plaque rétrécissant la lumière artérielle (sténose) jusqu'à l'oblitération du vaisseau (Thrombose). Un des facteurs déclencheurs de cette pathologie est l'excès des LDL et de leur oxydation au niveau de l'intima des artères. Les extraits des feuilles exercent leur effet antioxydant vis-à-vis de l'oxydation des LDL qui sont à l'origine de l'altération des tissus vasculaire au niveau des artères (**Benavente Garcia et al., 2000**). Leur consommation se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydant du plasma dans les heures qui suivent le repas. Parvenus au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL). En inhibant leur oxydation, ils limitent leur incrustation dans les parois artérielles ainsi prévenir le processus physiopathologique de l'athérosclérose. D'après **Scalbert et al. (2005)**, ils agissent aussi en inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères.

4.4. Action antiallergique

Ces effets sont attribués à l'influence des polyphénols sur la production de l'histamine. En effet, les flavonoïdes inhibent les enzymes, telles que l'AMP cyclique phosphodiesterase et l'ATP ase, responsables de la libération de l'histamine à partir des mastocytes et des basophiles (**Di Carlo et al., 1999**).

4.5. Effet anti ulcéreux

Dans des expériences réalisées sur des rats, il a été démontré que certains composés phénoliques jouent un rôle important dans la réduction de l'ulcère et la protection des cellules gastriques (**Di Carlo et al. 1999**).

4.6. Activité anticancéreuse

L'activité anticancéreuse est attribuée à :

- la capacité d'inactiver le t-PA (tissue-type plasminogenactivator) en greffant à celui-ci la laminine, une molécule de la matrice extracellulaire qui joue un rôle important durant la mort cellulaire (**Piantelliet al., 1996**).
- L'inhibition de la croissance cellulaire en empêchant certaines phases du cycle cellulaire et en bloquant les sites récepteurs des hormones. Également par d'autres mécanismes, à savoir : la stabilisation du collagène. En effet, la catéchine augmente la résistance du collagène et inhibe l'activité de la collagénase, mais aussi, la réduction des radicaux libres (**Harvey et al., 1987**).

4.7. Effet antimicrobien

Les effets antimicrobiens des phénols issus de l'olive, l'huile d'olive et les feuilles de l'olivier ont été le sujet de différentes recherches qui confirment leur effet antimicrobien. Il a été établi que l'oleuropéine, une des classes principales de polyphénols contenues dans les feuilles, empêche ou retarde le taux de croissance d'une gamme de bactéries et de microchampignons. L'oleuropéine et les produits de son hydrolyse sont capables d'inhiber le développement et la production de l'enterotoxine B par *Staphylococcus aureus*, le développement de *Salmonella enteritidis*, des spores de *Bacillus* (**Bisignano et al., 1999**), de *Klebsiella pneumoniae*, et *Escherichia coli* (**Aziz et al., 1998**). Elle est également active dans la régulation de la flore gastrique par la réduction sélective de *Helicobacter pylori* et *Campylobacter jejuni* (**Sujna et al., 2009**).

4.8. Effet antioxydant

Les antioxydants présents dans les plantes sont habiles à piéger les radicaux libres ainsi, d'inhiber le processus d'oxydation. Les plus actives flavonoïdes (rutine, catéchine et lutéoléine) exercent, d'après les tests *in vitro*, des effets antioxydants jusqu'à 2,5 fois plus que la vitamine C et E et sont comparables au lycopène (**Garcia et al., 2000**). Mais le plus important, c'est que l'effet antioxydant plus important grâce à la synergie des flavonoïdes, des phénols et de la richesse en oleuropéine (**Rauwald et al., 1994**).

5. Les Polyphénols et la santé

5.1. Polyphénols et maladies cardiovasculaires

Diverses études épidémiologiques ont montré l'existence d'une corrélation inverse entre la consommation de polyphénols ou d'aliments riches en polyphénols et le risque de développement de maladies cardiovasculaires. Ainsi une méta-analyse basée sur 7 études cas témoins et 10 études en cohortes suggère une réduction du risque d'infarctus du myocarde de 11% lors de la consommation de trois tasses de thé par jour (**Peters et al., 2001**). Plusieurs études de cohortes ont montré que la prise de flavonols et de flavones était inversement corrélée aux taux de mortalité par maladies coronariennes (**Hollman, 1999**). Il s'avère notamment que de fortes prises de quercétine et de kaempférol réduisent le taux de mortalité due à des accidents cardiaques de type ischémie, dans lesquels peuvent être mises en cause les plaques d'athérome (**Knekt et al., 2002**). Les mécanismes d'action des polyphénols, impliqués dans la prévention de ce type de pathologies, incluent l'inhibition de l'oxydation des LDL,

l'inhibition de l'agrégation des plaquettes et l'inhibition de la formation de cellules spumeuses dans les aortes

5.2. Polyphénols et cancer

Les propriétés anticancéreuses des polyphénols ont été mises en évidence dans de nombreuses études *in vitro*, utilisant des cultures cellulaires cancéreuses ou des animaux prétraités par des réactifs chimiques carcinogènes. Cependant, les données disponibles sur les effets des polyphénols vis-à-vis des cancers chez l'homme sont plus disparates. L'effet des polyphénols sur les lignées de cellules cancéreuses humaines est fréquemment protecteur et induit une réduction du nombre de tumeurs et de leur croissance (**Scalbert et al., 2005**). Plusieurs mécanismes d'action ont été identifiés comme l'activité oestrogénique ou antioestrogénique, effets antiprolifératifs, induction de l'arrêt du cycle cellulaire ou de l'apoptose, prévention du stress oxydant, activité anti-inflammatoire, modification de la signalisation cellulaire (**Garcia-Lafuente et al., 2009**).

5.3. Polyphénols et diabète

L'administration aiguë ou chronique de polyphénols chez des modèles animaux a montré des effets sur la glycémie : les polyphénols agissent par différents mécanismes dont l'inhibition de l'absorption du glucose au niveau intestinal (**Dembinska-Kiec, 2008**), ou encore son assimilation dans les tissus périphériques (inhibition de la gluconéogenèse, de la stimulation adrénergique de l'absorption du glucose ou stimulation de la libération de l'insuline par les cellules β du pancréas) (**Scalbert et al., 2005**). Les données portant sur les effets des polyphénols dans la prévention du diabète chez l'homme sont moins nombreuses que chez l'animal. Il a été montré que la consommation de 400ml de café décaféiné n'avait pas d'effet sur la glycémie lorsqu'il était ingéré avec du glucose ; cependant, il diminue la sécrétion du polypeptide insulino-tropique glucose-dépendant (GIP) et augmente la sécrétion du glucagon de manière à ce que l'absorption du glucose soit retardée (**Johnston et al., 2003**). Chez des patients atteints de diabète de type 2, la consommation de 50 mg/j d'un complément alimentaire contenant des anthocyanes, des flavones et des acides phénoliques d'orange sanguine pendant 2 mois n'a pas d'effet sur la glycémie (**Bonina, 2002**). Cependant, certaines données épidémiologiques laissent penser que les polyphénols pourraient avoir tout de même un effet protecteur puisqu'il a été observé que la consommation de café (riche en acide chlorogénique) était associée à une diminution du risque de diabète de type 2 (**Van Dam, 2002**).

5.4. Polyphénols et inflammation

Les propriétés antioxydants des polyphénols ont longtemps été considérées comme étant le principal phénomène expliquant leurs effets protecteurs. Cependant, de nombreuses études ont pu montrer que les polyphénols et leurs métabolites agissaient également comme des modulateurs des voies de signalisation de l'inflammation. Les études menées chez l'homme sain ont montré que le suivi d'un régime riche en fruits et légumes était inversement corrélé aux marqueurs de l'inflammation (CRP, IL-6) dans le plasma (**Salas-Salvado et al., 2008**), que la consommation d'anthocyanes était associée à la diminution du taux de cytokines (IL-8, IL-13 et IFN- α) circulantes (**Karlsen et al., 2007**) ou encore que l'augmentation du pouvoir antioxydant du plasma dû à une consommation de jus de fruits concentré était associée à une diminution des cassures de brins d'ADN (**Nantz et al., 2006**). L'inflammation est la réponse immunitaire de l'organisme à une agression par des agents pro-inflammatoires d'origine virale, bactérienne ou autre (par exemple, les lipoprotéines oxydées, marqueurs du stress oxydant). L'inflammation est précisément régulée afin de limiter les altérations des biomolécules de l'hôte. Cependant, une régulation inappropriée de ce phénomène peut conduire à un état inflammatoire chronique (**Bengmark, 2004**) et la plupart des pathologies chroniques, citées précédemment, possèdent une composante inflammatoire (**Hotamisligil, 2006**). Les différentes études menées sur les effets protecteurs des polyphénols dans ces contextes pathologiques ont montré que ceux-ci diminuaient les marqueurs de l'inflammation (**Gonzalez-Gallego et al., 2010**) et agissaient sur de nombreuses cibles moléculaires au centre des voies de signalisation de l'inflammation (**Santangelo et al., 2007**).

5.5. Polyphénols et autres pathologies

Les polyphénols ont montré des effets protecteurs dans d'autres pathologies, telle que la sclérose en plaque, l'ostéoporose les pathologies liées au vieillissement cérébral (maladie d'Alzheimer, autres types de démences, maladie de Parkinson...) (**Spencer, 2010**). Les composés phénoliques peuvent aussi atténuer les infections d'origine virale ou bactérienne (**Ghedira, 2005**).

5.6. Polyphénols et maladies neurodégénératives

Les maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer représentent un problème croissant lié aux pathologies du vieillissement cérébral, principalement car il y a une augmentation de la prévalence de la maladie d'Alzheimer à la

fois et la maladie de Parkinson avec l'âge. Ceux-ci et d'autres maladies neurodégénératives semblent être déclenchées par des événements multifactoriels dont la neuro-inflammation, une augmentation du stress oxydatif, de fer et / ou une déplétion des antioxydants endogènes. Par ailleurs, l'apport alimentaire régulière d'aliments riches en flavonoïdes et / ou de boissons a été associée à une réduction de 50% du risque de démence, une préservation des performances cognitives avec l'âge, un retard dans l'apparition de la maladie d'Alzheimer et une réduction du risque de développer la maladie de Parkinson. Les flavonoïdes peuvent agir pour protéger le cerveau dans un certain nombre de façons, y compris par la protection des neurones vulnérables, le renforcement de la fonction neuronale existante ou en stimulant la régénération neuronale. De nombreuses études d'intervention alimentaire menées chez l'homme ou chez l'animal avec des aliments ou boissons issus du raisin, du thé ou de baies comme les myrtilles ont montré une amélioration de la mémoire et de la cognition. Il semblerait cependant que les seules propriétés antioxydants des flavonoïdes contenus dans ces aliments ne soient pas suffisantes pour expliquer leurs effets bénéfiques au niveau cérébral, d'autant que la concentration de composés retrouvés à ce niveau est relativement faible (**Spencer, 2008**). Il a ainsi été suggéré que les polyphénols puissent agir en protégeant les neurones vulnérables, en stimulant le fonctionnement neuronal et le flux sanguin ainsi qu'en favorisant la neurogenèse.

Conclusion

Bien que le thé ait été consommé pendant des siècles, il n'a été que récemment étudié de manière approfondie en tant que boisson bénéfique pour la santé qui peut agir pour prévenir un certain nombre de maladies chroniques et de cancers. De nombreuses études ont indiqué que la consommation de thé vert peut avoir un effet modeste sur la réduction de la concentration plasmatique de cholestérol et la prévention de l'athérosclérose.

Des études ont montré que les polyphénols du thé induisent puissamment la mort cellulaire apoptotique et l'arrêt du cycle cellulaire dans les cellules tumorales mais pas dans leurs homologues cellulaires normaux et que les polyphénols du thé vert affectent plusieurs voies biologiques.

Les études axées sur les polyphénols du thé purifiés devraient continuer à fournir aux chercheurs une meilleure compréhension de l'absorption, de la distribution des polyphénols du thé, du rôle dans les réactions anticancéreuses, du métabolisme et des mécanismes anticancéreux. D'autre part, les travaux devraient se poursuivre sur la synthèse et l'évaluation d'un plus grand nombre d'analogues des polyphénols du thé vert afin de trouver des inhibiteurs de polyphénols protéasomes plus puissants, stables et spécifiques en tant que nouveaux agents anticancéreux.

Les habitudes alimentaires influencent le risque de développer une variété de maladies, en particulier le cancer et les maladies cardiaques. L'utilisation de substances diététiques fait l'objet d'une attention croissante en tant qu'approche pratique pour réduire le risque de développer ces maladies. Des observations épidémiologiques et des études de laboratoire ont indiqué que la consommation de thé peut avoir des effets bénéfiques sur la réduction de certains types de cancer dans certaines populations. Bien qu'un nombre considérable d'informations fournissent des preuves soutenant le potentiel préventif du thé contre le cancer, une bonne compréhension des mécanismes par lesquels les polyphénols du thé réduisent le risque de maladies est nécessaire pour concevoir des stratégies pour une meilleure santé.

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés aux effets thérapeutiques du thé. Notre étude focalisée sur les bienfaits du thé sur la santé de l'homme met en relief de nombreux bienfaits sur la santé. Cependant plusieurs études ont montré qu'il pouvait être dangereux lorsqu'on le consomme en trop grande quantité. C'est pour cette raison qu'il ne faut pas dépasser la dose conseillée (3 tasses de thé par jour). Dans tous les cas, la consommation du thé doit être accompagnée d'une alimentation équilibrée et un mode de vie sain.

Références

- Aguilera-Carbo A, Augur C, Prado-Barragan LA, Favela-Torres E, Aguilar CN (2008). Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 78: 189-199.
- Arts ICW, Van de Putte B, Hollman PCH (2000). Catechin contents of foods commonly consumed in the Netherlands. 1. Fruits, vegetables, staple foods and processed foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 1746-1751.
- Al-Azzawie HF, Alhamdani MS (2006). Hypoglycemic and antioxidant effect of oleuropein in alloxan-diabetic rabbits. *Rev Life Sci*. 78(12): 1371-1380.
- Avenard V (2008). L'olivier et les vertus thérapeutiques de ses feuilles. *Edi sci*. 70-89.
- Aziz NH, Farag SF, Mousa LA, Abou Z(1998). Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Journal of Microbios*. 93: 43-54.
- Beart JE, Lilley TH, Haslam E (1985). *Phytochem*. 24: 33-38.
- Bruneton J (2008). Acides phénols. In: *Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales*. Ed: Tec & Doc. Lavoisier. Paris. Pp 198-260.
- Briante R, PatumibM, Febbrion F, Nuccia R (2004). Production of highly purified hydroxytyrosol from *Olea europaea* leaf extracts biotransformed by hyperthermophilic B-glycosidase. *Journal of Biotechnology*. 111(01): 67-77.
- Balasundram N, Sundram K, Samman S (2006). Phenolic compounds in plants and agricultural by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 99: 191-203.
- Benavente-Garcia O, Castillo J, Lorente J, Ortuno A, Del Rio JA (2000) Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chem*. 68: 457-462.

Bengmark S (2004). Acute and "chronic" phase reaction-a mother of disease. *Clinical Nutrition*. 23: 1256-1266.

Bisignano G, Tomaino A, Lo Cascio R (1999). On the in-vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol. *J Pharmacol*. 5: 971-974.

Bonina FP, Leotta C, Scalia G, Puglia C (2002). Evaluation of oxidative stress in diabetic patients after supplementation with a standardised red orange extract. *Diabetes Nutrition and Metabolism*. 15: 14-19.

Bruneton J (1999). *Phytochimie. Plantes médicinales. Pharmacognosie*. 3^e édition, Paris, France. 125-165.

Bruyne T, Pieters L, Deelstra H, Vlietink A (1999). Condensed vegetable tannins: Biodiversity in structure and biological activities. *Biochemical Systematic and Ecology*. 27: 445- 459.

Chira K, Such J, Saucier C, Teissèdre L (2008). *Les polyphénols du raisin*. Ed : Springer. 6: 75-82.

CDC. National Diabetes Statistics Report (2018). [diabetes/pdf/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf](https://www.cdc.gov/diabetes/pdf/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf). Accessed May 14.

Chen T, Yang CS (2020). Biological fates of tea polyphenols and their interactions with microbiota in the gastrointestinal tract: implications on health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*. 60(16): 2691-2709.

Chyu KY, Babbidge SM, Zhao X, Dandillaya R, Rietveld AG, Yano J, Dimayuga P, Cercek B, Shah PK (2004). Differential Effects of Green Tea-Derived Catechin on Developing Versus Established Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Null Mice. *Circulation*. 109(20): 2448-2453.

Clifford MN (1999). Appendix 1. A nomenclature for phenols with special reference to tea. Washington, DC, CRC Press, Boca Raton Florida. 41 (5): 393-397.

Ciraj A, Sulaim J, Mamatha B, Gopalkrishna B-K, Shivananda P-B (2001). Activité antibactérienne de l'extrait de thé noir (*camelliasinensis*) contre les sérotypes de salmonelles provoquant la fièvre entérique. *Indien J Med Sci.* 5: 376 – 381.

Crozier A (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products: an overview. In *Plants" Diet and Health"*. Ed. Goldberg. Pp: 27- 48.

Cowan M.M (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews.* 12: 564-582.

D'Archivio M, Filesi C, Di Benedetto R, Gargiulo R, Giovannini C, Masella R (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali-dell'Istituto-Superiore-di-Sanità.* 43(4): 348-361.

Davies MJ, Judd JT, Baer DJ, Clevidence BA, Paul, D, Edwards A.J, Wiseman SA, Muesing RA, Chen SC (2003). Black tea consumption reduces total and LDL cholesterol in mildly hypercholesterolemic adults. *J. Nutr.* 133(10): 3298-3302.

Dai F, Chen WF, Zhou B (2008). Synergie antioxidant des polyphénols du thé vert avec l' α -tocophérol et l'acide L-ascorbique dans les micelles SDS. *Biochimie.* 90: 1499-1505.

Dembinska-Kiec A, Mykkänen O, Kiec-Wilk B, Mykkänen H (2008). Antioxydant phytochemicals against type 2 diabète. *British Journal of Nutrition.* 99: 109-117.

Derbel S, Ghedira K (2005). Phytothérapie et nutrition : Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie.* 1: 28-34.

Di Carlo G, Mascolo N, Izzo AA, Capasso F (1999). Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Rev Life Sci.* 65: 337-553.

Druzyńska B, Stepnińska A, Wolosiak R (2007). The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria.* 6: 27-36.

Feng L, Chong M-S, Lim W-S (2016). Tea consumption reduces the incidence of neurocognitive disorders: findings from the Singapore Longitudinal Aging Study. *J Nutr Health Aging*. 20 (10): 1002-1009.

Fossen T, Andersen O-M, Ovstedal D-O, Pedersen A-T, Raknes A (1996). Characteristic anthocyanin pattern from onions and other *Allium* spp. *Journal of Food Science*.61: 703-706.

González-Sarrías A, Romo-Vaquero M (2015). Dietary phenolics against colorectal cancer from promising preclinical results to poor translation into clinical trials: pitfalls and future needs. *Mol Nutr Food Res*. 59(7): 1274-1291.

García-Lafuente A, Guillamón E, Villares A (2009). Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*. 58: 537-552.

Grassi D, Mulder TP, Draijer R, Desideri G, Molhuizen HO, Ferri C (2009). Black tea consumption dose-dependently improves flow-mediated dilation in healthy males. *J Hypertens*. 27(4): 774-781.

Guignard J-L (2000). Les composés aromatiques In : *Biochimie végétal*. Ed: Dunod. 161-217.

Guo W, Sakata K, Watanabe N, Nakajima R, Yagi A, Ina K, Luo S (1993). *Phytochemistry*. 33: 1373-1375.

Guo W, Sakata K., Yagi A, Ina K, Luo S (1992). *Biosci. Biochem. Biotech*. 56: 992.

Ghedira K (2005). Les flavonoïdes: structures et propriétés biologiques et rôles prophylactiques et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie* .04 : 162-169.

Ghedira K (2008) . L'olivier. *Phytothérapie*. 6 (2) : 83–89.

Hakkinen S-H, Karenlampi S-O, Heinonen I-M, Mykkanen H-M, Torronen A-R (1999). Content of the flavonols quercetin, myricetin and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 2274-2279.

Han X-H, Hong S-S, Hwang J-S, Lee M-K, Hwang B-Y, Ro J-S (2007). Monoamine oxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives Pharmacia Research*. 30: 07- 13.

Hakim I-A, Chow H-H-S (2011). Pharmacokinetic and chemoprevention studies on tea in humans. *Pharmacology Res*. 64(2): 105-112.

Halliwell B (2012). Free radicals and antioxidants: Updating a personal view. *Nutrition Reviews*. 70: 257–265.

Hashimoto T, Goto M, Sakakibara H, Oi N, Okamoto M, Kanazawa K (2015). Tea aroma formation food science. 21(7): 668-670.

Haufe T-C, Ferruzzi M-G, Neilson, A-P (2018). Potential health effects of tea. *Nutrition Today*. 53(5): 213-228.

He Z, Xia W, Chen J (2008). Isolation and structure elucidation of phenolic compounds in Chinese olive (*Cnarium album* L) fruit. *European Food Research and Technology*. 226: 1191-1196.

Hodgson J-M, Croft K-D, Woodman R-J (2013). Black Tea lowers the rate of blood pressure variation: a randomized controlled trial *Am J Clin Nutr*. 97(5): 943.

Hollman P-C, Katan M-B (1999). Dietary flavonoids: intake health effects and bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*. 37: 937-942.

Hollman P-C, Cassidy A, Comte B, Heinonen M, Richelle M, Richling E (2011). The biological relevance of direct antioxidant effects of polyphenols for cardiovascular health in humans is not established. *Journal of Nutrition*. 141: 989–1009.

Henning S-M, Wang P, Said J-W (2015). Randomized clinical trial of brewed green and black tea in men with prostate cancer prior to prostatectomy. *Prostate*. 75(5):550-559.

Hertog M-G-L, Hollman P-C-H, VandePutte B (1993). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions wines and fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 41: 1242-1246.

Hertog M-G-L, Hollman P-C-H, Katan M-B (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in The Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40: 2379-2383.

Hodgson J-M, Croft K-D, Mori T-A, Burke V, Beilin L-J, Puddey I-B (2002). Regular ingestion of tea does not inhibit in vivo lipid peroxidation in humans. *J Nutr*. 132(1):55-58.

Hodgson J-M, Devine A, Puddey I-B, Chan S-Y, Beilin L-J (2003). Prince RL Tea intake is inversely related to blood pressure in older women. *J Nutr*. 133(9):2883-2886.

Hotamisligil G-S (2006). Inflammation and metabolic disorders. *Nature*. 444: 860-867.

JingyiX, Meiwang, Jianping Z, Yan-hong W, Qian T, Ikhlas K (2018) .Yellow tea a promising Chinese tea processing chemical constituents and health benefits- FRIN 7351.

Johnston K-L, Clifford M-N, Morgan L-M (2003). Coffee acutely modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. *American Journal and Clinical Nutrition*. 78: 728-733.

Julien R (2013). Découvrir le thé. Edition KELIS. 45p.

Karlsen A, Retterstol L, Laake P (2007). Anthocyanins inhibit nuclear factor-kappaB activation in monocytes and reduce plasma concentrations of proinflammatory mediators in healthy adults. *Journal of Nutrition*. 137: 1951-1954.

Khan N, Mukhtar H (2007). Tea polyphenols for health promotion. *Life sciences*.81: 519-533.

Khan N, Mukhtar H (2007) .Polyphénols de thé pour la promotion de la santé .Life Sci. 81: 519 - 533.

Knekt P, Kumpulainen J, Jarvinen R, Rissanen H, Heliövaara M, Reunanen A (2002). Flavonoid intake and risk of chronic diseases. American Journal of Clinical Nutrition. 76: 560-568.

Košir I-J, Lapornik B, Andrenšek S, Wondra A, Vrhovšek U, Kidric J (2004). Identification of anthocyanins in wines by liquid chromatography liquid chromatography-mass spectrometry and nuclear magnetic resonance. Analytica Chimica Acta .513: 277-282.

Karlsen A, Retterstol L, Laake P (2007). Anthocyanins inhibit nuclear factor- κ B activation in monocytes and reduce plasma concentrations of proinflammatory mediators in healthy adults. Journal of Nutrition. 137: 1951-1954.

Linden, Lorient D (1994). Pigments et arômes In : Biochimie agro-industrielle valorisation alimentaire de la production agricole. Ed: Masson. 338-340.

Lamartinière C-A, Cotroneo M-S, Fritz W-A Wang J, Mentor-Marcel R, Elgavish A (2002). Genistein chemoprevention: timing and mechanisms of action in murine mammary and prostate. Journal of Nutrition. 132 (3): 552-558.

Lee W, Min W-K, Chun S, Lee Y-W, Park H, Lee D-H, Son J-E (2005). Long-term effects of green tea ingestion on atherosclerotic biological markers in smokers. Clin Biochem. 38: 84-87.

Liang Y-R, Liu Z- S, Xu Y-R, Hu Y-L (1990). A study on chemical composition of two special green teas (*Camellia sinensis*). Sci. Food Agric. 53: 541 -548.

Lilley T-H, Haslam E (1994). Polyphenols, astringency and proline-rich proteins. Phytochemistry 37:357-371.

Long H-S, Tilney P-M, Van Wyk B-E (2010). The ethno botany and pharmacognosy of *Olea europaea* subsp. *africana* (Oleaceae). South African Journal of Botany. 76 (02): 167-420.

Lorenz M (2013). Cibles cellulaires pour les actions bénéfiques des polyphénols du thé Suis .J Clin Nutr. 98: 1642 - 1650.

Martin S,Andriantsitohaina R (2002). Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. Annales de Cardiologie et d'Angiologie. 51: 304-315.

Mahanta P-K, Boruah S-K, Boruah H-K, andKalita J-N(1993). 1. Agric. Food Chelll. 41:272-276.

Mahanta P-K, Boruah S-K, Boruah H-K, andKalita J-N (1993). Changes of polyphenol oxidase and peroxidase activities and pigment composition of some manufactured black teas (Camellia sinensis L.). Agric. Food Chell. 41:272-276.

Makiuchi T, Sobue T, Kitamura T (2016) .Association between green tea/coffee consumption and biliary tract cancer: a population based cohort study in Japan. Cancer Sci. 107(1):76-83.

Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jimenez L (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. American Journal of Clinical Nutrition. 79: 727-747.

Mazza G, Fukumoto L, Delaquis P, Girard B, Ewert B (1999). Anthocyanins, phenolics and color of Cabernet Franc Merlot and Pinot Noir wines from British Columbia. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 4009-40017.

Miao M, Jiang B, Jiang H, Zhang T, Li X (2015). Interaction mechanism between green tea extract and human α -amylase for reducing starch digestion. Food Chem. 186:20-25.

Meyer A, NgiruwonsangaT, Henze G(1996) .Fresenius .J Ana/. Chem. 356: 284-287.

Micol V, Caturia N, Perez-Fons L, Mas V, Perez L, Estepa A (2005). The olive leaf extract exhibits antiviral activity against viral haemorrhagicsepticaemiaRhadovirus (VHSV). Antiviral Research. 66: 129-136.

Mompon B, Lemaire B, Mengal P,Surbel D (1996). Extraction des polyphénols du laboratoire à la production industrielle. IN « Polyphénols 96 ». Ed INRA. 31-35.

Nagata T, Hayatsu M, Kosuge N(1993). *Phytochem.* 32: 771 -775.

N.S.P.J. Senanayake E (2013). Green tea extract: chemistry antioxidant properties and food applications . A review. *J Funct Foods.* 5: 1529-1541.

Nantz M-P, Rowe C-A, Nieves C-J (2006). Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate. *Journal of Nutrition.* 136: 2606-2610.

O'Connell J-E, Fox P-F (2001). Signification and applications of phénolic compounds in the production and quality of milk dairy products: a review. *International Dairy Journal.* 11(3): 103-120.

Odegaard A-O, Pereira M-A, KohW-P, ArakawaK, Lee H-P, Mimi C-Y (2008). Coffee tea and incident type 2 diabetes: the Singapore Chinese Health Study. *Am J Clin Nutr.* 88(4):979-985.

Owuor P-O, McDowell I(1994). Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas - A review. *Food Chenl.* 51: 25 1 -254.

Paris M, Hurabeillen M (1981). *Abrégé de Matière médicale, pharmacognosie.* Ed: Masson. Pp: 210-215.

Perreault L, Pan Q, Mather K-J (2012). Effect of regression from prediabetes to normal glucose regulation on long-term reduction in diabetes risk: results from the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet.* 379(9833):2243-2251.

Pervin M, Unno K, Nakagawa A (2017). Blood brain barrier permeability of (j)-epigallocatechin gallate, its proliferationenhancing activity of human neuroblastoma SH-SY5Y cells and its preventive effect on age-related cognitive dysfunction in mice. *BiochemBiophys Rep.* 9:180-186.

Peters U, Poole C, Arab L (2001). Does tea affect cardiovascular disease. A metaanalysis. *American Journal of Epidemiology*. 154: 495-503.

Podsdek A, Wilska-Jeszka J, Anders B, Markowski J(2000). Compositional characterization of some apple varieties. *European Food Research and Technology*. 210 .pp: 268- 272..

Ribeiro M-T, Waffo-Teguo P, Teissède P-L (1999). Determination of stilbenes (transastringin, cis and transpiceid, and cis and transresvératrol) in portuguese wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 266-267.

Rahman I, Biswas S-K, Kirkham P-A (2006) *Biochem Pharmacol*. 72: 1439-1452.

Rains T-M, Agarwal S, Maki K-C (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: A mechanistic review. *The Journal of Nutritionnel Biochemistry*. 22: 1–7.

Ravidranath M, Sumobay C, Ramasamy V, Muthugounder S, Selvan S, Brosman S, Manach C (1998). Biodisponibilité des flavonoides. Thèse: Clermont-Feerand : Université Blaise Pascal.

Richter G (1993). Composés phénoliques in *Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie*. Ed : Presse polytechnique et universitaire romande. Pp: 317-339.

Rice-Evans C (2010). Implications des mécanismes d'action des polyphénols du thé comme antioxydants in vitro pour la chimio prévention chez l'homme. *Pro cSoc Exp Biol Med*. 220: 262 - 266 .

Rizwan A, Zinchenko A-O, Zdem C, Rana M-S, Al-Amin M-M (2017) . The effect of black tea on human cognitive performance in a cognitive test battery. *Clin Phytosci*. 3(1):13.

Roberts G-R, Sanderson G-W (1966). Tea chemistry. *J. Sci.Food Agric*. 17: 1 82-188.

Roberts E-A-H (1963). The phenolic substances of manufactured tea. X.†—the creaming down of tea liquors. *J. Sci. Food Agric*. 14 : 700-705.

Rauwald H-W, Brehm O, Odenthal K-P (1994). Screening of nine vasoactive medicinal plants for their possible calcium antagonistic activity. Strategy of selection and isolation for the active principles of *Olea europaea* and *Peucedanum ostruthium*. *Phytother Res.* 8: 135-40.

Ribéreau-Gayon P (1968). *Les composés phénoliques des végétaux*. Edition Dunod Paris. pp: 173-201.

Sakata K, Yamauchi H, Vagi A, Ina K, Parkanyi L, Clardy J (1989). *Agric. BioI.Chem.* 53: 2975-2979.

Salas-Salvado J, Fernandez-Ballart J, Ros E (2008). Effect of a Mediterranean diet supplemented with nuts on metabolic syndrome status: one-year results of the PREDIMED randomized trial. *Archives of Internal Medicine.* 168 (22): 2449-2458.

Scalbert A, Manach C, Morand C, Remesy C, Jimenez L (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 45: 287-306.

Sharangi A-B (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L) –A review. *Food Research International*, 42(5-6): 52.

Silva S, Gomes L, Leitao F, Bronse M, Caelho A-V, Boas V (2010). Secoiridoids in olive seed: characterization of nüzhenide and 11-methyl oleosides by liquid chromatography with diode array and mass spectrometry. *GrassasyAceites.* 61 (02): 157-164.

Soni R-P, Katoch, M, Kumar A, Ladohiya R, Verma P (2015). Tea: production and composition and consumption and its potential as an antioxidant and antimicrobial agent. *International Journal of Food and Fermentation Technology.* 5(2): 95.

Sanderson G-W, Berkowitz J-E, Co H, Graham H-N (1972). *J. Food Sci.* 37: 399-404.

Sarni-Manchado P, Cheynier V (2006). *Les polyphénols en agroalimentaire*. Ed Tec et Doc Lavoisier. Pp : 02-11.

Skerget M, Kotnik P, Hadolin B, Hras A-R, Simonic M, Knez Z (2005). Phenols proanthocyanidines and flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89: 191-198.

Sujana A-N, Ryan V, Rasool N, Islem N (2009). Antimicrobial activity of commercial *Olea europaea* leaf extract. *Vol 33*: 461-463.

Suzuki Y, Miyoshi N, Isemura M (2012). Health-promoting effects of green tea. *Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci*. 88: 88–101.

Taylor S, Baker D, Owuor P, Orchard I, Othieno C, Gay C (1992). A model for predicting black tea quality from the carotenoid and chlorophyll composition of fresh green tea leaf. *Sci Food*. 58(2):185-191.

Unno K, Pervin M, Nakagawa A (2017). Blood-brain barrier permeability of green tea catechin metabolites and their neurotogenic activity in human neuroblastoma SH-SY5Y cells. *Mol Nutr Food Res*. 61(12).

Umesalma S, Sudhandiran G (2010). Differential inhibitory effects of the polyphenol ellagic acid on inflammatory mediators NF- κ B, iNOS, COX-2, TNF- α , and IL-6 in 1,2-dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. *Basic Clinical Pharmacology and Toxicology*. 107: 650-655.

Van Dam R-M, Feskens E-J (2002). Coffee consumption and risk of type 2 diabetes mellitus. *Lancet*. 360: 1477-1478.

Vitrac X, Bornet A, Vanderlinede R (2005). Determination of stilbenes (Delta-viniferin, Trans-*trans*-piceid, cis- and trans-resveratrol, epsilon-niferin) in Brazilian wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (14): 5664-5669.

Xing L, Zhang H, Qi R, Tsao Y (2019). Mine Avancées récentes dans la compréhension des bienfaits pour la santé et des mécanismes moléculaires associés aux polyphénols du thé vert. *J Agric Food Chem*. 67: 1029 - 1043.

Yang C-S, Zhang J, Zhang L, Huang J, Wang Y (2016). Mechanisms of body weight reduction and metabolic syndrome alleviation by tea. *Mol Nutr Food Res*. 60(1):160-174.

Yang G, Zheng W, Xiang Y-B (2011). Green tea consumption and colorectal cancer risk: a report from the Shanghai Men's Health Study. *Carcinogenesis*. 32(11):1684-1688.

Yokogoshi H, Kal Y, Sagesaka Y-M, Matsuura T, Kakuda T, Takeuchi, N(1995). *Biosci and Biotech and Biochem*. 59: 615-618.

Zheng X, Ho C-T, Li S (2015). Yellow tea is more potent than types of tea in suppressing liver toxicity induced by carbon tetrachloride in rats. *Tea aroma formation Food science. phytotherapy Research*: 21(7): 668-670.

Zhou B, Wu L, Yang L, Liu Z (2005). Preuve de la réaction de régénération de l'alpha-tocophérol des polyphénols du thé vert dans les micelles du SDS Free. *Radic Biol Med*. 38: 78-84.