

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Physico- chimique
Spécialité Pharmaco toxicologie



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Activités biologique
de *Camélia sinensis*.

Présenté par :

IDIREN Lamia et KERNOUA Mouna

Devant le jury composé de :

M. AMIROUCHE A.
Mme ADRAR S.
M BOUDAM S.

MCB Président
MAA Encadreur
MAA Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions le DIEU, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail. Nous exprimons nos profonds remerciements à notre encadreur Melle ADRAR SABAH qui a proposé le thème de ce mémoire, et avoir accepté de diriger ce travail, pour son assistance et ses conseils pour assurer le succès de ce travail, pour ses efforts, sa disponibilité, son soutien et sa confiance

Nos vifs remerciements à Mme KENDI SALIMA Epse KARA responsable de spécialité pharmacotoxicologie pour son soutien à tous les moments et pour ses efforts ses conseils et surtout sa sagesse.

Nos sincères remerciements aux membres de jury d'avoir nous donner du temps afin d'examiner et d'évaluer ce modeste travail

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tout ce qui participe à la réalisation de ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

A ALLAH le tout puissant, le clément, le miséricorde
DIEU, pour m'avoir donné la chance la volonté et le
courage nécessaire pour mener ce travail à bout ; je
souhaite qu'il me montre d'autres jours meilleurs.

A mon père,ATHMENE pour m'avoir soutenu moralement jusqu'à ce
jour. Père, ce travail est le tien, il est le fruit de tes efforts.
Je prie le tout puissant qu'il t'accorde longue vie pour que
tu puisses voir concrétisation de tes espoirs.

A ma mère,NADIAvoici l'aboutissement de tes nombreuses nuits
de prières, de ta sagesse et ta générosité ; mère de tous les
enfants du monde si tes bonnes œuvres ont été jetées au
fond de l'océan, si les poissons ne te le reconnaissent pas, le
tout Puissant te le reconnaîtra ; chère mère, ce travail est
le tien.

A mon mariSAMIRpour sa patience et son soutien pendant tous mon
parcours universitaire et son encourage que ça soit dans
la vie professionnel ou la vie au quotidien grâce
a toi j'ai pu rédiger ce travail

A mes frères et mes sœurs qui ont été un soutien morale
généreux et précieux pendant toutes années d'études
SABRINA , SAID ,KAHINA ,MELAAZ ET BILLEL

A ma belle-famille qui croit en moi dans tous les sujets
et qui me donnent du courage et du sourire je le remercie
Infinimentpour leur amour

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Mon chère papa Hakim, qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études.

A Ma chère maman Bazizi titem .que je ne cesse de remercier pour tous ce qu'elle m'a donnés, pour ces sacrifices et sa sagesse.

A Mes deux frères Salim et Hanin a qui je souhaite tout le bonheur de monde et un excellent parcours dans leurs études

A ma sœur Imen aussi je le dit bon courage de tes études et que de bonheur dans ta vie.

A ma chère cousine Amrouche Hanane épouse Berkane que je considère comme une deuxième sœur je la remercie infiniment pour son aide moral et ses valeureux conseils soit dans ma vie soit dans mes études

A mes deux grand mère Saliha et Zineb

Et pour les deux familles Idiren et Bazizi pour leur soutien au cour de mon parcours.

A mes adorables amies Narimene, thiziri, Lynda, Sabrina Amel et mon binôme mouna

Listes de figures

- **Figure 01** : Rôle des métabolites secondaires
- **Figure 02** : Structure de base des terpènes
- **Figure03** : structure de base des composés phénoliques
- **Figure 04** : classification des métabolites secondaires
- **Figure 05** : camellia sinensis
- **Figure 06** : les deux espèces principales de thé vert
- **Figure 07**: différents types de thé vert
- **Figure 08**: les principales étapes de transformation des feuilles de théière après la récolte
- **Figure 09**: structure de base des flavonoïdes
- **Figure 10** : structure de la quercétine 3-glycoside
- **Figure 11** : structure de principaux composants d'antocyane
- **Figure 12** : quelques structures de composants aromatiques volatiles

Liste des tableaux

- **Tableau 1** : les structures des isomères de catéchine
- **Tableau 2** : comparaison des concentrations des isomères de catéchines présent dans les fleurs et de feuilles de thé en mg/g
- **Tableau 3**: les teneurs des principaux composants des flavonols de thé en mg/g
- **Tableau 4** : les différents composants d'antocyanes
- **Tableau 5** : les principales saponines et leurs teneurs en mg/g
- **Tableau 6** : quantité de vitamine B dans la feuille de thé. en microgramme /100g
- **Tableau 7**: les diverses méthodes utilisés pour déterminer l'activité anti-oxydante
- **Tableau 8** : quelques expérimentations qui montrent l'activité anti-inflammatoire de thé
- **Tableau 9** : quelques méthodes exhibent effet immunostimulant de *camellia S.*
- **Tableau 10** : certaines études expérimentales montrant l'activité anticancéreuses de *camellia sinensis*
- **Tableau 11** : quelques recherches qui exhibent l'effet hypolipidémiant de thé
- **Tableau 12** : études expérimentales qui montrent l'effet hypoglycémiant
- **Tableau 13** : des recherches qui montrent l'effet gastro-protecteur des fleurs de thé
- **Tableau 14** : expérience exhibe l'activité anti- obésité de thé vert
- **Tableau 15** : résumé de quelque études exhibent l'effet anti allergique de *camellia sinensis*

LA LISTE DES ABREVIATIONS

AF : florretheasaponine

AOS : Alléne oxyde synthase

Av. J.-C : avant Jésus-Christ

CD : cellules dendritiques

CI : concentration inhibitrice

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

Hep : tissus hépatique

IFN : interféron

KDa : kilo dalton

LPS : lipopolysaccharide

M ϕ : macrophage

MPa : million pascal

μ mol : micro mol

μ g : microgramme

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NF : facteur nucléaire

NK : natural killer

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OVCAR : human ovarian carcinoma cell line (cellules de cancer épithélial de l'ovaire

Phe : phénylalanine

Ppm : partie par million

RPR : récepteur reconnaissance de forme

SCLP : Serine carboxypeptidase

SFE : méthode d'extraction par fluide supercritique

TFP : Les polysaccharides de la fleur de thé

Th : AFlymphocyte t helpneur cellule auxiliaires

TNF : Facteur de nécrose tumorale

VIH : virus de l'immunodéficience humaine

SOMMAIRE

- Liste des abréviations
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Introduction

CHAPITRE I : Phytothérapie et métabolites secondaires des plantes médicinales

- I-1-Définition de la phytothérapie
- I-2-Types pratiques la de phytothérapie
 - I-2-1-Phytothérapie traditionnelle
 - I-2-2-Phytothérapie moderne
 - I-2-3 Une pratique de prophylaxie
- I-3-Le rôle d'un phytothérapeute
- I-4-Différents types de la phytothérapie
 - I-4-1-Aromathérapie
 - I-4-2-Gemmothérapie
 - I-4-3-Herboristerie
 - I-4-4-Homéopathie
 - I-4-5-Phytothérapie pharmaceutique.
- I-5-Différence entre la phytothérapie et l'homéopathie
- I-6-Avantages de la phytothérapie
- I-7-Risques liés à la phytothérapie
- I-8-Métabolites secondaires des plantes médicinales
- I-9-Plantes médicinales
 - I-9-1-Définition
 - I-9-2-Types de plantes médicinales
 - I-9-3-Différents modes d'utilisation de la plante
 - I-9-3-1-L'infusion
 - I-9-3-2-La décoction
 - I-9-3-3-La macération aqueuse
 - I-9-3-4-La fumigation
 - I-9-3-5-La teinture
 - I-9-3-6-Les extraits fluides

- I-9-3-7-Les extraits liquides ou solides
- I-9-3-8-Les huiles essentielles
- I-9-3-9-Les gélules
- I-9-3-10-Les poudres
- I-10-La récolte des plantes médicinales

CHAPITRE II : Généralités sur *Camellia sinensis*

- II-1-Historique
- II-2-Nomenclature et taxonomie
- II-3-Classification systématique
- II-4-Description botanique
- II-5-La différence entre les deux espèces d'arbre de théier
- II-6-Fabrication de thé
- II-7-Noms vernaculaires
- II-8-Habitats et conditions climatiques

CHAPITRE III : Composition biochimique du thé vert

- III-1-Polyphénols
- III-2-Caféine
- III-3-Anthocyanes
- III-4-Polysaccharides
- III-5-Protéines et acides aminés
- III-6-Saponines
- III-7-Composés aromatiques volatiles
- III-8-Dérives de spermidine
- III-9-Minéraux
- III-10-Vitamines
- III-11-Pigments
- III-12-Autres

CHAPITRE IV : Différentes études des activités biologiques de la plante.

- IV-1-Activité anti-oxydante
- IV-2- Activité anti-inflammatoire
- IV-3- Effet immuno-stimulant

- IV-4- Activité anti-tumorale ou anti-cancéreuse
- IV-5- Effet hypo-lipidémiant
- IV-6- Effet hypo-glycémiant
- IV-7- Effet gastro-protecteur
- IV-8- Effet anti-obésité
- IV-9- Effet anti-allergique
- IV-10- Toxicité
- Conclusion et perspectives
- Références bibliographiques

La phytothérapie est la médecine par les plantes. Selon l'OMS (organisation mondiale de la santé), la phytothérapie est considérée comme une médecine alternative.

Dans notre société, l'utilisation des plantes médicinales et des produits à base de plantes a haussé de façon très rapide. Néanmoins, leur exploitation se faisait de façon aléatoire, sans mettre l'accent sur le danger et le risque de celles-ci.

Le thé est la deuxième boisson la plus consommée après l'eau (Paiva et *al.*, 2020). Le terme thé est utilisé exclusivement pour les boissons caféinées non alcoolisées obtenues par le processus d'infusion du thé chinois. Par conséquent, les boissons chaudes obtenues à partir d'autres plantes sont simplement appelées, thé à bulles (Shang, et *al.*, 2021). Cependant, le thé est généralement préparé en utilisant la technique de trempage. *Camellia sinensis* aurait une plus grande activité anti-oxydante que les autres thés (Henning et *al.*, 2003).

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 fleurs et les feuilles de *Camellia sinensis* sont riches en composés bioactifs tels que, les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes et tanins), les alcaloïdes (méthylxanthine) et les nutriments (glucides, protéines et minéraux) (Sharma, et *al.*, 2021).

L'objectif de ce travail est purement bibliographique ; cela consiste en une étude théorique, qui englobe les activités biologiques de *Camellia sinensis*, basée sur des recherches expérimentales et articles scientifiques.

Cette étude est composée de quatre chapitres, qui sont riches en informations sur la plante, *Camellia sinensis*. Le premier chapitre traite des notions sur la phytothérapie et les métabolites secondaires des plantes médicinales. Le deuxième est consacré à des généralités sur la plante. Quant au troisième chapitre, il constitue une synthèse sur la composition biochimique du thé vert ; et le dernier illustre les activités biologiques de la plante.

I-1-Définition de la phytothérapie :

Le terme phytothérapie provient du grec phyton ("plante") et therapeia ("traitement"). Elle se définit, donc, comme l'utilisation des plantes pour soigner les maladies ; et il est important d'avoir bien en tête cette définition car, malheureusement, de nombreuses personnes confondent entre phytothérapie et homéopathie, qui sont deux approches très différentes de la thérapeutique. On peut dire que la phytothérapie joue un rôle fondamental dans la médecine économique (Wanzala et Walingo, 2019). Par conséquent, la phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits de plantes et les principes actifs naturels (Limonier, 2018).

I-2-Types pratiques de phytothérapie :**• I-2-1-Phytothérapie traditionnelle :**

C'est une pratique traditionnelle et parfois très ancienne, basée sur l'utilisation des plantes, selon des vertus découvertes par l'expérience. Selon l'organisation mondiale de la santé, cette phytothérapie est considérée comme médecine traditionnelle, et elle est encore largement utilisée dans certains pays, y compris, les pays en voie de développement. Elle constitue généralement une médecine conventionnelle, en raison du manque d'études cliniques (Pan et al., 2014).

• I-2-2-Phytothérapie moderne :

Elle représente une pratique fondée sur les avancées et la preuve scientifique de la recherche d'extraits actifs dans les plantes. Les extraits actifs mis en évidence sont standardisés. Cette méthode selon le cas, résulte de la fabrication d'un produit médicamenteux ou botanique ou phytomédicaments, et de leur circulation selon la réglementation en vigueur dans le pays soumis à une autorisation de mise sur le marché pour le produit fabriqué, et règlement sur l'administration des matières premières pharmaceutiques ; pour les préparations de superbes plantes médicinales uniquement disponibles en pharmacie. C'est ce qu'on appelle la pharmacognosie ou la pharmacobiologie (Atanasov et al., 2015).

• I-2-3-Une pratique de prophylaxie :

Elle est déjà utilisée dans l'antiquité. Nous sommes tous phytothérapeutes sans le savoir : c'est notamment le cas dans la cuisine, avec l'usage de la ciboulette, de l'ail, du thym, du gingembre ou simplement du thé vert.

Une alimentation équilibrée et contenant certains éléments actifs étant une phytothérapie prophylactique (**Mhamed et Sebai, 2019**) .

I-3-Le rôle d'un phytothérapeute :

Le médecin phytothérapeute confronté à un symptôme ne va pas se contenter de donner un médicament pour soulager ce symptôme (douleur à l'épaule ou au genou, par exemple). Il va essayer de déterminer la cause, la plus souvent, un organe qui fonctionne moins bien ; et à partir de là, indiquer un drainage des émonctoires, c'est-à-dire donner des plantes spécifiques du ou des organes à drainer.

I-4-Différents types de Phytothérapie :

I-4-1-Aromathérapie :

C'est une thérapie qui utilise les essences ou les extraits des plantes, ou les huiles essentielles(**Linck et al., 2010**) .Ce sont des substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes. Ces huiles sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau (par voie cutanée)(**Dhifi et al., 2016**) .

I-4-2-Gemmothérapie :

Elle est basée sur l'utilisation d'extraits alcooliques de tissus jeunes des végétaux, tels que les bourgeons et les radicules (**Dhifi et al., 2016**).

I-4-3-Herboristerie :

Elle correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruit, fleur). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations se présentent également sous forme plus moderne, de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale (**Dhifi et al., 2016**) .

I-4-4-Homéopathie :

Elle a recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive. Les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale (**Dhifi et al., 2016**) .

I-4-5-Phytothérapie pharmaceutique :

Elle utilise des produits d'origine végétale obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant (**Linck et al., 2010**) .Ces extraits sont dosés en quantités

suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils se retrouvent sous forme de sirops, de gouttes, de gélules et de lyophilisats (Dhifi *et al.*, 2016) .

I-5-La différence entre la phytothérapie et l'homéopathie :

Il est intéressant d'ailleurs de souligner certaines de ces différences :

- la phytothérapie existe depuis que le monde existe. Les hommes ont toujours utilisé les plantes pour s'alimenter dans un premier temps, et pour se soigner ensuite empiriquement. L'homéopathie a été mise en place il y a environ deux cents ans par Hahnemann.
- Par ailleurs, la phytothérapie de par sa définition fait appel uniquement au règne végétal. L'homéopathie utilise aussi bien le règne animal que minéral ou végétal.
- La phytothérapie se sert de posologies courantes, c'est-à-dire, de doses exprimées en centigrammes, en grammes. L'homéopathie utilise des doses infinitésimales, dites "homéopathiques" (Loudon, 2006)
- L'approche du malade par le phytothérapeute est classique, bien qu'accordant une place fondamentale au terrain (c'est à dire qu'il soigne un tout et non un symptôme isolé). L'homéopathie empreinte une approche du patient très différente.
- Enfin, si l'homéopathie a amené certaines réserves de l'académie de médecine dans son rapport sur les médecines douces, la phytothérapie et la diététique ont été considérées comme faisant partie, à part entière, sans discussion, et depuis toujours, de la thérapeutique (Dhifi *et al.*, 2016)

I-6-Les avantages de la phytothérapie :

- Elle existe depuis l'éternité et est facile à l'utiliser (Ekor, 2014) .
- Contrairement aux médicaments, pour lesquels des virus et des bactéries sont peu ou pas adaptés, à cause de leur résistance, le traitement à base de plantes revient au premier plan.
- La phytothérapie est fondée sur des remèdes naturels qui sont bien tolérés par l'organisme, généralement liée au traitement classique. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident (Chaudhury et Rafei, 2001)
- L'avantage essentiel de la phytothérapie est d'éviter les effets secondaires grâce aux faibles concentrations qu'elle fournit ; car la plus part des plantes médicinales consommées, ne provoquent que peu d'effets indésirables, car ses éléments ne sont ni dissociés ni épurés.
- Son usage est simple et est à domicile.

- L'effet recherché est pratiquement immédiat. A l'inverse de certaines croyances populaires, plusieurs plantes ont reflète une action rapide.
- Elle présente souvent une partie de la médecines économique (**Tsobou et al., 2016**)
- Elle sert à prévenir une panoplie de maladies.
- Elle connaît de nos jours une évolution exceptionnelle en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite (**Furman et al., 2019**)
- La phytothérapie offre des possibilités très complètes, que bien souvent la chimiothérapie conventionnelle ne peut pas égaler ; puisque l'on peut aussi bien rétablir les grands équilibres physiologiques (neuro-endocriniens, immunitaires). Elle agit sur les fonctions et donc, traite appareil par appareil (locomoteur, cardio-vasculaire, etc.). On outre, il est possible d'avoir une effet thérapeutique spécifique sur chacun des organes du corps, de façon précise et ciblée pour chaque plante utilisée. Mais le phytothérapeute veillera à soigner, considérer et à prendre en charge son patient de façon globale et personnalisée, à tous les stades de sa démarche clinique, en adaptant sa thérapeutique au fil des consultations aux besoins réels de son patient par le biais notamment de la préparation magistrale. (**Bahmani et al., 2017**)

I-7-Risques liés à la phytothérapie :

Les plantes ne sont pas toujours sans danger ; elles paraissent anodines mais peuvent se révéler toxiques ou mortelles pour l'organisme. Naturelles ou "bio" ne signifient pas qu'elles soient dénuées de toxicité (**Skalli et al., 2007**) .

Elles sont parfois à éviter en association avec d'autres médicaments, et peuvent être contre indiquées dans certains cas, comme les maladies chroniques (diabète, hypertension...) et certains états physiologiques (grossesse, enfants). L'administration de la plante à l'état brut, induit la consommation en plus des principes actifs, d'autres produits et ne permettant pas ainsi de connaître la dose exacte du principe actif ingéré, entraînant un risque de sous-dosage ou de surdosage (**Dathe et Schaefer, 2019**)

Beaucoup de plantes médicinales et de médicaments sont thérapeutiques à une certaine dose et toxiques à une autre. Tout dépend des compositions de ces plantes, c'est le cas particulier des produits végétaux riches en : saponosides, terpènes, alcaloïdes, ou autres substances phytochimiques (**Usman et al., 2022**)

Les faux savoirs traditionnels importés par des « guérisseurs », peuvent être à l'origine d'effets secondaires inattendus, suite à une utilisation incorrecte de la plante. Ceci par méconnaissance de la bonne préparation (infusion, décoction...) ou du mode d'usage (voie interne ou externe), ex : les feuilles du laurier rose sont utilisées par voie externe (pour soigner des troubles cutanés) ; cependant, elles sont toxiques par voie interne (**DeFilipps et Krupnick, 2018**)

I-8-Métabolites secondaires des plantes médicinales :

Le métabolisme cellulaire est l'ensemble des réactions biochimiques se produisant dans le cytoplasme ou dans les organites cellulaires. Ces réactions permettent le maintien de l'intégrité cellulaire (maintenance) et la multiplication cellulaire (croissance). (**Zhu et Thompson, 2019**)

Ainsi, les métabolites sont des produits intermédiaires du métabolisme, dont le terme est généralement limité à de petites molécules. Ils ont diverses fonctions, y compris l'énergie, la structure, la signalisation, un stimulant et des effets inhibiteurs sur les enzymes. Les réactions biochimiques de catabolisme et d'anabolisme qui ont lieu dans le protoplasme vivant des cellules végétales donnent lieu à deux sortes de métabolismes primaires et secondaires (**Zhu et Thompson, 2019**):

- **Les métabolites primaires :** ce sont des molécules indispensables à la vie. Elles sont classées en quatre catégories: glucides, lipides, protéines et acides nucléiques (**Zhu et Thompson, 2019**)
- **Les métabolites secondaires :**

Les molécules du métabolisme secondaire sont des molécules non constantes dans tout le règne végétal. Elles sont fabriquées uniquement si tous les mécanismes vitaux de la plante sont réalisés et permettent de caractériser des familles de végétaux (**Erb et Kliebenstein, 2020**). Le terme « métabolite secondaire », qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés phytochimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie des plantes. Telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques. Les métabolites secondaires (aussi appelés produits naturels) sont des molécules organiques

indirectement impliquées dans le développement ou la reproduction d'un organisme (Polinceusz, 2011).

Leur absence n'entraîne pas une mort immédiate, mais peut limiter la survie, la fécondité ou l'apparence d'un organisme. Cette absence peut aussi n'avoir aucun effet. Les métabolites secondaires ont essentiellement pour rôle d'accroître la compétitivité de l'organisme qui les biosynthétise : les métabolites secondaires lui procurent un avantage sur d'autres organismes (Alam et al., 2021). Par conséquent, ils sont doués des activités biologiques ci-dessous :

- les pigments isoprénoides et les parfums (isoprénoides volatiles) des plantes attirent les insectes pollinisateurs (essentiels pour la reproduction) ;
- Ils servent de moyens de défense contre des agressions d'origines biotiques et abiotiques ;
- Ils permettent la communication entre les plantes, micro-organismes ou animaux (hormones, phéromones, ...) (Alam et al., 2021).

Le rôle de ses métabolismes ont été bien expliqué dans la figure 1.

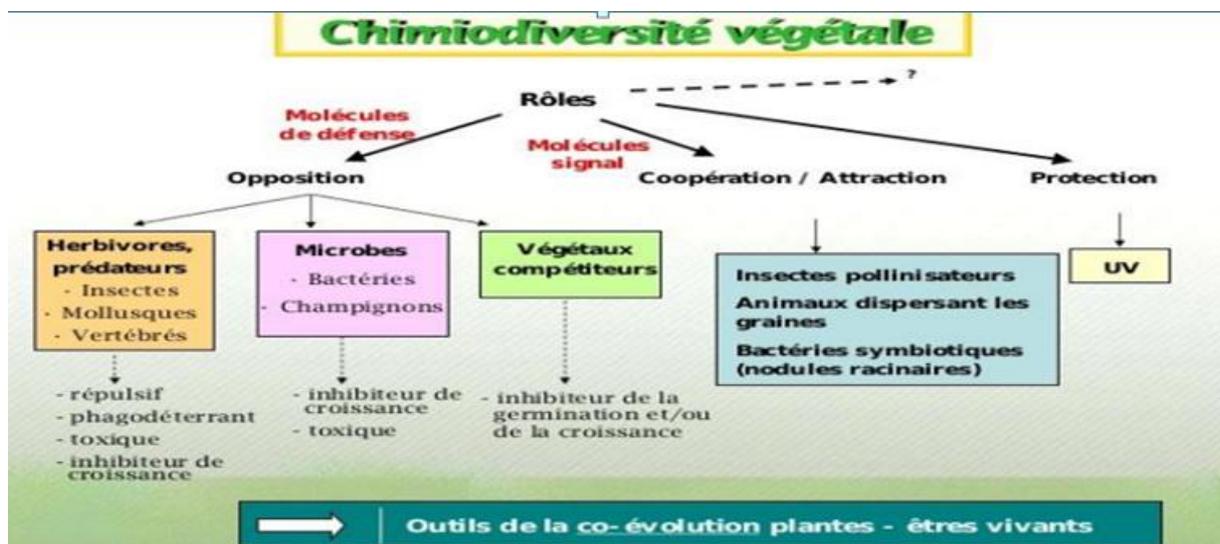


Figure 1 : Rôle des métabolismes secondaires (Bernard-Dagan, 1988)

I-8-1-Classification des métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires sont estimés à plusieurs centaines de milliers (200.000), de structure et de fonction très diverses. Il ressort de la classification la plus élémentaire des métabolites secondaires, trois groupes (figure04) (Krief, 2003) :

I-8-1-1-Les terpènes :

Ce sont des hydrocarbures avec de nombreux dérivés (alcools,aldéhydes,cétones, acides), de structure apparentée. Ils sont considérés comme étant des composés terpéniques(Lai Shi Min et al., 2022)

Dans la littérature, environ 30 000 terpènes sont répertoriés. Les composés dérivent d'une même molécule simple à 5 atomes de carbones, l'isoprène ou 2- méthyl-1,3-diène (C₅H₈). Il s'agit d'unités isopréniques (figure 02) (Mosquera et al., 2021)

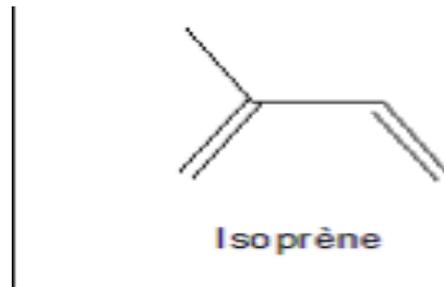


Figure 02 : Structure de base des terpènes(Perveen, 2018)

I-8-1-2-les composés phénoliques :

Ils sont définis comme ayant tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (figure 03) (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

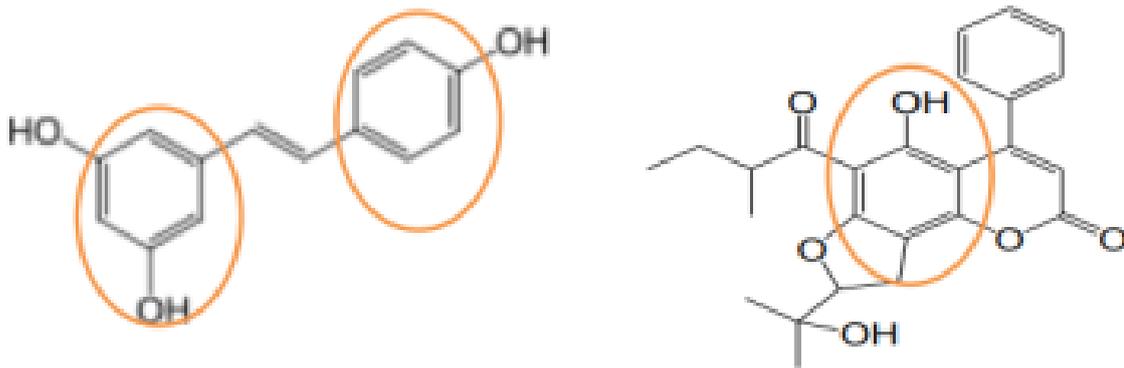


Figure03 : structure de base des composés phénoliques (H. Al Mamari, 2022)

Les alcaloïdes :

- Les alcaloïdes sont des molécules à bases azotées, le plus souvent hétérocycliques. Sont extraits de plantes et qui sont utilisés dans de nombreux cas et pour diverses raisons : antipaludéen, substances paralysantes, poisons ou encore en

tant que stupéfiants. On peut citer certains alcaloïdes telle que la morphine la cocaïne et même la caféine. (Jacques ; 2011).

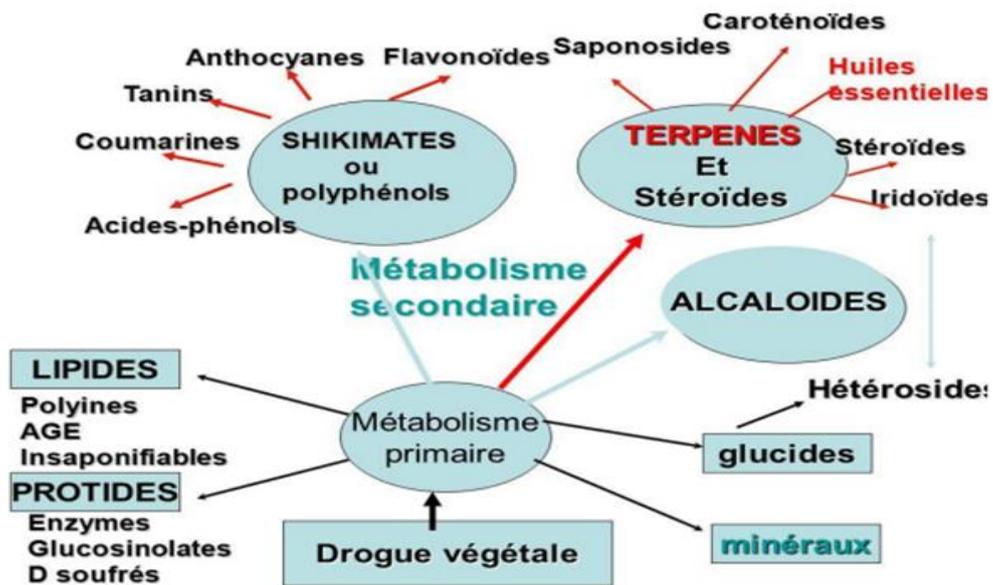


Figure 04: classifications des métabolites secondaires(H. Al Mamari, 2022)

I-9-Plantes médicinales :

I-9-1-Définition :

D'après la X^{ème} édition de la pharmacopée française, les plantes médicinales "sont des drogues végétales au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses".(Mosquera et al., 2021)

Une plante médicinale n'a pas de définition légale. C'est la jurisprudence qui décrète qu'une plante est médicinale. Pour cela, elle doit être inscrite dans la pharmacopée et avoir un usage exclusivement médicinal(Mosquera et al., 2021)

Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques. En d'autres termes, une plante médicinale est une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce, possède des vertus curatives lorsqu'il est utilisé à un certain dosage et d'une manière précise. Au Moyen Âge, on parlait de "simples" (Lehmann, 2013) .

Dans le Code de la Santé Publique, il n'existe pas de définition légale d'une plante médicinale au sens juridique(**Lehmann, 2013**)

Il s'agit d'une plante, non mentionnée en tant que médicinale, qui est en vente libre par les pharmaciens. Pourtant en France, une définition officielle en est donnée par la jurisprudence :

"une plante est dite médicinale lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et que son usage est exclusivement médicinal, c'est-à-dire que les plantes sont présentées pour leurs propriétés préventives ou curatives à l'égard des maladies humaines ou animales. Dans le seul cas où ces deux conditions sont réunies, alors la plante appartient à l'usage pharmaceutique. Elles sont considérées comme des médicaments et leur vente est exclusivement réservée aux pharmaciens". Il existe pourtant une exception pour 148 d'entre elles qui sont, par dérogation, en vente libre (**Lehmann, 2013**) .

On peut distinguer deux types de plantes médicinales :

- En premier lieu, se trouve **l'allopathie**, dans laquelle les plantes ont une action importante et immédiate. Beaucoup des plantes utilisées dans ce mode de traitement peuvent s'avérer toxiques. En effet, deux tiers des médicaments sur le marché sont d'origine naturelle, principalement végétale(**Sofowora et al., 2013**) .
- Puis, on différencie les plantes dépourvues d'effet iatrogène mais ayant une faible activité. Elles sont utilisées en l'état ou dans des fractions réalisant le totum de la plante, soit la totalité des constituants (**Lehmann, 2013**) .La plante, organisme vivant, marque son identité par des spécificités morphologiques, à l'origine de la classification botanique, mais aussi biochimiques, liées à des voies de biosynthèses inédites, représentant l'intérêt de l'usage des plantes médicinales (**D'Amelia et al., 2021**).Les plantes médicinales appartiennent à la pharmacopée française qui les répertorie dans ses différentes éditions, et dont la liste, révisée en 2000, est publiée dans la X^{ème} édition, édition officielle ; elle reprend les plantes de l'ancienne liste rédigée en 1979 et déjà publiée dans l'IX^{ème} édition en janvier 1993(**Atkinson et al., 2010**)

I-9-2-Différents modes d'utilisation des plantes :

Les modes d'utilisation des plantes sont divers, selon qu'elles sont prescrites : par voie interne (absorption orale, gargarisme, bains de bouche), ou externe (cataplasme, lotion, gargarisme, bain de bouche, bain, injection cavités naturelles, fumigation).

Le mode de préparation d'un produit phytothérapeutique peut avoir un effet sur la quantité du principe actif présent. Pour produire une préparation, il existe plusieurs méthodes, en fonction de l'effet thérapeutique recherché (**Chang, 2001**).

Les principes d'extraction des éléments actifs les plus fréquemment employés sont :

I-9-3-1-L'infusion :

Elle utilise l'eau, laquelle solubilise les sels minéraux, pectines, mucilages et alcaloïdes à l'état de sels. L'eau chaude solubilise partiellement les huiles essentielles. Elle permet l'extraction des principes actifs par mise en contact avec de l'eau chaude portée à ébullition de plantes sèches ou fraîches, puis refroidissement spontané. Les plantes plus ligneuses nécessitent un temps d'infusion prolongé(**Perveen, 2018**)

Le thé est probablement l'une des formes d'infusion les plus connues. On peut laisser reposer l'infusion sous un couvercle pendant quelques minutes à plusieurs heures, selon la plante qu'on emploie et la force que l'on désire obtenir (**Chang et al., 2020**) .

I-9-3-2-La décoction :

Elle consiste à faire bouillir l'eau contenant la quantité préconisée de plante, à maintenir l'ébullition pendant quelques minutes selon indication et à laisser infuser 10 à 60 minutes (**Grancher, 2010**) ; elle s'applique aux écorces, racines, tiges et fruits. La décoction peut être conservée pendant trois jours au réfrigérateur (**Chaachouay et al., 2021**)

I-9-3-3-La macération aqueuse :

On maintient la plante médicinale fragmentée dans l'eau froide, au frais, pendant 12 à 24 heures, on remue de temps en temps, on filtre. La préparation est à consommer dans les 6 heures (**Chang et al., 2020**)

I-9-3-4-La fumigation :

C'est l'utilisation des vapeurs ou fumées de l'ébullition des plantes ou de leur combustion(**Lin et al., 2008**)

I-9-3-5-La teinture:

Le principe de la teinture consiste à capter les principes actifs de la plante en la faisant macérer, généralement dans de l'alcool. Les plantes sont donc mises dans de l'alcool à 60 degrés ou dans un mélange d'alcool et d'eau, pendant plusieurs semaines (entre deux et cinq).

Le produit obtenu est ce que l'on appelle la teinture-mère. Il vaut mieux mettre des plantes sèches à macérer, car certaines plantes fraîches peuvent être toxiques (**Chang et al., 2020**). Les plantes ont été placées dans un bocal en verre ; l'alcool (ou le mélange alcool-eau) est versé dessus. Dans un endroit frais, le bocal est fermé et conservé pendant quelques semaines, en secouant le pot de temps en temps. Ensuite, le mélange est filtré et versé dans une carafe avant de mettre le liquide obtenu dans de petites bouteilles étiquetées.

Si la teinture a plus de trois ans, il faut la refilerer (**Chang et al., 2020**). Les teintures présentent essentiellement deux avantages : elles peuvent se conserver pendant trois ans, et les principes actifs qu'elles contiennent sont rapidement absorbés par l'organisme (**D'Amelia et al., 2021**)

I-9-3-6-Les extraits fluides :

Ils sont classiques ou glycinés et sont obtenus par extraction des principes actifs dans des mélanges successifs aux concentrations d'alcool croissantes, puis ils sont remis ou pas dans une solution neutre glycinée (**Rahman et al., 2022**)

I-9-3-7-Extraits (liquides et solides) :

Bien que les extraits soient semblables aux teintures, ils sont plus concentrés parce que l'alcool (ou l'autre solvant) est enlevé par distillation ; une opération qui peut se faire à chaud ou à froid. Les extraits liquides ont été distillés jusqu'à ce que la plus grande partie de l'alcool ait disparu. Les extraits solides ont été distillés jusqu'à ce que tous les liquides aient disparu (**Chang, 2001**)

.

I-9-3-8-Les huiles essentielles :

Elles sont obtenues par distillation d'une plante dans de l'eau ou par entraînement à la vapeur d'eau. Elles contiennent une concentration très élevée de principe actif comparé à la plante fraîche mais ne contiennent pas le totum de la plante. Les hydrolats sont des sous-produits de la distillation d'une plante dans de l'eau lors de la production des huiles essentielles (**Bousbia, 2011**)

I-9-3-10-La gélule :

Elle constitue une forme récente de prise d'un traitement phytothérapique avec des enveloppes 100% végétales. Elle permet une haute concentration de produits actifs avec des poudres micronisées ou des nébulisas.

La quantité de plante dans une gélule est limitée à 500/750 mg de plante séchée, ce qui peut nécessiter la prise d'un nombre important de gélules (**Bousbia, 2011**)

I-9-3-11-Les poudres :

Elles sont obtenues par séchage et broyage. La plante entière se conserve très bien après dessiccation, car la cellule végétale est adaptée à la carence en eau. Le broyage quant à lui est susceptible d'altérer la stabilité des principes actifs dans le temps. La qualité du broyage est un élément important pour avoir une bonne poudre, la plus fine possible (broyage par marteau, ciseau, disque). Les poudres se retrouvent ensuite sous forme de gélules ou de pilules (**Bousbia, 2011**)

I-10-La récolte des plantes médicinales :

Concernant la récolte, plusieurs éléments interviennent : l'âge de la plante, l'époque de l'année et les parties de la plante à récolter. Il y a en effet, quelques règles à suivre si vous voulez obtenir les principes actifs de la plante récoltée. Quelle que soit la partie des plantes que vous cueillez, et quelle que soit la saison, le meilleur moment pour procéder à la récolte est le matin.

Les chercheurs ont attendus que la rosée soit évaporée, pour dépêcher avant que le soleil ne commence à darder ses rayons : c'est le moment idéal. Selon les plantes, la récolte se fait dans différentes parties : les racines, les feuilles, les fleurs, l'écorce... En outre, la teneur en principes actifs n'est pas la même selon les parties utilisées. Les fleurs ou les feuilles d'une même plante peuvent être utilisées pour soigner deux maladies différentes (**Rahman et al., 2022**)

II-1-Historique :

Selon la légende chinoise, en 2737 av. J.-C., des feuilles tombaient de l'arbre où se reposait l'empereur Shennong et se mélangeaient à l'eau qu'il faisait bouillir pour étancher sa soif(Ogle, 2009).À partir de la dynastie Tang (618 - 907), les gens ont commencé à utiliser le thé, d'abord sous forme de briques compressées, torréfiées puis broyées en poudre, qui était ensuite mélangée à de l'eau bouillante, et éventuellement du sel ou des épices. Pendant la dynastie Song (960 - 1279), le thé dit "battu" était ajouté à l'eau bouillante sous forme de poudre et consommé. C'est sous la dynastie Ming (1368 – 1644) que le thé commence à être bu sous sa forme actuelle, dans laquelle des feuilles de thé sont infusées. Dès le 10^{ème} siècle, la Chine a commencé à exporter des produits à base de thé vers les pays voisins puis vers l'Europe. En 1606, la compagnie des Indes orientales apporta pour la première fois du thé aux Pays-Bas. La France, puis l'Angleterre en 1653 découvrirent à leur tour le thé(Chang et al., 2020)

II-2-Nomenclature et taxonomie :

D'après Georg Joseph Kamel, (1661-1706), un jésuite tchèque et célèbre botaniste, le nom *sinensis* latin moyen signifie chinois et *Camélia* dérive de Sévérend. C'est Carlo Linné qui a attribué le nom de cette plante à Kamel pour honorer sa contribution 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 du thé vert)(Wachira, 2001).

II-3-Classification systématique :

La classification selon Cronquist établie en 1981 est la suivante(Mahmood et al.,2012) :

- **Règne** : Plantae
- **Embranchement** : Spermatophytes
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones ou Magnoliopsidae
- **Ordre** : Théales
- **Famille** : Theaceae
- **Genre** : *Camélia*
- **Espèce** : *Camélia sinensis*



Figure 05 : *Camélia sinensis*(Nootash et al., 2013)

II-4-Description botanique :

Camélia sinensis est un arbuste à fleurs persistantes, appartenant à la famille des théacées (Fillon,2014). Il existe deux variétés (espèces) principales, la variété *sinensis* (de chine), utilisée plus particulièrement pour la production du thé vert avec de petites feuilles et vert olive et la variété *assamica* (d'Assam), utilisée pour le thé noir à la pousse large, claire et charnue(Gaboury,2014). A l'état naturel, le théier est un petit arbre très rameux, de 5 à 10 mètres de haut et pouvant atteindre 15 mètres. Il est maintenu à une taille d'environ 1,5 mètres afin de faciliter la cueillette de ses feuilles (Fillon, 2014).

Il possède un système racinaire pivotant et une durée de vie moyenne de 50ans (Fillon, 2014). Ses feuilles persistantes sont isolées, alternes et d'une couleur vert foncé brillante. Leur taille est de 5 à 14 cm de longueur sur 1,9 à 5 cm de largeur (Wachira, 2001). Les fleurs du théier sont petites, blanches à jaune claire, solitaires ou groupées (Samy, 2000). Le fruit est une capsule loculicide. Les graines sont assez peu nombreuses, souvent aplaties ou aillées (Namita et al., 2012).(figure05)



A

B

Figure 06 : les deux principales espèces du thé vert.(Dieusait, 2018)

A : *Caméliasinensis* espèce *sinensis* B : *Caméliasinensis* espèce *assamica*.

❖ **La différence entre les deux espèces :**

• **L'espèce *Camélia sinensis* :**

Elle est également connue sous le nom de « thé de chine », qui est relativement résistant au froid et 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 (Lee, 2009) . Cette espèce a une stature plus petite (6 m au maximum à l'état sauvage), et des feuilles délicates et extrêmement riches en nutriments. (figure 06)

- **L'espèce *Camélia assamica* :**

C'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 au maximum à l'état sauvage). Elle pousse bien dans de 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 (Lee, 2009) (figure 06)

II-5-Fabrication du thé vert :

A partir du moment où les nouvelles feuilles cueillies atteignent l'usine de transformation, le traitement peut commencer. L'opération consiste à transformer les feuilles du théier en feuilles séchées, afin d'obtenir le thé à infuser (Dieusait, 2018). Tous les types de thé, qu'ils s'agissent de thé vert, de thé oolong ou de thé noir (figure 07), proviennent d'une seule espèce, *Camélia sinensis*. La principale différence entre les différents thés réside dans leur mode de préparation, qui aura une influence sur le contenu qualitatif et quantitatif en polyphénols. Selon le procédé de fabrication, les thés sont classés en 3 types : non-fermentés (thé vert), partiellement fermentés (thé oolong) ou fermenté (thé noir) (Morin, 2015). (figure 08)



Figure 07 : différents types de thé vert (Morin, 2015).

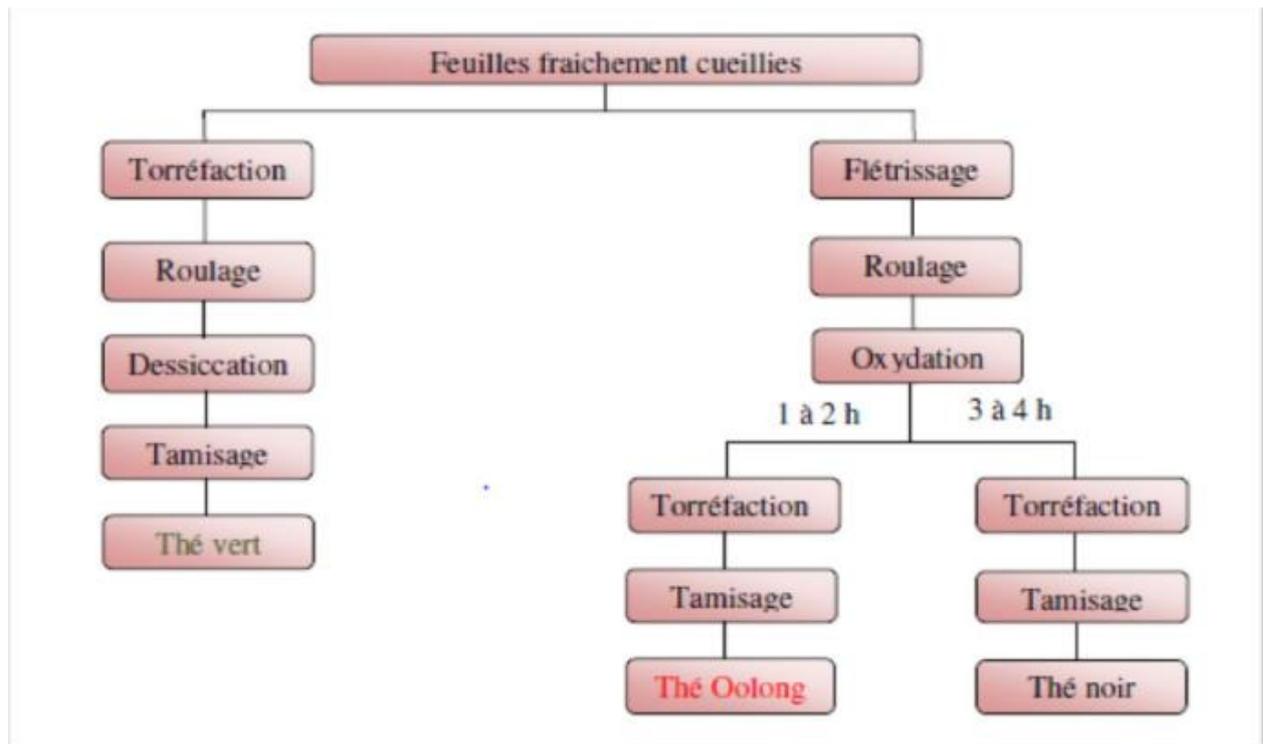


Figure 08 : Les principales étapes de transformation des feuilles du théier après la récolte
(Monographe ,2000)

II-6-Noms vernaculaires :

On peut citer le nom de *Camélia sinensis* avec différentes langues comme suit :

Arabe : الشاي الأخضر

Français : thé vert

Anglais: Green tea

Allemand: grünir tee

Italien : té verde

Espagnol : té verd

Portugais : chaverde

II-7-Habitat et condition climatique :

Les meilleures zones de culture se trouvent dans les régions tropicales et subtropicales, à une altitude de 1000 à 2500 mètres. On y trouve le climat optimal au développement de l'arbuste : Le sol ne doit être ni calcaire, ni argileux, mais acide et meuble afin de permettre à la racine centrale du théier de s'ancrer en profondeur. Il doit également être en pente pour éviter la stagnation de l'eau (Maillet,2003).

Par ailleurs, la température doit être entre 10° et 30° (le théier meurt en dessous de -5°). En ajoutant à cela, des nuits fraîches, un ensoleillement de 5 heures par jour, des vents réguliers et des précipitations nocturnes de 200 mm par mois. **(Maillet ,2003).**

Les cultures se situent ainsi dans les montagnes de la province du Yunnan en Chine, de Darjeeling au nord de l'Inde, du Ceylan (Sri Lanka), ou encore du Kenya. Cependant, les plantations ont tendance à être délocalisées en plaine afin de permettre une mécanisation de la récolte **(Krieps, 2009).**

Depuis plusieurs millénaires, les civilisations asiatiques ont utilisé le thé vert comme breuvage ainsi que comme remède grâce à ses bienfaits sur la santé humaine. Les recherches scientifiques récentes ont mis en évidence les propriétés thérapeutiques liées à sa riche teneur en composés phénoliques et d'autres métabolites secondaires (Ogle, 2009). Voici quelques principaux constituants phytochimiques de la feuille de *Camellia sinensis* :

III-1-Les polyphénols :

Ils représentent une grande famille qui regroupe plus de 8000 molécules ; elles sont caractérisées par la présence d'une ou plusieurs fonctions phénoliques (cycle aromatique hydroxylé) (Nicoletti et Piterà de Clima, 2020). Parmi les différentes familles des polyphénols, on cite les tanins, les acides phénoliques et les flavonoïdes. Il est à noter que les principaux flavonoïdes de *Camellia sinensis* sont les flavonols (catéchine) et les flavanols (quercétine) (Balentine et al., 2000).

III-1-1- les flavonoïdes :

Il existe plusieurs sous-familles de flavonoïdes, dérivant tous d'un squelette de base, le 2-phénylbenzopyrane (assemblage de deux cycles aromatiques ainsi que d'un noyau pyrane) (Balentine et al., 2000). Le degré d'oxydation du cycle pyrane varie en fonction des sous-familles (Nicoletti et Piterà de Clima, 2020) (figure 09).

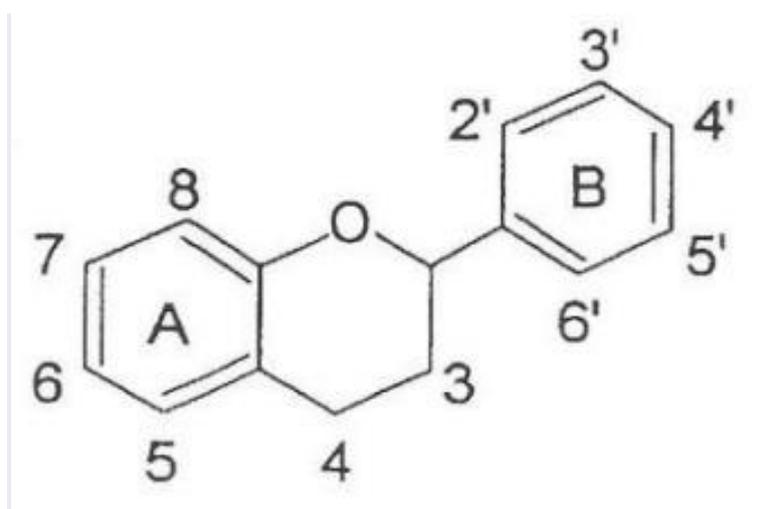


Figure 09 : Structure de base des flavonoïdes (Kumar et Pandey, 2013)

III-1-1-1-les flavanols :

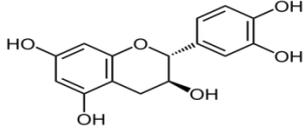
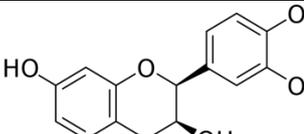
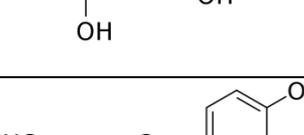
Cette sous familles regroupe les dérivés hydrosolubles, essentiellement représentés par les catéchines ou les flavan-3-ols, qui sont incolores et stockés dans des vacuoles cellulaires et aussi responsables de la saveur amer du thé vert (**Banerjee et Chaudhuri, 2005**).

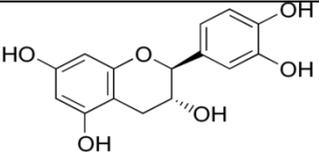
❖ Catéchine :

La communauté scientifique a fini par imposer le terme catéchine, dérivé du terme anglais catechin. Ce tanin de catéchine est un composé allélopathique trouvé à l'origine dans le fruit d'*Acacia catechu*(**Manach et al.,2000**), d'où le nom de la molécule. Les catéchines sont des composés phénoliques, caractérisés par la présence dans leur structure du noyau phénolique.Elles appartiennent au groupe des flavonoïdes et sous-groupe des flavanols (**Balentine et al.,2000**).

La catéchine et ses nombreux isomères sont de puissants anti-oxydants, qui aident à prévenir l'inflammation et les maladies coronariennes. Ils sont également phytotoxiques et anti-bactériens.La catéchine existe sous forme de plusieurs stéréo-isomères provenant de deux carbones asymétriques. Les formes énantiomères (en image spéculaire) dans les positions 2 et 3 de l'hétérocycle central, nommées configuration R/S, donnent les quatre structures suivantes (**tableau 01**) (**Balentine et al., 2000**) :

Tableau 1 : les structures des isomères de catéchine (**Balentine et al., 2000**).

Nom	Configuration	Formule
(+)-catéchine	2R, 3S	
(+)-épicatéchine	2S, 3S	
(-)-épicatéchine	2R, 3R	

(-)-catéchine	2S,3R	
---------------	-------	--

Dans la nature, les isomères les plus fréquents sont la (+) -catéchine et la (-) -épicatéchine. La teneur en catéchine est plus importante dans les feuilles de *Camélia sinensis* par rapport à ses fleurs (McKenna et al., 2002). Elle varie selon les régions et les méthodes d'extraction. Au début de la division des pétales, la concentration des catéchines totales atteint son maximum (2.45 à 39.19 mg/g) et chute au minimum pendant la période de floraison (Ke et al., 2018). (tableau 02)

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 (Mossion, 2007), et une capacité d'oxydation en quinone en présence d'oxygène ; ce qui confère à l'épigallocatechine 1' (EGC) et galate d'épicatéchine (l'ECG) une puissante activité anti-oxydante (McKenna et al., 2002).

Tableau 2 : Comparaison entre les concentrations des isomères de catéchine présents dans les fleurs et les feuilles de thé vert en mg/g (Dan chen et al., 2020)

Les isomères	Fleurs	Feuille	R1	R2
Catéchine totales	2.45 à 39.12	105.85 à 112.72		
catéchine C	0.05 à 3.13	5.37 à 6.51		
épicatéchine EC	0.14 à 4.06	4.90 à 7.27	H	H
épigallocatechine EGC	0.07 à 19.57	13.44 à 36.53	H	OH
galate d'épicatéchine ECG	0.07 à 8.5	1.11 à 2.07	galate	H
galate d'épigallocatechine EGCG	0.23 à 19.71	18.10 à 54.06	galate	OH

Ces résultats sont obtenus à partir d'un échantillon provenant du Taïwan. Le solvant d'extraction utilisé est l'éthanol 75%. Ces composés incolores, hydrosolubles contribuent à l'amertume et au caractère astringent de *Camellia sinensis* (Dan chen et al., 2020).

III-1-1-2- Flavonols

Les flavonols ont une structure proche des flavanols ; seul le cycle pyrane est substitué par un cycle carboné 4-oxo-3-hydroxy. Trois principaux flavonols ainsi que leurs glycosides ont été identifiés à partir de *Camélia sinensis*, y compris la quercétine, le kaempférol et la myricétine et leurs dérivés. Ils constituent une classe majeure de flavonoïdes dans les fleurs duthéier, et se présentent sous diverses formes, notamment, sous forme de glycosides.

Les groupes glycosyles sont constitués de glucose (Glc), de rhamnose (Rha), de galactose (Gal) ainsi que de di- et tri-glycosides. Jusqu'à présent, dix-huit flavonols ont été isolés à partir de fleurs de *Camélia sinensis* (Yang *et al.*, 2009).

Le contenu et les structures de ces flavonols sont résumés comme indiqué dans le tableau 03 suivant (Dan chen *et al.*, 2020) :

Tableau 3 : les teneurs des principaux composants des flavanols de la fleur de *Camélia sinensis* en mg/g (Zaiter, 2017) :

Principaux composants des flavonols	teneurs dans les feuilles de <i>Camellia sinensis</i> en mg/g
Chakaflavonoïde A	0.53
Chakaflavonoïde B	Inconnue
Kaempférol	0.024-0.30
Kaempférol 3- O - β -D-glucopyranoside	0.030-3.46
Kaempférol 3- O -(2"- O -p- trans -coumaroyl)- β -D-glucopyranoside	0.0073
Kaempférol 3- O -[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- α -D-glucopyranoside	0.014-2.61
Kaempférol 3- O -[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galacopyranoside	0.017-0.02
Kaempférol 3- O - β -D-galactopyranoside	0.037-2.03
Kaempférol 3- O - β -D-glucopyranoside-(1 \rightarrow 3)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galactopyranoside	0.28-3.17
Kaempférol 3- O - β -D-glucopyranoside-(1 \rightarrow 3)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	0.18-8.33
Kaempférol 3,7,4'- O -triglucoside	Inconnue

Kaempférol 3-O-galactoside 7-O-rhamnoside	Inconnue
Myricétine 3- O - β -D-galactopyranoside	0.012
Quercétine	0.05-0.24
Quercétine 3 - O -rhamnosyl-rhamnosyl-glucoside	Inconnue
Quercétine 3- O - β -D-galactopyranoside	0.05-1.06
Quercétine 3- O - β -D-glucopyranoside	0.05-0.63
Rutine	0.05-1.35

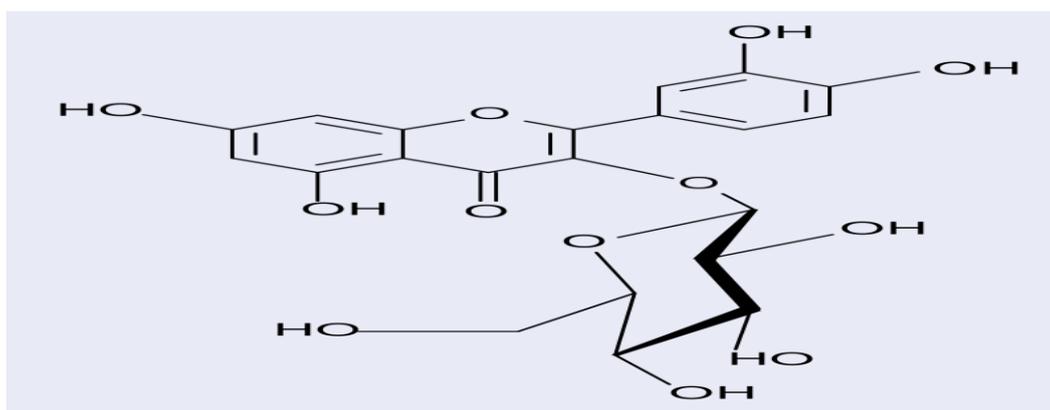


Figure 10 :structure de la Quercetin3-glycoside(Alizadeh et Ebrahimzadeh, 2022)

III-1-1-3-Anthocyanes :

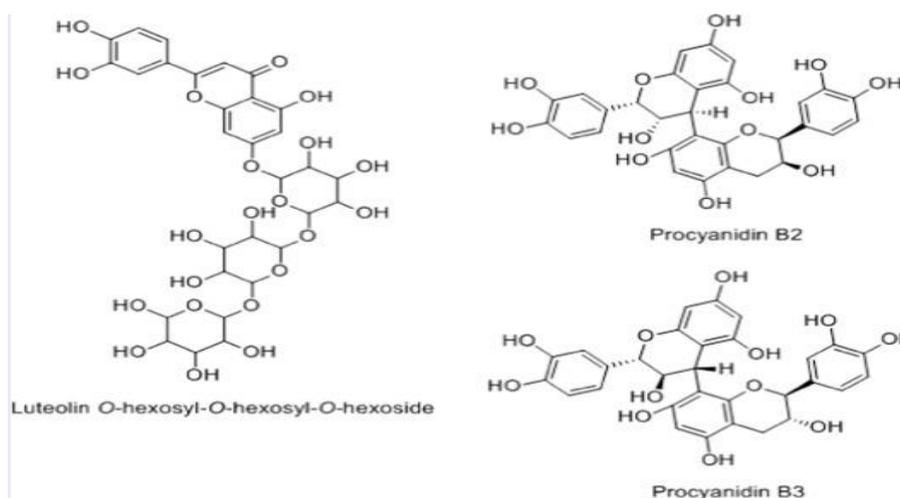
Malgré le fait que presque toutes les fleurs sont blanches, il y a toujours une accumulation d'anthocyanes et quelques changements de couleur dans les fleurs de *Camellia sinensis*. Au total, seize anthocyanes sont actuellement présentés dans les fleurs de thé vert (Chen et al., 2020) (**figure 11**). Les trois premières anthocyanes qui ont d'abord été isolées et identifiées sont : la delphinidine 3- O - β -D-galactosides, la cyanidine 3- O - β -D-galactosides et la delphinidine 3- O - β -D-(6-(E) - le *p* - coumaryl) galactopyranoside. Elles sont issues de la fleur rouge de *Camellia sinensis*.

Rothenberg et al., (2019), ont identifié douze composants d'anthocyanes dans les fleurs de *Camélia sinensis* à feuilles violettes ; le thé violet baitang (BTP) a été découvert dans la montagne de Baitang du Guangdong, dont les fleurs sont naturellement roses. Parmi celles-ci, la cyanidine 3- O -rutinoside, la cyanidine, la cyanidine 3,5- O -diglucoside, la cyanidine O -acide syringique, la lutéoline O -hexosyl- O -hexosyl- O -hexoside, la procyanidine B2, procyanidine B3, péonidine, pélargonine, pélargonidine 3 - O - β -D-glucoside, pétunidine 3- O -glucoside et la malvidine 3,5-diglucoside. La synthèse et l'accumulation d'anthocyanes dans les

fleurs du thé violet Baitang (BTP) se produisent principalement entre la moitié et la pleine floraison.(tableau 04)

Tableau 4: les différent composants d'antocyanes (Gomez, 2009)

Comopsant
Cyanidine 3,5- <i>O</i> –diglucoside
Cyanidine 3 - <i>O</i> –glucoside
Cyanidine 3 - <i>O</i> –rutinoside
Cyanidine 3- <i>O</i> -β-D-galactosides
Acide cyanidine <i>O</i> –syringique
Delphinidine 3- <i>O</i> -β-D-(6-(<i>E</i>)- <i>p</i> -coumaryl) galactopyranoside
Delphinidine 3- <i>O</i> -β-D-galactoside
Malvidine 3,5-diglucoside
Pélargonidine 3 - <i>O</i> -β-D-glucoside
Pélargonine
Péonidine
Pétunidine 3 - <i>O</i> –glucoside
Péonidine 3- <i>O</i> -diglucoside-5- <i>O</i> –glucoside



Figures 11: structure des principaux composants d'antocyanane (Zeng, 2015)

III-1-2-Acides phénoliques

Ces composés représentent 5% du poids sec de la feuille du théier, et le constituant majeur est l'acide gallique (0,9%) (**Schmitter, 2016**). Leur importance pharmacologique est nettement moindre par rapport à celle des autres polyphénols. Les deux principaux d'acides-phénoliques sont (**Okakura, 2001**) :

- Les dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque : l'acide gallique ;
- Les dérivés hydroxylés de l'acide cinnamique : l'acide caféique.

III-1-3-Les tanins :

La composition biochimique du thé vert 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 (**Marthe, 2009**). Ils sont subdivisés en, tanins hydrolysables : il s'agit de l'acide gallique qui se lie à une molécule de glucose pour former un tanin gallique, et procyanidols : des tanins composés de dimères dont la structure chimique centrale est uncatéchole ou flavane-3-ol (**Rossi, 2005**).

III-2-Caféine :

Le mot théine désigne la caféine issue du thé vert. C'est un alcaloïde retrouvé dans le café aussi bien que dans le thé vert et les boissons à base de cola (**Bruneton, 1999**). La teneur en théine dans une tasse de thé vert est fonction des conditions d'infusion : durée, température, taille des feuilles et quantité de thé vert. Ce composé phytochimique est responsable des propriétés stimulantes du thé (**Sweetman, 2002**).

La caféine de café est liée à de l'acide chlorogénique, contrairement à celle de *Camellia sinensis* qui est liée à des tannins (**Klegou, 2005**) (**figure 12**). Le café ne possède pas des acides aminés notamment la L-Théanine qui sont présents dans le thé vert et rendent la caféine nettement plus tolérable et bonne pour la santé. La caféine de *Camellia sinensis* représente de 2.5 à 5% de sa feuille ; au bout de 30 secondes seulement 9% de la caféine est extraite et 50% au bout de 3-4 minutes et 100% au bout de 15 minutes (**Montseren, 1999**).

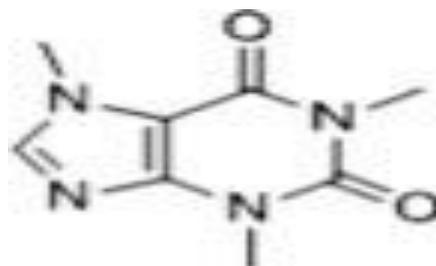


Figure 12 : structure de la caféine(Marx et al., 2016)**III-3- Les Polysaccharides :**

Les polysaccharides forment une classe de macromolécules structurellement diverses qui sont liées entre elles par des résidus monosaccharidiques via différentes liaisons glycosidiques. Les polysaccharides de *Camélia sinensis* sont l'un des composés bioactifs les plus typiques découverts ces dernières années. À ce jour, la méthode la plus largement utilisée pour l'extraction des polysaccharides est l'extraction par solvant ou l'extraction assistée par plusieurs solvants. La méthode d'extraction affecte de manière significative le rendement en polysaccharides, la teneur en sucre, la composition en monosaccharides et les propriétés structurelles(Benaoun, 2018)

Un traitement enzymatique et une température d'extraction plus élevée peuvent améliorer le rendement en polysaccharide de *Camélia sinensis* et la proportion des fractions polysaccharidiques acides. Fondamentalement, les polysaccharides de *Camélia sinensis* (TFP) sont constitués de rhamnose(Rha), d'arabinose (Ara), de galactose (Gal), de glucose (Glc), d'acide galacturonique (GalA) et d'une petite quantité molaire d'acide glucuronique (GlcA), de xylose (Xyl) et de mannose (Man). Le traitement enzymatique facilite l'augmentation de la teneur en acide arabinose (Ara), galactose (Gal) et acide galacturonique(GalA). Cependant, il réduit le poids moléculaire des TFP (Yu et al., 2019).

Par rapport aux méthodes d'extraction par l'eau assistée par micro-ondes (MAE) et d'extraction par l'eau assistée par ultrasons (UAE), les TFP obtenus par extraction par l'eau traditionnelle et l'extraction à l'eau bouillante 90 °C (TWE) ont la teneur la plus élevée en sucres neutres et acides, constitués de deux fractions polysaccharidiques d'un poids moléculaire de 31 kDa et 5 kDa, respectivement(Benaoun, 2018). Les TFP bruts contiennent généralement de nombreuses impuretés telles que les polyphénols et les pigments, de sorte que la purification est une partie inévitable de la recherche ultérieure sur les TFP. Par ailleurs, les TFP-1 (composé de Ara : Gal : Glc : Xyl : Man : Fuc = 14,84 : 18,08 : 45,39 : 12,16 : 6,87 : 2,64, mol%), TFP-2 (composé de Rha : Ara : Gal = 11,19 : 55,16 : 33,65, mol%) et TFPs-3 (composé de Rha : Ara : Gal = 20,95 : 53,34 : 25,71, mol%), sont trois fractions purifiées séparées par une chromatographie sur colonne de DEAE-52(Xu et al., 2012)

En outre, une fraction purifiée composée de Rha : Ara : GalA : GlcA dans un rapport molaire de 3,40 : 11,55 : 75,08 : 9,97 est séparée des TFP brutes (composées de Rha : Ara : Gal : Glc : Xyl : Man : GalA : GlcA : Rib = 3,26 : 15,33 : 16,15 : 4,88 : 5,18 : 1,61 : 50,09 : 0,42 : 3,09,

mol %), en utilisant la chromatographie sur colonne DEAE-Fast Flow et Sephadex G-100 (Chen *et al.*,2017). En addition, un polysaccharide neutre (500 kDa), isolé après un procédé de purification sur colonne de chromatographie DEAE Sepharose FF, est constitué de Rha, Ara, Man, Glc et Gal dans un rapport molaire de 1,0 : 2,9 : 0,5 : 1,3 : 3,3.

Cependant, la recherche sur la structure des PTF est actuellement limitée. Une seule étude a fourni des informations structurelles préliminaires de deux fractions purifiées, TFPs-1 (167,5 kDa) et TFPs-2 (10,1 kDa), obtenues par purification par l'intermédiaire de la chromatographie sur colonne Sephadex G-100. D'une part, TFPs-1, qui est composé de Glc, Xyl, Rha, Gal avec un rapport molaire de 1,0 : 1,2 : 0,81 : 0,98, et contient de α -L-Rha, α -D-Gal, α -D-Gal NAc, α -D-Xyl, les résidus α -D-Glc et β -D-Glc. Et d'autre part, TFPs-2 est composé de Glc, Xyl, Rha, Ara avec un rapport molaire de 1,0 : 0,76 : 2,3 : 2,3, et avec α -L-Rha, α -L-Ara, α -D-Xyl, α -D-Glc et résidus α -D-Glc NAc (Han *et al.*,2011).

III-4- Protéines et acides aminés :

Les acides aminés sont des précurseurs essentiels des aromatiques dans les feuilles de *Camélia sinensis* et jouent un rôle important dans la qualité aromatique des boissons du thé vert. La quantité totale d'acides aminés libres dans les fleurs de *Camélia sinensis* est de 8,09 mg/g, et est bien supérieure à celle des feuilles (0,12–0,70 %). Pendant ce temps, la composition des acides aminés libres dans les feuilles du théier est différente de celle des fleurs. Un total de douze acides aminés libres, dont l'alanine, l'asparagine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, la glycine, l'histidine, la méthionine, la sérine, la théanine, la thréonine, le tryptophane et la tyrosine, se trouvent dans les fleurs de *Camélia sinensis*. La théanine est l'acide aminé libre le plus abondant dans ses fleurs (4,77 mg/g) (Wang *et al.*,2017).

Une petite attention a été accordée aux protéines des fleurs du théier. La concentration en protéines de sa fleur varie de 300 à 500 mg/g en poids sec (Wang *et al.*,2010). Ce qui est plus élevé aux stades I et II puis diminue avec la croissance des fleurs (Wang *et al.*, 2010). Le pollen des fleurs de *Camélia sinensis* contient de 269 à 396 protéines, mais les variétés de protéines dans la fleur entière sont encore inconnues (Li *et al.*,2011). La protéase est l'une des enzymes industrielles les plus importantes. Les protéases dérivées de plantes ont reçu une attention considérable dans les domaines de la biotechnologie et de la médecine car elles sont actives sur une gamme plus large de pH et de température (David Troncoso *et al.*, 2022). Par exemple, les protéases d'origine végétale telles que la papaïne et la bromélaïne (extraites respectivement de *Carica papaya* et d'*Ananas comosus*) et la protéase d'origine microbienne d'aspergillus sont

couramment utilisées pour améliorer la teneur totale en acides aminés des infusions ou des boissons à thé. (David Troncoso et al., 2022)

Il convient de noter que les fleurs de *Camélia sinensis* contiennent une protéase, qui est capable d'hydrolyser les protéines disponibles dans l'infusion en acides aminés libres ; ce qui entraîne une augmentation de près de 2 fois la teneur en acides aminés libres, dépassant l'effet des protéases commerciales. Ici, la protéine de type sérine carboxypeptidase (SCLP) est l'une des principales protéases des fleurs du thé vert (Xu et al., 2013). En outre, la superoxyde dismutase (SOD) est une enzyme anti-oxydante distinguée. Les fleurs de *Camélia sinensis* contiennent près de 6000 unités de SOD (Weng, 2004), plus que les feuilles de thé (900–1500 unités de SOD/g) (Chen et al., 2018). Cependant, il n'y a aucune preuve que la SOD orale ou les aliments riches en SOD aient des effets physiologiques *in vivo*, car la SOD ingérée est décomposée en acides aminés avant d'être absorbée (Chen et al., 2018).

III-5- Saponines :

Il a été rapporté que *Camélia sinensis* contient une certaine quantité de saponines, classées comme oligoglycosides triterpéniques de type oléane acylés, allant de 10,35 à 78,84 mg/g (Tu et al., 2020). A ce jour, 26 saponines (florathéasaponine AK, chakasaponine I-VI, floraassamsaponine I-VIII et assamsaponine E) ont été identifiées dans les bourgeons de *Camellia sinensis*. Il convient de noter qu'il existe des différences significatives dans les types et les teneurs en saponines dans différentes régions (Tu et al., 2020). Les extraits de thé parfumé des provinces chinoises du Fujian et du Sichuan contenaient plus de saponines de thé et de saponines de safran que ceux du Japon, de Taïwan et de l'Inde (Tu et al., 2020).

10 ; 18 ; 17 oligoglycosides triterpéniques acylés de type oléane ont été identifiés chez *Camélia sinensis* du Japon, d'Inde et de Chine, respectivement. La composition en saponine du thé parfumé indien est similaire à celle du thé parfumé chinois Anhui, et différente du thé parfumé japonais. De plus, dans quatre variétés de thé de la province du Zhejiang, en Chine (Yingshuang, Jiaming 1, Baiye 1, Longjing 43), lorsque les pétales représentaient plus de 50 % du poids total des fleurs, les saponines s'accumulaient abondamment. La teneur en anthocyanes des fleurs a changé de manière significative au cours de la période de floraison, et la teneur était abondante au milieu de la période de floraison (Morikawa et al., 2012) (tableau 05).

Tableau 05 : quelques saponines et leurs teneurs (mg/g) (Morikawa et al., 2012).

Composants	Teneurs mg/g
Florathéasaponine	0.13 Chine ; Inde

	19,45 japon
Assamsaponine	0,015 –0,70 chine
Floraassamsaponine	0,07 inde
Chakasaponine	0,17Chine ; Inde 7,67 japon

III-6- Composés aromatiques volatiles :

Actuellement, des centaines de composés volatiles ont été identifiés à partir de *Camellia sinensis*. Le type et la teneur en composés aromatiques volatiles varient selon la méthode d'isolement, la variété et le développement des fleurs (Joshi et al., 2011). La teneur en composés volatiles liés aux glycosides atteint son maximum au troisième stade du développement floral, y compris 3,11 % d'oxyde de linalol, 22,73 % de linalol, 2,69 % de géraniol, 9,71 % de 2, 4-di- tert-butylphénol, 2,78% de palmitate de méthyle, 2,74% de linoléate de méthyle, 2,62% de salicylate de méthyle, 0,33% d' α -terpinéol, 1,24% de β -ionone et 0,8% de nérolidol.

De plus, des composants aromatiques volatiles, tels que le géraniol, le linalol, l'acétophénone, l'oxyde de linalol, le benzaldéhyde, le glutaraldéhyde et l'acide hexanoïque sont générés pendant la floraison (Joshi et al., 2011). Les fleurs de *Camélia siensis* contiennent des composés aromatiques similaires à ceux trouvés dans ses feuilles (Chen et al., 2018).

Actuellement, trois voies responsables de la production de composés aromatiques chez les plantes ont été identifiées. Premièrement, la plupart d'entre eux possèdent des cycles aromatiques, qui sont désaminés par la L-phénylalanine (L-Phe) pour produire de l'acide trans - cinnamique (catalysé par la L-Phe ammonia lyase) par la voie du shikimate (Ritter et Schulz, 2004). Deuxièmement, le phénylacétaldéhyde et le 2-phényléthanol sont dérivés directement de la L-Phe (Ritter et Schulz, 2004).

Troisièmement, une étude récente sur les feuilles de *Camélia siensis* a confirmé que le benzaldéhyde, l'alcool benzylique et le benzoate de méthyle sont produits à partir de L-Phe via la voie du phénylpyruvate, catalysée par les aminotransférases d'acides aminés aromatiques (Wang et al., 2019) (figure 13). Les composés volatiles extraits par la méthode d'extraction par fluide supercritique (SFE) sont principalement constitués d'alcool phényléthylque, de linalol, de furane oxydé (E)-linalool, d'époxylinool, d'alcool de géraniol et d'énol thermique. Tandis que, ceux isolés par la méthode d'extraction par distillation (SDE)

sont principalement composés de m-xylène, (*E*)-linalool pyrane oxydé, p-myrcène, α -cadhérine et palmitate de méthyle(Umamaheswari *et al.*, 2013) .

Le rendement et la qualité des huiles essentielles obtenues par la méthode SFE sont supérieurs à ceux de la méthode SDE ; car la méthode SFE entraîne moins de perte de composés volatiles sensibles à la chaleur, conservant ainsi le parfum floral, la fraîcheur et les arômes fruités. L'huile essentielle de fleurs de *Camélia siensis* contient un total de 59 composés aromatiques volatiles (y compris des alcanes, des esters, des cétones, des aldéhydes, des terpènes, des acides, des alcools, des éthers et autres à un pourcentage de 45,4 %, 10,5 %, 7,1 %, 3,7 %, 3,7 % , 2,1%, 1,6%, 1,3% et 0,3%, respectivement), qui est obtenue par une méthode SFE, avec des conditions d'extraction optimales de pression 30 MPa, température 50 °C, temps de repos 10 min et temps dynamique 90 (Capuzzo *et al.*, 2013) .

L'acétophénone et le 1-phényléthanol (1-PE), dérivés de la L-Phe, sont les deux composés volatiles endogènes dominants dans les fleurs de *Camélia siensis*(Dong *et al.*, 2012). Les enzymes qui catalysent la conversion de l'acétophénone en (*S*)- et (*R*)-1-PE sont une paire d'enzymes homologues, à savoir CsSPES et CsRPES(Dong *et al.*, 2012). Ces deux enzymes sont dépendantes du NADPH et ont un pH optimal de 8 et résistent à la chaleur (45 °C et 55 °C, respectivement). Le 1-PE est un agent aromatisant utilisé dans les industries des assaisonnements alimentaires et des cosmétiques et comme intermédiaire dans l'industrie pharmaceutique. Il a été révélé que les conditions optimales des deux enzymes (pH d'extraction optimal de 7,0) pour participer à la synthèse de 1-PE sont : réaction pH 5,3, température de réaction 55 °C, temps de réaction 100 min, coenzyme NADPH 3,75 $\mu\text{mol/mL}$ et substrat acétophénone 1,25 $\mu\text{mol/MI}$ (Dong *et al.*, 2012). Une conversion élevée de L-Phe en acétophénone entraîne une plus grande accumulation de 1-PE dans les fleurs de *Camélia siensis* var. Jinxuan, plus que celui de *Camélia nitidissima* et d'autres flores (*Solanum lycopersicum*, *Arabidopsis thaliana* et *Petunia hybrida*)(Zeng, 2015) .Le 1-PE existe principalement sous forme de glycoside non volatile, le 1-PE glycoconjugué (1-PE-Gly). Quatre types de 1-PE-Gly, (*R*)-1-PE β -D-glucopyranoside, (*S*)-1-PE β -D-glucopyranoside, (*S*)-1-PE β -primeveroside et (*R*)-1-PE β -primeveroside, sont présents dans les bourgeons floraux du théier(Zeng, 2015) .La quantité et la stéréochimie de ces composés volatiles sont affectées par les insectes qui peuvent activer l'allène oxyde synthase (AOS) (Zhou *et al.*, 2017) .

Les structures des principaux composés aromatiques sont présentées dans la figure suivante :

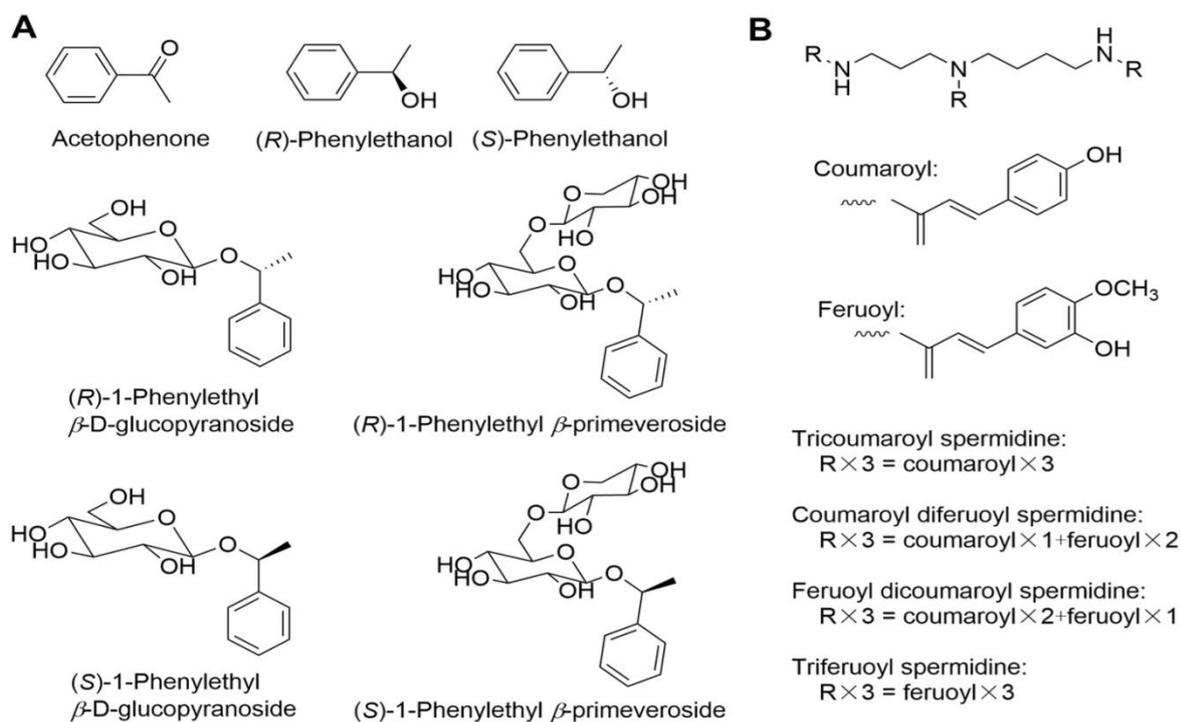


Figure 13 : quelques structures de composants aromatiques volatiles (Zayed et al., 2022)

III-7- Dérivés de la spermidine :

Il existe une quantité considérable de couplage spermidine-acide phénolique chez *Camellia siensis*, principalement dans les anthères et diminuant avec la floraison (Chen et al., 2018). Quatre dérivés de la spermidine ont été isolés *Camellia siensis*, qui sont N1, N5, N10-Sanxiang Soyméthylène spermidine, coumaroyl diméthylène spermidine, féruloyl dicoumaramide spermidine, et triféruloyl spermidine. La spermidine N1, N5, N10-tricoumaramide est l'un des principaux dérivés de la spermidine du thé vert, et sa teneur varie de 181 $\mu\text{g/g}$ (bourgeon) à 92 μg (pleine floraison) en poids frais (Yang et al., 2014). Les dérivés de la spermidine accumulés dans les fleurs sont responsables de la protection contre les dommages, les agents pathogènes et les insectes, ainsi que du développement des fleurs et de la différenciation sexuelle (Aloisi et al., 2022). De plus, la spermidine N1, N5, N10-tricoumaramide a significativement inhibé la protéase du VIH-1 (Ma et al., 2001).

III-8-Minéraux :

Les minéraux du théier sont associés à des métabolites, dont ce qui suit :

III -8-1-Le potassium :

Parmi les minéraux utilisés dans les ingrédients du thé vert ainsi que les minéraux infusés, est cité principalement le potassium, à une concentration de 20 Milligrammes (mg)/g (Klepcka et al., 2021) ou 9000-34000 ppm (Klepcka et al., 2021).

III-8-2-le fluor :

une abondance de l'ion fluorure a été constatée dans *Camélia siensis*, de l'ordre de 3-200 ppm (Cai et al., 2016). La teneur étant proportionnelle à l'âge de la feuille. En moyenne, une tasse d'infusion de thé de 225 millilitres (ml) contient 1 mg de fluor; d'où découlent les effets protecteurs du thé envers la formation de caries (Goenka et al., 2013).

III-8-3-aluminium :

Des concentrations de 20-11000 ppm d'ion aluminium ont été dosées chez *Camélia siensis* (Shu et al., 2003). 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 (Kawahara et Kato-Negishi, 2011). Cette faible présence d'ion libre résulte de la complexation avec les polyphénols de l'infusé.

III-8-4- Les éléments minéraux à concentration mineure :

A côté de ces trois principaux composés minéraux, ont été identifiés d'autres minéraux à des concentrations de l'ordre du mg/g, il s'agit du calcium, magnésium, manganèse et fer.

D'autres minéraux sont présents à des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g/g}$, tels que le zinc, cuivre et nickel (Lall et Kaushik, 2021).

III-9-vitamines :

Il existe de la vitamine C ou acide ascorbique, avec une teneur de 2 à 2,5 g/kg dans les feuilles desséchées du thé vert ; et en moindre quantité dans celles du thé Oolong, se trouvent la vitamine E, ainsi que certaines vitamines du groupe B (Zhou et al., 2017) (tableau 06).

Tableau 6 : Quantités en vitamine B dans la feuille de *Camélia siensis* en microgrammes (μg) par 100 g (Garel, 2006).

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

Acide folique (vitamine B9)	76
-----------------------------	----

III-10-Pigments :

Il a été rapporté que *camélia sinensis* contient de la lutéine oxydée, de la lutéine, de la zéaxanthine, de l'hydrocarbure-carotène et du carotène. Un nombre considérable de caroténoïdes constituant la classe principale des phytochromes ont transféré de nombreuses fonctions dans différents organismes. Au cours du développement floral, la concentration de caroténoïdes a diminué avec l'augmentation de l'acide abscissique. Cependant, l'utilisation exogène d'acide s-abscissique affecte l'absorption d'eau, la floraison et l'accumulation de caroténoïdes (Liu et al., 2022).

III-11-autres :

Les bourgeons de *camélia sinensis* possèdent une certaine quantité de nucléotides d'adénine, et plus de 25 % de l'adénine est utilisée pour la biosynthèse des alcaloïdes puriques (c'est-à-dire la théobromine et la caféine) (Ashihara, 2016).

Les fleurs de *Camélia sinensis* présentent de nombreux métabolites fonctionnels, ce qui montre que cette plante est douée de plusieurs activités biologiques, qui sont prouvées par différentes études *in vitro et in vivo*. Ces dernières expériences exhibent que les métabolites secondaires et plus précisément les catéchines, les polysaccharides et les saponines, ont un rôle très important dans la présence de ces fonctions biologiques. Les feuilles et les fleurs du théier reflètent diverses activités biologiques telles que (Chen et al., 2020), :

- L'activité anti-oxydante (Yang et al., 2007) ;
- L'activité anti-inflammatoire (Chen et al., 2012) ;
- L'activité immunostimulante (Wei et al., 2010) ;
- L'activité anti-tumorale (Han et al., 2010) ;
- L'activité hypoglycémiant (Wang et al., 2012) ;
- L'Activité hypolipidémiant (Yoshikawa et al., 2009) ;
- L'activité anti-obésité (Hamao et al., 2011) ;
- L'activité anti-allergique (Yoshikawa et al., 2007) ;
- L'activité gastroprotectrice (yoshikawa et al., 2008) ;
- L'activité anti-bactérienne (Chen et al., 2020).

IV-1-Activité anti-oxydante :

Il a été démontré que l'activité anti-oxydante de *Camélia sinensis* augmente du bourgeon jusqu'à un maximum au troisième stade et atteint un minimum à la fin de la floraison (Joshi et al., 2011). Ceci est probablement lié à des changements dans le contenu en caféine, en catéchines, etc. lors du développement de cette plante. L'activité anti-oxydante est principalement due à la présence de polysaccharides et de polyphénols (glycosides de flavonols et catéchines, dont EGCG et ECG) chez le thé vert (Han et al., 2012 ; Han et al., 2011 ; Kroyer et Hegedus, 2001 ; Lin et al., 2003 ; Xu et al., 2012 ; Yang et al., 2009 ; Yang et al., 2007).

(Yang et al., 2009) ont réalisé une extraction avec de l'eau distillée ou de l'éthanol à 70 %, suivie d'une distillation fractionnée avec du chloroforme, du n-butanol et de l'acétate d'éthyle. La fraction d'acétate d'éthyle de l'extrait d'éthanol de cette plante (EEA) a montré la plus forte activité de piégeage des radicaux libres du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH). Pendant que l'EEE des fleurs présentait l'activité de piégeage des radicaux hydroxyles la plus élevée

[concentration de piégeage de 50 % (SC 50), 11,6 µg/mL] ; suivi de l'extrait éthanolique des fleurs de *Camélia sinensis* (EtE) (SC 50 19,7 µg/mL). Ceci est lié aux différences de teneur en polyphénols, flavonoïdes et catéchines (Yang, et al., 2007). De plus, l'extrait du thé vert a présenté une activité anti-oxydante dose-dépendante contre les radicaux libres DPPH (Dissanayake et al., 2018). Par ailleurs, deux composants polysaccharidiques solubles dans l'eau, à savoir TFP-1 et TFP-2 (les polysaccharides de la fleur du thé) possèdent une activité anti-oxydante (Han et al., 2012). L'administration de TFP-1 a non seulement protégé la peroxydation des lipides hépatiques, induite par le bromobenzène chez la souris, en améliorant l'activité de la SOD et la capacité anti-oxydante totale, mais a également atténué de manière significative l'augmentation de la teneur en malondialdéhyde de manière dose-dépendante.

Les TFP-2 ont montré une capacité de piégeage accrue contre les radicaux hydroxyles, les radicaux superoxydes et les radicaux DPPH (Han et al., 2011). De même, les polysaccharides hydrosolubles de *Camélia sinensis* ont des effets hépatoprotecteurs en prévenant les dommages oxydatifs dans les lésions hépatiques induites par le tétrachlorure de carbone chez la souris (Xu et al., 2012). En outre, l'activité anti-oxydante de la TFP était supérieure à celle des polysaccharides des graines de thé (Wang et al., 2012). De plus, la capacité de piégeage des radicaux libres DPPH de l'huile essentielle de la plante est plus forte que celle des huiles essentielles du géranium et de la menthe poivrée (Chen et al., 2014).

La consommation d'extrait de *Camélia sinensis*, qui est principalement composé de glucides, de composés phénoliques, de protéines et de saponines, peut augmenter les niveaux de SOD, de myéloperoxydase, de catalase et de glutathion réduit et réduire les niveaux de malondialdéhyde et de transaminases pour améliorer la fonction hépatique (Chen et al., 2020). Pour bien expliquer cette activité en utilise les méthodes suivantes (tableau 07)

Tableau 07 : les diverses méthodes utiliser pour déterminer l'activité anti-oxydante. (Chen et al., 2020).

Bio-activités	Méthodes	La Concentration Inhibitrice	Principaux composants fonctionnels	Référence
Effet Anti-Oxydants	Lésion oxydative du foie induit par le cyclophosphamide Chez la souris	200mg/kg*poid corporel	Extrait de fleur de thé (glucides, composés phénoliques,	(Chen et al,2020)

		Protéines brutes et Saponines)	
Piégage des radicaux superoxyde	CI 50 : 0,09 mg/ml	Polysaccharide (10,1 kDa)	
DPPH	CI 50 : 0,79 mg/ml	Polysaccharide (167,5 kDa)	(Han et coll., 2011)
Lésion oxydative du foie induite par le tétrachlorure de carbone chez la souris	100, 200 et 400 mg/kg·poids corporel	Polysaccharide	(Xu et al., 2012)
Piégage des radicaux Hydroxyles	CI 50 : 0,19 mg/ml	Polysaccharide (10.1kDa)	
Lésion oxydative du foie induite par le bromobenzène chez la souris	75, 150 et 300 mg/kg·poids corporel	Polysaccharide (132 kDa)	
DPPH	SC 50 : 13,22 mg/ml	Huile essentielle (86,61% de composés volatils)	(Chen et al., 2014)

IV-2-Activité anti-inflammatoire :

Des expériences biologiques, plus précisément pharmacologiques, ont exhibé que l'extrait des fleurs de *Camélia sinensis* peut inhiber efficacement l'œdème de l'oreille, causé par l'huile de croton, et l'œdème de la patte causé par le carraghénane, et prévenir l'inflammation du foie causée par *Propionibacterium acnes* et le lipopolysaccharide (LPS) (Chen et al., 2012). En particulier, l'administration orale d'extrait de *Camélia sinensis* a considérablement réduit les

niveaux d'ARNm, d'oxyde nitrique, de facteur de nécrose tumorale (TNF)- α et d'interleukine (IL)-1 β dans le foie des souris. Les cellules RAW 264.7 induites par le LPS *in vitro* (cellules leucémiques dans les macrophages de souris), à 50 et 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ d'extraits éthanoliques de la plante, ont présenté une inhibition de l'oxyde nitrique en raison de la présence de catéchines (Lin *et al.*, 2003). Cette activités a été montré par plusieurs méthodes (tableau 08)

Tableau 8: quelques expérimentations qui montrent l'activité anti inflammatoire de thé (Chen *et al.*, 2012)

Bioactivités	Méthodes	la Concentration Inhibitrice	Principaux composants fonctionnels	Références
Effet anti-inflammatoire	Œdème induit par l'huile de Croton et perméabilité capillaire dans l'oreille de souris	50 , 100 et 200 mg/kg* poid corporel	polyphénols	(Chen <i>et al.</i> , 2012)
	Œdème de la patte induit par la carraghénine chez la souris	50 , 100 et 200 mg/kg* poid corporel	polyphénols	
	Propionibacterium acnes plus Inflammation du Foie induite par les lipopolysaccharides (LPS)	50 , 100 et 200 mg/kg	polyphénols	
	Cellules RAW 264.7 induites par le LPS	50 , 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$	Caféine et Catéchines	(Lin <i>et al.</i> ,2003)

IV-3-Effet immunostimulant :

Des études expérimentales *in vitro et in vivo* ont prouvé que le TFP (Les polysaccharides de la fleur de thé) présente une capacité immunostimulante.

Les polysaccharides provenant de *Camellia sinensis* ont présenté des activités immunomodulatrices remarquables (Ferrandis Vila *et al.*, 2018 ; Han *et al.*, 2019 ; Tang *et al.*, 2018 ; Zhou *et al.*, 2018) . Un grand nombre de manipulations empiriques ont montré que les polysaccharides pouvaient activer une variété de cellules immunitaires telles que les macrophages (M ϕ), les monocytes, les neutrophiles, les tueurs naturels (NK) et les cellules dendritiques (CD) ; ainsi que participer à la régulation de la sécrétion des cytokines, telles que le facteur de nécrose tumorale (TNF), les interleukines (IL) et l'interféron (IFN), et l'activation des voies immunitaires comme le facteur nucléaire- κ B (NF- κ B) (Clemente *et al.*, 2012 ; Rooks *et Garrett*, 2016).

En outre, les polysaccharides se lient aux récepteurs de reconnaissance de formes (PRR) dans les cellules épithéliales intestinales et affectent la fonction de barrière intestinale (Leonie *et al.*, 2015). Les polysaccharides alimentaires, qui sont généralement difficiles à absorber par le tractus gastro-intestinal, peuvent pénétrer dans l'intestin principalement avec les structures d'origine ou des fragments partiellement hydrolysés où de nombreux micro-organismes ont la capacité de métaboliser les polysaccharides pour produire une grande quantité d'acides gras à chaîne courte (AGCC) (Ding *et al.*, 2019 ; Rooks *et Garrett*, 2016 ; Xu *et al.*, 2013). Les AGCC sont essentiels à la conservation de l'immunité muqueuse en intensifiant la fonction barrière des cellules épithéliales intestinales (Leonie *et al.*, 2015 ; Xu *et al.*, 2013).

À son tour, l'apport de polysaccharides naturels peut modifier la structure du microbiote intestinal et stimuler la croissance de bactéries bénéfiques telles que les bifidobactéries et les lactobacilles. *Bifidobacterium breve* dans le côlon active DC103 + pour produire IL-10 et IL-27, favorisant davantage la différenciation des cellules auxiliaires T1 (Th1) (Jeon *et al.*, 2012). *Clostridium XIVa* peut favoriser l'accumulation de CD4 + des lymphocytes T régulateurs (Koji *et al.*, 2011). Par conséquent, le microbiote intestinal est la cible principale des polysaccharides pour la régulation immunitaire (Chen *et al.*, 2012)

Des preuves *in vitro et in vivo* indiquent que les TFP possèdent une capacité immunostimulante significative. En comparaison avec les polysaccharides des feuilles *Camellia sinensis*, les TFP

obtenus par TWE à une concentration de 3,0 µg/mL exercent un effet plus fort sur la prolifération des lymphocytes spléniques de souris (Wei et al., 2010). Une recherche récente révèle qu'une fraction purifiée de TFP pouvait atténuer l'immunosuppression induite par le cyclophosphamide chez les souris BALB/c (Chen et al., 2019). En effet, les TFP ne sont pas digérés dans le tube digestif humain et peuvent donc atteindre avec succès le côlon et peuvent être dégradés par le microbiote intestinal qui colonise l'intestin distal. De même, les PTF ont une influence sur l'écologie intestinale (Chen et al., 2017).

Les TFP jouent un rôle dans la réponse immunitaire de l'hôte en affectant la santé intestinale. Le traitement des TFP à 200 mg/kg de poids corporel/j inverse significativement 69 des 80 genres désordonnés, 17 des 20 voies bactériennes fonctionnelles KEGG altérées et favorise la production d'acides gras à chaîne courte chez les souris immunodéficientes induites par le cyclophosphamide. Un mécanisme important réside dans le fait que les TFP activent les voies TLR4/MyD88/NF-κB p65 et JAK2/STAT3, ainsi qu'augmentent l'expression de gènes tels que Claudin1, Claudin5 et Occludin1 dans les tissus du côlon au niveau de l'ARNm. Histologiquement, la supplémentation en TFP améliore la barrière intestinale. De plus, les TFP améliorent les taux sériques de cytokines TNF-α, interféron (IFN)-γ, IL-1β, IL-2 et IL-6 (Chen et al., 2019). Pris ensemble, les TFP peuvent être utilisés comme régulateur de l'homéostasie intestinale et comme immunostimulant.

De plus, la consommation d'extrait de fleur de *Camélia sinensis* à 200 mg/kg·poids corporel/j contribue à accélérer les immunoréactions chez les souris induites par le cyclophosphamide (Chen et al., 2020). Des études antérieures menées sur les feuilles de la plante ont révélé que le complexe polyphénol-polysaccharide pourrait être un immunostimulant potentiel. La capacité immunostimulante des polysaccharides des feuilles de thé vert est affectée par la teneur totale en catéchine des extraits des feuilles du théier ; et un mélange complexe de tanin avec des polyphénols et des polysaccharides peut inhiber les tumeurs et les cancers chez la souris (*in vivo*) et les cellules de souris (*in vitro*) (Cao, 2013 ; Chen et al., 2016). Des résultats similaires sont également trouvés en ce qui concerne les fleurs de *Camélia sinensis*.

A la même dose (200 mg/kg·poids corporel/j), l'effet de l'extrait de fleur de thé sur la stimulation immunitaire est inférieur à celui des TFP (Chen et al., 2019 ; Chen et al., 2020). En utilisant les méthodes suivantes (tableau 09) on explique l'activité immunostimulantes

Tableau 9 :quelques méthodes exhibent l'effet immunostimulant de *Camélia sinensis* (**Chen et al., 2019**)

Bioactivités	Méthodes	La Concentration Inhibitrices	Principaux composants fonctionnels	références
Effet Immuno-Stimulant	Lymphocyte splénique de souris	3,0 µg/m	Polysaccharides 31 kDa ; 5 kDa	(Wei et al ,2010)
	Souris BALB/c induites par le cyclophosphamide	50 ;100 et 200 mg/kg*poid corporel	Polysaccharides	(Chen et al., 2019)
	Souris BALB/c induites par le cyclophosphamide	200 mg/kg·poids corporel	Extrait de fleur de thé	(Chen et al 2019)

IV-4-Activité anti-tumorale ou anti-cancéreuse :

Les composants de *Camélia sinensis* tels que les polysaccharides, les saponines et les catéchines, sont de puissants anti-tumoraux vis à vis des cancers de l'estomac, du sein et des ovaires(**Han et al., 2010 ; Wang et al., 2017 ; Way et al., 2009 ; Xu et al. , 2009 ; Xu et al., 2010**). L'administration de TFP à 150 et 300 mg/kg de poids corporel chez la souris a augmenté de manière significative les taux plasmatiques d'IL-2, d'IFN- γ et le rapport des lymphocytes T CD4+/CD8+ par rapport au sarcome tumoral-180 (S180) (**Han et al., 2010**). La TFP brute et les fractions purifiées TFP-1, TFP-2 et TFP-3 ont une forte activité inhibitrice contre la croissance des cellules BGC-823 du cancer gastrique humain (**Xu et al., 2012**).

La saponine de *Camélia sinensis* (TFS) à 1,5 µg/mL a un effet anti-prolifératif significatif sur le cancer de l'ovaire humain A2780/CP70 et les cellules OVCAR-3, en induisant l'apoptose dépendante de p53 et l'arrêt de la phase S.

Le mécanisme par lequel TFS interfère avec l'apoptose passe par la voie Cdc25A-Chk2-CyclinE/A (Wang *et al.*, 2017). Par ailleurs, en comparaison aux 5 autres variétés (*C. japonica*, *C. tenuifolia*, *Camélia savoureux* et *Camélia synaptica*), l'extrait d'eau du thé vert a eu les meilleurs effets anti-prolifératifs et apoptotiques sur les cellules MCF-7 du cancer du sein humain) (Way *et al.*, 2009). La principale activité anti-tumorale de *Camélia sinensis* provenait de l'EGCG et de l'EGC, qui n'ont pas été détectés chez les cinq autres espèces (Way *et al.*, 2009) L'effet anti-tumoral a été exhiber par plusieurs méthodes (tableau 10)

Tableau 10 : certaines études expérimentales montrant l'activité anti-cancéreuse de *camélia sinensis*

Bioactivités	Méthodes	la Concentration Inhibitrices	Principaux composants fonctionnels	Références
Effet anti-Tumoral	Souris porteuses de la tumeur du sarcome 180 (S180)	75 , 150 et 300 mg/kg*poid corporel	Polysaccharide	(Han <i>et al.</i> , 2010)
	Cellules BGC-823 du cancer gastrique humain	25 50 100 et 200 µg/mL	Polysaccharide	(Xu <i>et al.</i> , 2012)
	Cancer de l'ovaire humain Cellules A2780/CP70 et OVCAR-3	1,5 µg/ml	Saponines	(Wang <i>et al.</i> , 2017)
	Cellules MCF-7 du cancer du sein humain	750 µg/ml	EGCG; EGC	(Way <i>et al.</i> , 2009)

IV-5- Effet hypolipidémiant :

L'extrait méthanolique du bourgeon de Camélia chinoise et sa fraction soluble dans le n-butanol (fraction de saponine brute) ont montré un effet inhibiteur sur la lipase pancréatique (**Yoshikawa et al., 2009**). Les chakasaponines I-III, les floratheasaponines A, B et C, des bourgeons floraux du thé vert ont significativement inhibé les niveaux élevés de triglycérides chez les souris traitées à l'huile d'olive à 50 et 100 mg/kg. Notamment, l'effet inhibiteur des chakasaponines I-III sur les taux de lipides sanguins est en partie lié à l'inhibition de la vidange gastrique (**Matsuda et al., 2012, Yoshikawa et al., 2005**).

De plus, plusieurs flavonoïdes également identifiés chez *Camélia sinensis*, dont le kaempférol 3-O-Glc-(1→3)-Rha-(1→6)-Glc, le kaempférol 3-L'O-Glc- (1→3)- Rha-(1→6)-Gal et le chakaflavonoside B, ont une activité inhibitrice sur l'accumulation de lipides induite par l'acide oléique et l'albumine dans les cellules HepG2 (**Morikawa et al., 2013**). Des différentes expériences ont montrées cette activités (tableau 11)

Tableau 11 : quelques recherches exhibant l'effet hypolipidémiant de *Camélia sinensis* (**Yoshikawa et al., 2009**)

Bioactivités	Méthodes	La Concentration Inhibitrices	Principaux composants fonctionnels	références
Effet Hypo-Lipidémiant	Activité inhibitrice de la lipase pancréatique	CI 50 : 0,31 mg/ml	Saponines	(Yoshikawa et al 2009)
	Souris traitées à l'huile d'olive	50et 100 mg/kg*poid corporel	Saponines Chakasaponines I -III	(Matsuda et al .,2012)
	Souris traitées à l'huile d'olive	50et 100 mg/kg*poid corporel	Saponines (floratheasaponines A ; B et C)	(Yoshikawa et al., 2005)

Accumulation de lipides induite par l'acide oléique et l'albumine dans les cellules HepG2	100 μ M (taux d'inhibition 98,6% du contrôle)	Kaempférol 3- O Glc-(1 \rightarrow 3) _ Rha-(1 \rightarrow 6)-Glc	(Morikawa <i>et al.</i> , 2013)
Accumulation de lipides induite par l'acide oléique et l'albumine dans les cellules HepG2	100 μ M (taux d'inhibition 91,7% du contrôle)	Kaempférol 3- O Glc-(1 \rightarrow 3) _ Rha-(1 \rightarrow 6)-Gal	
Accumulation de lipides induite par l'acide oléique et l'albumine dans les cellules HepG2	100 μ M (taux d'inhibition 84,4% du contrôle)	Chakaflavonoside B	

IV-6-Effet hypoglycémiant :

Des études expérimentales ont montré que les polysaccharides et les saponines des fleurs de *Camélia sinensis* sont impliqués dans l'effet hypoglycémiant. L'activité hypoglycémique des polysaccharides est affectée par de nombreux facteurs, à savoir, la composition chimique, la masse moléculaire, la structure, la conformation et même les méthodes d'extraction et de séparation. Les taux d'inhibition des TFP obtenus par la méthode d'extraction à l'eau chaude (HWE) pour l' α -glucosidase et l' α -amylase à la concentration de 5,0 mg/mL sont plus élevés que ceux obtenus par les méthodes d'extraction à l'eau bouillante (BWE) et d'extraction

enzymatique (EE) ; qui peut être liée à la teneur accrue en polysaccharides acides par la méthode BWE et à la dégradation des chaînes de sucre par la méthode EE.

L'effet inhibiteur sur l' α -glucosidase des TFP obtenus par TWE est fort à 2 mg/mL avec un taux d'inhibition de 83,3 %. Cependant, les TFP obtenues à partir des méthodes MAE et UAE exhibent des effets dépresseurs très faibles sur l' α -glucosidase. De plus, le taux d'inhibition de l' α -amylase par les TFP obtenus par la méthode TWE, BWE ou EE est inférieur à celui de l' α -glucosidase (Wang *et al.*, 2010 ; Wei *et al.*, 2010). L'administration orale continue de TFP-2 ($1,12 \times 10^4$ g/mol) à des doses de 75, 150 et 300 mg/kg pendant 3 semaines réduit significativement la glycémie chez les souris diabétiques induites par l'alloxane (Han *et al.*, 2011). De même, les TFP présentent un effet hypoglycémiant chez les rats Sprague-Dawley (SD) diabétiques induits par l'alloxane, et ont un effet préventif sur l'hyperglycémie (Cai, *et al.*, 2011). Les chakasaponines I-III sont les plus importantes saponines des boutons floraux de la plante de thé vert cultivées dans la province du Fujian en Chine, qui inhibent de manière appréciable les niveaux de glucose plasmatique augmentant à 50 et 100 mg/kg chez les souris chargées de saccharose.

Il convient de marquer que les chakasaponines I-III inhibent également la vidange gastrique, ce qui veut dire que la pré-inhibition dépend en partie de la suppression de la vidange gastrique (Matsuda *et al.*, 2012). En outre, il a été découvert que l'extrait méthanolique et les fractions solubles dans le n -butanol des germes de fleurs de cette plante contiennent des saponines, qui ont des effets inhibiteurs très forts contre le taux de glucose dans le sérum de rats chargés de saccharose. Parmi les ingrédients des fractions solubles dans le n -butanol, les florathéasaponines A, B et C ont une activité hypoglycémiant (Yoshikawa *et al.*, 2008) .

Des études de différentes méthodes expliquent cette activité (tableau 12)

Tableau 12 : études expérimentales sur l'effet hypoglycémiant du théier (Wei *et al.*, 2010)

Bioactivités	Méthodes	La Concentration Inhibitrice	Principaux Composants Fonctionnels	Référence
Effet Hypo-Glycémiant	Activité inhibitrice de 1α -glycosidase	2,0 mg/mL (taux d'inhibition de 83,3%)	Polysaccharides (31 kDa ; 5 kDa)	(Wei <i>et al.</i> , 2010)
	Activité inhibitrice	5 mg/mL	Polysaccharide	(Wang <i>et al.</i> , 2012)

de 1 α -glycosidase			
Activité inhibitrice de l' α -glucosidase	2,0 mg/mL (taux d'inhibition de 57,2 %)	Polysaccharide (1,12 \times 10 ⁴ g/mol)	(Han et al., 2011)
Activité inhibitrice de l' α -amylase	2,0 mg/mL (taux d'inhibition de 29,5%)	Polysaccharide (1,12 \times 10 ⁴ g/mol)	
Souris diabétiques induites par l'alloxane	75, 150 et 300 mg/kg·poids corporel	Polysaccharide (1,12 \times 10 ⁴ g/mol)	
Souris chargées de saccharose	50 et 100 mg/kg·poids corporel	Saponines (chakasaponines I-III)	(Matsuda et al., 2012)
Rats chargés de saccharose	50 , 100 et 200 mg/kg*poids corporel	Saponines (floratheasaponines A, B et C)	(Yoshikawa et al., 2008)
Rats Sprague-Dawley traités à l'alloxane	200 et 800 mg/kg*poids corporel	polysaccharide	(Cai et al., 2011)

IV-7-Effet gastro-protecteur :

L'extrait du méthanol et la fraction soluble dans le n-butanol (saponines brutes) des germes de *Camellia sinensis* ont eu un fort effet inhibiteur sur les lésions de la muqueuse gastrique induites

par l'éthanol et l'indométhacine chez le rat. Parmi les fractions de saponines brutes, les floratheasaponines A, B et C ont montré des effets gastro-protecteurs (Yoshikawa *et al.*, 2008). Les recherches scientifiques ont bien expliqué l'effet gastro protecteur (tableau 13)

Tableau 13 : des recherches sur l'effet gastro-protecteur des fleurs de thé (Yoshikawa *et al.*, 2008).

Bioactivités	Méthodes	La Concentration Inhibitrice	Principaux composants fonctionnels	Références
Effet Gastroprotecteur	Lésions gastriques Induites par L'éthanol et/ou L'indométhacine rat	50, 100 et 200 mg/kg* poids corporel	Saponines (floratheasaponines A, B, C)	(Yoshikawa <i>et al.</i> , 2008)
	Lésions gastrique Induites par L'éthanol (rat)	5 , 10 , 20 et 50 mg /kg (Inhibition 48.9 57.7 88.4 et 100 % Respectivement)	Floratheasaponines A	
	Lésion gastrique Induites par L'éthanol (rat)	5 ,10 , 20 et 50 mg/ kg (Inhibition 40.9 64.7 84.1 et 92.7% Respectivement)	Floratheasaponines B	
	Lésion gastrique Induites par L'éthanol (rat)	5, 10, 20 et 50 mg/ kg (inhibition 76.7 86.3, 88,7 et 100% Respectivement)	Floratheasaponines C	

IV-8-Effet anti-obésité :

L'extrait méthanolique des bourgeons de *Camélia sinensis* a des effets inhibiteurs sur le gain de poids corporel et la masse de graisse viscérale chez les souris nourries avec un régime riche en graisses et/ou les souris obèses diabétiques Tsumura Suzuki (**Hamao et al., 2011**). Plus précisément, la fraction soluble dans le n-butanol de l'extrait de méthanol et son principal constituant, les chakasaponines II, ont réduit l'apport alimentaire et retardé la vidange gastrique chez les souris riches en graisses et normalement nourries ; ainsi que l'inhibition du neuropeptide Y (un signal d'appétit) et les niveaux d'ARNm dans l'hypothalamus.

En revanche, les chakasaponines II ont amélioré la libération de sérotonine, un neurotransmetteur inhibiteur, dans l'iléon isolé de la souris, supprimant ainsi la signalisation de l'appétit. Dans un environnement de fermentation anaérobie, les PTF bruts ont significativement augmenté le rapport Bacteroidetes/Firmicutes. Ceci est lié au métabolisme énergétique et est inversement associé au risque d'obésité (**Chen et al., 2017**).

Des expériences diverses ont exploiter afin de montrer cette activités (tableau 14)

Tableau 14 : expérience exhibant l'activité anti-obésité du thé vert (**Hamao et al.2011**)

Bioactivités	Méthode	La Concentration inhibitrice	Principaux composants fonctionnels	Références
Anti obésités	Souris nourries avec un régime et riche en graisses et/ou souris diabétiques obèses Tsumura Suzuki	250 et 500 mg /kg poids corporel	Chakasaponine II	(Hamao et al.2011)

IV-9-Effet anti-allergique :

La bêta-hexosaminidase est un marqueur de dégranulation stocké dans les granules de sécrétion des basophiles et des mastocytes. Par conséquent, il est couramment utilisé pour évaluer les composés anti-allergiques chez les animaux de laboratoire (Matsuda, et al., 2016). Floretheasaponins AF, le composant principal de l'extrait méthanolique de thé vert, a des effets inhibiteurs sur la libération de β -hexosaminidase à partir des cellules de la leucémie basophile

du rat (RBL)-2H3. Ils étaient plus puissants que deux composés antiallergiques connus, le fumarate de kétotifène (27,6 % d'inhibition, 100 μ M) et le tranilast (22,4 % d'inhibition, 100 μ M) (Yoshikawa *et al.*, 2007). Des recherches expérimentales ont utilisé pour bien expliquer l'activité anti allergique

Tableau 15 :résumé de quelques études démontrant l'effet anti-allergique de *Camélia sinensis* (Yoshikawa *et al.*, 2007).

Bio activités	Méthode	la Concentration Inhibitrices	principaux composants fonctionnels	références
Effet anti- Allergique	activités inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	3 μ M (taux d'inhibition 48.8%)	Floratheasaponines A	Yoshikawa <i>et al.</i> ;2017
	Activité inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	3 μ M (taux d'inhibition 59.8%)	Floratheasaponines B	
	Activité inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	6 μ M(taux d'inhibition 60.8%)	Floratheasaponines C	
	Activité inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	3 μ M (taux d'inhibition 30.6%)	Floratheasaponines D	

Activité inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	3 μ M (taux d'inhibition 52.3%)	Floratheasaponines E
Activité inhibitrice de la β -hexosaminidase dans les cellules RBL-2H3	6 μ M (taux d'inhibition 58.6%)	Floratheasaponines F

IV-10-Toxicité

Malgré que la plante *Camélia sinensis* soit largement utilisée dans la médecine traditionnelle chinoise depuis plusieurs années, les informations et les connaissances sur sa sécurité sont limitées (Li et al., 2011). La consommation de thé vert chez certaines personnes peut, en dépit de ses nombreux bienfaits, également causer des effets indésirables. Ces effets adverses sont pour la plupart dus aux alcaloïdes (caféine) et aux tanins. Ces substances causent plusieurs risques qu'il est important de prendre en considération (Schweikart, 2010). Les principaux effets secondaires du thé vert sont : irritation gastrique, troubles du sommeil, maux du tête, carence en fer, vomissements, troubles de la grossesse et 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 engendrer la diarrhée lorsqu'il

est consommé en grande quantité. La caféine induit 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 ((**Schweikart, 2010**)).

Le thé vert représente une plante très importante pour l'être humain, car elle prévient plusieurs maladies comme le cancer. Effectivement, *Camélia sinensis* est très favorisée en phytothérapie moderne. Ce travail bibliographique nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Les fleurs et les feuilles de *Camélia sinensis* sont riches en composés bioactifs tels que les phénols (acides phénoliques, flavonoïdes et tanins), les alcaloïdes (méthylxanthine) et les nutriments (glucides, protéines et minéraux) (**Sharma, et al., 2021**).
- La composition chimique des fleurs dont, est extrait le thé blanc est constituée de 34% de glucides (glucose, fructose, saccharose et polysaccharides), 12% de composés phénoliques (PC), 28% de protéines brutes et 3% de saponines. En outre, le thé oulang contient divers acides aminés tels que l'acide aspartique, la sérine, l'histidine, l'arginine, l'acide gamma-aminobutyrique, la thréonine, la tyrosine, la valine, la méthionine, la leucine, le benzène, l'alanine, la lysine et la théanine (**Chen et al., 2020**).
- La composition des feuilles séchées contient de 1 à 4 % d'acides aminés (26 acides aminés ont été rapportés dans la littérature) et de 18 à 36 % de composés phénoliques (PC), dont, les flavonols, les flavonoïdes et les acides phénoliques. Entre 12% à 24% de ces CP sont des catéchines (**Chen et al., 2021**).
- Finalement, *camélia sinensis* possède une panoplie de propriétés biologiques, telles que, l'activité anti-inflammatoire (**Chen et al., 2012**), immuno-stimulante (Wei et al., 2010), anti-tumorale (**Han et al., 2010**), hypoglycémiant (Wang et al., 2012), hypolipidémiant (Yoshikawa et al., 2009), anti-obésité (**Hamao et al., 2011**), anti-allergique (Yoshikawa et al., 2007), gastro-protectrice (Yoshikawa et al., 2008), anti-bactérienne (**Chen et al., 2020**) et plus particulièrement, l'activité anti-oxydante (Yang, et al., 2007). Toutes les activités du thé vert sont attribuées à ses composés chimiques (polyphénols, terpènes, les composés azotés et les saponines).

Référence :

Balentine D.A., Wisman Sheila A., Bouwens Lisbeth C.M., Malvy D. Chimie des flavonoïdes du thé, Cahier de Nutrition et de Diététique, 2000, 35 (1), p 1S13- 1S21.

Manach C.Azais-baraesco V,Remesy C ,Morand CH.biodisponibilité des polyphénols de thé.2000,35,p1S46-1S55.

Chen , D .Chen , GJ. Chen, ,CX . Zeng ,XX . Ye , H.Effets prébiotiques in vitro des polysaccharides des fleurs de thé sur le microbiote intestinal des personnes en bonne santé et des patients atteints de maladies inflammatoires de l'intestin , Journal international des macromolécules biologiques. 2020 ;158 : 968 - 976 ,

Schmitter MG les propriétés anticancéreuses des catéchines issues du thé vert. Université de Picardie Jules Verne. 2016.

Okakura, Kakuzu . Le livre du thé traduction en allemand. Horst Hammitzsch, insel taschenbuch, 1979.1.

Marthe, K. Le thé : origine, actualité et potentialités. Thèse 2009, p 01.

Rossi I A. chemical constituents traditional and modern medicinal uses. Medicinal plants of the world,.humana press , new jersy, 2005.3,p1-27 .

Bruneton J. Pharmacognosie. Phytochimie Plantes medicinales, Paris, 1999, Ed Tec-Do.

Sweetman sean C.Martindale the complete drug references, pharamaceutical press, Londonchicago, 2002, p761-763, p777 – 785, p 1681.

Kelgou S.La théier, camellia sinensis : données pharmacologique récentes, université Paris XI 2005 , p 2-162.

Monstren J. Guide de l'amateur de thé. Paris, 1999,p4-287

Xu RJ , Ye H , Sun Y , Tu YY , Zeng XX ,Préparation, caractérisation préliminaire, activités antioxydantes, hépatoprotectrices et antitumorales des polysaccharides de la fleur de théier (Camellia sinensis),Toxicologie alimentaire et chimique . 2012 ;50 : 2473 – 2480

Chen .D , Chen.GJ , Wan .P , Hu.B , Chen .LG , Ou.SY , ... , Ye.H ,Digestion sous salive, conditions gastriques et intestinales simulées et fermentation in vitro de polysaccharides issus

des fleurs de *Camellia sinensis* induite par le microbiote intestinal humain , Nourriture et fonction .2017 ;8 : 4619 – 4629

Han.Q , Yu.QY , Shi.J , Xiong .CY , Ling.ZJ , He.PM , Caractérisation structurale et activités antioxydantes de 2 fractions polysaccharidiques hydrosolubles purifiées à partir de fleur de thé (*Camellia sinensis*) ,Journal of Food Science . 2011 ;76 :C462 - C471

Wang .YM , Ren .N , Rankin . GO , Li .B , Rojanasakul .Y , Tu. Y , Chen YC, Effet antiprolifératif et arrêt du cycle cellulaire induits par les saponines extraites de la fleur de thé (*Camellia sinensis*) dans les cellules cancéreuses ovariennes humaines , Journal des aliments fonctionnels . 2017 ;37 : 310 – 321

Wang.YF , Yang.ZW , Wei .XL , Compositions de sucres, activités inhibitrices d'alphaglucosidase et d'amylase de polysaccharides de feuilles et de fleurs de *Camellia sinensis* obtenues par différentes méthodes d'extraction , Journal international des macromolécules biologiques .2010 ;47 :534 – 539

Li .B , Jin.Y , Xu.Y , Wu .Y, Xu .JY , Tu.YY ,Évaluation de l'innocuité de l'extrait de fleur de thé (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) : évaluation de la mutagénicité et de la toxicité aiguë et subchronique chez le rat , Journal of Ethnopharmacology .2011 ;133 :583 – 590

Alam, B., Li, J., Gě, Q., Khan, M. A., Gōng, J., Mehmood, S., et al. (2021). Endophytic Fungi: From Symbiosis to Secondary Metabolite Communications or Vice Versa? *Front. Plant Sci.* 12, 791033. doi: 10.3389/fpls.2021.791033.

Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E.-M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., et al. (2015). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. *Biotechnology Advances* 33, 1582–1614. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.08.001.

Atkinson, J., Galteau, M.-M., Siest, G., Vigneron, C., Bonaly, R., Girard, T., et al. (2010). PROFESSEURS EMERITES. 183.

Bahmani, M., Shirzad, H., Shahinfard, N., Sheivandi, L., and Rafieian-Kopaei, M. (2017). Cancer Phytotherapy: Recent Views on the Role of Antioxidant and Angiogenesis Activities. *J Evid Based Complementary Altern Med* 22, 299–309. doi: 10.1177/2156587215625157.

- Bernard-Dagan, C. (1988). Les substances de réserve du Pin maritime: Rôle éventuel des métabolites secondaires. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques* 135, 25–40. doi: 10.1080/01811789.1988.10826883.
- Bousbia, N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. 176.
- Chaachouay, N., Douira, A., Hassikou, R., Brhadda, N., Dahmani, J., Belahbib, N., et al. (2021). Etude Floristique et Ethnomédicinale des Plantes Aromatiques et Médicinales dans le Rif (Nord du Maroc). 245.
- Chang, M.-Y., Lin, Y.-Y., Chang, Y.-C., Huang, W.-Y., Lin, W.-S., Chen, C.-Y., et al. (2020). Effects of Infusion and Storage on Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Black Tea. 10.
- Chang, Y. S. (2001). *Towards bridging science and herbal industry: proceedings of the Seminar on Medicinal and Aromatic Plants, 12-13 September 2000*. Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia.
- Chaudhury, R. R., and Rafei, U. M. (2001). Traditional Medicine in Asia. 318.
- D'Amelia, V., Docimo, T., Crocoll, C., and Rigano, M. M. (2021). Specialized Metabolites and Valuable Molecules in Crop and Medicinal Plants: The Evolution of Their Use and Strategies for Their Production. *Genes (Basel)* 12, 936. doi: 10.3390/genes12060936.
- Dathe, K., and Schaefer, C. (2019). The Use of Medication in Pregnancy. *Deutsches Ärzteblatt international*. doi: 10.3238/arztebl.2019.0783.
- DeFilipps, R. A., and Krupnick, G. A. (2018). The medicinal plants of Myanmar. *PK* 102, 1–341. doi: 10.3897/phytokeys.102.24380.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., and Mnif, W. (2016). Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. *Medicines* 3, 25. doi: 10.3390/medicines3040025.
- Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Front. Pharmacol.* 4. doi: 10.3389/fphar.2013.00177.

Erb, M., and Kliebenstein, D. J. (2020). Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy. *Plant Physiol.* 184, 39–52. doi: 10.1104/pp.20.00433.

Furman, D., Campisi, J., Verdin, E., Carrera-Bastos, P., Targ, S., Franceschi, C., et al. (2019). Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nat Med* 25, 1822–1832. doi: 10.1038/s41591-019-0675-0.

H. Al Mamari, H. (2022). “Phenolic Compounds: Classification, Chemistry, and Updated Techniques of Analysis and Synthesis,” in *Biochemistry*, ed. F. A. Badria (IntechOpen). doi: 10.5772/intechopen.98958.

Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. 348.

Lai Shi Min, S., Liew, S. Y., Chear, N. J. Y., Goh, B. H., Tan, W.-N., and Khaw, K. Y. (2022). Plant Terpenoids as the Promising Source of Cholinesterase Inhibitors for Anti-AD Therapy. *Biology* 11, 307. doi: 10.3390/biology11020307.

Lehmann, H. (2013). Le médicament à base de plantes en Europe: statut, enregistrement, contrôles. 342.

Limonier, A.-S. (2018). La phytothérapie de demain: les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. 100.

Lin, T.-C., Krishnaswamy, G., and Chi, D. S. (2008). Incense smoke: clinical, structural and molecular effects on airway disease. *Clin Mol Allergy* 6, 3. doi: 10.1186/1476-7961-6-3.

Linck, V. M., da Silva, A. L., Figueiró, M., Caramão, E. B., Moreno, P. R. H., and Elisabetsky, E. (2010). Effects of inhaled Linalool in anxiety, social interaction and aggressive behavior in mice. *Phytomedicine* 17, 679–683. doi: 10.1016/j.phymed.2009.10.002.

Loudon, I. (2006). A brief history of homeopathy. *Journal of the Royal Society of Medicine* 99, 607–610. doi: 10.1258/jrsm.99.12.607.

Mhamed, M. B., and Sebai, M. (2019). LA PHYTOTHERAPIE ENTRE LA CONFIANCE ET MEFIANCE. 71.

- Mosquera, Marta. E. G., Jiménez, G., Tabernero, V., Vinueza-Vaca, J., García-Estrada, C., Kosalková, K., et al. (2021). Terpenes and Terpenoids: Building Blocks to Produce Biopolymers. *Sustainable Chemistry* 2, 467–492. doi: 10.3390/suschem2030026.
- Pan, S.-Y., Litscher, G., Gao, S.-H., Zhou, S.-F., Yu, Z.-L., Chen, H.-Q., et al. (2014). Historical Perspective of Traditional Indigenous Medical Practices: The Current Renaissance and Conservation of Herbal Resources. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2014, 1–20. doi: 10.1155/2014/525340.
- Perveen, S. (2018). “Introductory Chapter: Terpenes and Terpenoids,” in *Terpenes and Terpenoids*, eds. S. Perveen and A. Al-Taweel (IntechOpen). doi: 10.5772/intechopen.79683.
- Polinceusz, A. I. (2011). Molecular characterisation of the Arabidopsis TT12 MATE protein and functional analysis of other plant MATE transporters. doi: 10.5167/UZH-59369.
- Rahman, M. A., Sultana, N., Ayman, U., Bhakta, S., Afrose, M., Afrin, M., et al. (2022). Alcoholic fixation over formalin fixation: A new, safer option for morphologic and molecular analysis of tissues. *Saudi J Biol Sci* 29, 175–182. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.08.075.
- Skalli, S., Zaid, A., and Soulaymani, R. (2007). Drug Interactions With Herbal Medicines. *Therapeutic Drug Monitoring* 29, 679–686. doi: 10.1097/FTD.0b013e31815c17f6.
- Sofowora, A., Ogunbodede, E., and Onayade, A. (2013). The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *Afr. J. Trad. Compl. Alt. Med.* 10, 210–229. doi: 10.4314/ajtcam.v10i5.2.
- Tsobou, R., Mapongmetsem, P. M., and Van Damme, P. (2016). Medicinal Plants Used for Treating Reproductive Health Care Problems in Cameroon, Central Africa¹. *Economic Botany* 70, 145–159. doi: 10.1007/s12231-016-9344-0.
- Usman, M., Khan, W. R., Yousaf, N., Akram, S., Murtaza, G., Kudus, K. A., et al. (2022). Exploring the Phytochemicals and Anti-Cancer Potential of the Members of Fabaceae Family: A Comprehensive Review. *Molecules* 27, 3863. doi: 10.3390/molecules27123863.
- Wanzala, W., and Walingo, M. K. (2019). Ethnomedicines and Health Management in Kenya: Which Way Forward? *Journal of Complementary Medicine*, 14.
- Zhu, J., and Thompson, C. B. (2019). Metabolic regulation of cell growth and proliferation. *Nat Rev Mol Cell Biol* 20, 436–450. doi: 10.1038/s41580-019-0123-5.

- Alizadeh, S. R., and Ebrahimzadeh, M. A. (2022). *O*-GLYCOSIDE quercetin derivatives: Biological activities, mechanisms of action, and structure–activity relationship for drug design, a review. *Phytotherapy Research* 36, 778–807. doi: 10.1002/ptr.7352.
- Aloisi, I., Piccini, C., Cai, G., and Del Duca, S. (2022). Male Fertility under Environmental Stress: Do Polyamines Act as Pollen Tube Growth Protectants? *IJMS* 23, 1874. doi: 10.3390/ijms23031874.
- Ashihara, H. (2016). Biosynthetic Pathways of Purine and Pyridine Alkaloids in Coffee Plants. *Natural Product Communications* 11, 1934578X1601100. doi: 10.1177/1934578X1601100742.
- Banerjee, B., and Chaudhuri, T. C. eds. (2005). *Therapeutic effects of tea*. Enfield, NH, USA: Science Publishers.
- Benaoun, F. (2018). Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea noctiflora* Batt.Trab (Liliaceae). 231.
- Cai, H., Zhu, X., Peng, C., Xu, W., Li, D., Wang, Y., et al. (2016). Critical factors determining fluoride concentration in tea leaves produced from Anhui province, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 131, 14–21. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.04.023.
- Capuzzo, A., Maffei, M., and Occhipinti, A. (2013). Supercritical Fluid Extraction of Plant Flavors and Fragrances. *Molecules* 18, 7194–7238. doi: 10.3390/molecules18067194.
- Chen, Y., Zhou, Y., Zeng, L., Dong, F., Tu, Y., and Yang, Z. (2018). Occurrence of Functional Molecules in the Flowers of Tea (*Camellia sinensis*) Plants: Evidence for a Second Resource. *Molecules* 23, 790. doi: 10.3390/molecules23040790.
- David Troncoso, F., Alberto Sánchez, D., and Luján Ferreira, M. (2022). Production of Plant Proteases and New Biotechnological Applications: An Updated Review. *ChemistryOpen* 11. doi: 10.1002/open.202200017.
- Dong, F., Yang, Z., Baldermann, S., Kajitani, Y., Ota, S., Kasuga, H., et al. (2012). Characterization of l-phenylalanine metabolism to acetophenone and 1-phenylethanol in the flowers of *Camellia sinensis* using stable isotope labeling. *Journal of Plant Physiology* 169, 217–225. doi: 10.1016/j.jplph.2011.12.003.

- Goenka, P., Sarawgi, A., Karun, V., Nigam, A., Dutta, S., and Marwah, N. (2013). *Camellia sinensis* (Tea): Implications and role in preventing dental decay. *Phcog Rev* 7, 152. doi: 10.4103/0973-7847.120515.
- Gomez, C. (2009). ETUDE DES MECANISMES DE STOCKAGE DES ANTHOCYANES DANS LA BAIE DE RAISIN CARACTERISATION FONCTIONNELLE DES GENES IMPLIQUES DANS CES MECANISMES. 202.
- Joshi, R., Poonam, Saini, R., Guleria, S., Babu, G. D. K., Kumari, M., et al. (2011). Characterization of Volatile Components of Tea Flowers (*Camellia sinensis*) Growing in Kangra by GC/MS. *Natural Product Communications* 6, 1934578X1100600. doi: 10.1177/1934578X1100600829.
- Kawahara, M., and Kato-Negishi, M. (2011). Link between Aluminum and the Pathogenesis of Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminum and Amyloid Cascade Hypotheses. *International Journal of Alzheimer's Disease* 2011, 1–17. doi: 10.4061/2011/276393.
- Ke, S.-W., Chen, G.-H., Chen, C.-T., Tzen, J. T. C., and Yang, C.-Y. (2018). Ethylene signaling modulates contents of catechin and ability of antioxidant in *Camellia sinensis*. *Bot Stud* 59, 11. doi: 10.1186/s40529-018-0226-x.
- Klepacka, J., Tońska, E., Rafałowski, R., Czarnowska-Kujawska, M., and Opara, B. (2021). Tea as a Source of Biologically Active Compounds in the Human Diet. *Molecules* 26, 1487. doi: 10.3390/molecules26051487.
- Kumar, S., and Pandey, A. K. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal* 2013, 162750. doi: 10.1155/2013/162750.
- Lall, S. P., and Kaushik, S. J. (2021). Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals* 11, 2711. doi: 10.3390/ani11092711.
- Liu, H., Cao, X., Azam, M., Wang, C., Liu, C., Qiao, Y., et al. (2022). Metabolism of Carotenoids and β -Ionone Are Mediated by Carotenogenic Genes and PpCCD4 Under Ultraviolet B Irradiation and During Fruit Ripening. *Front. Plant Sci.* 13, 814677. doi: 10.3389/fpls.2022.814677.
- Ma, C.-M., Nakamura, N., and Hattori, M. (2001). Inhibitory Effects on HIV-1 Protease of Tri-p-coumaroylspermidine from *Artemisia caruifolia* and Related Amides. *Chem. Pharm. Bull.* 49, 915–917. doi: 10.1248/cpb.49.915.

Marx, B., Scuvée, É., Scuvée-Moreau, J., Seutin, V., and Jouret, F. (2016). Mécanismes de l'effet diurétique de la caféine. *Med Sci (Paris)* 32, 485–490. doi: 10.1051/medsci/20163205015.

McKenna, D. J., Jones, K., and Hughes, K. (2002). *Botanical medicines: the desk reference for major herbal supplements*. 2nd ed. New York: Haworth Herbal Press.

Morikawa, T., Miyake, S., Miki, Y., Ninomiya, K., Yoshikawa, M., and Muraoka, O. (2012). Quantitative analysis of acylated oleanane-type triterpene saponins, chakasaponins I–III and floratheasaponins A–F, in the flower buds of *Camellia sinensis* from different regional origins. *J Nat Med* 66, 608–613. doi: 10.1007/s11418-012-0627-1.

Nicoletti, M., and Piterà de Clima, F. (2020). *Gemmotherapy, and the scientific foundations of a modern meristemotherapy*. Newcastle-on-Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Ogle, N. (2009). Green tea *Camellia sinensis*. 6.

Ritter, H., and Schulz, G. E. (2004). Structural Basis for the Entrance into the Phenylpropanoid Metabolism Catalyzed by Phenylalanine Ammonia-Lyase. *Plant Cell* 16, 3426–3436. doi: 10.1105/tpc.104.025288.

Shu, W. S., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y., and Wong, M. H. (2003). Fluoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province, PR China. *Chemosphere* 52, 1475–1482. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00485-5.

Tu, Y., Chen, L., Ren, N., Li, B., Wu, Y., Rankin, G. O., et al. (2020). Standardized Saponin Extract from Baiye No.1 Tea (*Camellia sinensis*) Flowers Induced S Phase Cell Cycle Arrest and Apoptosis via AKT-MDM2-p53 Signaling Pathway in Ovarian Cancer Cells. *Molecules* 25, 3515. doi: 10.3390/molecules25153515.

Umamaheswari, S., Palanimanickam, A., and Sivalingam, G. (2013). Plasmid mediated endosulfan degradation by *Bacillus ciradans* and *Acinetobacter* species. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research* 3, 15–20.

Wang, X., Zeng, L., Liao, Y., Zhou, Y., Xu, X., Dong, F., et al. (2019). An alternative pathway for the formation of aromatic aroma compounds derived from l-phenylalanine via phenylpyruvic acid in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) leaves. *Food Chemistry* 270, 17–24. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.056.

- Xu, Y.-Q., Zhong, X.-Y., Chen, S.-Q., and Yin, J.-F. (2013). Hydrolysis of green tea residue protein using proteolytic enzyme derived from *Aspergillus oryzae*. *J Food Sci Technol* 50, 171–175. doi: 10.1007/s13197-011-0239-x.
- Yang, L., Wang, K., Li, H., Denstedt, J. D., and Cadieux, P. A. (2014). The Influence of Urinary pH on Antibiotic Efficacy Against Bacterial Uropathogens. *Urology* 84, 731.e1-731.e7. doi: 10.1016/j.urology.2014.04.048.
- Yang, Z., Tu, Y., Baldermann, S., Dong, F., Xu, Y., and Watanabe, N. (2009). Isolation and identification of compounds from the ethanolic extract of flowers of the tea (*Camellia sinensis*) plant and their contribution to the antioxidant capacity. *LWT - Food Science and Technology* 42, 1439–1443. doi: 10.1016/j.lwt.2009.03.017.
- Yu, M., Chen, Y., Liu, Y., Yu, M., Xu, Y., and Wang, B. (2019). Efficient polysaccharides from *Crinum asiaticum* L.'s structural characterization and anti-tumor effect. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26, 2085–2090. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.09.017.
- Zaiter, A. (2017). Étude de la phytochimie de 12 plantes de la région Lorraine en fonction de la granulométrie de poudres super fines. 200.
- Zayed, A., Sobeh, M., and Farag, M. A. (2022). Dissecting dietary and semisynthetic volatile phenylpropenes: A compile of their distribution, food properties, health effects, metabolism and toxicities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–20. doi: 10.1080/10408398.2022.2087175.
- Zeng, L. (2015). Étude de la composition macromoléculaire du raisin et des vins: impact sur la qualité sensorielle. 274.
- Zhou, Y., Zeng, L., Liao, Y., Dong, F., Peng, Q., Li, J., et al. (2017). Insects (*Thrips hawaiiensis* (Morgan)) change the stereochemical configuration of 1-phenylethanol emitted from tea (*Camellia sinensis*) flowers. *RSC Adv.* 7, 32336–32343. doi: 10.1039/C7RA03219F.
- Wachira F N., Tanaka J. Takeda Y .Genetic variation and differentiation in tea germplasm revealed by RAPD and AFLP variation .*JHort sci biotechnol* 76.2001.
- Mahmood T, Akhtar N, Khan BA. 2010. The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis* tea. *Journal of Medicinal Plants Research* 4(19), p 2028-2033
- Gaboury ,M.Le thé. Source: *Revue scientifique Free Radical Research (USA)* 2014, p 01-03
- Fillon L.Le thé et le syndrome métabolique, 2014.

Samy, R.P., Ignacimuthu, S. (2000). Antibacterial activity of some folklore medicinal plants used by tribals in Western Ghats of India. *Journal of Ethnopharmacology* 69:63-71.

Namita P, Mukesh R, Vijay KJ. 2012. *Camellia Sinensis* (green tea). *Global Journal of Pharmacology*.2012, 6(2).p 52-59

Morin M-P. Les polyphénols du thé vert: des molécules à double action contre la maladie parodontale: Université Laval, 2015

Monographe .green tea, alternative medicine.2000, 5, p 372-375.

Maillet, F. Les vertus médicinales du thé (*Camellia sinensis*, ternstroemiaceae) : Du mythe à la réalité. Docteur en pharmacie. Université de Nantes .2003, p 168.

Dieusait, C. (2018). Les vertus naturelles du thé dans la lutte contre la carie dentaire. 79.

Krieps, M. (2009). Le Thé: origine, actualité et potentialités. 216.

Lee, J. (2009). GREEN TEA: FLAVOR CHARACTERISTICS OF A WIDE RANGE OF TEAS INCLUDING BREWING, PROCESSING, AND STORAGE VARIATIONS AND CONSUMER ACCEPTANCE OF TEAS IN THREE COUNTRIES. 262.

Nootash, S., Sheikhzadeh, N., Baradaran, B., Oushani, A. K., Maleki Moghadam, M. R., Nofouzi, K., et al. (2013). Green tea (*Camellia sinensis*) administration induces expression of immune relevant genes and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology* 35, 1916–1923. doi: 10.1016/j.fsi.2013.09.030.

CHAPITRE I :

Phytothérapie et métabolites secondaires des plantes médicinales

CHAPITRE II :

Généralités sur *Camellia sinensis*

CHAPITRE III :

Composition biochimique de thé vert

CHAPITRE IV :

Les différentes études des activités biologiques de la plante.

Conclusion

Introduction

Référence bibliographique

Résumé

La plante *Camellia sinensis* est à l'origine de différents thés consommés dans le monde (blanc, vert, jaune, oolong, noir et pu-ehr); qui sont classés selon le degré d'oxydation de leurs composés bioactifs. Les propriétés sensorielles (saveur, arôme et sensation en bouche de la boisson) et fonctionnelles du thé sont influencées par la teneur en méthylxanthines (caféine et théobromine), en acides aminés (L-théanine) et en sucres réducteurs parmi ses composants. Par ailleurs, les flavan-3-ols, principalement caractérisés par l'épicatéchine, la catéchine et leurs dérivés, représentent en moyenne 60 % des composés bioactifs du thé vert. Les métabolites secondaires du théier sont largement reconnus pour leurs effets, anti-oxydant, anti-cancéreux et anti-inflammatoire; ainsi que pour d'autres activités biologiques telles, hypoglycémiant, hypolipémiante, anti-obésité, anti-bactérienne, anti-allergique, immunostimulante et gastro-protectrice. Par conséquent, les extraits de *Camellia sinensis* et leurs composés isolés sont de plus en plus exploités par l'industrie alimentaire et pharmaceutique. Cependant, ses substances bioactives sont très sensibles à l'oxydation et à la dégradation induites par le processus de digestion gastro-intestinale, dans les conditions physiologiques. D'où la nécessité d'études ultérieures très poussées sur la plante.

Mot clé : *Camellia sinensis*, composés bioactifs , activités biologiques , métabolites secondaires, catéchine , caféine.

Abstract

The *Camellia sinensis* plant is the origin of different teas consumed in the world (white, green, yellow, oolong, black and pu-ehr); which are classified according to the degree of oxidation of their bioactive compounds. The sensory (flavor, aroma and mouthfeel of the beverage) and functional properties of tea are influenced by the content of methylxanthines (caffeine and theobromine), amino acids (L-theanine) and reducing sugars among its components. On the other hand, flavan-3-ols, mainly characterized by epicatechin, catechin and their derivatives, represent on average 60% of the bioactive compounds of green tea. The secondary metabolites of the tea plant are widely recognized for their anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory effects; as well as for other biological activities such as hypoglycemic, lipid-lowering, anti-obesity, anti-bacterial, anti-allergic, immunostimulant and gastroprotective. Therefore, *Camellia sinensis* extracts and their isolated compounds are increasingly exploited by the food and pharmaceutical industry. However, its bioactive substances are very sensitive to oxidation and degradation induced by the gastrointestinal digestion process, under physiological conditions. Hence the need for further extensive studies on the plant.

Key word : *Camellia sinensis*, bioactive compounds, biological activities, secondary metabolites, catechin, caffeine.