



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministere de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université des Frères Mentouri constantine

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en

« Biodiversité et physiologie Végétale »

THEME :

*Investigation sur une étude phytochimique et
biologique chez Camellia sinensis*

Présenté et soutenu par : ALI HALASSA IMENE

Le 07/07/2021

ALIOUA SOUMIA

Jury d'évaluation :

Président du jury : HAMMOUDA Dounia MCA Université Constantine 1

Rapporteur : KARA Karima MCA Université Constantine 1

Examineur : DJAROUNI Aissa MCB Université Constantine 1

Année universitaire 2020-2021



Remerciements



Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage, la patience durant le long parcours de nos études.

Nous tenons à remercier notre promoteur Mme KARA Karima pour sa patience et ces conseils précieux pour réaliser ce travail.

Nous remercions également les membres de jury pour leur temps consacré pour examiner et évaluer ce travail.

Merci à tous les professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie, qui nous ont enseigné et qui par leur compétences et leur générosité nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Un grand merci à nos familles, pour leur soutien permanent et indéfectible qui nous a permis de chercher au plus profond fond de nous-mêmes la force, la volonté et la persévérance à même d'arriver à cet instant des plus importants de notre vie.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à toutes et à tous.

Dédicace

J'ai l'immense plaisir de dédier ce travail

À mes chers parents pour leur patience,

Leur soutien et leurs sacrifices.

À ma Mère qui n'a pas cessé de prier pour moi, pour son affection, son

Amour et sa tendresse, ce que je leur dédie est incomparable devant

Leurs sacrifices...

Merci ; MA MERE

Pour celui qui m'a entouré pour que rien ne m'entrave durant toute la

Période de mes études ...

Merci ; MON PERE

A mes chers sœurs Meriem, Roukia et mon frère Housseem pour leurs

Amour et leurs encouragements

À toute ma famille, c'est le moment plus que jamais de vous remercier

Pour tout ce que vous avez fait pour moi, pour le soutien et la patience

Que vous m'avez témoigné.

À mes meilleures amies : Rachâ, Rania, ghada, salma, Soumia

Douaa, Roumaïssa, Leïla, sara et samah pour leur généreuse amitié et

Pour les plus beaux souvenirs.



Mlle, ALI HALASSA IMENE

Dédicace



Je dédie ce modeste travail de recherche à :

Mon très cher père Qui a toujours cru en

Moi et qui a mis à ma disposition tous les

Moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études. Que ce

Travail soit pour lui un motif de fierté et de satisfaction.

Ma très chère mère, que j'aime très fort et qui a toujours espéré ma

Réussite et qui m'a donné assez d'affection, je prie le dieu de la

Protéger du mal, à ma sensible mère, celle à qui je souhaite une

Langue vie en bonne santé et de prospérité.

Ma sœur « Lina » qui m'encourage dans mes études afin de réaliser mes

Projets, je lui souhaite une belle vie pleine de bonheur et de réussite

dans sa vie inshallah.

A mes amis Vos contributions à ma réussite sont incommensurables

Ma très chère binôme « Imene » et sa famille.

Toute ma grande famille.

Mlle, ALIOUA SOUMIA

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le thé vert	3
1.1. Historique	3
1.2. Définition du thé vert	3
1.3. Nomenclature et taxonomie	5
1.4. Description botanique.....	5
1.5. Fabrication et consommation du thé vert	6
1.5.1. La fabrication d'un thé vert.....	7
o La cueillette.....	7
o Le Flétrissage	7
o La torréfaction.....	7
o Le roulage	8
o Le séchage.....	8
1.5.2. La fabrication du thé noir ou thé fermenté.....	9
□ Procédé CTC	9
2. Métabolites secondaire du thé vert	10
□ Les polyphénols	11
□ Les bases puriques.....	11
□ Les acides aminés.....	11
□ Des vitamines.....	11

□ Des composés minéraux	11
□ Des hydrates de carbone	11
2.1. Les polyphénols	12
- Les différentes familles chimiques des polyphénols.....	12
Les flavonoïdes	12
Les flavanols ou les catéchines.....	13
Les flavonols	15
Les acides - phénols	15
- Les dérivés hydroxylés de l'acide cinnamique.....	16
- Les dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque	16
• <i>Les tannins</i> :.....	16
2.2. Les bases puriques.....	17
o La caféine.....	17
o La théophylline et la théobromine.....	18
2.3. Les vitamines	18
2.4. Les acides aminés.....	19
2.5. Les composés minéraux	20
Le potassium	20
Le fluor	20
L'aluminium	20
Les éléments minéraux à concentration mineure	20
2.6. Les glucides	20
2.7. Les lipides.....	20
2.8. L'huile Essentielle.....	21
2.9. Les Caroténoïdes.....	21
3. Comparaison thé vert et thé noir en fonction des compositions	21
4. Usage thérapeutique de thé vert	22
5- Effet secondaire du thé vert	23
Les principaux effets secondaires du thé	23
Maux de tête.....	23
Trouble du sommeil.....	23
Anémie et carence en fer	23
Vomissement et nausées	24

6. Métabolites primaires et secondaires.....	24
6.1. Le métabolisme secondaire.....	24
6.2. Les principales fonctions des métabolites secondaires	25
6.3. Classifications des métabolites secondaires	25
6.3.1. Les alcaloïdes	25
6.3.2 Les composés phénoliques (polyphénols) :.....	26
6.3.3 Les terpénoïdes :.....	26
7. Les stress oxydatifs et antioxydants	27
7.1-Le stress oxydant	27
7.1.1 Origine du stress oxydant.....	27
7.2.2 Conséquences du stress oxydatif à l'échelle cellulaire.....	28
7.2. Les antioxydants :	28
7.2.1 origines des antioxydants :.....	28
7.2.2 Les types des antioxydants.....	29
7.2.3. Activité des antioxydants	29
8. Activités antibactériennes	30
9. Activités anticancéreuses	30
10. Activité antivirale	31
11. Activité anti- inflammatoire des troubles gastro-intestinaux.....	31

Partie II : Partie pratique

Matériel et Méthode

1. Expérimentation	32
1.1. Matériel végétal	32
1.2. Evaluation de l'activité antioxydante.....	33
1.2.1. Dosage des polyphénols totaux	33
1.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux	34
1.2.3. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH.....	34
1.3. Evaluation de l'activité antibactérienne	35
1.3.1. Souches étudiées.....	35
1.3.2. Préparation des suspensions bactériennes.....	35
1.3.3- Test de l'activité antibactérienne.....	36
2. Expérimentation	36

2.1. Matériel végétal	36
2.2. Evaluation de l'activité antioxydante.....	36
2.2.1. Dosage des polyphénols totaux	36
2.2.2. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH.....	36
2.3. Evaluation in vitro de l'activité antimicrobienne.....	37
2.3.1. Souches étudiées.....	37
2.3.2. Les Préparation des suspensions bactériennes et détermination de la CMI et de la CMB	37
Résultats et Discussion.....	41
conclusion	42
Références bibliographiques	

Liste des figures

N° :	Titre des figures	Page
Figure : 01	Les trois formes principales de thé	4
Figure : 02	Les deux espèces principales d'arbre de thé	4
Figure : 03	La plante <i>Camellia sinensis</i>	6
Figure : 04	Principales étapes du traitement des feuilles de théier après récolte	7
Figure : 05	La cueillette des feuilles du the	8
Figure : 06	Flétriissage du thé	8
Figure : 07	Torréfaction du thé	8
Figure : 08	Roulage du thé	8
Figure : 09	Séchage du thé	8
Figure : 10	Usine de production de thé par le procédé de C T C	9
Figure : 11	Structure de base des flavonoïdes	12
Figure : 12	Structure de base des catéchines	13
Figure : 13	Epicatéchine (EC)	14
Figure : 14	Gallate d'épicatéchine (ECg)	14
Figure : 15	épigallocatechine (EGC)	14
Figure : 16	épigallocatechine(EGCg)	14
Figure : 17	Structure générale des flavonols	15
Figure : 18	Caféine	17
Figure : 19	Théophylline	18
Figure : 20	Théobromine	18
Figure : 21	Théanine	19
Figure : 22	Composition de thé vert et noir	22
Figure : 23	Origine extracellulaire et intracellulaire des radicaux libres dérivés de l'oxygène	27
Figure : 24	Photographie des extraites de thé vert et de thé vert aromatisé	32
Figure : 25	Protocole de dosage des polyphénols totaux chez le thé vert	33
Figure : 26	Protocole de dosage des flavonoïdes chez le thé vert	34
Figure : 27	Protocole de l'activité anti- radicaire chez le thé vert (DPPH)	35

Liste des tableaux

N°	Titre des Tableaux	Pages
Tableau : 01	Composition chimique et en antioxydants dans des feuilles de thé	10
Tableau : 02	Principes catéchines du thé et leurs substitutions relatives	14
Tableau : 03	Principaux flavonols du thé et leur substitution relatives	15
Tableau : 04	Composition de la feuille de thé en vitamines du groupe B	19
Tableau : 05	Les deux types de protection antioxydants de l'organisme	29

Liste des abréviations

ABTS : Acide 2,2'-Azino-Bis (3-éthylbenzoThiazoline-6-Sulphonique)

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AMH : Agar de Muller Hinton

ARN : Acide ribonucléique

BN : Bouillon Nutritif

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

CMB : Concentration Minimale Bactéricide

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

CTC: Crushing –Tearing-Curling

DPPH : DPPH : 2,2-DiPhényl-PicrylHydrazyle

EC : Epicatéchine.

ECg : Epicatéchine gallate.

EGC : Epigallocatechine.

EGCg : Epigallocatechine gallate.

E.coli : Escherichia coli.

ETV : Extrait de thé vert

FC : Folin-Ciocalteu

FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Paramètre.

GPX : Glutathion Peroxydase.

HOO° : Radical hydroperoxyde

H2O2 : Peroxyde d'hydrogène

GRX : Glutathion réductase.

NaCl : Chlorure de sodium.

OH.: radical hydroxyle

ONOO° : Peroxynitrite

ORAC : Oxygène Radical Absorbance Capacity

O2°- : Anion superoxyde

PH : Hydrogène ion concentration .

ROO.: Radical Peroxyde

RO° : Radical alkoxyde

ROS : Espèces réactive de l'oxygène

TRAP : Total Radical-Trapping Antioxydante Paramètre

UV : Ultra- violet

LISTE DES UNITES :

mg/g : milligramme /gramme

ml : millilitres

mg : milligramme

g : gramme

C° : Degré Celsius

m/v : masse /volume

nm : nanomètre

mM : milli molaire

g : gramme

H : Heure

% : Pourcentage

µl : microlitre.

Introduction

The word "Introduction" is rendered in a large, bold, black sans-serif font. It is presented with a 3D effect, as if the letters are standing upright. A soft, golden-brown shadow is cast beneath the letters, extending slightly to the right and forward, giving the text a sense of depth and weight.

Le thé (*Camellia sinensis*) est la deuxième boisson la plus consommée au monde après l'eau. Le thé est très peu calorique il prend toutes les couleurs et à chaque couleur correspond un type de thé bien particulier, le thé vert aurait une plus grande activité antioxydante que les autres thés (Henning *et al.*, 2003).

Le thé vert est une boisson préparée avec des feuilles séchées de *Camellia sinensis*, Ce type de thé est très populaire en chine et au japon, où il est réputé avoir les propriétés thérapeutiques les plus efficaces. Le thé vert se répand de plus en plus en occident, ou traditionnellement on consomme plutôt du thé noir. Il est aussi l'ingrédient de base du thé à la menthe. Il existe trois principales formes de thé "le thé vert", "le thé Oolong" et le "thé noir". Dans le thé noir, on retrouve des traces d'huile essentielle se formant au cours de la fermentation. La différence entre le thé vert et le thé noir réside dans le type et la nature des Polyphénols. Les polyphénols du thé vert sont essentiellement des Catéchines alors que les Thés noirs contiennent surtout des Théaflavines et des Théarubigines qui sont des catéchines Polymérisées (Fremaux, 2001).

Les polyphénols sont définis comme ayant « tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions Hydroxyles » (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Ces composés sont très répandus dans le monde végétal. Ils interviennent dans différents domaines de la physiologie des plantes (organogénèse, croissance) et dans leurs relations avec l'environnement physicochimique et biologique.

Le thé vert est particulièrement riche en un très grand nombre de métabolites secondaire. Actuellement, de nombreuses recherches scientifiques montrent que le thé est une source d'antioxydants qui renforcent les défenses naturelles et contribuent aux bienfaits sur la Santé. Le thé est particulièrement riche en phénols (Tanins, composés amers, dont les Catéchines et acide gallique et théaflavines et les Théarubigines), de Saponine, des huiles essentielles, des acides aminés (L-théanine), mais il contient aussi des caroténoïdes, des tocophérols, l'acide ascorbique (vitamine C), des minéraux tels que Cr, Mn, Se ou Zn, des oligoéléments et des alcaloïdes dont la caféine (Su *et al.*, 2007). La particularité de l'arbre à Thé *Camellia Sinensis* est que les composants chimiques qu'il renferme sont très solubles et que ces derniers, extraits dans l'eau du thé, deviennent particulièrement biodisponibles et assimilables par le corps humain (Khan *et al.*, 2006).

Les polyphénols de thé vert sont également connus pour leur activité antibactérienne. Les catéchines de thé vert en particulier EGCG (Epigallocatechine gallate) et ECG (Epicatechine gallate), ont une activité antibactérienne contre les bactéries Gram positives ainsi que les bactéries Gram négative. En général, l'activité antibactérienne diminue lorsque l'ampleur de la fermentation du thé est augmentée, ce qui implique une activité plus forte dans le thé vert (Tiwari, 2005).

L'objectif de ce travail purement bibliographique est de faire une investigation sur des travaux antérieurs sur le thé vert et d'estimer son activité phytochimique et antioxydante en se basant sur une recherche à travers diverses expérimentations et de se baser sur l'aspect comparatif de ces travaux. Des résultats sur des données phytochimiques, antioxydantes et antimicrobiennes a permis d'évaluer en premier temps l'importance du thé vert comparativement aux diverses catégories de thés consommés et en deuxième lieu d'estimer l'efficacité du thé vert pur et les thés aromatisés et parfumés par diverses épices.

A cet effet, la première expérimentation est basée sur une étude phytochimique à savoir les polyphénols totaux et les flavonoïdes chez le thé vert pur et chez les thés aromatisés avec diverses épices : la Cannelle, l'étoile d'anis, le clou de girofle, le gingembre, l'armoise et la Menthe. L'activité anti-radicalaire DPPH et l'activité antibactérienne sont étudiées sur les divers extraits de thés.

La deuxième expérience repose sur l'évaluation de l'activité antioxydante telle que l'activité anti-radicalaire DPPH et l'activité antibactérienne du thé vert, blanc, rouge, et noir en déterminant la concentration minimales inhibitrices (CMI) et la concentrations minimales bactéricides (CMB)

Cette étude englobe deux parties : La première partie consacrée à une synthèse bibliographique qui traite une description générale sur le thé vert, son métabolite secondaire, les stress oxydatifs et les antioxydants ainsi que les autres activités (antimicrobiennes, anticancéreuses, antivirales, anti-inflammatoire des troubles gastro-intestinaux). La deuxième partie illustre les méthodes utilisées ainsi que les résultats obtenus avec une conclusion générale.

Synthèse bibliographique



1. Généralités sur le thé vert

1.1. Historique

L'origine du thé, boisson consommée depuis l'antiquité, est entourée de nombreuses légendes. She Nung, au corps d'homme et à la tête de bœuf, aurait été le premier à découvrir ce « nectar ». Un jour de grande chaleur, allongé à l'ombre d'un arbrisseau, il aurait fait bouillir de l'eau pour se désaltérer. Une légère brise rafraîchissante se leva, trois feuilles se détachèrent de l'arbre et virevoltèrent jusque dans l'eau frémissante, c'est ainsi que naquit la célèbre boisson. Père de la médecine chinoise, il écrivit plus tard dans son "Traité des Plantes", que "le thé vert soulage la fatigue, fortifie la volonté, délecte l'âme et ranime la vue" (Pastore et Fratellone, 2006).

Le théier (*Camellia sinensis*) est originaire d'Asie et fut sans aucun doute utilisé, comme de nombreuses autres plantes, par le premier empereur chinois Qin (220-210 avant J.C), fasciné par les élixirs de vie éternelle. Cependant, les premiers documents attestant de l'utilisation du thé sous forme de potions médicinales, de boissons ou d'aliments ne remontent qu'au IV^{ème} siècle avant notre ère. Sous la dynastie Tang (618-904 après J.C.), les Chinois commencèrent à boire suffisamment de thé pour assurer la célébrité d'un ouvrage lui étant consacré : le "ChaChing" ou "Livre du thé" écrit par Lu Yu, philosophe. C'est lui qui a, en quelque sorte, instauré le culte du thé, décrivant comment le cultiver, le produire et l'apprécier. C'est sous la dynastie Song (960-1280) que les raffinements de la culture du thé s'épanouirent à la fois en Chine et au Japon. La vogue était alors au thé en poudre et à la porcelaine délicate, et les premières maisons de thé firent leur apparition.

1.2. Définition du thé vert

Le thé (*Camellia sinensis*) est la deuxième boisson la plus consommée au monde après l'eau tel quel. Le thé est très peu calorique il prend toutes les couleurs et à chaque couleur correspond un type de thé bien particulier, le thé vert aurait une plus grande activité antioxydante que les autres thés (Henning *et al.*, 2003).

Le thé vert est une boisson préparée avec des feuilles séchées de *Camellia sinensis*, Ce type de thé est très populaire en Chine et au Japon, où il est réputé avoir les propriétés thérapeutiques les plus efficaces. Le thé vert se répand de plus en plus en Occident, où traditionnellement on boit plutôt du thé noir. Il est aussi l'ingrédient de base du thé à la menthe. Il existe trois principales formes de thé "le thé vert", "le thé Oolong" et le "thé noir". Ils proviennent de la même plante mais sont traités différemment (figure 1).



Thé Oolong

Thé noir

Thé vert

Figure 1 : Les trois types de thé (<https://www.envouthe.com>)

Il existe 2 espèces principales d'arbre de thé, *Camellia sinensis* var. *sinensis* et *Camellia sinensis* var. *assamica* (figure 2).



A : *Camellia sinensis* var. *sinensis*

B: *Camellia sinensis* var. *assamica*

Figure 2 : Les deux espèces principales d'arbre de thé (Schweikart, 2011)

- L'espèce *Camellia sinensis* : est également connu le nom « thé de chine » il est relativement résistant au froid est donc cultivé dans des régions climatiques modérées comme la chine , le japon , la Corée du Sud , l'ex- Union soviétique , la Turquie , l'Iran et le nord de l'inde (Rinzler, 2001), elle a une stature plus petite (6m max. à l'état sauvage) ,et des feuilles délicates et extrêmement riche en nutriments .

-L'espèce *Camellia assamica* : est une espèce originaire de la région d'Assam en Inde, d'où son nom scientifique *assamica*. Cette variété est beaucoup plus coriace et imposante (jusqu'à 20m max. à l'état sauvage) elle pousse bien dans des basses altitudes, et par conséquent remarquablement plus vite. Cependant, elle offre nettement moins de composants chimiques nutritifs et médicinaux et a un goût plus amer.

1.3. Nomenclature et taxonomie

Le nom *sinensis* en latin moyen signifie chinois. *Camélia* dérive du nom latinisé révérend Georg Joseph Kamel (1661-1706), Un jésuite tchèque qui était à la fois missionnaire en Philippines est célèbre botaniste. C'est Carlo Linné qui a attribué le nom de cette plante à Kamel pour honorer la contribution que ce jésuite a donné à la science. D'autres noms de la plante dans le passé étaient *Théa bohea*, *Théa sinensis* (le thé noir) et *Théa viridis* (Suspecté d'être à l'origine des thés vert)

Le thé vert (*Camellia sinensis*) a été décrit par Linné et introduit dans sa classification en 1773. Voici sa classification selon Cronquist établie en 1981

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	Dicotylédones ou Magnoliopsida
Ordre	<i>Theales</i>
Famille	<i>Theaceae</i>
Genre	<i>Camellia</i>
Espèce	<i>Camellia sinensis</i> (L.).

1.4. Description botanique

À l'état naturel, le théier est un petit arbre très rameux, de 5 à 10 mètres de haut et pouvant atteindre 15 mètres. Les fleurs sont odorantes, axillaires et solitaires. Leur taille varie et peut aller jusqu'à 3 centimètres (cm). Elles sont dialypétales (les pétales sont indépendants entre eux), pentamères (formées de cinq pétales), actinomorphes (l'agencement des pièces florales est symétrique par rapport à l'axe de la fleur), et bisexuées. Les pétales sont blancs, légèrement adhérents à la base et forment une corolle spiralée (figure 3).

Le calice formé de cinq sépales, est également spiralé (Sanchez *et al.*, 2007). Le nombre d'étamines, jaunes, peut aller jusqu'à 200. Elles sont polyadelphes, C'est-à-dire

soudées en faisceau par la base de leurs filets. L'ovaire de *Camellia sinensis* est supère, c'est-à-dire que les pièces florales sont insérées en dessous de l'ovaire. Le fruit est une capsule loculicide trigone (avec trois loges uniséminée), ne renfermant qu'une ou deux graines oléagineuses, exalbuminées, entourées d'un tégument sans arille (Kenna *et al.*, 2002 ; Spichiger *et al.*, 2002).

Les feuilles sont persistantes, molles et duveteuses si elles sont jeunes, et deviennent glabre lorsqu'elles sont âgées, elles sont isolées, alternes, oblongues-ovales ou lancéolées, vert foncé, brillantes, à bord très dentelé et non stipulées (Coves, 2000).



Figure 3 : La plante *Camellia sinensis* (<http://www.confrieduthe.org>)

Camellia sinensis

Théier

Famille : *Theaceae* (Théacées)

Autres nom : tcha, thé vert, thé de chine, thé noir

Origine : Chine et Inde

Taille : arbre pouvant mesurer jusqu'à 10m

Caractéristiques : Feuilles dentées Et Coriaces et fleurs Odoriférantes

1.5. Fabrication et consommation du thé vert

Le thé est manufacturé de la feuille et du bourgeon du *Camellia Sinensis*, il existe trois catégories de thé dans le commerce : le thé vert (20% de la Production mondiale en 2005), le thé noir (78% de la production mondiale en 2005) et le thé semi fermentés ou oolong (2%)

(Pei-gen Xiao *et al.*, 2002). Ces trois catégories de thé se distinguent par leurs procédés de fabrication (Figure 4), Par leurs goûts et par leurs compositions chimiques (Couves, 2000 ; Meillet, 2003 ; Krieps, 2009).

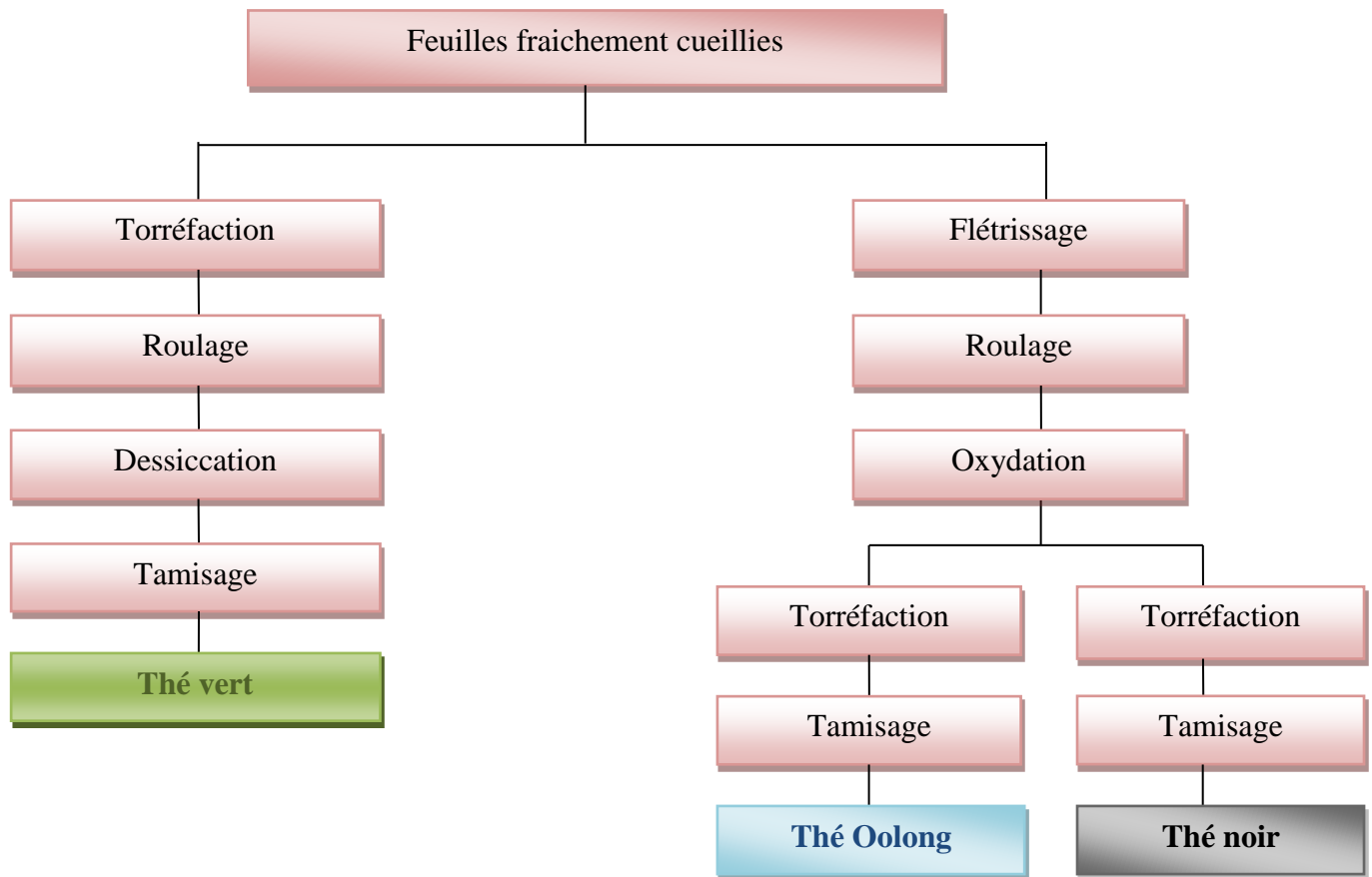


Figure 4 : Principales étapes du traitement des feuilles de théier après récolte
(Krieps, 2009; Monograph, 2000)

1.5.1. La fabrication d'un thé vert

La fabrication d'un thé vert se déroule en 5 étapes principales :

- **La cueillette :** Les thés verts sont fabriqués à partir de jeunes pousses (figure 5). En Effet, selon le grade désiré, les cueilleuses doivent sélectionner le bourgeon accompagné, deux ou trois jeunes feuilles (Nacer et Bouras, 2014).
- **Le Flétrissage :** Dure entre 16 et 32 h suivant le procédé utilisé, les feuilles sont exposées à de l'air chauffé ($< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) afin de les déshydrater pour les rendre plus souples et permettre de les rouler sans les briser (figure 6). La teneur en eau des feuilles est réduite de 50% environ. Le but du Flétrissage est de réduire le plus rapidement la teneur en eau des feuilles afin de limiter les phénomènes d'oxydation (Nacer et Bouras, 2014).
- **La torréfaction :** Cette étape, est sans doute la plus importante dans le processus de fabrication d'un thé vert. Elle va décider de la couleur, de l'odeur et du goût du thé vert

(Nacer et Bouras, 2014). Elle consiste à chauffer les feuilles quelques minutes à 100°C en atmosphère humide pour inhiber les enzymes responsables de l'oxydation (figure 7). Cette phase dure entre 30s et 5min pour les thés verts et Oolong et entre 15 et 20 min pour les thés noirs (Delmaset Minet, 2007).

- **Le roulage** : dans le cas des thés verts et Oolong, a pour but de donner une forme de bâtonnet aux feuilles. Dans le cas des thés noirs, les feuilles sont roulées afin de rompre la paroi cellulaire et permettre la libération des enzymes polyphénol oxydases et peroxydases qui vont oxyder les poly phénols (figure 8).
- **Le séchage** : est l'ultime étape de la fabrication d'un thé vert. il va assurer une parfaite conservation du thé et développer de nombreux composés aromatiques nouveaux (Nacer et Bouras, 2014). L'étape de dessiccation consiste à sécher les feuilles avec de l'air chaud pendant 2 à 3 min avec alternance de périodes de 30 min de repos atteindre 5 à 6 % d'eau (figure 9). Concernant les thés noirs, la dessiccation consiste à stopper l'oxydation puis à ajuster la teneur en eau des feuilles à une valeur inférieure à 5 % (Laurens et coll, 1998).



Figure 5 : La cueillette des feuilles de thé



Figure 6 : Flétrissage du thé.



Figure 7 : torréfaction du thé.



Figure 8 : roulage du thé.



Figure 9 : séchage du thé.

1.5.2. La fabrication du thé noir ou thé fermenté

Il existe deux grandes méthodes (la Traditionnelle et le Procédé CTC) pour la fabrication du thé noir.

- Procédé CTC** : Dès le fin XIX ème siècle, les anglais ont cherché à mécaniser ces différentes étapes de fabrication du thé. En 1930, ils mettent au point et développent le procédé CTC (en anglais *Crushing- Tearing – Curling*), (en Français *Broyer-Déchirer-Rouler*), il s'agit comme son nom l'indique une Méthode de production accélérée qui va de pair avec une Cueillette mécanisées. Après la récolte les feuilles sont grossièrement coupées en Machine puis elles passent sous des rouleaux munis de petits couteaux et sont simultanément broyer, déchirées, et roulées, Ensuite elles sont fermentées et triées selon la méthode traditionnelle, procédé industriel développé dans les Pays en quête de Productivité (figure 10).

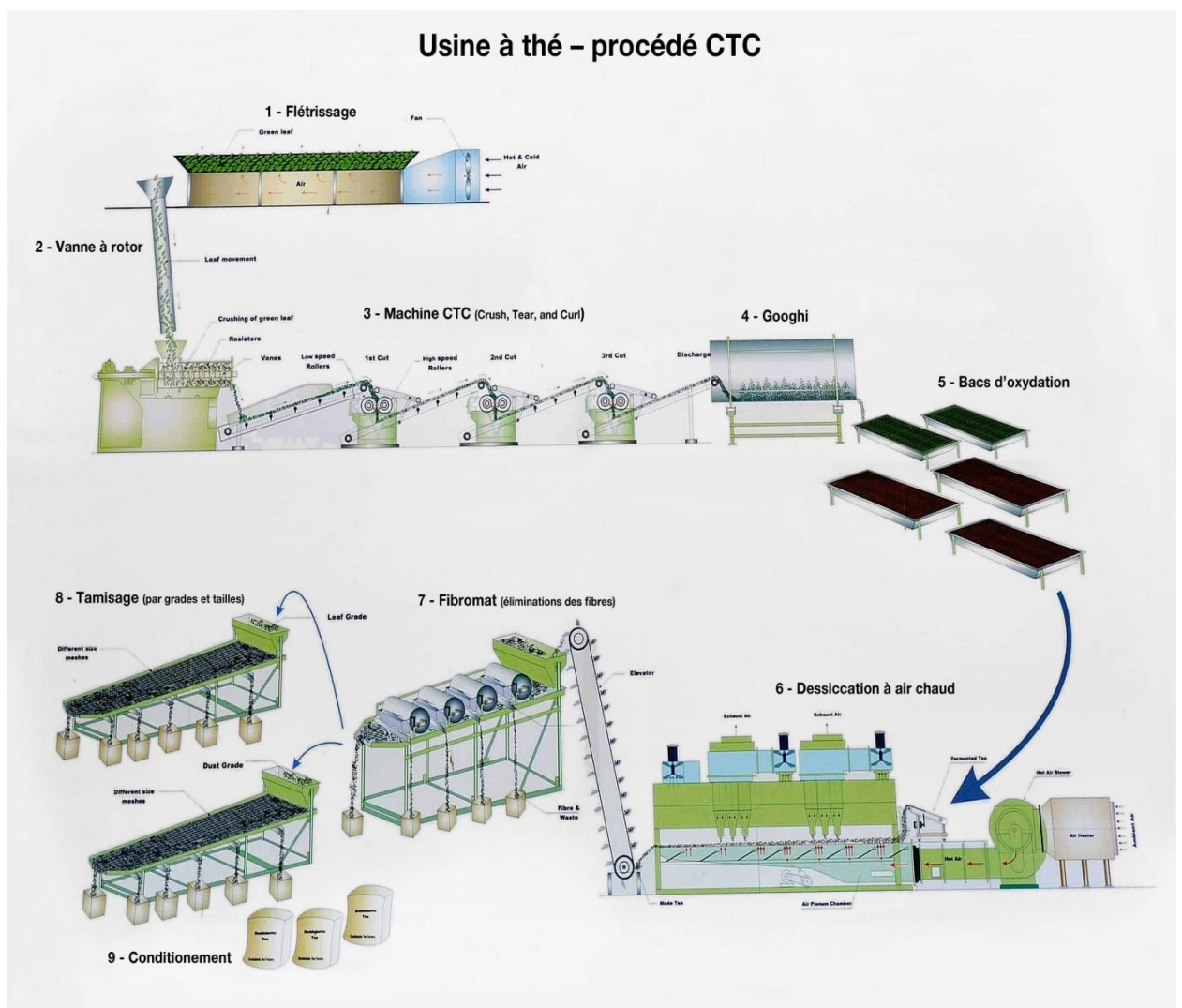


Figure 10: Usine de production de thé par le procédé de CTC (<http://chathe.fr/grafs>)

2. Métabolites secondaire du thé vert

Le thé vert est particulièrement riche en un très grand nombre de métabolites secondaire. Actuellement, de nombreuses recherches scientifiques montrent que le thé est une source d'antioxydants qui renforcent les défenses naturelles. Parmi eux comprend les phénols (tanins, composés amers, dont les Catéchines), de Saponine, des huiles essentielles, des acides aminés (L-théanine), des vitamines, des Minéraux, des oligoéléments et des alcaloïdes (dont la caféine). La particularité de l'arbre à Thé *Camellia Sinensis* est que les composants chimiques qu'il renferme sont très solubles et que ces derniers, extraits dans l'eau du thé, deviennent particulièrement biodisponibles et assimilables par le corps humain (Khan *et al.*, 2006). Autrement dit, si l'on ingère les feuilles de thé sans les infuser à l'eau chaude, une grande partie des composants n'est pas assimilable par notre système digestif. Cette constatation différencie le thé vert d'un grand nombre de plantes médicinales qui lorsqu'elles sont consommées sous forme solubles ont des effets restreints. On compte ainsi les composants solubles dans les matières les grasses comme la vitamine A (rétinol), vitamine D, vitamine E, et la vitamine K. Cependant, il existe des procédés d'extraction de thé vert et réduction en poudre pour les catéchines qui sont excellentes pour la santé et bien tolérées par l'organisme sous cette forme (Kumar *et al.*, 2013).

En croisant différentes études on évalue la composition moyenne d'une feuille de thé vert aux valeurs annoncées dans le tableau 1 (ces valeurs varient selon la nature du sol de culture, le climat ...) :

Tableau 1. Composition chimique et en antioxydants dans des feuilles de thé (Graham, 1992)

Composés	Pourcentage de la matière sèche
Flavanols	25.0
Flavanols et glycosides de Flavanols	3.0
Acides phénoliques	5.0
Autres polyphénols	3.0
Caféine = théine	3.0
Théobromine	0.2
Acides aminés	4.0
Acides organiques	0.5
Monosaccharides	4.0
Polysaccharides	13.0

Cellulose	7.0
Protéines	15.0
Lignine	6.0
Lipides	3.0
Chlorophylle et autres pigments	0.5
Cendres	5.0
Substances volatiles	0.1

Parmi les principaux constituants de la feuille de thé, on retrouve :

✓ **Les polyphénols** : il s'agit d'une classe très vaste, regroupant plusieurs familles chimiques.

✚ Les flavonoïdes : catéchines ou flavanols, flavonols.

✚ Les acides – phénols.

✚ Les tanins.

✓ **Les bases puriques** : On distingue essentiellement

✚ La caféine, le composant de cette famille chimique.

✚ La théophylline et la théobromine en concentrations nettement inférieures.

✓ **Les acides aminés** :

Au nombre de 19 dont la théanine, principal acide aminé du thé. D'autre part, on a pu isoler divers constituants, moins abondants, mais non moins importants.

✓ **Des vitamines** : acide nicotinique, acide ascorbique et vitamines du Groupe B

✓ **Des composés minéraux** :

✚ Fluor

✚ Potassium

✚ Aluminium et autres.

• **Des hydrates de carbone**, 15 à 20% de **protéines** et **lipides**.

✚ Certains triterpènes.

✚ Des caroténoïdes.

A côté des constituants cités ci-dessus, la feuille de thé noir contient trois produits dérivant de l'oxydation des polyphénols par le polyphénol oxydase, enzyme libérée lors du processus de fermentation :

✚ les théaflavines.

✚ les théarubigènes.

✚ les théasinensines.

2.1. Les polyphénols

Sont définis comme ayant « tous en commun la présence c'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions Hydroxyles » (Sarni- Machado et Cheynier, 2006). Ces composés sont très répandus dans le monde végétal. Ils interviennent dans différents domaines de la physiologie des plantes (organogénèse, croissance) et dans leurs relations avec l'environnement physicochimique et biologique. Ainsi, ils peuvent servir à favoriser la pollinisation en attirant certains insectes ou au contraire aider à lutter contre les insectes ou les micro-organismes pathogènes pour la plante. De plus, ils contribuent fortement aux qualités organoleptiques des végétaux comme la couleur et l'astringence (Sarni-Machado et Cheynier, 2006).

- Les différentes familles chimiques des polyphénols

La classification des différentes familles de polyphénols est basée sur la complexité du squelette de base.

✚ Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques d'origine essentiellement végétale (Cermak *et al.*, 1998). Généralement colorées très répandues chez les végétaux. (Guinard, 2000). Ils sont le plus souvent sous forme d'hétérosides ou flavonoïdes responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Bruneton, 1993). Ils peuvent exister sous forme de génines libres (aglycones) ou de génines liées aux sucres (Hétérosides). Se divisent en plusieurs sous-familles chimiques (Bruneton, 1999). Tous sont dérivés d'un squelette de base, le 2-phénylbenzopyrane, assemblage de deux cycles aromatiques, ainsi que d'un noyau pyrane. Le degré d'oxydation du cycle pyrane varie en fonction des sous familles (Figure 11)

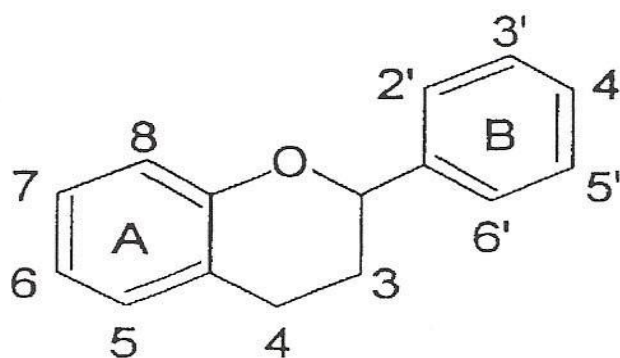


Figure 11 : Structure de base des flavonoïdes (Balentine et Wiseman, 2003)

Dans le thé, les principales classes représentées sont les flavanols et les flavonols (30% de masse sèche).

✚ Les flavanols ou les catéchines

Les flavanols sont les principaux polyphénols responsables de la saveur âpre du Thé. Leur passage de la feuille de thé vers l'infusé est facilité par leur caractère hydrosoluble. Cette sous-famille est la plus abondante du thé, de l'ordre de 25% par rapport au poids sec de la drogue. Il s'agit de dérivés hydrosolubles, essentiellement représentés par les catéchines ou flavan-3-ols, incolores. Le thé vert contient des flavonoïdes dont 70 % sont des catéchines: en moyennes, 200 ml de Thé Vert contiennent de 90 à 110 mg de catéchines. 20% flavonoïdes polymériques, 10% de Flavonols. Au cours de la fermentation, les catéchines sont oxydées, aboutissant au thé noir. Les catéchines sont stockées dans les vacuoles cellulaires (Banerjee et Chaudhuri, 2004). Différentes substitutions sur le squelette de base (Tableaux 2 et figure 12) sont à l'origine des quatre principales épicatechines, les deux premières étant plus astringentes par rapport aux autres: L'épicatechine (EC) (figure13), le gallate d'épicatechine (ECg) (figure14), l'épigallocatechine (EGC) (figure15), le gallate d'épigallocatechine (EGCg) (figure16).

L'ester d'acide gallique se forme au niveau de l'hydroxyle en 3 sur le cycle Pyrane. L'acide gallique est présent au niveau cellulaire et s'estérifie avec les catéchines vacuolaires. Le terme « épi » désigne la position en β de l'hydrogène du groupement Hydroxyle en 3. Ce groupement hydroxyle confère à la molécule un caractère Acide. Une deuxième particularité de l'hydroxyle en 3 est la capacité d'oxydation en Quinone en présence d'oxygène; cette particularité confère, notamment à l'EGCg et à l'ECg une puissante activité anti-oxydante. Alors que les feuilles fraîches de thé sont les plus riches en EGC et EGCg, le processus de fermentation élève les concentrations des autres catéchines EC et ECg.

Les thés fermentés sont plus fortement concentrés en acide gallique, le processus de fermentation clivant l'unité gallate des gallocatéchines. Une tasse d'infusé de thé vert contient de 300 à 400 mg de catéchines, dont 10 à 30 mg d'EGCg. Les teneurs en catéchines peuvent différer selon les variétés de thé : ainsi des études ont révélé une teneur de 30% pour la variété *Camellia Assamica*, alors que *Camellia sinensis*, renferment 20% de Catéchines. On peut classifier leur présence par ordre décroissant : EGCg, suivie de l'ECg, de l'EGC, et de l'EC (Banerjee et Chaudhuri, 2004).

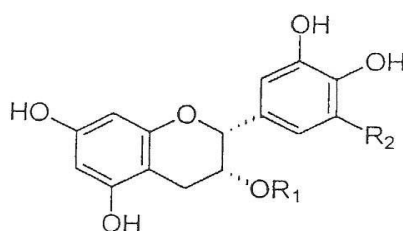


Figure 12 : Structure de base des catéchines (Balentine *et al.*, 2000).

Plusieurs hydroxyyles substituent les cycles A et B:

- cycle A : en position 5 et 7
- cycle B : en position 3', 4' ± 5'
- l'ester avec l'acide gallique se forme en position 3 du cycle C

Tableau 2 : Principales catéchines du thé et leurs substitutions relatives (Balentine *et al.*, 2000):

		R1	R2
Gallate d'épigallocatechine	EGCg	Gallate	OH
Gallate d'epicatechine	ECg	Gallate	H
Epigallocatechine	EGC	H	OH
Epicatechine	EC	H	H

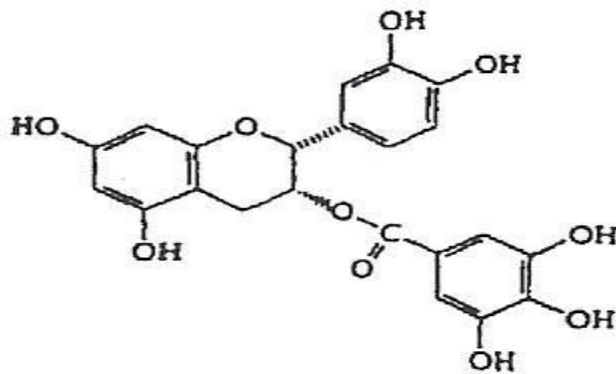


Figure 13 : Epicatechine (EC)
(Balentine *et al.*, 2000).

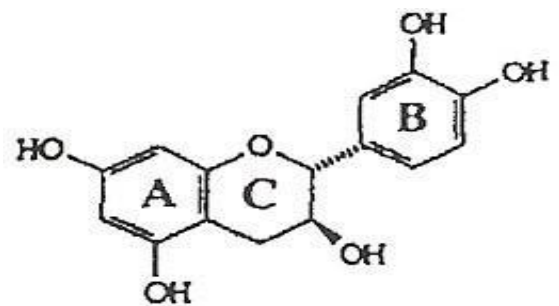


Figure 14 : Gallate d'epicatechine (ECg)
(Balentine *et al.*, 2000).

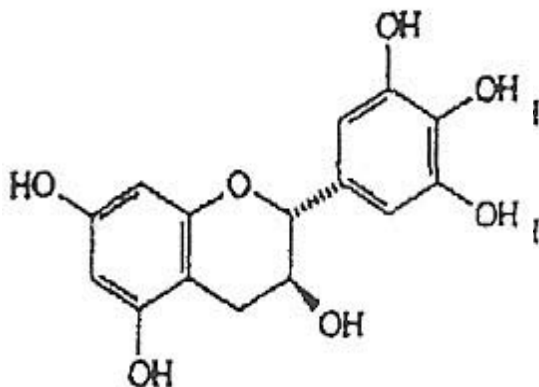


Figure 15 : l'epigallocatechine (EGC)
(Balentine *et al.*, 2000)

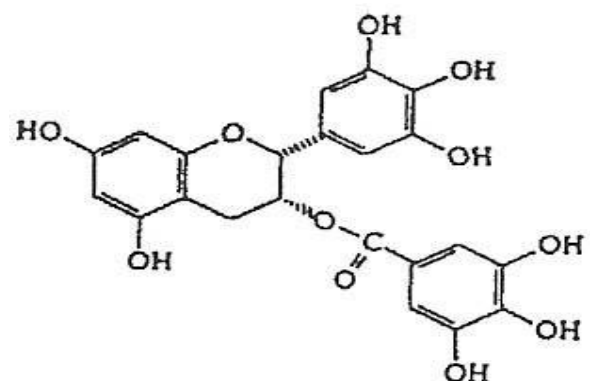


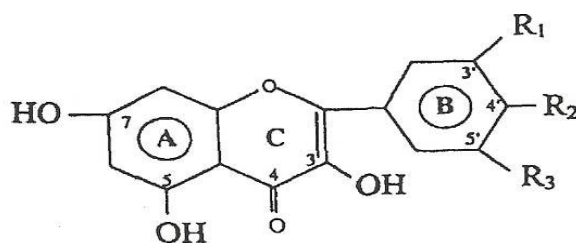
Figure 16 : epigallocatechine (EGCg)
(Balentine *et al.*, 2000).

✚ Les flavonols

Les flavonols ont une structure chimique proche des flavanols ; seul le cycle pyrane est substitué par un cycle carboné 4-oxo-3-hydroxy (Balentine *et al.*, 2000). Il y a peu de variations de leur teneur entre les feuilles de thé vert et de thé noir. Trois flavonols principaux, ainsi que leurs glycosides, ont été isolés à partir des feuilles de *Camellia sinensis*:

- la quercétine, ainsi que son glycoside, la rutine.
- le kaempférol.
- la myricétine.

Le glycoside est greffé au niveau de l'hydroxyle en position 3 du cycle C. Par leur plus forte hydrosolubilité, les glycosides des flavonols sont plus abondants au niveau de l'infusé (des extraits secs en contiennent 2 à 3%), Contrairement à leurs analogues non substitués (Figure 17).



$R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Myricétine

$R_1 = R_2 = OH$; $R_3 = H$: Quercétine

$R_1 = R_3 = H$; $R_2 = OH$: Kaempférol

Figure 17 : Structure générale des flavonols (Balentine *et al.*, 2000).

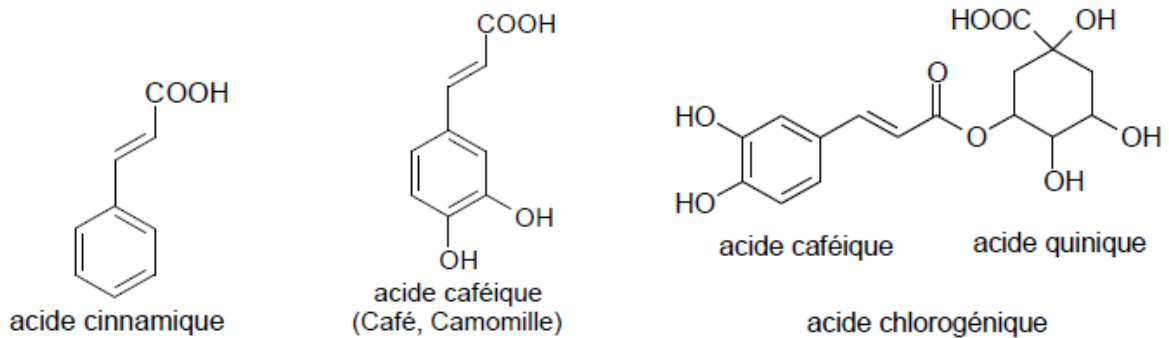
Tableau 3: Principaux flavonols du thé et leurs substitutions relatives (Balentine *et al.*, 2000).

		R1	R2	R3
Glycoside de kaempférol	KaG	H	OH	H
Glycoside de quercétine	QuG	OH	H	H
Glycoside de myricétine	MyG	OH	OH	OH

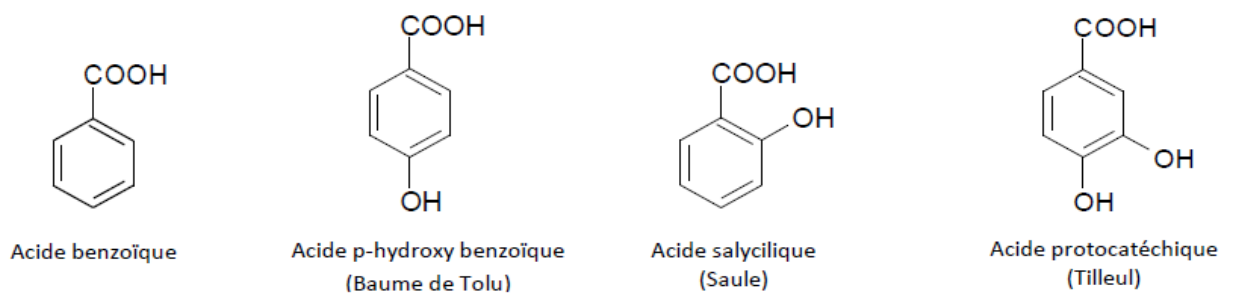
✚ Les acides - phénols

En analysant la composition de la feuille de thé, on retrouve des teneurs d'environ 5% d'acides-phénols. Leur importance pharmacologique est nettement moindre, par rapport à celle des autres polyphénols. Tous les acides-phénols sont extraits à l'aide d'un solvant organique, dans un milieu légèrement acide. Deux acides aromatiques sont à la base de la synthèse des acides-phénols :

- **Les dérivés hydroxylés de l'acide cinnamique** : (C6-C3) : ils présentent une distribution très large dans le règne végétal, le plus souvent estérifiés. Exp



- **Les dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque** : (C6-C1): très présent dans le règne végétal soit sous forme libre ou sous forme combinée à l'état d'ester ou d'hétéroside. Exp



✚ Les tannins :

La composition chimique du thé inclut des tanins, une famille chimique regroupant certains polyphénols ayant la propriété de se condenser avec un sucre ou une autre molécule à fort poids moléculaire (Bruneton, 1999 ; Mossion, 2007). Au niveau de la feuille de thé on retrouve plusieurs types de tanins. Dans un premier temps on distingue les tanins hydrolysables : L'acide gallique se lie à une molécule de glucose pour former un tanin gallique. Ainsi le thé contient par exemple le 1,4, 6-tri-O-galloyl- β -D-glucose. Dans un deuxième temps la feuille de thé contient des procyanidols ou proanthocyanidols, des tanins composés dimères dont la structure chimique centrale est un catéchol ou flavane-3-ol (Ross, 2005). Ce dernier est un produit de l'hydroxylation d'une flavanone (Bruneton, 1999). Alors que la plupart des dimères se lient au niveau des carbones C4 et C8 ou C2 et C7, les Procyanidols du thé sont issus de l'association de deux carbones en C6' des Catéchols. A côté, on a pu isoler des O- et C-glucosides de procyanidols au niveau de *Camellia sinensis* (Bruneton, 1999). Ces tanins ont la propriété de se désagréger en présence d'eau bouillante, libérant leurs différents composés, alors qu'ils forment une solution colloïdale dans l'eau

froide. En présence de sels ferriques, les tanins hydrolysables donnent un précipité bleu-noir, alors que le précipité des procyanidols est brun verdâtre.

2.2. Les bases puriques

Les bases puriques ont comme structure centrale un noyau purine, formé par l'annellation d'un noyau pyrimidine à un noyau imidazole. La biosynthèse des bases puriques se fait à partir de plusieurs acides aminés. On peut principalement citer la glycine, la glutamine et l'acide aspartique, intervenant dans la biosynthèse du noyau purine. Ces composés ne sont pas considérés comme alcaloïdes, par le biais de leur caractère amphotère et de leur solubilité dans l'eau chaude et les solvants chlorés. Malgré ces observations, certains auteurs les considèrent comme « Alcaloïdes puriques », car ils ont un effet pharmacologique marqué caractérisant les vrais alcaloïdes. La plupart des bases puriques provient essentiellement de la dégradation des Acides ribonucléiques. Parmi les autres bases puriques qui existent, on peut citer les acides nucléiques (adénine et guanine) ainsi que les esters phosphoriques des nucléosides (ATP, ...) (Bruneton, 1999). Les bases puriques précipitent avec les polyphénols, particulièrement abondants au niveau thé. Plus l'infusion est longue, plus la formation de complexes est importante. Ce complexe va être désagrégé dans l'organisme humain (Garel, 2006).

o La caféine :

La caféine, ou 1, 3,7-triméthylxanthine, a été isolée la première fois en 1820 à partir de graines de café (Bruneton, 1999).



Figure18: Caféine (Bruneton, 1999).

En 1827, Oudry isola un alcaloïde des feuilles de thé ; il l'appela « théine ». Ce fut en 1898, que des analyses approfondies démontrèrent que la caféine et la Théine ne formaient qu'une seule substance. On retint alors le nom de « caféine » pour désigner cette base purique. La caféine est la principale base xanthique retrouvée dans les feuilles de *Camellia sinensis*. Les teneurs en caféine calculées par rapport à la drogue desséchée, suite à une dessiccation à chaud des jeunes feuilles, varient selon les auteurs. On peut trouver des taux de 2,5%, de 2 à

4%, de 2,5 à 5,5% (Banerjee et Chaudhuri, 2005) ou de 1 à 5% (Sweetman, 2008) Toutefois, le Thé noir est légèrement plus riche en caféine par rapport au thé vert, le flétrissage des feuilles lors de la préparation du thé noir réduit leur poids, les concentrant ainsi en caféine (Montseren, 1999).

○ **La théophylline et la théobromine :**

La théophylline, ou 1,3-diméthylxanthine n'est présente qu'en faible quantité dans les feuilles de théier. La teneur varie de 0.02 à 0.04 % (33 par rapport au poids sec de la drogue). Or, cette faible quantité ne diminue guère l'importance Pharmacologique de la théophylline (Figure 19).

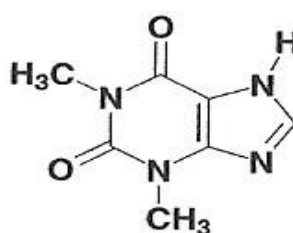


Figure 19 : Théophylline (Bruneton, 1999).

La théobromine ou 3,7-diméthylxanthine, est retrouvée en faible quantité légèrement supérieure à celle de théophylline (Figure 20). On a isolé des teneurs de 0.15 à 0.2 % par rapport au poids sec (Gruenwald *et al.*, 2007).

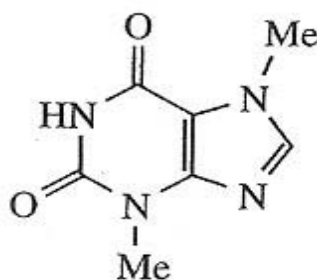


Figure 20 : Théobromine (Dewick, 1997).

2.3. Les vitamines

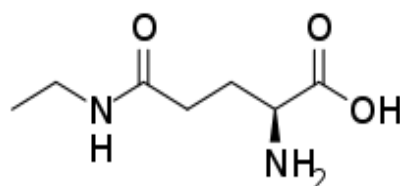
La feuille de thé vert est plus riche en vitamines que celle de thé noir, la fermentation et une température supérieure à 30°C en dégradant une grande partie ; la vitamine C sera notamment absente dans la feuille de thé noir (Garel, 2006). Parmi ces vitamines on peut citer la vitamine C ou acide ascorbique, avec une Teneur de 2 à 2,5 g/kg de feuilles desséchées de thé vert, et en moindre quantité Pour celles du thé Oolong (Chassagne, 2005), la vitamine E, ainsi que certaines vitamines du Groupe B (tableaux 4).

Tableau 4 : Composition de la feuille de thé en vitamines du groupe B (Garel, 2006)

Quantité en microgrammes (µg) par 100 g de feuille de thé noir, vert et Oolong	
Thiamine (vitamine B1)	135
Riboflavine (vitamine B2)	1266
Niacine (vitamine B3)	7500
Acide panthoténique (vitamine B5)	1260
Inositol (vitamine B7)	1000
Biotine (vitamine B8)	82.5
Acide folique (vitamine B9)	76

2.4. Les acides aminés

Seule la théanine ou γ -n-éthyl-glutamine (figure 21) est propre au thé, représentant presque la moitié des acides aminés de la feuille de thé vert (Garel, 2006), et peut servir à son identification. Il faut savoir que la théanine est le facteur déterminant de la qualité du thé vert et donc de son prix de vente. La théanine, ainsi que les polyphénols non oxydés sont principalement responsables de l'arôme du thé vert. La théanine a également la capacité de contrecarrer les effets stimulants des bases xanthiques, notamment de la caféine, l'effet relaxant du thé vert, riche en théanine, étant prouvé. A côté, la théanine semble jouer un rôle dans l'immunité, dans la protection neuronale et comme adjuvant des chimiothérapies (Garel, 2006).

**Figure 21:** Théanine (Garel, 2006)

Parmi les autres acides aminés isolés on peut citer 63.164: l'acide γ -aminobutyrique, l'acide aspartique, la sérine, l'asparagine, l'arginine, l'acide glutamique, la Lysine, l'histidine, la leucine, la valine, la glutamine, la cytidine, la thréonine, L'alanine, le tryptophane, l'isoleucine, la phénylalanine, des traces de proline et de glycine. On peut retenir que la théanine, l'acide glutamique, l'acide aspartique et L'arginine sont les principaux acides aminés retrouvés dans les feuilles du printemps et au début de l'été.

2.5. Les composés minéraux

○ Le potassium

Parmi les minéraux entrant dans la composition de la feuille de thé, ainsi que de l'infusé, on peut majoritairement citer le potassium. On dose des concentrations de l'ordre de 20 Milligrammes (mg)/g ou 9000-34000 ppm (Banerjee et Chaudhuri, 2005).

○ Le fluor

D'autre part, on note une abondance de l'ion fluorure, de l'ordre de 3-200 ppm, La teneur étant proportionnelle à l'âge de la feuille (Wichtl et Anton, 2003). En moyenne, une tasse d'infusion de thé de 225 millilitres (ml) contient 1 mg de fluor (Mossion, 2007). On en déduit les effets protecteurs du thé Envers la formation de caries

○ L'aluminium

On a dosé des concentrations de 20-11000 ppm d'ion aluminium (Banerjee et Chaudhuri, 2005). Les connaissances sur la neurotoxicité, ainsi que l'éventuelle implication de cet ion dans le développement de la Maladie d'Alzheimer inquiète les chercheurs. Or, des recherches ont démontré la faible Concentration de l'ion Al^{3+} au niveau de l'infusé, ainsi qu'une absorption intestinale de 0,1% de la quantité journalière d'aluminium ingéré (Mossion, 2007). Cette faible présence d'ion libre résulte de la complexation avec, entre autres, les polyphénols de l'infusé.

○ Les éléments minéraux à concentration mineure

A côté de ces trois principaux composés minéraux, on a pu isoler des concentrations de l'ordre du mg/g de calcium, magnésium, manganèse, fer. D'autres minéraux sont présents à des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g/g}$: zinc, cuivre, nickel (Bruneton, 1999).

2.6. Les glucides

La feuille de thé renferme environ 25 à 30% de glucides, dont un tiers sont des fibres de cellulose. Seuls 5% des glucides vont être solubilisés et passer dans l'infusé (Bruneton, 1999). Cette teneur confère au thé une valeur nutritionnelle, certes faible.

2.7. Les lipides

La teneur globale en lipides varie de 4 à 16,5% (List et Hörhammer, 1972), alors que différentes Familles sont abondantes en fonction de l'âge de la feuille de thé. Ainsi la jeune feuille est particulièrement riche en phosphatidyléthanolamine et Phosphatidylcholine. Plus la feuille vieillit, plus elle s'enrichit en mono- et digalactosylglycéride. La dégradation des lipides participe, avec d'autres composés, à la formation de l'arôme du thé noir (List et Hörhammer, 1972).

2.8. L'huile Essentielle

L'huile essentielle joue un rôle primordial dans le développement de l'arôme et du goût du thé. L'hydrolyse de certaines substances lors de la production du Thé vert donne naissance à plus de 75 substances volatiles identifiées par Chromatographie en phase gazeuse (CPG) : le linalol, l'oxyde de trans-linalol, le Néridol et la cis-jasmone. Les triterpénés participent à côté de l'huile essentielle à l'arôme du thé. Des Terpènes non saponifiables comme le glycoside de spinastérol et la β -amyrine sont retrouvés au niveau de la feuille et du pied de théier, alors que des Hétérosides d'alcools terpéniques sont retrouvés au niveau de la feuille de thé lors de la fabrication du thé noir, ces composés proviennent de l'oxydation des Caroténoïdes, ou s'oxydent eux-mêmes (Bruneton, 1999).

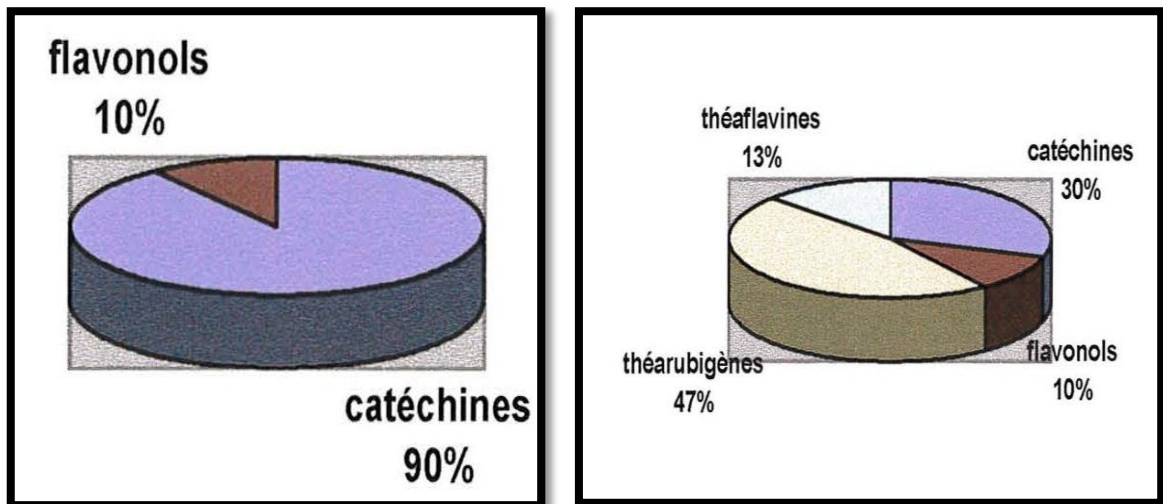
2.9. Les Caroténoïdes

Quatorze caroténoïdes, pigments jaunes orangés de la famille des tétraterpènes, ont été mis en évidence, essentiellement au niveau de la feuille âgée. Or, leur teneur, par rapport à la composition chimique totale du thé, reste faible. Il n'en est pas de même pour l'importance pharmacologique de certains caroténoïdes. L'oxydation des caroténoïdes participe au développement de l'arôme du thé Noir. On peut citer : Lycopène, γ -carotène, phytoène, phytofluène, cryptoxanthine, violaxanthine, Lutéine, zéaxanthine (List et Hörhammer, 1972)

3. Comparaison thé vert et thé noir en fonction des compositions

Pour obtenir le thé vert, on effectue une stabilisation qui détruit les enzymes. Par contre, dans le thé noir, les enzymes agissent lors de la fermentation. Pendant cette fermentation, les catéchines incolores du thé vert sont transformées en différents produits, de couleur allant de l'orange – jaune au rouge- brun, par une série de réaction de condensation oxydative conduisant à la formation d'un grand nombre de composés organoleptiques volatils. Ces modifications se traduisent par une couleur rouge – ambré, une réduction de l'astringence et l'arôme plus complexe du thé noir de boisson (Balantine *et al.*, 2000).

Dans le thé noir, on retrouve des traces d'huile essentielle se formant au cours de la fermentation. La différence entre le thé vert et le thé noir réside dans le type et la nature des polyphénols. Les polyphénols du thé vert sont essentiellement des Catéchines alors que les thé noirs contiennent surtout des Théaflavines et des Théarubigines qui sont des catéchines polymérisées (Fremaux, 2001). En ce qui concerne les autres composants, leur composition est proche (Figure22). L'acide ascorbique diminue ou disparaît lors de la fermentation.



A- Composition de thé vert

B- composition de thé noir

Figure 22 : Composition de thé vert et noir
(<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/>)

4. Usage thérapeutique de thé vert

Le thé vert est une plante médicinale naturelle très puissante. Elle a des applications dans la prévention et le traitement d'un très grand nombre de maladie. Voici quelques-unes de ses propriétés médicinales (Phung *et al.*, 2010)

- * Un des plus puissants antioxydants (neutralise les radicaux libres) (Frei et Higdon, 2003).
- * Puissant désintoxiquant
- * Abaisse le cholestérol dans le sang
- * Active le métabolisme
- * Stimule la brûlure des graisses (arriver à son poids idéal)
- * Améliore la vitalité et la performance sportive (force et endurance)
- * Augmente la sensibilité à l'insuline (baisse du risque de diabète de type 2)
- * Anti-inflammatoire
- * Antiviral, Antibactérien, Antifongique
- * Anti-angiogénique (détruit l'arrivée d'oxygène vers les tumeurs)
- * Renforce l'immunité
- * Anti-hypertenseur (réduction de la tension artérielle)
- * Anticrises dentaires
- * Aide à la digestion
- * Désacidifiant (Augmente le PH du corps et baisse l'acidité)

Un facteur essentiel est la biodisponibilité de nombreux nutriments du thé vert (Polyphénols, Acides aminés, vitamines minéraux, oligoéléments, etc.) qui est lié à leur bonne assimilation par l'organisme. Ceci dépend très fortement de la méthode d'ingestion (infusion,

poudre de thé, capsules, etc.), de la préparation du Thé vert (température, durée d'infusion, dosage, etc.) mais aussi de facteurs extérieurs tels que la proximité des repas ou encore la promotion ou l'inhibition de l'assimilation en présence de certaines substances (lait, citron ou catéchines) (Rahman et Nair, 2005).

5- Effet secondaire du thé vert

Chez certains individus, la consommation de thé vert peut, en dépit de ses nombreux bienfaits, également causer des effets indésirables. Ces effets adverses sont pour la plupart attribuables aux alcaloïdes (caféine) et aux tanins. Ces substances induisent un certain nombre de risques qu'il est important de prendre en considération (Schweikart, 2010)

Les principaux effets secondaires du thé vert sont :

- Irritation gastriques.
- Troubles du sommeil
- Maux du tête
- Carence en fer
- Vomissements
- Troubles de la grossesse
- Problème d'estomac

Le thé vert peut causer une irritation de l'estomac lorsqu'il est infusé trop fortement ou consommé à jeun. Le thé vert contient des tanins qui peuvent augmenter la quantité d'acide dans l'estomac. L'excès d'acide peut entraîner des problèmes digestifs, notamment (la constipation, le reflux acide et la nausée). Le thé vert peut aussi causer la diarrhée lorsqu'il est consommé en grande quantité. La caféine produit un effet laxatif car elle stimule les muscles du côlon à se contracter et à se relâcher plus fréquemment. Cela peut causer des maux d'estomac (<https://the-parfait.fr>)

- **Maux de tête**

Le thé vert peut causer des maux de tête chez certains individus puisqu'il contient de la caféine

- **Trouble du sommeil**

Le thé vert contient un composé qui est antidote au sommeil : la caféine. Cela est dû au fait que les composés chimiques du thé vert empêchent la libération d'hormones telles que la mélatonine, qui aide au sommeil (<https://the-parfait.fr>)

- **Anémie et carence en fer**

Le thé vert contient des antioxydants qui entravent l'absorption du fer dans le corps humain. Une méta-analyse a montré que cet effet secondaire peut être particulièrement

dangereux pour les personnes qui souffrent d'anémie ou d'autres maladies où il y a une carence en fer (<https://the-parfait.fr>).

- **Vomissement et nausées**

Une quantité excessive de thé vert peut provoquer des nausées et des vomissements. C'est parce que le thé vert contient des tanins qui ont été liés à la nausée et à la constipation en raison de la façon dont les protéines se lient dans l'intestins (<https://the-parfait.fr>)

6. Métabolites primaires et secondaires

Au sens large, il existe deux catégories de produits naturels ; les métabolites primaires et secondaires.

6.1. Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont impliqués dans le processus de synthèse et de modification des glucides, des lipides, des protéines et des acides nucléiques, qui sont essentiels et présents dans tous les organismes vivants. Ces processus sont appelés métabolisme primaire et les voies impliquées dans le métabolisme primaire sont appelées voies métaboliques primaires. A l'inverse, les métabolites secondaires sont plus limités à certains organismes, ou groupes d'organismes, ou même caractéristiques d'espèces particulières. Le processus de leur synthèse est appelé métabolisme secondaire et des voies métaboliques distinctes, dites voies métaboliques secondaires, sont responsables de leur production (Bousnane, 2020).

6.2. Le métabolisme secondaire

Le métabolisme peut être défini comme l'ensemble de toutes les réactions biochimiques effectuées par un organisme vivant. Les métabolites sont les intermédiaires et les produits du métabolisme et sont subdivisés en métabolites primaires et secondaires. Le terme « métabolite secondaire » qui a été introduit pour la première fois par (Kossel, 1891) ; tandis que les métabolites primaires sont présents dans chaque cellule vivante capable de se diviser, les métabolites secondaires ne sont présents qu'accidentellement et ne sont pas d'une importance primordiale pour la vie de l'organisme. Les métabolites primaires sont des composés communs à toutes les plantes, il en existe quelques centaines; tels les acides aminés ou les acides nucléiques. En revanche plusieurs dizaines de milliers de métabolites secondaires ont pu être identifiés, et s'avèrent spécifiques d'une famille, voire d'une espèce de plante. Bien que les métabolites secondaires soient dérivés du métabolisme primaire, ils ne constituent pas le squelette moléculaire de base de l'organisme. Leur absence ne fait pas immédiatement réduire la vie d'un organisme, une caractéristique contraire aux métabolites

primaires qui sont cruciales Pour le développement et la croissance normale. De nombreuses sources scientifiques affirment que leur rôle et d'agir à des fins de défense et d'adaptation pour protéger une plante de tout dommage éventuel dans l'environnement écologique (Bousnane, 2020).

6.2.1. Les principales fonctions des métabolites secondaires

Les principales fonctions de ces métabolites sont résumées comme suit :

- Agents de transport de métaux
- Agents facilitant les relations symbiotiques avec d'autres organismes,
- Agents reproducteurs et effecteurs de différenciation
- Médiateurs de la communication entre les organismes
- Agents d'attraction de pollinisateurs,
- Agents de défense contre d'autres organismes vivants tels que les animaux, les plantes, les insectes et les microorganismes ou encore contre des facteurs de contrainte liés à l'environnement direct : UV, température...

-Molécules Transductrices de signaux cellulaires

On trouve aussi des métabolites secondaires qui ont d'autres fonctions telles que l'interférence dans la formation des spores et la germination. En pharmacologie, les métabolites secondaires sont principalement utilisés pour leurs diverses activités biologiques telles que leurs effets antimicrobiens et antiparasitaires, leurs pouvoirs d'agir comme des inhibiteurs enzymatiques, des agents anti-tumoraux et des immunosuppresseurs (Bousnane ,2020).

6.2.2. Classifications des métabolites secondaires

On estime à plusieurs centaines de milliers les métabolites secondaires (200.000), de structure et de fonction très diverses (Ghadadba, 2020)

. Il existe donc un grand nombre de classification selon les sources. Il ressort que la classification la plus élémentaire des métabolites secondaires inclue trois groupes :

6.2.2.1. Les alcaloïdes

Le premier alcaloïde identifié – en 1806 – fut la morphine, qui provient du pavot (*Papaver somniferum*). Il est actuellement utilisé en médecine comme analgésique (pour calmer la douleur) et pour contrôler la toux ; cependant, l'utilisation abusive de ce médicament peut conduire à une forte dépendance. On a maintenant isolé et identifié la structure de près de 10000 alcaloïdes, comme la cocaïne, la caféine et l'atropine (Ghadadba, 2020).

L'alcaloïde est un produit d'origine végétale, basique, Contenant l'azote et pharmacologiquement actif. Les alcaloïdes sont utilisés comme antalgiques majeurs

(morphine), antipaludéen (quinine), pour combattre l'excès d'acide urique (colchicine), comme substance paralysante/stimulante (curare, caféine), comme poisons (strychnine, nicotine), Comme stupéfiants (cocaïne, mescaline), comme cholinergique (pilocarpine) ou comme anticancéreux (vinblastine, vincristine)....

6.2.2.2. Les composés phénoliques (polyphénols) :

Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux. En fait, il devrait être réservé aux seules molécules présentant plusieurs fonctions phénols. Ce qui exclurait alors les monophénols, pourtant abondants et importants chez les végétaux. Donc, la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono, les di et les polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (Ghadadba , 2020)

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 (acides phénoliques, flavonoïdes..) et les composés phénoliques complexes (tannins, lignines...).

6.2.2.3. Les terpénoïdes :

Les terpénoïdes, appelés aussi terpènes, existent chez toutes les plantes et représentent de loin la plus vaste catégorie de métabolites secondaires, avec plus de 22 000 composés décrits. Le terpénoïde le plus simple est un hydrocarbure, l'isoprène 6 (C_5H_8). On peut classer tous les terpénoïdes en fonction du nombre de leurs unités isoprène. Les monoterpénoïdes, avec deux unités isoprène, les sesquiterpénoïdes (trois unités) et les diterpénoïdes (quatre unités terpène) sont des catégories usuelles. Une même plante peut synthétiser beaucoup de terpénoïdes différents à différents endroits de l'organisme, dans des buts différents et à des stades différents de son développement. De façon analogue à la famille des composés phénoliques, les isoprénoïdes regroupent à la fois des molécules de faibles poids moléculaires, volatiles et composants principaux d'huiles essentielles, et des molécules hautement polymérisées comme par exemple le caoutchouc. Cette voie de biosynthèse donne naissance à de très nombreux métabolites secondaires, mais participe également à la synthèse de composés comme le β -carotène, les chlorophylles, l'ubiquinone ou la plastoquinone, qu'on ne positionne généralement pas dans le métabolisme secondaire (Ghadadba, 2020)

7. Les stress oxydatifs et antioxydants

7.1-Le stress oxydant

Le stress oxydatif est caractérisé par un déséquilibre entre la production des espèces radicalaires et les capacités de défense antioxydant de l'organisme (Beaudeau et Durand, 2011). La production d'espèces réactives de l'oxygène est utile mais peut être néfaste pour l'organisme lors d'une production excessive et en l'absence de mécanismes de défense. C'est ce que l'on appelle le stress oxydatif. Celui-ci peut favoriser la Survenue de pathologies (cancers, maladies cardiovasculaires, maladies Dégénératives) ainsi qu'un vieillissement prématuré (Belaïch et Boujraf, 2016). Une des principales fonctions déclenchées par le stress oxydatif est la mort cellulaire programmée ou apoptose.

7.1.1. Origine du stress oxydant

La découverte d'espèces chimiques radicalaires présentes normalement dans l'organisme a bouleversé notre compréhension des mécanismes biologiques. Ces radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont Utiles pour l'organisme à dose raisonnable ; mais la production peut devenir Excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes et l'organisme va devoir Se protéger de ces excès par différents systèmes antioxydants. Le stress oxydant peut avoir divers origines, tels que la surproduction endogène d'agents peroxydant d'origine inflammatoire, une défaillance nutritionnelle ou de la carence en un ou plusieurs antioxydants apportés par la nutrition comme les vitamines ou les oligo-éléments (Favier, 2003). De même, il peut être à l'origine d'une exposition environnementale à des facteurs prooxydants tels que, le tabac, l'alcool, les médicaments, les rayons ultraviolets(UV), les pesticides, l'ozone, l'amiante, les métaux toxiques, une mauvaise alimentation, la pollution, etc... (Magder, 2006).

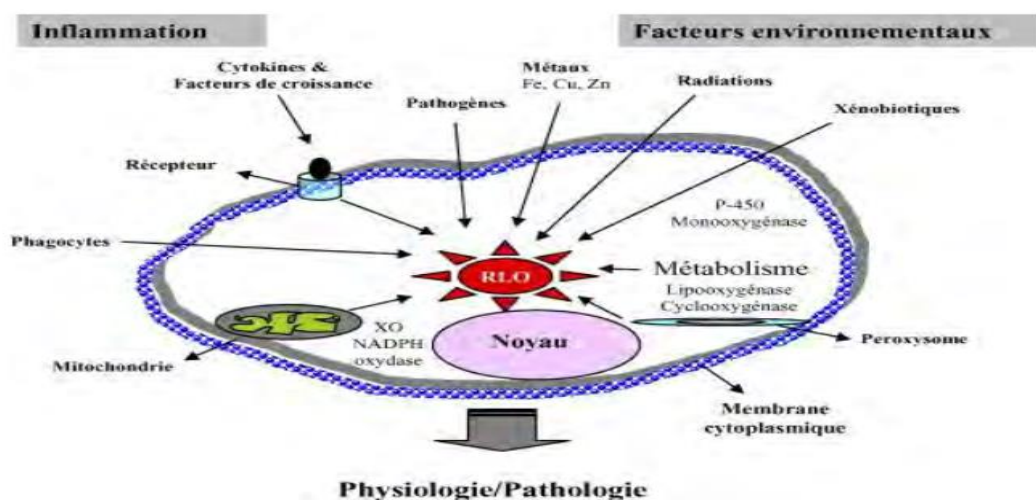


Figure 23 : Origine extracellulaire et intracellulaire des radicaux libres dérivés de l'oxygène (Afonso *et al.*, 2007).

7.1.2. Conséquences du stress oxydatif à l'échelle cellulaire

Chaque cellule possède un système antioxydant pour neutraliser la production de ROS. Il peut toutefois arriver, pour des raisons propres ou étrangères au métabolisme, que la quantité de ROS produites soit supérieure à la capacité antioxydant de la cellule, conduisant ainsi à une situation de stress oxydant. L'équilibre local entre anti et pro-oxydants est très fragile. Toute modification (Causée par une surproduction de radicaux libres, une déficience d'antioxydants ou les deux phénomènes cumulés) entraîne des dégâts cellulaires importants tels que la dégradation de L'ADN cellulaire, L'oxydation et donc l'inactivation de protéines, d'enzymes, de sucres ou de Lipides (Engstrom *et al.*, 1987 ; Kwak et Bard, 1989).

En effet, les ROS, notamment $\bullet\text{OH}$, sont capables de détériorer et de modifier l'ADN. Dans les cas les plus extrêmes, de fortes lésions entraînent de graves altérations du matériel génétique comme des mutations à l'origine de cancers (Chen, 2006).

Les protéines peuvent également être dénaturées par les attaques oxydantes. Les cibles préférentielles sont les cycles aromatiques (comme ceux de la phénylalanine ou de l'histamine) et les acides aminés soufrés. Les protéines de reconnaissance cellulaire telles que les Enzymes, les anticorps ou les récepteurs membranaires sont aussi des cibles privilégiées des ROS. Les ROS sont aussi à l'origine d'une cascade d'oxydations des lipides ayant, entre autres conséquences, l'altération de la fluidité cellulaire qui, associée à leur désorganisation totale, peut conduire à leur désagrégation (Chen, 2006).

La notion d'équilibre entre antioxydants et oxydants est d'autant plus importante dans ce contexte qu'un taux trop élevé en antioxydants peut être également néfaste pour l'organisme.

7.2. Les antioxydants :

Les antioxydants sont définis par Helliwell (1999) comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat ». Ils peuvent être classés selon leur Mode d'action, leur localisation cellulaire et leur origine. Ce sont des composés Qui Réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi inoffensifs (Vansant, 2004). La raison pour laquelle les antioxydants sont importants vient du fait que l'oxygène est un élément potentiellement toxique puisqu'il peut être transformé en formes plus réactives (Boyd *et al.*, 2003).

7.2.1. origines des antioxydants :

Les antioxydants peuvent être classés en deux catégories (Tableau 4) avec :

- les enzymes antioxydants directement synthétisées par l'organisme.
- les nutriments Antioxydants dont les apports sont nécessaires par l'alimentation.

Cette dernière classe d'antioxydants nous intéresse particulièrement puisque nous verrons s'il est possible de renforcer les défenses de l'organisme en augmentant les apports exogènes de ces différentes molécules

Tableau 5 : Les deux types de protection antioxydants de l'organisme : les systèmes enzymatiques et les nutriments antioxydants.

Systèmes antioxydants enzymatiques endogènes	Systèmes antioxydants d'origine alimentaire
Superoxyde dismutase	Vitamine E
Glutathion peroxydase	Vitamine C
Catalase (s)	Taurine
Lipases, protéases, endonucléases (éliminent les molécules oxydées)	Caroténoïdes (lycopène, lutéine..) polyphénols
albumine, ferritine (complexent les ions divalents)	Minéraux et oligo- éléments

7.2.2. Les types des antioxydants

Pour contrôler la production permanente des espèces réactives, les organismes vivants possèdent des systèmes de défenses qui les protègent contre les dommages de ces radicaux (Rajesh *et al.*, 2013). Ces antioxydants peuvent être des enzymes ou des simples molécules. Certains sont produits par l'organisme, ce sont les Antioxydants endogènes ou naturels, d'autres proviennent de l'alimentation ou la médication et sont donc exogènes (Dabelstein *et al.*, 2007).

Les antioxydants sont utilisés :

- *Dans l'industrie chimique : pour éviter le durcissement du caoutchouc ou en métallurgie pour protéger les métaux de l'oxydation
- *Dans l'industrie agro-alimentaire : pour éviter le rancissement des corps gras.
- *Dans l'industrie teinturerie : pour éviter l'oxydation des colorants au soufre ou des colorants de cuve lors de la teinture (Bouhadjra, 2011).

7.2.3. Activité des antioxydants

L'hypothèse majeure des effets bénéfiques du thé sur la santé est associée à ses propriétés antioxydantes. Le thé vert est une source puissante d'antioxydants bénéfiques, comme ceux que l'on trouve dans les fruits et les légumes. Le thé est particulièrement riche en polyphénols, notamment les catéchines, les théaflavines et les thearubigines, qui contribuent aux bienfaits du thé sur la santé. Le thé vert est riche en polyphénols (particulièrement les

catéchines et acide gallique), mais il contient aussi des caroténoïdes, des tocophérols, l'acide ascorbique (vitamine C), des minéraux tels que Cr, Mn, Se ou Zn (Su *et al.*, 2007). Les polyphénols agissent comme suit :

- ❖ Inhibition des facteurs de transcription redox- sensibles.
- ❖ Inhibition des enzymes « pro – oxydantes », telles que les enzymes inductibles d'oxyde Nitrique synthase. Les lipoxygénases, les cyclooxygénases et xanthine Oxydase.
- ❖ Induction d'enzymes antioxydantes, telles que les glutathion-stransférases et le Superoxyde Dismutase (Su *et al.*, 2007).

8. Activités antibactériennes

Les plantes synthétisent différents métabolites secondaires comme les phénols et leurs dérivés. Ces substances qui constituent un moyen de défense pour les plantes contre leurs différents prédateurs sont souvent pourvues d'activités antimicrobiennes remarquables (Nitta *et al.*, 2002 ; Kordali *et al.*, 2008).

Selon Tran (2013) les propriétés antimicrobiennes du thé vert sont efficaces contre des bactéries incluent *Helicobacter pylori* (malignité gastrique), *Staphylococcus aureus*, Streptocoques oraux (carie dentaire), *Mycobacterium tuberculosis* (tuberculose), bacille ceriege (intoxication alimentaire), *Escherichia coli* (échec grave de diarrhée et de rein), de *Legionella pneumophila* (pneumonie), *Candida albicans* (candidiase), et *Chlamydia trachomatis* (chlamydia). Ses propriétés antivirales sont efficaces contre le HIV, la grippe, Epstein-Barr, les herpès, hépatite B et C, et T-cellule humaine type 1 lymphotropic de virus (Htlv-1 ; mène à la leucémie de T-cellule d'adulte).

9. Activités anticancéreuses

Les polyphénols présents dans le thé étant des antioxydants puissants, peuvent jouer un rôle important dans la prévention du cancer en réduisant les dommages de l'ADN dans la cellule et activation du cancer menant à la malignité. Des études nutritionnelles effectuées dans les régions du Japon où le thé vert est particulièrement populaire ont révélé que l'incidence de cancers de l'estomac, du foie, du pancréas, du sein, du poumon, de l'œsophage et de la peau est plus faible chez les personnes qui consomment du thé vert. Le thé vert pourrait prévenir le cancer de quatre façons:

- 1) en neutralisant les agents cancérigènes;
- 2) en protégeant les cellules contre les mutations provoquées par les agents cancérigènes;
- 3) en protégeant l'organisme des dommages des radicaux libres;
- 4) en protégeant les cellules des dommages des radiations ionisantes (Kuzuhara *et al.*, 2008).

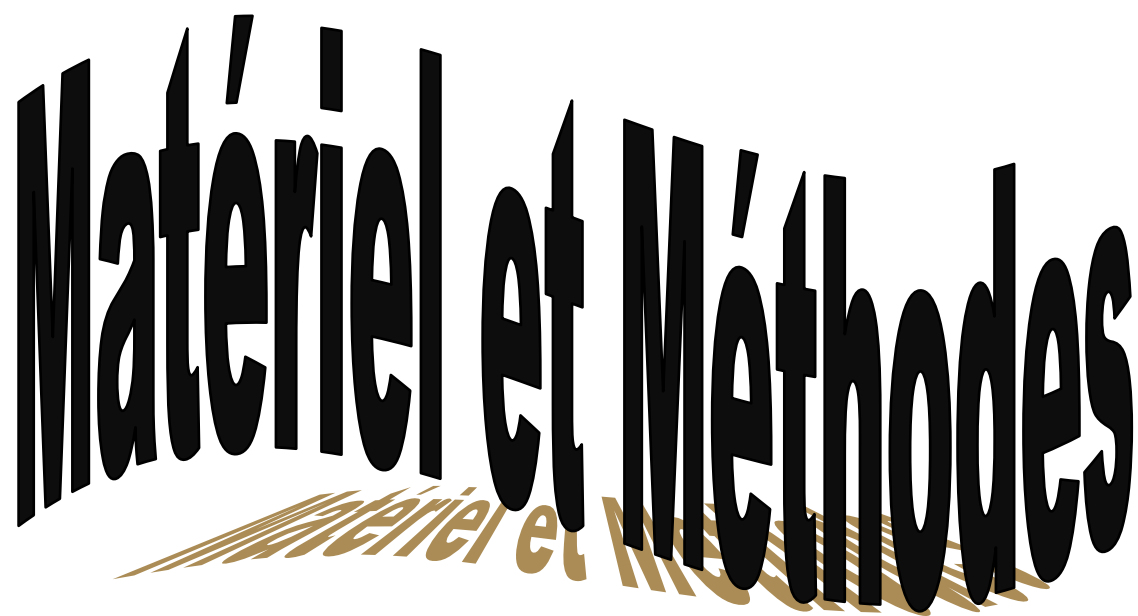
10. Activité antivirale

Les substances actives principales du le thé vert sont les composés polyphénoliques, les activités antivirales des polyphénols sont associés à de diverses étapes dans le cycle de vie du virus de la grippe. L'effet antiviral différentiel de la catéchine. Parmi les composés polyphénoliques, se trouve les EGCG et les ECG comme inhibiteurs efficaces de croissance du virus de la grippe, incluant le Virus d'A/H₁N₁, d'A/H₃N₂ (Namita *et al.*, 2012).

11. Activité anti- inflammatoire des troubles gastro-intestinaux

Le thé vert possède des propriétés anti-inflammatoires. Les dérivés de théaflavine sont employés pour évaluer l'activité anti-inflammatoire. L'action anti-inflammatoire et antibiotique des saponines et des flavonoïdes qu'il contient permet la résolution des inflammations dans la région gastro-intestinale. De fait de sa teneur élevée en minéraux, le thé vert est très efficace pour compenser les pertes dues à la déshydratation. Son action alcalinisant permet en outre de réduire l'acidité gastrique. Enfin, les tanins stimulent l'appétit et favorisent la digestion (Schwarz et Schweppe, 2006).

Matériel et Méthodes

The image features the title 'Matériel et Méthodes' in a large, bold, black, sans-serif font. The text is slightly slanted to the right. Below the main text, there is a shadow effect consisting of multiple parallel lines in a gold or yellowish-brown color, creating a 3D effect as if the text is floating above a surface.

1. Expérimentation 1 : Evaluation de l'activité antioxydante du thé vert chinois commercialisé en Algérie. Cette expérimentation est réalisé par (Atamna et Douara, 2018).

1.1. Matériel végétal

L'étude porte sur du thé vert chinois commercialisé en Algérie sous le nom d'EL WAZIR. Ce thé vert est aussi aromatisé avec des épices : la Cannelle, l'étoile d'anis, le clou de girofle, le gingembre, l'armoise et la Menthe. La préparation de l'extrait du thé vert et du thé aromatisé est réalisée comme suit :

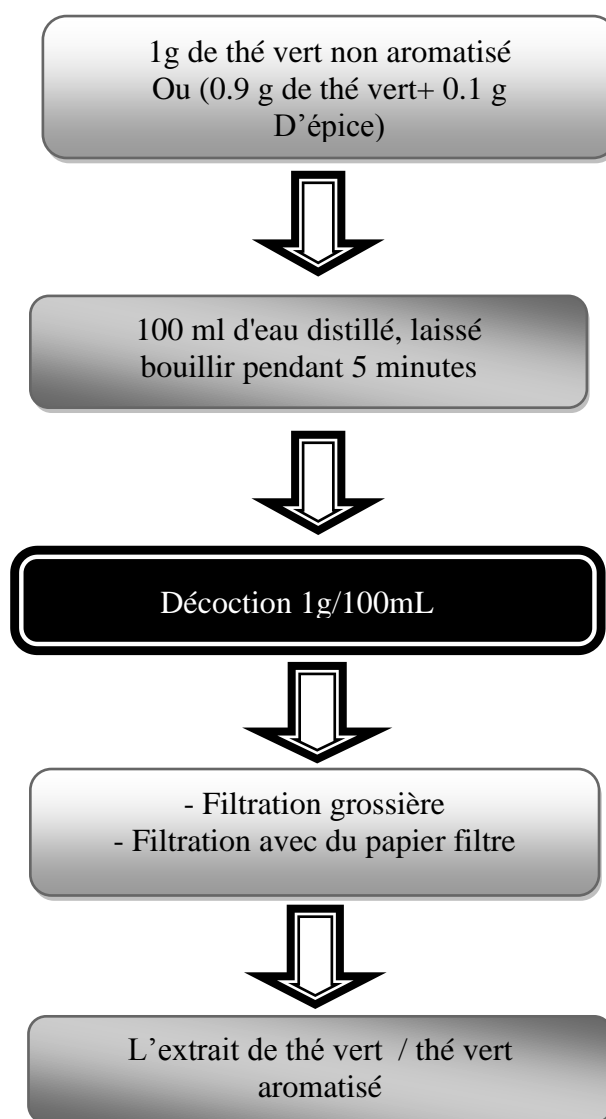


Figure 24 : Les étapes de la préparation des extraits de thé vert et de thé vert aromatisé.

Le rendement des extractions est obtenu sur 50ml d'extrait placé dans l'étuve à 37°C pendant 2 jours (jusqu'à l'obtention d'une matière sèche). L'extrait sec ES est exprimé en % selon la formule suivante :

$$ES \% = \frac{(M1 - M2) V0}{100}$$

ES : l'extrait sec des échantillons en %.

V0 : volume en (ml) de l'extrait avant séchage.

M1 : masse en (mg) du bécher et de l'extrait sec après séchage.

M2 : masse en (mg) du bécher vide.

1.2. Evaluation de l'activité antioxydante

1.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) (Singleton et Rossi, 1965 ; Ertas *et al* ; 2014). Un extrait de 200 μ l d'échantillon de Thé vert et du thé épicé est mélangé avec 1 ml du réactif FC, après 8 minutes le Na_2CO_3 à 7.5 % (m/v) est ajoutée au mélange qui subira une agitation et incubation à l'obscurité et à température ambiante pendant une heure. L'absorbance de l'extrait est mesurée à 765 nm.

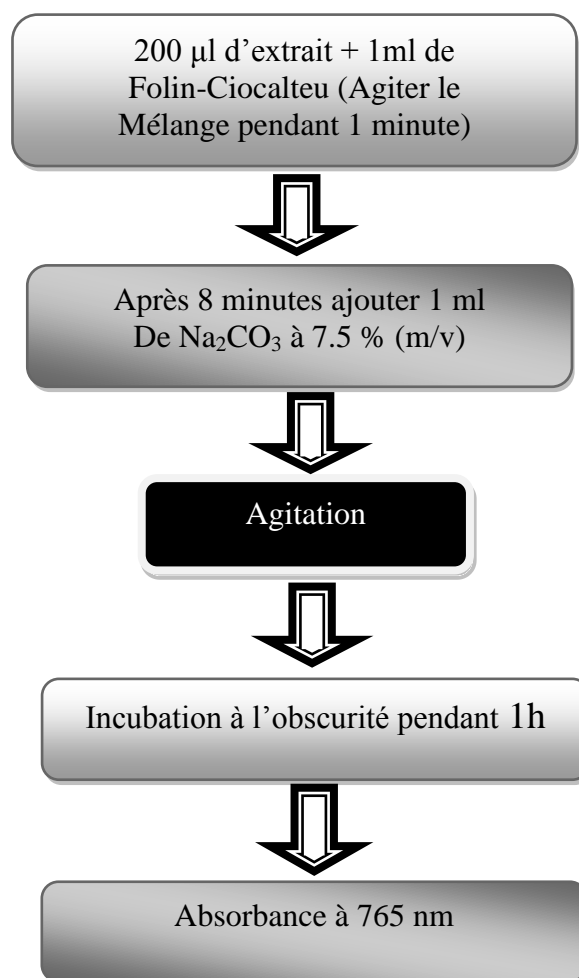


Figure 25 : Protocole de dosage des polyphénols totaux chez le thé vert (Singleton et Rossi 1965 ; Ertas *et al.*, 2014).

1.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

La détermination des flavonoïdes totaux est effectuée selon la méthode décrite par Ayoola *et al.*, (2008). Une solution éthanolique de 1 ml d' AlCl_3 (2%) est rajoutée à 1 ml de l'extrait du thé vert et du thé aromatisé. Le mélange est agité et incubé à l'obscurité à une température ambiante pendant 10 minutes. Le protocole suivant résume la méthode de détermination des flavonoïdes :

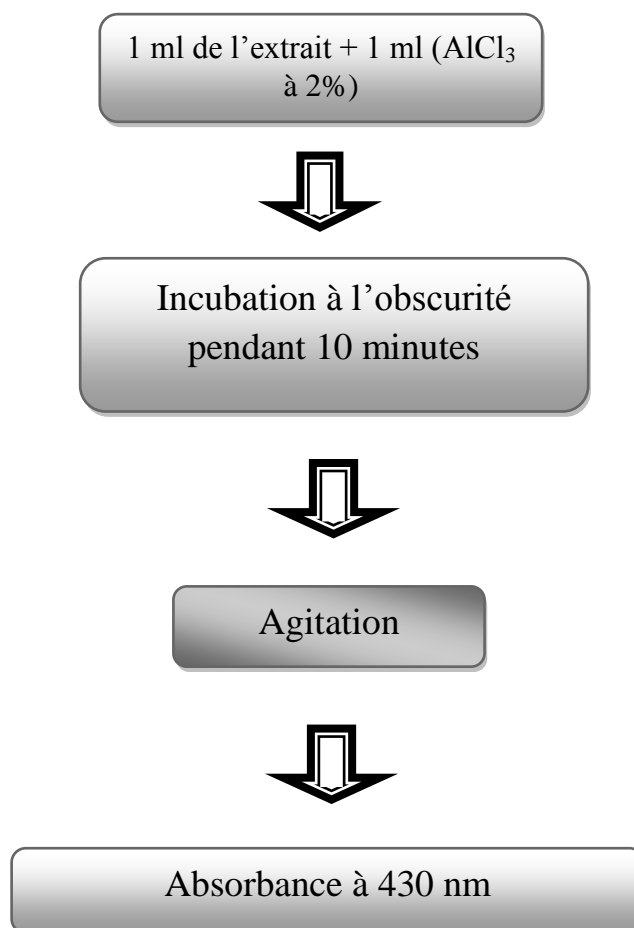


Figure 26: Protocole de dosage des flavonoïdes chez le thé vert (Ayoola *et al.*, 2008).

1.2.3. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH

Une solution de 0.1mM de DPPH est préparée par solubilisation de DPPH dans L'éthanol. 5 μ l de chaque échantillon est ajoutées à 2 ml de la solution de DPPH, après incubation de 30 min à l'obscurité et à température ambiante.

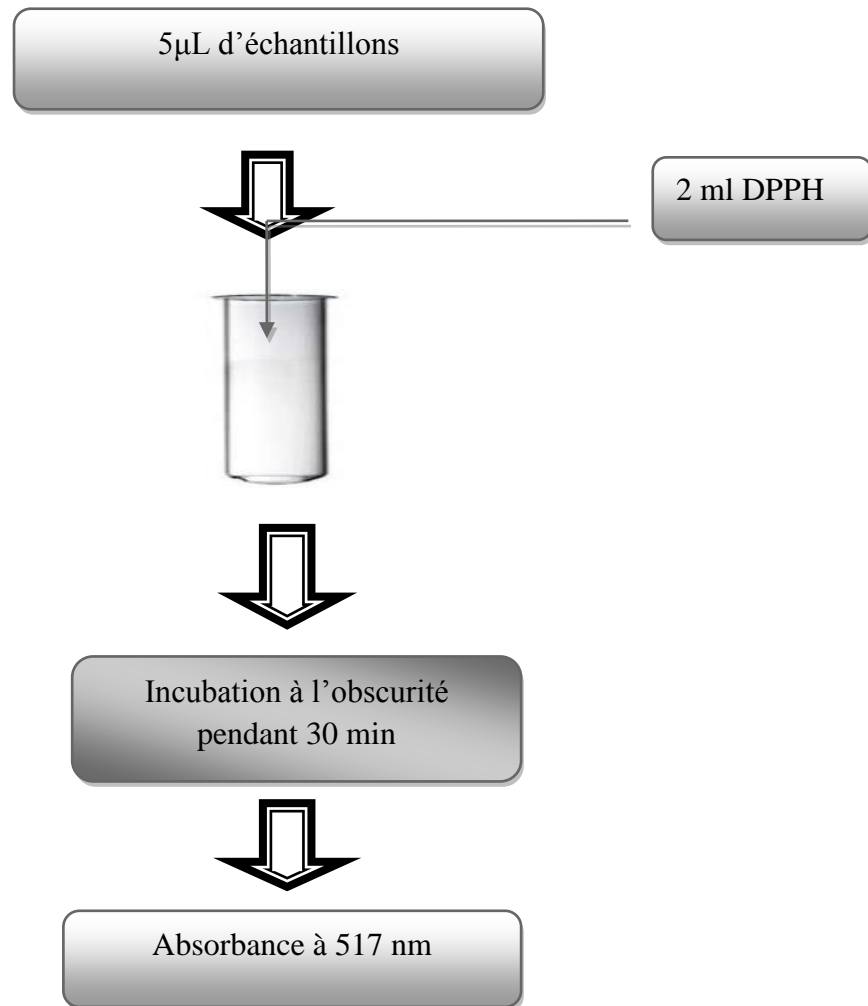


Figure 27: Protocole de l'activité anti-radicalaire chez le thé vert : DPPH (Blois, 1958).

1. 3. Evaluation de l'activité antibactérienne

1.3.1. Souches étudiées

- ✓ Bactéries à Gram négatif (-) : *Escherichia coli*
- ✓ Bactéries à Gram positif (+) : *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus Faecalis*

1.3.2. Préparation des suspensions bactériennes

Des cultures pures de chaque souche sont prélevées et transférées sur des boîtes de pétri stériles. La culture bactérienne est incubée à 37°C pendant 12-16 heures. Des colonies bien isolées et identiques sont déposées dans 9 ml d'eau physiologique stérile (NaCl à 0.9%). La suspension bactérienne est bien homogénéisée avec le vortex pendant quelques secondes, et la densité optique lue à 625 nm est justifiée de 0.08 à 0.10.

1.3.3- Test de l'activité antibactérienne

La méthode est basée sur la technique des antibiogrammes ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore méthode des disques. Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des antibiotiques testés, de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes (Faucher et Avril, 2002).

La technique consiste à couler aseptiquement le milieu de culture Agar de Muller Hinton (AMH) en surfusion dans les boîtes de Pétri à raison de 20 ml par boîte de laisser refroidir puis tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne. Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, séchée de haut en bas, en stries serrées. Répéter l'opération, deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois (Guinoiseau, 2010).

Des disques de papier wattman sont déposés sur l'agar, puis chargés de 20µl de chaque extrait. Des échantillons témoins sont réalisés (boîtes de pétrie contenant de la gélose et des disques des antibiotiques suivants : (Ciprofloxacine, Doxycycline et Novobiocine).

2. Expérimentation 2 : Evaluation de l'activité antioxydante du thé vert iranien. Cette expérimentation est réalisée par (Fakheri *et al.*, 2017)

2.1. Matériel végétal

L'étude porte sur du thé vert, du thé blanc, noir et rouge collectés dans la ville de Zabol, en province du Sistan-et-Baloutchistan en Iran.

L'extrait de thé est réalisée à partir de 10 g de feuilles séchées de chaque type de thé : vert, blanc, noir et rouge. Ces échantillons sont broyés et réduit en poudre. Un volume de 100 ml de méthanol à 80 % est ajouté aux échantillons de thé en poudre puis sont incubés pendant 48 heures. Les échantillons sont filtrés par une Pompe à vide; le solvant est éliminé par le dispositif rotatif et les condensats sont été stockés à -4 °C.

2.2. Evaluation de l'activité antioxydante

2.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Les composés phénoliques totaux de thé sont déterminés à l'aide de la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965). Un volume de 300 µl d'extraits de méthanol est ajouté à 2,1 ml de carbonate de sodium et 5,1 ml de Réactif folin - Ciocalteu. L'absorbance de l'extrait est mesurée à 765 nm, à l'aide d'un Spectrophotomètre.

2.2.2. Détermination de l'activité antioxydante par la méthode DPPH

L'activité antioxydante est déterminée selon la méthode DPPH établi par Ebrahimzadeh et Pourmorad, (2008). Dans cette approche, 1-diphényl-2-picryle hydrazyl Radical (DPPH) est utilisé pour déterminer l'activité antioxydante des extraits de thés. Les différentes concentrations

d'extraits sont rajoutées à une solution de DPPH (0,15 mM), après 15 min d'incubation à température ambiante, L'absorption est mesurée à 517 nm.

2.3. Evaluation in vitro de l'activité antimicrobienne

Les feuilles séchées de quatre plants de thé sont broyées en poudre par un mortier. Des quantités de 10 g de poudre de chaque plante sont trempées dans 100 ml d'éthanol à 95% et agitées pendant 48 h à température ambiante. Le solvant est évaporé par dispositif rotatif à 37°C. L'extrait est stocké à 4°C.

2.3.1. Souches étudiées

- ✓ Bactéries à Gram négatif (-) : *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis*, *Serratia marcescens*.
- ✓ Bactéries à Gram positif (+) : *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus pneumoniae*, et *Enterococcus faecalis*.

2.3.2. Les Préparation des suspensions bactériennes et détermination de la CMI et de la CMB

La méthode est basée sur la technique des Microplaques de 96 puits à des concentrations en série. La concentration des extraits varie de 0,625 mg/ml à 320 mg/ml. Un volume de 100 µl de chaque extrait est déposé sur 95 µl de bouillon du milieu Mueller Hinton et enfin 5 µl de suspension bactérienne est ajouté aux puits des microplaques. Les puits sont incubés à 37°C pendant 18 à 24 h (Moreire et Ponce, 2005).

La CMI (concentrations minimales inhibitrices) est la plus faible concentration d'extraits qui inhibe la croissance de 90% de colonies microbiennes et pour laquelle il n'y a pas de croissance visible à l'œil nu après un temps d'incubation de 18 à 24 heures. Sa détermination est faite par observation du trouble induit par la croissance des germes étudiés dans chaque puit.

La CMB (concentrations minimales bactéricides) est la plus faible concentration d'extraits qui laisse au plus 0,01% de germes survivants et qui inhibe la croissance de 99,9% de cellules microbiennes (Skandamis et Koutsoumanis, 2001).

Résultats et Discussion



Au terme de cette étude d'investigation théorique, différents résultats apparaissent à travers les deux expérimentations relatives à l'évaluation des activités antioxydantes et antimicrobiennes du thé vert vis-à-vis des arômes et des autres types de thés consommés.

Les résultats de la première expérimentation réalisée par Atamna et Douara (2018) font ressortir deux groupes distincts aux valeurs très proches : Le premier groupe est composé des échantillons de thé vert aromatisés à l'étoile d'anis, à la cannelle et au clou de girofle et le deuxième groupe est formé d'échantillons de thé vert, de thé vert aromatisé au gingembre, aromatisé à l'armoise et à la Menthe.

Selon Atamna et Douara, (2018) l'analyse statistique des polyphénols montre qu'aucune différence significative n'est constatée entre le thé vert aromatisé à la menthe et au gingembre et entre le thé aromatisé à la cannelle et à l'anis. Selon She *et al.*, (2010) et Ghimire *et al.*, (2011) la teneur en polyphénols totaux est plus élevée dans le thé aromatisé à la menthe avec une teneur de 768.65 ± 6.69 mg EAG/L, suivie par le thé aromatisé au gingembre avec une teneur de 759.39 mg EAG/L. Le thé vert non aromatisé enregistre les teneurs les plus basses en polyphénols (599.93 mg EAG/L). Selon Pekal *et al.*, (2012) la teneur relativement élevée en polyphénols totaux dans le thé vert aromatisé est due à la formation d'autres composés phénoliques comme que l'arginine et l'hespéridine dans l'infusion aromatisée. Selon Pekal *et al.*, (2012) ces composés phénoliques ne sont pas présents dans le thé vert «pur». Ainsi les taux en composés phénoliques sont très importants dans les infusions des Thés verts aromatisé et la teneur de ces derniers diffèrent selon l'épice utilisé à l'infusion.

Selon Atamna et Douara (2018) l'analyse statistique des flavonoïdes ne montre aucune différence significative entre thé aromatisé au le gingembre et à la Cannelle. Cependant, les teneurs en flavonoïdes les plus élevées sont enregistrées dans le thé aromatisé à l'armoise (437.26 ± 0.81 mg EQ/L) suivie par le thé au gingembre avec une teneur de 424.37 mg EQ/L. Selon Atamna et Douara (2018) l'extrait thé vert à l'étoile d'anis montre la valeur la plus basse avec une teneur de 299.84 mg EQ/L.

Selon Atamna et Douara (2018) l'analyse statistique de l'activité anti-radicalaire DPPH ne montre aucune différence significative entre le thé aromatisé à la menthe et au clou de girofle ni entre le thé aromatisé à l'armoise et à la cannelle.

Néanmoins l'activité anti-radicalaire DPPH la plus puissante est celle enregistrée chez le thé vert pur (Atamna et Douara, 2018). Résultat confirmé par Barcirova, (2010) qui stipule que le thé vert donne le meilleur taux de piégeage de radical DPPH ($37.15\% \pm 0.28$).

Selon Atamna et Douara (2018) l'extrait de thé vert montre l'activité anti-radicalaire (DPPH) la plus élevée avec un pourcentage de 37.15% suivie par le thé à l'étoile d'anis avec le pourcentage de 35.20 %. Selon Omar et Aontoz (2013) l'activité anti-radicalaire la plus faible est enregistrée pour le thé à la cannelle. Le mélange de thé et épices étudié montre une faible activité antioxydante car une concentration élevée est nécessaire pour inhiber l'activité de 50% de DPPH. Ceci laisse penser qu'il y a des interactions moléculaires, peut être antagonistes, entre les différents métabolites des épices constitutives du mélange.

D'après les résultats d'Atamna et Douara (2018), l'activité antibactérienne des extraits de thé vert aromatisé varie d'une souche à une autre. Selon Ponce *et al.*, (2003) cette variation est observée dans les diamètres des zones d'inhibition qui montrent que les bactéries à Gram négative (*Esherichia coli*) sont plus sensibles aux différents extraits ainsi qu'aux antibiotiques que les bactéries à Gram positives (*Enterococcus Faecalis* et *Staphylococcus aureus*). En fonction des diamètres des zones d'inhibition, les résultats obtenus révèlent que:

- ***Pour E. Coli***

L'extrait qui présente la plus haute activité ou efficacité est le thé vert avec un diamètre de 50.33 ± 2.51 mm, cette valeur est inférieure à celle trouvée par Ahmed *et al.*, (2018). Alors que l'extrait qui présente la plus basse activité est celui du thé vert à la menthe avec un diamètre de 20.66 ± 2.08 mm. Cette valeur est proche de celle de la menthe poivrée trouvée par Goudjil, (2016) avec un diamètre de 21.47 ± 0.5 mm et de celle trouvée par Ayadia, (2011) avec un diamètre de 24 mm.

L'extrait de thé vert au gingembre présente le diamètre le plus proche de celui de l'antibiotique Ciprofloxacine (CIP) qui est de 40.00 ± 0.20 mm suivi par thé vert à la cannelle qui est de 37.33 ± 2.51 mm. Cette valeur est proche de celle trouvée par Singh *et al.*, (2015) pour la cannelle avec un diamètre de 34 mm.

- ***Pour E. faecalis***

L'extrait qui présente la plus haute efficacité est celui du thé vert à l'anis avec un diamètre de 25.66 ± 0.15 mm suivi par celui du thé vert au gingembre avec un diamètre de 25.50 ± 0.70 mm. Alors que l'extrait qui présente la plus basse efficacité est celui du thé vert au clou de girofle avec un diamètre de 18.0 ± 0 mm. Cette valeur se situe entre deux résultats de l'huile essentielle de clou de girofle démontrés par Dorman et Deans (2000) et par Barakat, (2014).

En effet, l'extrait de thé vert à la cannelle présente le diamètre le plus proche de celui de l'antibiotique Doxycycline (DO) qui est de l'ordre de 22.00 ± 0.20 mm suivi par le thé vert à l'armoise qui est de 22.66 ± 1.15 mm, tandis que la Novobiocine (NV) et la Ciprofloxacine (CIP) ont un diamètre supérieur à tous les extraits.

- **Pour *S. aureus***

L'extrait qui présente la plus haute efficacité est celui de thé vert à l'anis suivi par celui du thé vert à la menthe avec un diamètre de 20.33 ± 0.57 mm qui est une valeur inférieure à celle de la menthe poivrée et celle du thé vert au gingembre (Goudjil, 2016). Toutes ces valeurs sont inférieures aux celles des trois antibiotiques Doxycycline (DO), Novobiocine (NV) et Ciprofloxacine (CIP) Respectivement. Alors que l'extrait qui présente la plus basse activité est celui du thé vert à la cannelle avec un diamètre de 11.25 ± 0 mm, cette valeur est supérieure à celle trouvé par Yezza et Djedjai (2016) avec un diamètre de 6 mm.

Selon Atamna et Douara (2018) l'activité antibactérienne des extraits de thé vert aromatisé a démontré que la bactérie à Gram négatif *Escherichia coli* est extrêmement sensible vis-à-vis de l'extrait de thé vert pur. Cependant les bactéries à Gram positif *Enterococcus Faecalis* et *Staphylococcus aureus* sont extrêmement sensible vis-à-vis de l'extrait de thé vert à l'anis. L'activité antibactérienne des trois antibiotiques est plus élevée vis-à-vis d'*Escherichia coli* pour la Novobiocine, suivi par *Enterococcus Faecalis* pour la Novobiocine et la Ciprofloxacine et par *Staphylococcus aureus* pour la Ciprofloxacine. Résultats confirmés par Omar et Aontoz, (2013).

Les résultats de la seconde expérimentation réalisée par Fakheri *et al.*, (2017) qui a pour objectif l'évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne du Thé vert vis-à-vis des autres types de thés consommés a démontré que le thé vert et les extraits de thé blanc ont le contenu phénolique total le plus élevé par rapport aux thés noirs et Rouges. Cependant, les résultats de l'activité antioxydante des quatre types de thé testés ont révélé que l'activité antioxydante du thé vert était significativement plus élevée que le thé blanc, noir et rouge. Aussi, les résultats ont montré que le thé rouge contient le moins d'activité antioxydante par rapport aux autres types de thés étudiés.

Lors de cette étude, les résultats des activités antimicrobiennes ont démontré que les extraits des quatre thés à différentes concentrations ont inhibé la croissance des bactéries testées. Les thés blanc et vert enregistrent la plus faible concentration minimale inhibitrice CMI et la plus faible concentration minimale bactéricide CMB contre les bactéries testées. La

plus forte concentration minimale inhibitrice CMI est révélée chez le thé blanc sur *Staphylococcus saprophyticus*, *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis* et *Serratia marcescens*. Le thé rouge a la plus faible concentration minimale bactéricide CMB et la plus faible concentration minimale inhibitrice CMI contre *Staphylococcus saprophyticus*, et *Enterococcus faecalis* Résultats confirmés par Kaur *et al.*, (2015).

Conclusion



Cette investigation a permis d'évaluer les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes du thé vert *Camellia sinensis* vis-à-vis des arômes et des autres types de thés consommés.

A travers les données recueillies le thé vert pur non aromatisé enregistre les teneurs en polyphénols totaux les plus basses contrairement aux thés verts aromatisés. Cette teneur relativement élevée en polyphénols totaux dans le thé vert aromatisé est due à la formation d'autres composés phénoliques comme que l'arginine et l'héspéridine dans l'infusion aromatisée. A travers les résultats obtenus la teneur en polyphénols totaux est plus élevée dans le thé aromatisé à la menthe suivie par le thé aromatisé au gingembre et la teneur en flavonoïdes est plus élevée dans le thé aromatisé à l'armoise suivie par celui qui est aromatisé au gingembre.

Afin de valoriser cette plante, l'activité antioxydante par les tests des DPPH est un des tests préliminaires qui donne une idée sur le potentiel antioxydant du Thé vert. Les données confirment que l'activité anti-radicalaire DPPH la plus puissante est celle enregistrée chez le thé vert pur non aromatisé. Ainsi, le thé vert donne le meilleur taux de piégeage de radical DPPH. L'extrait de thé vert a montré l'activité anti-radicalaire (DPPH) la plus élevée avec un pourcentage de 37.15% suivie par le thé à l'étoile d'anis avec un pourcentage de 35.20 %.

Le mélange de thé et épices étudié montre une faible activité antioxydante ce qui laisse penser qu'il y a des interactions moléculaires, peut-être antagonistes, entre les différents métabolites des épices constitutives du mélange.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, il semble que les extraits de thés verts *Camellia sinensis* aromatisés et les antibiotiques inhibent la croissance des souches de Gram négatifs telles que *Escherichia coli*. Cette bactérie est extrêmement sensible vis-à-vis de l'extrait de thé vert pur. L'extrait qui présente la plus haute activité ou efficacité est le thé vert non aromatisé et la plus basse activité est celui du thé vert à la menthe. Cependant les bactéries à Gram positif *Enterococcus Faecalis* et *Staphylococcus aureus* sont extrêmement sensibles vis-à-vis de l'extrait de thé vert à l'anis.

L'activité antibactérienne des trois antibiotiques est plus élevée vis-à-vis d'*Escherichia coli* pour la Novobiocine, suivi par *Enterococcus Faecalis* pour la Novobiocine et la Ciprofloxacine et par *Staphylococcus aureus* pour la Ciprofloxacine.

A travers les données recueillies il semblerait que l'activité antioxydante du thé vert est plus élevée que chez le thé blanc, noir et rouge mais les extraits des thés verts et blancs ont le contenu phénolique total le plus élevé par rapport aux thés noirs et Rouges.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, il semblerait que les extraits des quatre thés à différentes concentrations ont inhibé la croissance des bactéries testées.

Le thé blanc a la plus forte concentration minimale inhibitrice CMI sur *Staphylococcus saprophyticus*, *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis* et *Serratia marcescens* et le thé rouge a la plus faible concentration minimale bactéricide CMB et inhibitrice CMI contre *Staphylococcus saprophyticus*, et *Enterococcus faecalis*

Au terme de travail il semble que le Thé vert *Camellia sinensis* pur et aromatisé est un agent antioxydant naturel prometteur et non toxique, ayant un large spectre de fonctions biologiques et devrait trouver une application en tant que remède, indiqué notamment contre les désordres inflammatoires, et les pathologies causées par le stress oxydatif.

Résumé

Résumé

Résumé

Les produits d'origine végétale en particulier le Thé en tant que sources importantes de composés antioxydants et antimicrobiens jouent un rôle majeur dans la réduction des agents pathogènes alimentaire.

L'objectif de cette investigation bibliographique est d'évaluer les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes des extraits préparés de feuilles de thé vert *Camellia sinensis* vis-à-vis des arômes et vis-à-vis des autres types de thés consommés.

Les résultats montrent que la teneur en polyphénols totaux est plus élevée dans le thé aromatisé à la menthe suivie par le thé aromatisé au gingembre. Cependant, les teneurs en flavonoïdes sont plus importantes chez le thé aromatisé à l'armoise suivie par le thé au gingembre et l'activité anti-radicalaire DPPH la plus puissante est celle enregistrée chez le thé vert pur. De même l'activité antibactérienne des extraits de thé vert aromatisé a démontré que la bactérie à Gram négatif *Escherichia coli* est extrêmement sensible vis-à-vis de l'extrait de thé vert pur.

Les résultats révèlent également que le thé vert et les extraits de thé blanc ont le contenu phénolique total le plus élevé par rapport aux thés noirs et rouges. L'activité antioxydante du thé vert est plus élevée que le thé blanc, noir et rouge. De même les activités antimicrobiennes ont démontré que les extraits à différentes concentrations de thés vert, blanc, rouge et noir ont inhibé la croissance des bactéries testées. La plus forte concentration minimale inhibitrice CMI est révélée chez le thé blanc sur *Staphylococcus saprophyticus*, *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis* et *Serratia marcescens*

Abstract

Plant products, particularly tea, as important sources of antioxidant and antimicrobial compounds play a major role in reducing foodpathogens.

The objective of this literature review is to evaluate the antioxidant and antimicrobial properties of prepared *Camellia sinensis* green tea leaf extracts with respect to flavours and other types of tea consumed

The results show that the total polyphenols content is higher in mint-flavoured tea followed by ginger flavoured tea. However, flavonoid levels are highest in mugwort flavoured tea followed by ginger tea and the most potent anti-radical DPPH activity is found in pure green tea. Similarly, the antibacterial activity of flavoured green tea extracts has shown that the Gram-negative bacterium *Escherichia coli*s extremely sensitive to pure green tea extract.

The results also show that green tea and white tea extracts have the highest total phenolic content compared to black and red teas. The antioxidant activity of green tea is higher than white, black and red tea. Similarly, the antimicrobial activities showed that extract at different concentrations of green, white, red and black teas inhibited the growth of the bacteria tested. The highest minimum inhibitory concentration (MIC) was found for white tea on *Staphylococcus saprophyticus*, *Acinetobacter baumannii*, *Proteus mirabilis* and *Serratia marcescens*.

Keywords: Green tea, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antibacterial activity

الملخص

المنتجات النباتية وخاصة الشاي كمصادر هامة للمركبات المضادة للأكسدة والميكروبات تلعب دورا رئيسيا في الحد من مسببات الأمراض الغذائية.

الهدف من هذا البحث الببليوغرافي هو تقييم خصائص المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات للمستخلصات المحضرة من أوراق الشاي الأخضر كاميليا سينينسيس مقابل النكهات و مقابل أنواع الشاي الأخرى المستهلكة .

أظهرت النتائج أن محتوى البوليفينول الكلي أعلى في الشاي بنكهة النعناع يليه الشاي بنكهة الزنجبيل. ومع ذلك، فإن محتويات الفلافونويد أعلى في الشاي بنكهة migwort تليها شاي الزنجبيل و أقوى نشاط مضاد ل DPPH هو ذلك المسجل في الشاي الأخضر النقي. وبالمثل، أظهر النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلص الشاي الأخضر المنكه أن البكتيريا سالبة غرام القولونية حساسة للغاية لمستخلص الشاي الأخضر النقي.

وأظهرت النتائج أيضا أن مستخلصات الشاي الأخضر و الشاي الأبيض تحتوي على أعلى محتوى الفينول الكلي مقارنة بالشاي الأسود والأحمر. وقد ثبت أن الأنشطة المضادة للأكسدة من الشاي الأخضر هو أعلى من الشاي الأبيض والأسود والأحمر. وبالمثل، فقد ثبت أن الأنشطة المضادة للميكروبات تحتوي على مستخلصات بتركيزات مختلفة من الشاي الأخضر والأبيض والأحمر والأسود التي أعاققت نمو البكتيريا التي تم اختبارها. يتم الكشف عن أعلى تركيز مثبط الحد الأدنى CMI في الشاي الأبيض على المكورات العنقودية: *Staphylococcus saprophyticus*

. *Serratia marcescens*, *Proteus mirabilis*, *Acinetobacter baumannii*,

الكلمات المفتاحية: الشاي الأخضر، البوليفينول، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا.

Références bibliographiques



BIBLIOGRAPHIE

Afonso, V, CHampy, R., Mitrovic., D., Collin, P. & Lomri, A. (2007). Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases : rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du rhumatisme*, **74(7)** :.636-643.

Schwarz A., & Schweppe R., (2006). Elixir de vie pour le corps et l'esprit. Edition Vigot, Paris. France. 74p.

Atamna M., & Douara K., (2018). Etude de l'activité anti-oxydante et antibactérienne de thé vert aromatisé. Master biotechnologie alimentaire. Université mentouri Constantine1. 69p.

Ayoola G.A., Ipav.s. Solidia M.O., Adepoju-Bello A.A., Coker H.A.B., & Odugbemi T.O. (2008), Pytochemical screening and free radical scavenging activités of the fruits and leaves of *Allanblackia floribunda* oliv (Guttiferae). *International journal of health research*, **1(2)** 81-93

Balentine D.A., Wiseman S.A., & Bouwens L.C.M., (2000). Chimie des flavonoïdes du thé, *Cah.Nutr.Diet.*, **35(1)**: 113-121.

Banerjee B, & Chaudhuri T.C. (2005), Therapeutic Effects of Tea. Science Publisher,206 p.

Barcirova M., (2010). Comparison of the antioxidant capacity and the antimicrobial activity of black and green tea. *Food Research International*, **43(5)**: 1379-82.

Fakheri B.A, Bagheri S., & Nezhad N. M., (2007). Comparaison antimicrobienne et antioxydante des activités de quatre différents extraits de thé. *Plant breedibg and Biotechnologie*, Université zibol, Iran 50p.

Beaudeau J-L, & Durand G., (2011). Biochimie médicale-Marqueurs actuels et perspectives (2 ed.) ; Médecine sciences publication /Lavoisier,201p.

Blois M.S., (1958). Antioxydant déterminations by the use of stable free radical. *Nature*, **5** : 1199-1200.

Bousmane N.H., (2020). Rappel sur le métabolisme secondaire, Mastère, Biotechnologie Végétale, 75 p.

Bruneton, J., (1993). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Technique et Documentation Lavoisier .915p.

Bruneton J., (1999). Pharmacognosie. Phytochimie : plantes médicinales .3^e édition, paris 1079p.

Chassagne N., (2005). Le thé : Historique, composition et nouvelles perspectives thérapeutiques, Thèse en Pharmacie. Clermont, 140p.

Coves S., (2000). Le thé de la feuille a la tasse-Cahiers de nutrition et diététique, 35(9) 91p.

Dabelstein W, Reglitzky A, Schutze A, & Reders K., (2007).Automotive fuelsullmann's *Encyclopedia of industrial Chemistry*. 71 (2): 62-76

Delmas, F.X. & Minet, M. (2007). Le guide de dégustation de l'amateur de thé .Les éditions du chéne. Paris, 239p.

Dewick P.M. Medicinal Natural products : A biosynthetic approach .England .

Ebrahimzadeh M.A., Pourmorad F., & Hafezi S., (2008). Antioxidant activities of Iranian Corn Silk. *Turkish Journal of biology.*, **32** :43-9.

Hansw K., (2007).1000plantes aromatiques et médicinales.Naumann and Gobel Verlagsgsellschaftmbh.73p

Ertas A., Boga M., Hasimi N., Yesil Y., Goren A.C., Topcu G., & Kolak U., (2014) .Antioxidant and, anticholinesterase, antimicrobial and fatty acid constituents of Achillea Cappadocica. *Turkish Journal of chemistry*, **38**: 592-599.

Faucher J.L., & Avril J.L., (2002). Bactériologie générale et médicale. Tome1, Ed, Ellipses, paris.

Favier A. (2003).Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* ; 108-115.

Ghedadba N., (2020). Métabolisme secondaire chez les végétaux, Licence, Biotechnologie et génomique végétale, Université Batna 2 ,37p.

Ghimeray A.K., Jin C., Ghimire B.K., & Cho D.H., (2009). Antioxidant activity and quantitative estimation of azadirachtin and nimbin in *Azadirachta indica* A. Juss grown in foothills of Nepal. *African. Journal of Biotechnology*, **8**: 3084–3091.

Gruenwalid J., Brendler., & Jaenicke C.. (2007). PDR for herbal médecine, Fourth Edition, Muntavale : Edition Thomson.414-422p.

Guinoiseau E., (2010).Molécules, antibactérienne issues d'huiles essentielles : Séparation, identification et mode d'action .TH2SE DE DOCTORAT, Univ.Corse ; Option : Biochimie-Biologie moléculaire ; France.

Henning S M., & Fajardo-Lira C. (2003). Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with the antioxidant capacity. *Nutrition of Cancer* ; **45(2)** :226-35.

Jennifer T., (2013) .Green Tea: A Potential Alternative Anti-Infectious Agent Catechins and Viral Infections, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, USA ., Vol.3, No.4, 198-202

Kaur H.P., Kaur S., & Rana S., (2015). Antibacterial Activity and Phytochemical Profile of Green Tea, Black Tea and Divya Peya Herbal Tea. *Int J Pure App Biosci.* **3 (3)**: 117-23.

Kenna D. J., Jones K., Hughes K., Humphrey S., (2002). The Desk Reference for Major Herbal Suppléments. Botanical Medicines. 2e édition: The Haworth Herbal Press®. p. 597-656.

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

Krieps M. (2009). Le thé : origine, actualité et potentialités –Thèse d'exercice : pharmacie, Nancy, 213p.

Kumar V.P, Chauhan N.S, & Rajani H.P.M. (2006). Search for antibacterial and antifungal agents from selected Indian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacologie*, 107:182-1888

Kuzuhara T., Suganuma M., & Fujiki H., (2008). Green teacatechin as a chemical chaperone in cancer prevention. *Cancer letters*, **260**: 2008, 12-20.

Magder S. (2006). Réactive oxygen species : Toxic molécules or spark of life, *Crit care*, **10**: 208-216.

Montseren J., (1999). Guide de l'amateur de thé . Paris, Solar,287P.

Moriere M.R, Ponce A.G, & Roura S.I., (2005). Inhibitory parameters of essential oils to reduce a Food born pathogen. *LWT Food sciences Technology* : **38 (5)** :565-70.

Mossion A., (2007). Etude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et de leurs caractéristiques organoleptiques : Influence des paramètres physico –chimiques de l'eau ,213p.

Nacer A., & Bouras. S., (2014).Thé vert, catéchines et santé. Projet de fin d'étude. Université Kasdi Merbah d'Ouerguela.

Namita P, Mukesh R. , & Vijay.K. J., (2012). *Camellia Sinensis (Green Tea): A Review* .*Global Journal of Pharmacology*, **6 (2)**: 52-59.

Nitta T, Arai T, Takamastu H, Inatomi Y, Murata H, Linuma M, Tanaka T, Ito T, Asai F, Ibrahim I, Nakanishi T., & Watab K., (2002). Antibacterial activity of extracts prepared from tropical and subtropical plants on methicillin resistance Staphylococcus aureus .*Journal of health sciences*, **48**: 273-276.

Omar M., & Atrooz 1., (2013). Les effets de la *Cuminum cyminum* L. et *Carum carvi* L. Semence Extraits des droits de l'hémolyse des érythrocytes. Département des sciencesBiologiques. Université Mut'ah, Jordanie. 235P.

Pei-gen Xiao, & Zhen-yu Li., (2002). Tea Bioactivity and Therapeutic Potential. *CRC Press*. 17-34.

Rajesh K., Samy A. H. M. V., Inamdar S.S., Joshi V., & Kurnool A. N. (2013). Hepatoprotective and antioxidant activity of ethanol extracts of mantha arvensis leaves against carbont tetrachloride induced hepactic damage in rats *.International Journal of pharm, Tech Research, 5(2) : 426-430.*

.Ross I. A., (2005). Médicinal plants of the world, x Chemical Constituants, Traditionnel and Modern Médicinal Volume3 :Uses .Totowa, New Jersey : Editions Humana press ,105p.

Sanchez-Alonso I., Jimenez-Escrig A., Saura-Calixto F., & Borderias A.(2007), J. FoodChem , 101 :372-378.

Sarni- Machado, P., & Cheynir, V., (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier, ed Tec & doc.

She L., Krzyzanowska M., & Fecka T., (2010). Polyphenolic and essential oil composition of *Mentha* and their antimicrobial effect. **12:** 106-108.

Singleton V.L., & Rossis J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents *.American Journal of Enology and Viticulture, 16:*144-158.

Spichiger R. E., Savolainen V., Figeat M., & Mond J., (2002) .Botanique systématique des plantes à fleurs : Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. 2e édition, Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires romandes 296-297 p.

Su X ., Duan J., Jiang Y ., Duan X., & Chen F.,(2007).Polyphénols profile and antioxidant activity of brewed oblong Tea at. différent Conditions *.Int.J. MIL.Sci.V., 1196-1205.*

Sweetman S.C., (2002). Martindale the Complete Drug reference.Thirty- third Edition, LONDON –Chicago / *Pharmaceutical press*, 1681p

Vasantha V.S., & Chen,S.M., (2006).. Electrocatalysis and simultanées détection of dopamine and ascorib acid using poly (3,4 – ethylenedioxy) thiophène modifie électrodes, *Journal of Electronanalytical Chemistry, 77:* 592.

Wichetl M., & Anton R., (2003). Planes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, Science et thérapeutique. 4^e édition allemande, 2^e 2Dition française, pari : Edition TEC&DOC, Cachan : *Editions médicales internationales*, 550p.

Sites internet consultés

Définition thé vert – Humain Thé <http://www.humanithe.fr › 3871-wiki---définition-the-vert>. (2/5/2021).

Camellia sinensis. <https://boowiki.info › art › théacées › camellia-sinensis>.(10/5/2021).

Histoire du Thé Vert | Dr. Schweikart – Thevert. <https://www.thevert.com>.(10/5/2021).

Effets secondaires du thé vert | Dr. Schweikart. <https://www.thevert.com › effets-secondaires> (4/6/2021).

Effet secondaires du thé vert à connaître (et ses bienfaits) <https://the-parfait.fr › effets-secondaires-the-vert> (4/6/2021).

11 effets secondaires du thé vert à connaître (et ses bienfaits) (<https://the-parfait.fr › effets-secondaires-the-vert>) (13/06/2021).

<http://www.confrieduthe.org/wp-content/uploads/2010/11/Camellia-Sinensis.jpg> (6/4/2021).

http://french.xinhuanet.com/photo/2019-05/14/138053761_15577085886501n.jpg (10/4/2021).

http://chathe.fr/grafs/Usine_a_the_CTC.jpg (19/4/2021).

Année: universitaire 2020-2021	Présenté par : ALI HALASSA Imene ALIOUA Soumia	
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master		
Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale		
<i>Thème : Investigation sur une étude photochimique et biologique chez <i>Camellia sinensis</i></i>		
<i>Résumé</i>		
<p>Les produits d'origine végétale en particulier le Thé en tant que sources importantes de composés antioxydants et antimicrobiens jouent un rôle majeur dans la réduction des agents pathogènes alimentaire.</p> <p>L'objectif de cette investigation bibliographique est d'évaluer les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes des extraits préparés de feuilles de thé vert <i>Camellia sinensis</i> vis-à-vis des arômes et vis-à-vis des autres types de thés consommés.</p> <p>Les résultats montrent que la teneur en polyphénols totaux est plus élevée dans le thé aromatisé à la menthe suivie par le thé aromatisé au gingembre. Cependant, les teneurs en flavonoïdes sont plus importantes chez le thé aromatisé à l'armoise suivie par le thé au gingembre et l'activité anti-radicalaire DPPH la plus puissante est celle enregistrée chez le thé vert pur. De même l'activité antibactérienne des extraits de thé vert aromatisé a démontré que la bactérie à Gram négatif <i>Escherichia coli</i> est extrêmement sensible vis-à-vis de l'extrait de thé vert pur.</p> <p>Les résultats révèlent également que le thé vert et les extraits de thé blanc ont le contenu phénolique total le plus élevé par rapport aux thés noirs et rouges. L'activité antioxydante du thé vert est plus élevée que le thé blanc, noir et rouge. De même les activités antimicrobiennes ont démontré que les extraits à différentes concentrations de thés vert, blanc, rouge et noir ont inhibé la croissance des bactéries testées. La plus forte concentration minimale inhibitrice CMI est révélée chez le thé blanc sur <i>Staphylococcus saprophyticus</i>, <i>Acinetobacter baumannii</i>, <i>Proteus mirabilis</i> et <i>Serratia marcescens</i></p>		
Mots clés : Thé vert, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antibactérienne.		
Jury d'évaluation:		
Président du jury :	HAMMOUDA Dounia	MCA Université Constantine 1
Rapporteur	: KARA Karima	MCA Université Constantine 1
Examineur	: DJAROUNI Aissa	MCB Université Constantine 1
Date de soutenance : 07/07/2021		