

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et  
De la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane Mira – BEJAIA-



Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : Génie Alimentaire

Thème

*Étude de quelques propriétés biologiques du thé vert aromatisé*

Soutenu le : 10/10/2021

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup> MOUZAOUI Wissam

**Devant le jury :**

M <sup>me</sup> Smail, L.	Présidente
M <sup>me</sup> Arkoub, L.	Examinatrice
M <sup>me</sup> Bey, Z.	Promotrice

*Année universitaire 2020/2021*



# Remerciements

Mes sincères remerciements à Dieu le tout puissant pour le courage, la force, la volonté, la persévérance, et la santé qu'il m'a données afin de réaliser ce mémoire.

Je tiens à remercier du fond du cœur mes parents qui ont toujours été là pour moi et qui ont su me donner une bonne éducation qui m'a permis d'arriver à ce stade d'études. Je remercie mes sœurs et frères pour leurs encouragements.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice, **Madame BEY**. Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté de lire et évaluer le travail.

Je remercie mes amies qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien incondtionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

Je remercie également l'équipe pédagogique de l'université de Bejaïa, les responsables de ma formation pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci et en particulier **M<sup>me</sup> ADRAR**, l'ingénieur du labo 3, **M<sup>me</sup> KHELFOUNI** et **M<sup>me</sup> AMRANI** pour leur aide et leurs soutiens.

Enfin, je remercie tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

A tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

*Wissem*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux être les plus chers à nos cœurs :*

*A mon très cher père, source de vie, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé ;*

*A ma très chère mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices ;*

*A mes chers frères Racim et Amer et sœurs El khenssa et Siham, qui m'avez toujours soutenu et encourager durant ces années d'études ;*

*A mes meilleurs amies Sabrina, Assia, Tikou et Kami pour leurs aides et support dans les moments difficiles ;*

*A toute la famille ;*

*A mon encadrante, Madame BEY pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils ;*

*A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail de près ou de loin ;*

*A vous cher lecteur.*

*wissam*

## Abbréviations

FAOSTAT :	Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
FAO :	Food and Agriculture Organization
EGCG :	Epigallocatechine gallate
FRAP :	Capacité de Réduction Ferrique du Plasma
EC :	Epicatechine
DPPH :	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
MCV :	Maladies Cardiovasculaires
LDL :	Low Density Lipoprotein (Lipoprotéine de basse densité)
ECG :	Epicatechine gallate
EGC :	Epigallocatechine
SOD :	Superoxyde Dismutase
A/H <sub>1</sub> N <sub>1</sub> :	Virus de la grippe A/ Hémagglutinine de type 1 et la neuramindase type 1
A/H <sub>3</sub> N <sub>2</sub> :	Virus de la grippe A/ Hémagglutinine de type 3 et la neuramindase type 2
BHA :	Butyle hydroxyle anisole
<i>E.coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
SA :	Star anis (étoile anis)
BHV :	Herpès-virus Bovin de type 1
IL-1 :	Interleukine 1
TNF- $\alpha$ :	Facteur de nécrose tumorale $\alpha$

IL-8 :	Interleukine 8
ROS :	Reactive Oxygen Species (espèces réactives oxygénés)
RNS :	Reactive Nitrogen Species (espèces réactive de l'azote)
NADPH :	Nicotinamide adénine di-nucléotide phosphate
CAT :	Catalase
GPx :	Glutathion Peroxydase
GR :	Glutathion Réductase
GSH :	Glutathion
HSV :	Herpès Simplex Virus
$\lambda$ :	Lambda (longueur d'onde)
<i>SARM</i> :	<i>Methicillin Resistant Staphylococcus aureus</i>
MH :	Muller Hinton
mg EC :	milligramme équivalent catéchine
mg Eq CAT :	milligramme équivalent catéchine
TSST-1 :	Toxine Superantigénique du Syndrome de choc Toxique

## Liste des figures

<b>Figure 1 : Théier ou <i>Camellia sinensis</i></b> .....	4
<b>Figure 2 : La plante <i>Camellia sinensis</i></b> .....	5
<b>Figure 3 : Thé blanc</b> .....	7
<b>Figure 4 : Thé vert</b> .....	7
<b>Figure 5 : Thé oolong</b> .....	8
<b>Figure 6 : Thé noir</b> .....	8
<b>Figure 7 : Schématisation du processus de fabrication des différents types de thé</b> .....	10
<b>Figure 8 : Une illustration schématique du potentiel antimicrobien des phénols naturels à base de thé vert (acide caféique et acide gallique)</b> .....	19
<b>Figure 9 : Thé aromatisé</b> .....	17
<b>Figure 10 : <i>Artimisia herba-alba</i> Asso</b> .....	18
<b>Figure 11 : Ecorce et poudre de cannelle</b> .....	20
<b>Figure 12 : Les boutons de clou de girofle secs</b> .....	21
<b>Figure 13 : Etoile anis</b> .....	24
<b>Figure 14 : Les rhizomes frais de la plante <i>zingiber officinalis</i></b> .....	26
<b>Figure 15 : <i>Menthe arvensis</i></b> .....	28
<b>Figure 16 : Thé vert et différentes épices utilisés</b> .....	30
<b>Figure 17 : Différentes étapes de préparation des extraits</b> .....	30
<b>Figure 18 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH</b> .....	32
<b>Figure 19 : Différentes souches testées</b> .....	33

**Figure 20** : *Escherichia coli* ..... 34

**Figure 21** : *Souche de SARM en micros* ..... 35

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I :</b> Classification de <i>camellia sinensis</i> .....	3
<b>Tableau II :</b> Production mondiale de thé .....	5
<b>Tableau III :</b> Les grands pays producteurs de thé (2014-2018) .....	6
<b>Tableau IV :</b> Les différences entre les thés verts et noirs .....	9
<b>Tableau V :</b> Composition chimique des feuilles de thé vert .....	13
<b>Tableau VI :</b> Classification botanique de l'armoise .....	18
<b>Tableau VII :</b> Composition chimique des huiles essentielles de l'armoise .....	19
<b>Tableau VIII:</b> Classification botanique de la cannelle .....	20
<b>Tableau IX :</b> Classification botanique de clou de girofle .....	22
<b>Tableau X :</b> Classification botanique d'étoile anis .....	24
<b>Tableau XI :</b> Composition chimique des huiles essentielles d'anis étoilé .....	24
<b>Tableau XII :</b> Classification botanique du gingembre .....	26
<b>Tableau XIII :</b> Classification botanique de la menthe .....	28
<b>Tableau XIV :</b> Composition chimique des huiles essentielles de <i>mentha avensis</i> .....	29
<b>Tableau XV :</b> Teneurs en polyphénols des différents échantillons analysés .....	38
<b>Tableau XVI :</b> Teneur en polyphénols de quelques épices obtenus dans différentes études .....	39
<b>Tableau XVII:</b> Teneurs en flavonoïdes pour chaque échantillon .....	40
<b>Tableau XVIII:</b> Teneur en flavonoïdes obtenus dans différentes études .....	41
<b>Tableau XIX:</b> Résultats obtenus pour le test de DPPH des différents extraits .....	42

**Tableau XX:** Pourcentage d'inhibition du thé vert et quelques épices obtenus par différents études.....44

**Tableau XXI :** Diamètres des zones d'inhibition en mm de chaque extrait de thé et la sensibilité de chaque souche .....45

**Tableau XXII :** Diamètre d'inhibition de quelques épices obtenus par différentes études .....48

# *Table des matières*

*Remerciement*

*Dédicace*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

*Abréviations*

**Introduction générale .....1**

## **Chapitre I : Généralités sur le thé et les épices**

I.1. Histoire et l'origine de thé .....	3
I.2. Classification systématique .....	3
I.3. Description botanique .....	4
I.4. La production et la consommation mondiale de thé .....	5
I.5. Les différents types de thé .....	6
I.5.1. Thé blanc .....	7
I.5.1. Thé vert .....	7
I.5.3. Thé oolong .....	8
I.5.4. Thé noir .....	8
I.6. Les procédés de fabrication du thé .....	9
I.6.1. La cueillette .....	10
I.6.2. Fletrissement .....	11
I.6.3. Roulage .....	11
I.6.4. Oxydation .....	11
I.6.5. Séchage .....	12
I.6.6. Classement ou triage .....	12

I.7. La composition des feuilles de thé vert .....	12
I.8. Les propriétés biologique du thé vert .....	13
I.8.1. Activité anti-oxydante .....	13
I.8.2. Effet anticancéreux ou chimio-préventive .....	14
I.8.3. Effet antidiabétique .....	14
I.8.4. Prévention des maladies cardiovasculaires .....	15
I.8.5. Effet antimicrobien .....	15
I.8.6. Effet antiviral .....	16
I.9. Epices .....	17
I.9.1. Armoise .....	17
I.9.1.1. Classification botanique .....	18
I.9.1.2. Composition chimique .....	19
I.9.2. Cannelle .....	19
I.9.2.1. Classification botanique .....	20
I.9.2.2. Activités biologiques .....	20
I.9.2.2.1. Activité anti-oxydante .....	20
I.9.2.2.2. Activité antibactériennes .....	21
I.9.3. Clou de girofle .....	21
I.9.3.1. Classification botanique .....	22
I.9.3.2. Composition chimique .....	22
I.9.3.3. Activités biologiques .....	22
I.9.3.3.1. Activité anti-oxydante .....	22
I.9.3.3.2. Activité anti-inflammatoire .....	23
I.9.3.3.3. Activité antimicrobienne .....	23
I.9.4. Etoile anis .....	23
I.9.4.1. Classification botanique .....	24

I.9.4.2. Composition chimique .....	24
I.9.4.3. Utilisation médicinale .....	25
I.9.5. Gingembre .....	25
I.9.5.1. Classification botanique .....	26
I.9.5.2. Composition chimique .....	26
I.9.5.3. Activités biologiques .....	27
I.9.5.3.1. Activité anti-oxydante .....	27
I.9.5.3.2. Activité anti-inflammatoire .....	27
I.9.5.3.3. Activité antibactérienne .....	27
I.9.6. Menthe .....	28
I.9.6.1. Classification botanique .....	28
I.9.6.2. Composition chimique .....	29

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

1. Matière végétale .....	30
2. Préparation des échantillons .....	30
3. Dosage des polyphénols .....	31
• Principe .....	31
• Méthode .....	31
4. Dosage des flavonoïdes .....	31
5. Activité anti-oxydante par la réduction du radical DPPH .....	32
• Principe .....	32
• Méthode .....	32
6. Activité antibactérienne .....	33
6.1. Les souches testées .....	33
• Choix des souches .....	33
6.2. Caractéristiques des souches testées .....	33
6.2.1. <i>Escherichia coli</i> .....	33
6.2.2. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	34
6.3. Principe .....	35

6.4. Méthode .....	35
7. Etude statistique .....	37

### **Chapitre III : Résultats et Discussion**

1. Teneur en polyphénols .....	38
2. Teneur en flavonoïdes .....	40
3. Activité anti-oxydante .....	42
4. Activité antibactérienne .....	45

<b>Conclusion .....</b>	<b>50</b>
-------------------------	-----------

*Références bibliographiques*

*Annexe*

*Résumé*

# Introduction générale

# Introduction générale

---

L'homme s'est toujours intéressé aux plantes, qui ont constitué pour lui une source de nourriture, voir un moyen de guérir ses maladies (plantes médicinales) (**Wichtl et Anton, 1999**).

La nature est toujours un signe d'or pour montrer les phénomènes proéminents de la coexistence. Les produits naturels issus de plantes, d'animaux et de minéraux sont à la base du traitement des maladies humaines. Les plantes médicinales sont actuellement en demande et leur acceptation augmente progressivement. Sans aucun doute, les plantes jouent un rôle important en fournissant des services essentiels dans les écosystèmes. Sans plantes, les humains et les autres organismes vivants ne peuvent pas vivre comme la vie devrait l'être.

Les plantes médicinales ont formé la base des soins de santé dans le monde depuis des milliers d'années, encore largement utilisées, et continueront de fournir l'humanité avec de nouveaux remèdes (**Ahmad et al., 2006 ; Gurib-Fakim, 2006**). La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme (**Iserin, 2001**).

La phytothérapie est une ancienne discipline médicale. Elle a été utilisée sur toute la planète. Mais aussi une médecine actuelle. Cette médecine traditionnelle basée sur l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement de nombreuses maladies, continue à être utilisée.

Le thé est connu depuis plusieurs millénaires, en particulier dans les populations asiatiques qui lui attribuent des propriétés médicinales. Après l'eau, le thé est la boisson la plus populaire dans le monde, il est consommé en raison de sa saveur, ses caractéristiques aromatiques et effets bénéfiques pour la santé. Il existe plusieurs types de thé, leur composition qualitative et quantitative dépend notamment du mode de fabrication et du type de culture.

Le thé vert est considéré comme un agent antioxydant très puissant grâce à sa richesse en polyphénols qui peuvent neutraliser les espèces réactives générées lors du stress oxydatif (**Zbadi et al., 2018**).

C'est l'oxydation et la fermentation du thé qui déterminent sa couleur et son goût plus ou moins puissant. Actuellement, le thé vert est le plus réputé, notamment pour ses bénéfices pour la santé. En effet, il conserve toutes ses vertus car il subit moins de transformation que les autres sortes de thé.

## Introduction générale

---

Ce travail consiste à étudier l'effet de l'addition de quelques épices sur le thé vert et sur ses activités biologiques par l'évaluation de l'activité anti-oxydante et antibactérienne des extraits de thé aromatisé. Dans ce cadre, ce travail est subdivisé en deux parties principales :

- ✓ La première partie concerne une synthèse bibliographique partagée en deux chapitres, le premier illustre l'histoire et l'origine, la description botanique, la composition chimique et les activités biologiques du thé vert. le deuxième chapitre traite le stress oxydatif, les antioxydants et les radicaux libres.
- ✓ La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale et comprend deux parties : Matériels et méthodes où nous avons détaillés la préparation des extraits, les principes et les dosages des polyphénols, les tanins, les flavonoïdes et l'évaluation de l'activité anti-oxydante et antibactérienne. la deuxième partie présente les résultats et discussion. Enfin nous terminerons le travail par une conclusion.

# Chapitre I

## Généralité sur le thé et épices

**I.1.Histoire et l'origine de thé :**

On pense que le thé à été accidentellement découvert par un roi chinois, Shen Tong, dans près de 3000 A.JC (**Lu, 1995 ; Shouy, 1982**). Une autre légende, originaire d'inde, affirme que le thé à été cultivé à l'origine en Inde et qu'avec la propagation du Bouddhisme (par l'intermédiaire du prince Siddhartha, également connu sous le nom de Bouddha), il à été amené en chine, en Corée et au japon.

Malgré l'incertitude entourant l'histoire de la consommation de thé, la première description de l'encyclopédie à été résumée ailleurs (**Ukers, 1935**). Selon l'encyclopédie, l'inde et la chine sont actuellement considérées comme le berceau du thé. La Turquie à été la première à introduire le thé (près de 600 après J.C) vers l'ouest. Plus tard, la chine est entrée sur le marché du thé et pendant la dynastie song (960J.C) a commencé à exporter du thé. A partir d'environ 1200 après J.C, les néerlandais et les britanniques ont établi le commerce du thé entre l'Europe et la chine. Finalement, la domination chinoise de l'exportation de thé à pris fin vers 1860 après J.C, lorsque les britanniques ont commencé une culture planifiée de thé au sri Lanka et en Inde, spécifiquement pour l'exportation vers les pays Européens.

Aujourd'hui, plus de 25 pays produisent différents types de thés non seulement pour le simple plaisir de consommer une boisson relaxante, mais aussi pour les bienfaits pour la santé dus à une connaissance et une prise de conscience croissante de la confirmation scientifique de leurs bienfaits pour la santé (**Cabrera et al., 2006**).

**I.2. Classification systématique :**

La classification selon Cronquist établie en 1981 est la suivante :

**Tableau I :** Classification de *Camellia sinensis*

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Ordre</b>	<i>Theales</i>
<b>Famille</b>	<i>Theaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Camellia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Sinensis</i>



**Figure 1 :** Théier ou *camellia sinensis* (Anonyme I)

### **I.3. Description Botanique :**

Il existe deux variétés (espèce) principales, la variété *sinensis* (de Chine) utilisée plus particulièrement pour la production de thés verts avec des feuilles petites et vert olive et la variété *assamica* (d'Assam) utilisée pour les thés noirs 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 1.50 mètre afin de faciliter la cueillette de ses feuilles (Fillon, 2014), il possède un système racinaire pivotant et une durée de vie moyenne de 50 ans (Marcel, 2002). Ses feuilles persistantes sont isolées, alternes et d'une couleur vert foncé brillante. Leurs tailles sont de 5 à 14 cm de longueur sur 1.9 à 5 cm de largeur.

Les fleurs de théier sont petites blanches à jaune clair, solitaires ou groupées (Samy, 2010). Le fruit est une capsule loculicide, les graines sont assez peu nombreuses, souvent aplaties ou ailées. (Namita *et al.*, 2012).



**Figure 2 :** La plante *Camellia sinensis* (Ashida et al., 2004)

#### I.4. La production et la consommation mondiale de thé :

Le principal pays producteur est la Chine suivie par l'Inde, le Kenya, le Sri Lanka, le Vietnam et la Turquie, ces six pays produisant plus de 200000 tonne/an. La production de thé se fait essentiellement en Asie (83.4%), sinon l'Afrique représente (12.3%) de la production de thé mondiale, l'Amérique (2.2%) tandis que l'Europe (1.9%) et l'Océanie (0.2%) ne produisant que marginalement du thé.

La production mondiale du thé a augmenté pour atteindre 6497443 de tonne en 2019 (Tableau I.2)

**Tableau II :** Production mondiale de thé (2014-2019) (FAOSTAT, 2021)

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Production mondiale (tonne)</b>	5493989	5761926	5802728	599462	6326897	6497443

La Chine demeure le plus grand pays producteurs de thé, représentant 43.2% du total mondial avec une production de 2.6 millions de tonnes en 2018. Elle était le deuxième exportateur, atteignant 360.7 milliers de tonnes.

Pour l'Inde, l'industrie du thé est indispensable. Selon les estimations du groupe intergouvernemental de la FAO sur le thé, le secteur du thé est le deuxième employeur en Inde. Elle est le deuxième producteur de thé et le deuxième consommateur, représentant près de 20% de la consommation mondiale. Bien qu'une grande partie de la production soit destinée à la consommation intérieure, l'Inde est le quatrième exportateur, avec 256.1 milliers de tonnes en 2018.

Le Sri Lanka est le cinquième producteur de thé mais le troisième exportateur mondial, avec 282.4 milliers de tonnes en 2018.

**Tableau III : les grands pays producteurs de thé en 2018 (FAOSTAT, 2018)**

Pays	Production (en tonne)
Chine	2626438
Inde	1338630
Kenya	492990
Sri Lanka	303840
Viet Nam	270000
Turkey	270000

La consommation de thé a augmenté très vite en Chine, en Inde et dans les autres pays émergents. Une situation qui s'explique par des revenus plus élevés et par les efforts déployés en vue de diversifier la production et d'inclure des spécialités (<https://www.fao.org>)

### I.5. Les différents types du thé :

Le thé peut être globalement classé en trois types principaux, en fonction du niveau de fermentation qui a lieu pendant le traitement : le thé vert non fermenté, le thé oolong étant semi-fermenté et le thé noir entièrement fermenté (Senanayake, 2013). Les théés verts, noirs et oolong sont tous issus des feuilles de la plante *Camellia sinensis*. Outre la distinction entre les variétés de thé, la principale différence entre ces types de théés est la méthode de traitement.

**I.5.1. Thé blanc :**

Les bourgeons et les jeunes feuilles de thé sont récoltés peu de temps avant que les bourgeons se soient complètement ouverts. Ensuite, les feuilles sont cuites à la vapeur et séchées avec un minimum de traitement. Pour cette raison, le thé blanc conserve les plus hauts niveaux d'antioxydants et les plus faibles niveaux de caféine que tout autre thé de la plante *C.sinensis* (vert, noir ou oolong) (Sharangi, 2009).



*Figure 3 : Thé blanc (Anonyme II)*

**I.5.2. Thé vert :**

Il est préparé à partir de feuilles non fermentées par rapport aux feuilles de thé oolong qui sont partiellement fermentées et de thé noir qui sont entièrement fermentées. Le thé vert est riche en variétés de produits chimiques bénéfiques avec un maximum d'effets positifs sur les êtres humains (Sharangi, 2009).



*Figure 4 : Thé vert (Anonyme III)*

### I.5.3. Thé Oolong :

Le thé Oolong est un thé partiellement fermenté et possède les caractéristiques de saveur et de santé des thés verts et noirs. Il contient un nombre élevé d'antioxydants, qui protège les cellules saines de la peau et le processus de vieillissement ralentit (Sharangi, 2009).



*Figure 5 : Thé oolong (Anonyme IV)*

### I.5.4. Thé noir :

Il représente environ 72% de la production mondiale totale de thé. Alors que la plupart des antioxydants EGCG sont oxydés pendant le processus de fermentation, le thé noir conserve un nombre élevé de polyphénols antioxydants tels que les flavonoïdes. Ces antioxydants aident à débarrasser le corps des toxines nocives (Sharangi, 2009).



*Figure 6 : Thé noir (Anonyme V)*

**Tableau IV:** les différences entre les thés verts et noirs **source :** <http://www.green-tea-benefit.com>

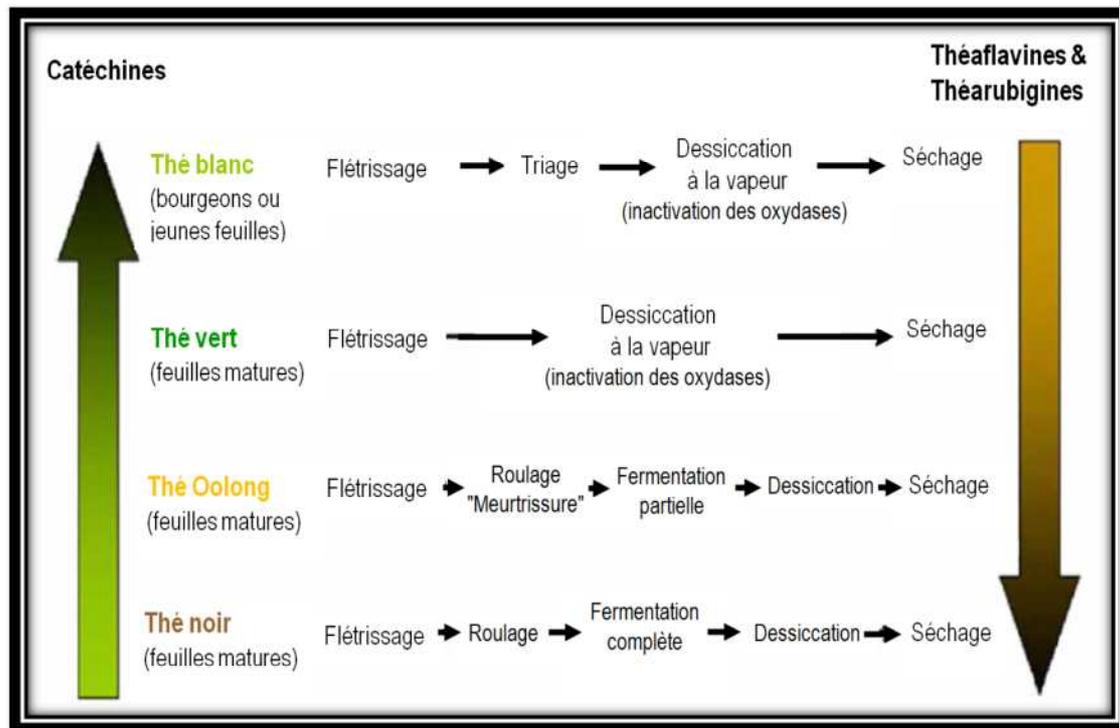
	<b>Thé vert</b>	<b>Thé noir</b>
<b>Traitement</b>	Court, pas de fermentation	Fermentation plus longue
<b>Couleur</b>	Vert ou jaune	Rouge ou noir
<b>Goût</b>	Doux après amer	Saveur distincte, peut ajouter du sucre et/ou du lait
<b>Antioxydants</b>	En général, plus de polyphénols	Plus de flavonoïdes
<b>Caféine</b>	Moins	Plus
<b>Qualité</b>	Mieux frais	Dépend des emplacements produits
<b>Avantages pour la santé</b>	Plus en général, peut irriter l'estomac vide	Système cardiovasculaire

### I.6. Les procédés de fabrication du thé :

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 (**Cnuced, 2016**).

La principale différence entre les différents thés réside dans le mode de préparation de ceux-ci, qui aura une influence sur le contenu qualitatif et quantitatif en polyphénols. Selon le procédé de fabrication, les thés sont classés en trois types : non-fermenté (thé vert), partiellement fermenté (thé oolong) ou fermenté (thé noir) (**Morin, 2015**).

Les différentes méthodes de fabrication de chacun des thés sont présentées dans la **Figure 7**.



**Figure 7 :** Schématisation du processus de fabrication des différents types de thé (Cooper, 2012)

### I.6.1. La cueillette :

Comme son nom l'indique, la cueillette est le processus utilisé pour extraire les feuilles du théier. La façon dont une personne cueille les feuilles joue un rôle important dans le goût et les arômes du thé obtenu. Dans sa forme la plus simple, la cueillette déclenche un buisson de thé pour produire une sève sucrée (une collection de produits chimiques qui sont responsables du goût et de l'arôme uniques du thé (Joseph, 2016).

Une fois la production de thé est commencée, les plantes seront cueillies en continu pendant la majeure partie de l'année. Ceci est fait non seulement pour récolter plus de feuilles mais aussi pour empêcher les théiers de fleurir. Dès que les théiers fleurissent, ils dirigent leur énergie vers le maintien de la fleur, forçant les feuilles à entrer en hibernation, une étape au cours de laquelle les feuilles deviennent dures et cassantes. Cependant, si un buisson ou un arbre est cueilli de manière trop agressive, le producteur de thé peut gravement endommager la plante ou la tuer. Un producteur de thé doit équilibrer ses besoins de promotion de thés avec le besoin de croissance de la plante (Joseph, 2016).

**I.6.2. Flétrissement (ou flétrissage) :**

Les feuilles et les bourgeons frais et verts sont adoucis par le flétrissement. Les feuilles sont placées sur des étagères dans une grande pièce chauffée, ou parfois simplement séchées à l'aire au soleil. Le but du flétrissement est double :

Tout d'abord, une réaction biochimique se produit lorsque l'amidon de la feuille commence à se convertir en sucre. Le deuxième changement est physique, car la teneur en humidité des feuilles diminue de 50 à 80 pourcent. Le résultat est une feuille souple et flexible qui peut être enroulée sans se casser.

Le flétrissement peut durer de dix à vingt-quatre heures et lorsque le thé sera traité, dure quatre ou cinq heures environ. Sans flétrissement, les feuilles de thé produisent un goût désagréable et amer. La teneur en humidité souhaitée varie d'une région de croissance à l'autre et dépend des caractéristiques des feuilles poussant dans une région particulière. Par exemple, les maîtres du thé de la région de l'Assam en Inde préfèrent un flétrissage doux, avec une teneur en humidité comprise entre 65 et 75%. Au Sri Lanka, les maîtres du thé préfèrent un garrot dur (une feuille plus sèche), entre 50 et 60 % d'humidité (**Martin, 2007**).

**I.6.3. Roulage :**

Après le flétrissement, les feuilles sont roulées, soit à la machine, soit (de plus en plus rare) à la main. Cela sert à tordre les feuilles et à les écraser, libèrent la sève et l'exposant à l'oxygène, ce qui stimule la fermentation. Dans certaines usines de transformation du thé, les feuilles roulées sont ensuite tamisées à travers différentes qualités de tamisage pour les trier par taille. Les plus grosses particules de feuilles peuvent être enroulées une deuxième ou une troisième fois pour les tordre et les casser suffisamment pour l'étape suivante. Le roulage prend environ deux heures (**Martin, 2007**).

**I.6.4. Oxydation :**

C'est la partie la plus importante de la procédure de traitement car c'est au cours de cette étape que la saveur et la valeur du thé sont déterminées. L'étape d'oxydation (fermentation) joue également le plus grand rôle dans la création de différentes catégories de thé. Par exemple, le thé noir est entièrement oxydé, tandis que les thés verts et blancs ne sont pas du tout oxydés (**Martin, 2007**).

**I.6.5. Séchage (ou dessiccation) :**

Tous les thés passent par un processus de séchage dans lequel la teneur en humidité de la feuille est réduite à moins de 4-5%. Le séchage arrête non seulement toutes les réactions enzymatiques (processus d'oxydation) mais il élimine également l'humidité de la feuille de sorte que la feuille est «stable à la conservation».

Les feuilles oxydées sont séchées à l'air chaud dans un grand séchoir et sur un tapis roulant, à des températures comprises entre 85 et 88 C° (185 à 190.4 F°). Cela permet d'arrêter rapidement le processus de fermentation et les feuilles cuivrées prennent le brun foncé ou le noir caractéristique. Le temps de séchage est également critique car si les feuilles retiennent trop d'humidité (plus de 12%), elles sont sujettes à la moisissure. S'elles sont autorisés à trop sécher (moins de 2 à 3% d'humidité), elles produisent du thé qui a un goût brûlé ou sans saveur (**Martin, 2007**).

**I.6.6. Classement ou triage :**

Les feuilles de thé séchées sont séparées en différentes qualités de feuilles, en fonction de la taille des particules de feuilles. Les différentes catégories comprennent les feuilles entières, les feuilles cassées, les fanons et la poussière.

En général, la feuille entière (qui comprend les pointes et les bourgeons tendres) produit le thé de la meilleure qualité, tandis que les fanages et la poussière sont généralement utilisés pour fabriquer les thés à infusion rapide les plus souvent utilisés dans les sachets de thé (**Martin, 2007**).

**I.7. La composition des feuilles du thé vert :**

Le goût et la composition chimique du thé sont considérablement affectés par la transformation du thé, la maturation des feuilles, les variétés botaniques, l'origine géographique et les pratiques agricoles (**Elvira Gonzalez et al., 2009**). Différents thés contiennent différents composés bioactifs avec différents avantages potentiels pour la santé.

Les feuilles de thé fraîches contiennent en règle générale 36% de composés polyphénoliques. Les éléments constitutifs de la paroi cellulaire représentent environ 45% de la matière sèche des feuilles de thé (**Nkhili, 2009**).

**Tableau V : Composition chimique des feuilles du thé vert (Sinija & Mishra, 2008)**

Constituants	Pourcentage (% de feuilles sèches)
Polyphénols	37
Glucides	25
Caféine	3.5
Protéine	15
Acides aminés	4
Lignine	6.5
Acides organiques	1.5
Lipides	2
Cendres	5
Chlorophylle	0.5

## I.8. Les propriétés biologiques du thé :

### I.8.1. Activité anti-oxydante :

Le thé vert est riche en antioxydants, ces derniers sont connus comme des piègeurs de radicaux hydroxyles libres, de pyroxyles radicaux, des ions superoxydes, etc.

Les polyphénols, principalement les flavonoïdes présents dans le thé, sont des antioxydants bien documentés. Le déséquilibre entre les espèces réactives de l'oxygène et les antioxydants entraîne un stress oxydatif, responsable des dommages cellulaires. Les catéchines présents dans le thé vert augmentent l'activité de superoxyde dismutase sérique et l'enzyme de l'aorte catalase et ont un rôle protecteur contre le stress réactif de l'oxygène. Son absorption réduit également le taux de malondialdéhyde, un marqueur du stress oxydatif. Les flavonols de thé vert présentent une activité anti-oxydante remarquable, comme le révèlent divers tests tels que la capacité de réduction ferrique du plasma (FRAP) et le dosage de piégeage du 2,2-diphényl-1-picryldrazyle. Il a également été observé qu'il existe une corrélation linéaire entre la capacité anti-oxydante du thé vert, sa teneur en solide, et ses effets antioxydants, ont été observés chez des volontaires humains dans une étude croisée randomisée (**Pecorari et al., 2010**). Les noyaux aromatiques et les groupes hydroxyles des polyphénols contribuent principalement à l'action anti oxydante en neutralisant les radicaux libres lipidiques.

Les groupes hydroxyle et carboxyle des polyphénols peuvent se lier au cuivre et au fer (Michalak, 2011). Plusieurs chercheurs ont rapporté que les catéchines et les polyphénols présents dans le thé vert sont des bons donneurs d'électrons et peuvent également piéger les radicaux libres associés. Les catéchines inhibent les enzymes pro-oxydantes et favorisent les enzymes anti oxydantes (Velayutham *et al.*, 2008). L'étude à également révélé qu'une (+) catéchine peut piéger 4 molécules de radicaux libres lipidiques (Koketsu *et al.*, 1997) il à été prouvé que l'épi-catéchine (EC) élimine les radicaux superoxydes et les radicaux DPPH.

Les propriétés anti oxydantes des différents thés ont été étudiées, et il a été constaté que le thé vert possède l'effet antioxydant maximal suivi du thé oolong par rapport au thé noir.

### **I.8.2. Effet anticancéreux ou Chimio-préventive :**

Des études scientifiques suggèrent que le gallate d'épigallocatechine (EGCG), les principaux polyphénols du thé ainsi que d'autre polyphénols, ont des propriétés anti-inflammatoires et anticancéreuses qui peuvent aider à prévenir l'apparition et la croissance de tumeurs cutanées (Katiyar *et al.*, 2000). Le thé d'Okinawa (similaire au thé vert maos partiellement fermenté) était associé à une diminution du risque de cancer du poumon, en particulier chez les femmes. Les chercheurs ont découvert que les femmes qui consommaient le plus de thé vert étaient celles qui avaient le moins de propagation du cancer (en particulier les femmes préménopausées avec un cancer de sein à un stade précoce).

Cependant, les femmes présentant des stades avancés de cancer de sein ont connu peu ou pas d'amélioration après avoir bu du thé vert (Sharangi, 2009).

### **I.8.3. Effet antidiabétique :**

Dans le diabète de type II, qui est un trouble hétérogène, il existe une résistance du métabolisme du glucose et des lipides dans les tissus périphériques à l'activité biologique de l'insuline et la sécrétion d'insuline par les cellules  $\beta$  pancréatiques est insuffisante. Dans une étude sur l'administration de polyphénols de thé vert (500mg/Kg) à des rats normaux, il y avait une augmentation significative de la tolérance au glucose à 60 minutes. Les taux de glucose dans le sérum ont également été réduits chez les rats diabétiques à l'alloxan à une dose de 100mg/Kg. Pendant 15 jours d'administration continue de l'extrait de thé vert à 50 ou 100mg/Kg par jour, il a produit une réduction de 29% et 44%, respectivement, de la glycémie élevée produite par l'administration d'alloxan (Sabu *et al.*, 2002).

Le thé vert améliore le métabolisme des lipides et du glucose, empêche l'augmentation soudaine de la glycémie et équilibre notre taux métabolique. Les effets du thé sur le diabète ont fait l'objet d'une attention croissante. Les catéchines du thé, en particulier l'EGCG, semblent avoir des effets antidiabétiques (**Kao *et al.*, 2006**).

#### **I.8.4. Prévention des maladies cardiovasculaires :**

La maladie cardiovasculaire (MCV) est une maladie complexe impliquant plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs figurent l'inflammation, le stress oxydatif, l'agrégation plaquettaire et le métabolisme lipidique. Certains de ces facteurs sont également impliqués dans d'autres processus pathologiques. Il y a eu un certain nombre d'études au fil des années évaluant la consommation de thé vert en ce qui concerne le risque de maladies cardiovasculaires (**Reygaert, 2017**).

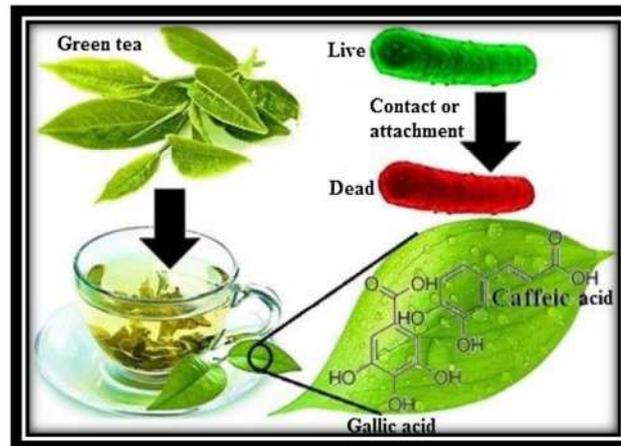
La consommation de thé vert est associée à un risque plus faible de maladie cardiaque et d'accident vasculaire cérébral. Une recherche publiée par Harvard démontre que les personnes qui boivent au moins une tasse de thé par jour ont un risque de crise cardiaque inférieur à 44%. Le thé vert augmente également et considérablement la capacité antioxydante du sang, qui protège les particules de cholestérol LDL de l'oxydation, qui est une partie de la voie vers les maladies cardiaques (**Vishnoi *et al.*, 2018**).

Les femmes qui consommaient cinq tasses ou plus par jour avaient moins 31% de risque de mourir d'une maladie cardiovasculaire et d'un accident vasculaire cérébral (**Kuriyama *et al.*, 2006**).

#### **I.8.5. Effet antimicrobien :**

De nombreuses recherches ont été effectuées pour évaluer la portée antimicrobienne des catéchines du thé vert. Les organismes affectés par le thé vert comprennent un grand nombre de bactéries aérobies à Gram négatif et à Gram positif, des bactéries anaérobies, des virus, des champignons et au moins un parasite (**Vishnoi *et al.*, 2018**).

Parmi les mécanismes antimicrobiens attribués au thé vert, on peut citer : les dommages à la membrane cellulaire bactérienne, l'inhibition de la synthèse bactérienne des acides gras, l'inhibition d'autres enzymes (par exemple, la protéine tyrosin Kinas, les cystéines protéinase, ADN gyrase, ATP synthase) et inhibition de l'activité de la pompe d'efflux (**Reygaert, 2014**).



**Figure 8 :** Illustration schématique du potentiel antibactérien des phénols naturels à base de thé vert (acide caféique et acide gallique) (Muhammad *et al.*, 2017)

#### **I.8.6. Effet antiviral :**

L'EGCG et l'ECG se sont avérés être de puissants inhibiteurs de la réplication du virus de la grippe en culture cellulaire. Cet effet a été observé tous les sous-types de virus de la grippe testés, y compris les virus A/H<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, A/H<sub>3</sub>N<sub>2</sub> et B. L'analyse quantitative a révélé qu'à une concentration élevée, l'EGCG et l'ECG supprimaient également la synthèse de l'ARN viral dans les cellules, alors que l'EGC ne présentait pas un effet similaire. De même, l'EGCG et l'ECG ont inhibé l'activité de la neuraminidase plus efficacement que l'EGC. La neuraminidase est une enzyme glycoprotéique antigénique trouvée à la surface du virus de la grippe. La neuraminidase a des fonctions qui contribuent à l'efficacité de la libération de virus par les cellules (Song *et al.*, 2005).

### I.9. Epices :

Le thé aromatisé est un thé dont la saveur a été modifiée par l'adjonction d'arômes comme le jasmin, la bergamote, le chrysanthème. Tous les thé (Blancs, Verts, Oolong et Noirs) peuvent être aromatisés. Les feuilles de thé sont très perméables aux saveurs et odeurs étrangères. Il existe deux méthodes de fabrication du thé aromatisé :

- Pulvériser des huiles essentielles ou des arômes ;
- L'ajout des morceaux de pétales ou de fruits séchés, ou encore des épices.

Les épices font partie intégrante de l'alimentation humaine et sont également utilisées depuis des siècles en médecine traditionnelle (**Rivilin, 2001**). En plus de rehausser la saveur, les herbes et les épices sont connues pour leurs rôles de conservateur, antioxydant et antimicrobien.



**Figure 9 : Thé aromatisé (Anonyme VI)**

#### I.9.1. Armoise :

*Artemisia herba-alba* est une plante herbacée, vivace, de couleur verdâtre-argenté, de 30-50 cm de hauteur avec des tiges ramifiées, rigides et dressées. Les feuilles sont petites, sessiles, pubescentes et à aspect argenté (**Quezel et Santa, 1962**), divisées en languettes fines, blanches et laineuses. Les fleurs sont groupées en grappes, à capitules très petites et ovoïdes de 1,5 à 3 mm de diamètre, de couleur jaune à rougeâtre (**Bezza et al., 2010**). La croissance végétative de la plante a lieu à l'automne (feuilles de grande taille), puis dès la fin de l'hiver et au printemps (feuilles plus petites) (**Akrout, 2004**).

Les racines se présentent sous forme d'une racine principale, ligneuse et épaisse, bien distincte des racines secondaires et qui s'enfonce dans le sol comme un pivot. La racine pénètre profondément jusqu'à 40 à 50 cm et ne se ramifie qu'à cette profondeur (Aidoud, 1983). Les extraits aqueux sont traditionnellement utilisés pour traiter les désordres gastriques, hépatiques, contre certaines formes d'empoisonnement et les maux les plus divers, aussi comme agent anti-tumorales, antispasmodiques, antiseptiques anti-génotoxiques, antidiabétiques et antibactériennes (Mighri *et al.*, 2010).



**Figure 10:** *Artemisia herba-alba* Asso (Anonyme VII)

### I.9.2. Classification botanique :

Classification de Cronquist (1981)

**Tableau VI :** Classification botanique de l'armoise

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Asteridae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Asterales</i>
<b>Famille</b>	<i>Asteraceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Artemisia</i>

## I.2.3. Composition chimique :

*Tableau VII : Composition chimique des huiles essentielles de l'armoise (Bradley, 2006)*

Constituants	Pourcentage (%)
Sabinène	0-8.4
Alpha-pinène	0.1-12.9
Carophyllène	2.5-12.2
Chrysanthenyl acétate	0-23.6
Alpha-thujone	0-12.9
Beta-thujone	0-20.2
Flavonoïdes	0.04
Acide chlorogénique	0.8-1.3
Hydroxycinnamique acides	6-9

## I.9.2. Cannelle :

Le cannelier de Ceylan ou *Cinnamomum verum* est un arbre de la famille des Lauracées, la même famille que le laurier et l'avocatier. Cette espèce tropicale, qui peut atteindre 10 à 15 mètres de hauteur, présente des feuilles persistantes oblongues, lisses et d'un beau vert brillant. Son feuillage est aromatique, mais cet arbre est cultivé pour son écorce parfumée qui donne la cannelle. Ses fleurs, de couleur verdâtre, ont une odeur plutôt désagréable. Ses fruits sont des baies de couleur pourpre en forme de massue.

La cannelle est l'écorce intérieure du cannelier, un arbre ou arbrisseau, originaire des régions tropicales de l'Asie. Pour obtenir l'épice, on prélève l'écorce des branches ou des jeunes pousses et on la met à sécher après l'avoir dépouillée de son épiderme. L'écorce s'enroule sur elle-même en séchant et forme les bâtonnets friables que l'on trouve dans le commerce. On peut également utiliser cette épice sous forme de poudre. La cannelle est une épice connue depuis l'Antiquité, où elle était utilisée pour ses propriétés médicinales ou dans les cérémonies religieuses. Les anciens Égyptiens l'employaient notamment dans le processus de l'embaumement. Les Chinois cultivaient déjà une espèce de cannelier 2 500 ans avant notre ère (Audrey, 2015).



*Figure 11 : Ecorce et poudre de cannelle (Anonyme VIII)*

### I.9.2.1. Classification botanique :

*Tableau VIII: Classification botanique de la cannelle (Wuu-Kuang, 2011)*

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Viridiplantae</i>
<b>Super division</b>	<i>Embryophyta</i>
<b>Division</b>	<i>Tracheophyta</i>
<b>Sous-division</b>	<i>Spermatophytina</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Super ordre</b>	<i>Magnoliales</i>
<b>Famille</b>	<i>Lauraceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Cinnamomum</i>

### I.9.2.2. Activités biologiques :

#### I.9.2.2.1. Activité anti-oxydante :

Le stress oxydatif a été impliqué dans la pathogenèse de nombreuses maladies humaines, l'utilisation d'antioxydants en pharmacologie est largement étudiée (Clark, 2002). Dragland et al. (2003) ont trouvé des concentrations très élevées d'antioxydants (>75mmol/100g) dans l'herbe médicinale cannelle cortex. L'huile de cannelle présentait une activité de type superoxyde dismutase (SOD) mesurée par l'inhibition de l'auto-oxydation du pyrogallol

catalysée par le radical superoxyde (Kim *et al.*, 1995). L'huile essentielle et l'eugénol ont montré des activités très puissantes (Chericoni *et al.*, 2005).

### I.9.2.2 : Activité antibactérienne :

L'huile d'écorce de cannelle ainsi que la cinnamaldehyde et l'eugénol ont montré de puissants effets antibactériens contre *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia Coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella choleraesuis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* (Friedman *et al.*, 2002).

### I.9.3. Clou de girofle :

Les clous de girofle sont des bourgeons aromatiques séchés d'un arbre (*Eugenia caryophyllata* aussi parfois *Syzygium aromaticum*) utilisé comme épice dans pratiquement toute la cuisine du monde. Le clou de girofle est un arbre à feuilles persistantes, qui atteint une hauteur allant de 8 à 12 m, ayant de grandes feuilles carrées et des fleurs sanguines dans de nombreux groupes de grappes terminales. Les boutons floraux sont d'abord de couleur pâle et deviennent progressivement verts, après ils deviennent rouge vif lorsqu'ils sont récoltés. Les clous de girofle sont récoltés lorsqu'ils mesurent 1,5 à 2 cm de longueur et consistent en un long calice se terminant par quatre sépales étalés et quatre pétales non ouverts, qui forment une petite boule au centre (Parle Milind *et al.*, 2011).



*Figure 12 : les boutons de clou de girofle secs (Anonyme IX)*

## I.9.3.1. Classification botanique :

Tableau IX : Classification botanique de clou de girofle (Parle Miland *et al.*, 2011)

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Viridaeplantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Super ordre	<i>Myrtanae</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Sous-ordre	<i>Myrtineae</i>
Famille	<i>Myrtaceae</i>
Genre	<i>Syzygium</i>

## I.9.3.2. Composition chimique :

Le clou de girofle représente l'une des principales sources végétales de composés phénoliques comme les flavonoïdes, les acides hydroxibenzoïques, les acides hydroxicinamiques et l'hydroxiphényl propène. L'eugénol est le principal composé bioactif du clou de girofle, qui se trouve à des concentrations allant de 9381,70 à 14650,00 mg pour 100 g de matière végétale fraîche. En ce qui concerne les acides phénoliques, l'acide gallique est le composé le plus concentré (73,50 mg pour 100 g de poids frais). Cependant, d'autres dérivés de l'acide gallique sous forme de tanins hydrolysables sont présents à des concentrations plus élevées 2375,8 mg/100 g).

## I.9.3.3. Activités biologiques :

## I.9.3.3.1. Activité anti-oxydante :

Le clou de girofle et l'eugénol possèdent une forte activité anti-oxydante, qui est comparable aux activités de l'antioxydant synthétique BHA (Butyrate hydroxyle anisole) et pyrogallol. Le clou de girofle a la plus grande capacité à dégager de l'hydrogène et à réduire la peroxydation des lipides (Parle Milind *et al.*, 2011).

### I.9.3.3.2. Activité anti-inflammatoire :

L'eugénol, le composant principal des huiles volatiles de clou de girofle, fonctionne comme un agent anti-inflammatoire. Le clou de girofle contient également une variété de flavonoïdes, dont le Kaempférol, la rhamnétine et le  $\beta$ -caryophyllène, qui ont également contribué aux propriétés anti-inflammatoires et anti-oxydantes du clou de girofle (**Parle Milind et al., 2011**).

### I.9.3.3.3. Activité antimicrobienne :

Les activités antimicrobiennes du clou de girofle ont été prouvées contre plusieurs bactéries et souche fongiques. **Sofia et al., 2007** ont testé l'activité antimicrobienne de différentes plantes à épices indiennes comme la menthe, la cannelle, la moutard, le gingembre, l'ail et le clou de girofle. Le seul échantillon qui à montré un effet bactéricide complet contre tous les agents pathogènes d'origine alimentaire testés *Escherichia coli* (*E. Coli*), *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus* était l'extrait aqueux de clou de girofle à 3%. A la concentration de 1%, l'extrait de clou de girofle à également montré une bonne action inhibitrice (**Diego et al., 2014**).

### I.9.4. Etoile anis :

Anis étoilé (SA), appartient à la famille des magnoliaceae et est une plante aromatique. Il a une forme d'étoile, et son fruit est un élément très important comme épice dans la cuisine orientale. C'est une plante médicinale très appréciée avec un certain nombre de propriétés médicinales dans des pays comme la chine et le Vietnam, et c'est une épice utilisée par la société.

Plusieurs composés phytochimiques importants sur le plan biologique ont été signalés en Afrique du sud. Il possède également des propriétés antimicrobiennes, antivirales et anti-oxydantes (**George, 2012**).



*Figure 13 : Etoile anis (Anonyme X)*

#### I.9.4.1. Classification botanique :

*Tableau X : Classification botanique d'étoile anis (Mohamad et al., 2019)*

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Austrobaileyales</i>
Famille	<i>Illiciaceae</i>
Genre	<i>Illicium</i>
Espèce	<i>Verum</i>

#### I.9.4.2. Composition chimique :

*Tableau XI: La composition chimique des huiles essentielles de l'anis étoilé (Zhang et al., 2015)*

Composants	Pourcentage %
Trans-anéthole	75.76
p-anisaldéhyde	8.65
Estrogole	4.70
Farnésol	3.26
Limonène	1.01
Linalol	1.44
Caryophyllène	1.03
4-méthoxypropionène	0.72

### I.9.4.3. Utilisation médicinale :

Il a été rapporté que l'anis étoilé a des activités antimicrobiennes, antifongiques et antioxydantes (**Chouksey et al., 2010**). **Padmashree et al. (2007)** ont indiqué que les poudres d'anis étoilé et en particulier leurs extraits éthanol/eau ont un grand potentiel en tant qu'antioxydants naturels. **Abdallah et al. (2013)** ont étudié l'activité antivirale de l'huile d'anis contre le virus de l'herpès bovin de type 1 (BHV-1) en culture cellulaire et ils ont découvert que l'huile d'anis inhibe la croissance et le développement du BHV-1.

**Sung et al. (2012)** ont recommandé l'anis étoilé dans le traitement des maladies inflammatoires. **Bhatti et al. (2017)** ont conclu que l'acide protocatéchique est probablement à l'origine de son action antioxydante. L'huile volatile d'anis étoilé pourrait être appliquée dans différentes industries, comme l'industrie cosmétique, pharmaceutique ou alimentaire. Dans ce dernier, il pourrait remplacer l'antioxydant synthétique utilisé de nos jours afin de surmonter l'influence néfaste des additifs synthétiques sur la santé (**Aly et al., 2016**).

### I.9.5. Gingembre :

Le gingembre (*Zingiber officinale* rosc) appartient à la famille des Zingiberaceae. Il est originaire d'Asie du Sud-est et s'est ensuite répandu dans de nombreuses zones écologiques. Elle est cultivée depuis longtemps comme épice et condiment pour ajouter de la saveur à la cuisine Indienne (**Park et Pizzuto, 2002**).

Le rhizome de gingembre a également été utilisé en phytothérapie orientale traditionnelle. La perspective favorable à la santé du gingembre est souvent attribuée à sa phytochimie riche (**Shukla et Singh, 2007**). Les constituants du gingembre sont nombreux et varient selon le lieu d'origine et la forme des rhizomes par exemple frais ou sec. Le rhizome du gingembre contient plusieurs composants d'intérêt, tels que les glucides, les minéraux, les composés phytochimiques, etc.



*Figure 14 : Les rhizomes frais de la plante Zingiber officinalis (Anonyme XI)*

#### I.9.5.1. Classification botanique :

*Tableau XII : Classification botanique du gingembre (Masood et Tanseef, 2012)*

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Super division</b>	<i>Spematophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Monocotyledons</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Zingiberidae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Zingiberales</i>
<b>Famille</b>	<i>Zingiberaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Zingiber</i>
<b>Espèce</b>	<i>Officinale</i>

#### I.9.5.2. Composition chimique :

Jolad *et al* (2004) ont identifié plus de 60 composés dans le gingembre frais regroupés en deux catégories plus larges, à savoir les composés volatils et non-volatils. Les matières volatiles comprennent les sesquiterpène et les hydrocarbures mono-terpénoïdes fournissant l'arôme et le goût distincts du gingembre. Au contraire, les composés piquants non-volatils comprennent les gingérols, les shogaols et la zingerone.

### I.9.5.3. Activités biologiques :

#### I.9.5.3.1. Activité anti-oxydante :

La riche phytochimie du gingembre comprend des composants qui piègent les radicaux libres produits dans les chaînes alimentaires ou les systèmes biologiques. Certains radicaux libres générés au cours du processus d'oxydation sont essentiels à la production d'énergie (**Ramaa et al., 2006**). Les ingrédients actifs du gingembre comprennent les gingérols, qui présentent une activité anti-oxydante telle que déterminée par des études in vitro. De plus, des enzymes telles que la xanthine oxydase sont impliquées dans la génération d'espèces réactives et leur inhibition a été documentée concernant les gingérols. Les molécules bioactives du gingembre comme les gingérols ont montré une activité anti-oxydante dans divers modules (**Dugasani et al., 2010**).

#### I.9.5.3.2. Activité anti-inflammatoire :

Le potentiel anti-inflammatoire du gingembre a été démontré dans un certain nombre d'enquêtes scientifiques.

Le gingérol, le shogaol et d'autres substances structurellement apparentées dans le gingembre inhibent la biosynthèse des prostaglandines et des leucotriènes en supprimant la s-lipoxygénase ou la prostaglandine synthétase. Le gingembre détient également la capacité d'inhiber la synthèse de l'IL-1, du TNF- $\alpha$  et de l'IL-8, considérés comme des cytokines pro-inflammatoires (**Tjeudratputra et al., 2001**).

#### I.9.5.3.3. Activité antibactérienne :

Des activités antimicrobiennes ont également été attribuées au gingembre. Des travaux ont par exemple montré que l'extrait éthanolique du gingembre exerce une activité anti fongique (**Ficker et al., 2003**). Les huiles essentielles du gingembre ont montré également un effet antimicrobien envers *Candidat albicans*, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas sp* (**Wannissorna et al., 2005 ; Sabulal et al., 2006**) *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella, arachidicola*, et *Physalospora piricola* (**Wang et T B Ng, 2005**), et un effet antiviral contre le virus de l'herpes (**Koch et al., 2008**).

## I.9.6. Menthe :

Les menthes sont des herbes aromatiques appartenant au genre *Mentha* et à la famille Lamiacées. Globalement, le genre *Mentha* comprend plus de 30 espèces réparties principalement dans les régions tempérées et tropicales/subtropicales.

***Mentha arvensis*** : plante dressée à tige unique, glabre en bas avec quelques poils près du sommet à quelques branches. Les feuilles, qui sont disposées en paires opposées, sont dentelées, de forme lancéolée à elliptique et de couleur vert foncé brillant. Ils sont assez grands, mesurant environ 9.5 cm de longueur et 2.5 cm de largeur. Les fleurs sont de couleur mauve, mesurant environ 5mm de longueur et disposées en verticilles à l'aisselle des feuilles. Les plantes ont un arôme mentholé (Taneja et Chandra, 2012).



Figure 15 : *Mentha arvensis* (Anonyme XII)

### I.9.6.1. Classification botanique :

Tableau XIII : Classification botanique de la menthe (Taneja et Chandra, 2012)

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Mentheae</i>

## I.9.6.2. Composition chimique :

*Tableau XIV : Composition chimique des huiles essentielles de Mantha avensis (Taneja et Chandra, 2012)*

Composants	Pourcentage %
$\alpha$ -pinène	0.25
$\beta$ -pinène	0.29
Sabinène	0.10
Mycrène	0.06
Limonène	0.35
L-Menthone	8.74
Pulégone	0.16
Isomenthone	3.92
Néomenthol	0.03

# Chapitre II

## Matériels et Méthodes

### 1. Matière végétale

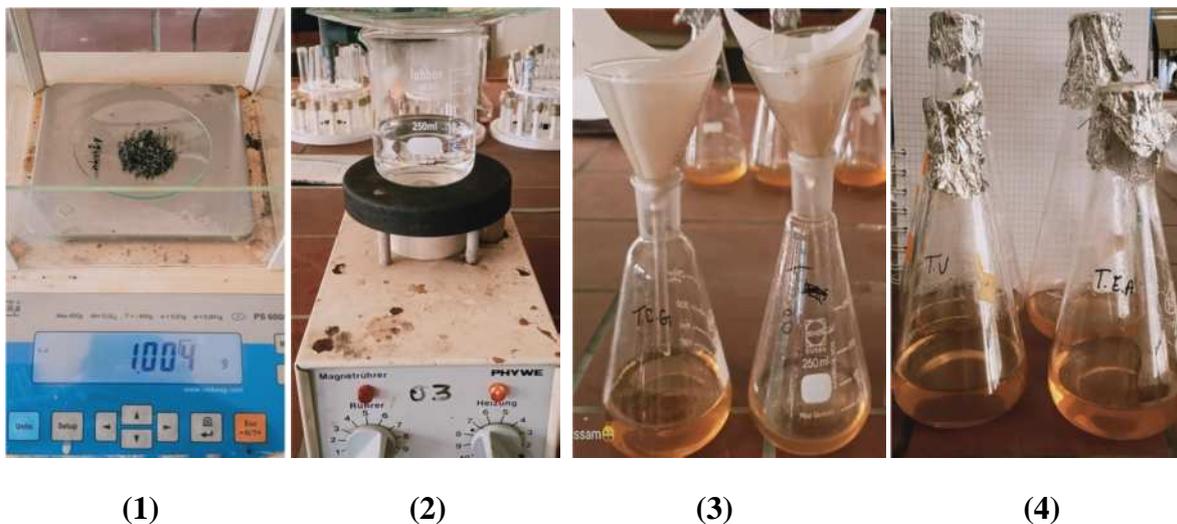
Le matériel végétal utilisé au cours de notre étude est d'origine commerciale : le thé vert est obtenu au niveau du marché local de la Wilaya de Bejaia le 02/02/2017 (produit en Chine importées en Algérie, emballé dans une boîte métallique, sous le nom EL marwan. Quant aux épices (la Cannelle, l'étoile d'anis, le clou de girofle, le gingembre, l'armoise et la menthe), elles ont été obtenues au niveau du marché local de la Wilaya de Bejaia le 22/02/2021.



**Figure 16 :** Thé vert et différentes épices utilisés (photographie)

### 2. Préparation des échantillons:

Dans un erlenmeyer en verre fermé, on laisse bouillir 100 ml d'eau distillée, ensuite on ajoute (0,9 g du thé vert + 0,1 g d'épice) et on laisse le mélange bouillir pendant 5 minutes. Filtre puis laissé le thé refroidir pendant 10 minutes avant de commencer l'analyse (**Figure 2**).



**Figure 17 :** Différentes étapes de préparation des extraits (photographie)

### 3. Dosage des polyphénols :

- **Principe**

Le dosage des polyphénols dans les extraits étudiés (thé vert et épices), est effectué selon la méthode de Follin Ciocalteu (**Boizot *et al.*, 2006**). Le réactif utilisé est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ) de couleur verte. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif, qui entraîne la formation d'un nouveau complexe d'oxydes métalliques de tungstène et de molybdène de couleur bleu. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Méthode**

Dans des tubes à essais et à l'aide d'une micropipette, 200 $\mu$ L de chaque extrait est ajouté à 1mL du réactif Follin-Ciocalteu (dilué 1/10), puis agité pendant 1min. Après 8 min d'incubation à température ambiante, 1mL de carbonate de sodium 7,5% ( $Na_2CO_3$ ) sont additionnés au mélange. Puis les tubes sont maintenus à une température ambiante et à l'obscurité pendant 1 heure. L'absorbance est ensuite lue à  $\lambda=765$  nm par un spectrophotomètre UV-Visible. La concentration en polyphénols est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard. Les concentrations sont exprimées en mg Equivalent Acide Gallique/ Litre d'extrais aqueux.

Une courbe d'étalonnage à été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique (**Annexe II**).

### 4. Dosage des flavonoïdes :

La méthode du trichlorure d'Aluminium (**Bahorum *et al.*, 1996**) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits. La méthode de dosage des flavonoïdes repose sur la capacité de ces composés à former des complexes chromogènes avec le chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ).

Le protocole de dosage est effectué comme suite : 1mL de chaque échantillon ou de standard quercétine (dilué dans l'éthanol), est ajouté à 1mL de la solution d' $AlCl_3$  (2%). Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm par un spectrophotomètre UV-Visible. Les concentrations des flavonoïdes des différents extraits sont déduites à partir de la

courbe d'étalonnage, établie avec la quercétine, et sont exprimées en milligrammes équivalents quercétine par gramme de la matière sèche.

Une courbe d'étalonnage à été réalisé en parallèles dans les mêmes conditions opératoires en remplaçant l'extrait par la quercétine (**Annexe II**).

**5. Activité anti-oxydante par la Réduction du radical DPPH**

• **Principe**

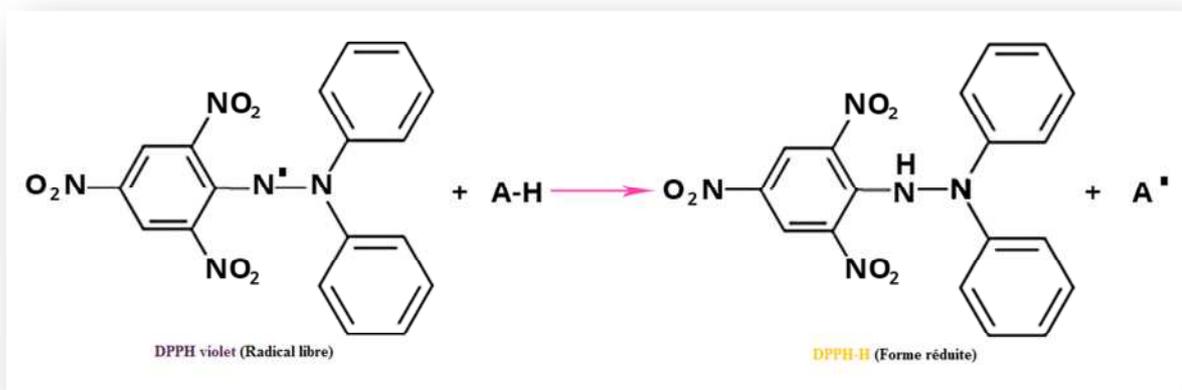
L'évaluation du pouvoir antioxydant des différents extraits issue du thé vert (*Camellia sinensis* additionné avec quelques épices) est réalisée par le test DPPH qui est considéré comme un radical libre relativement stable. Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du piégeage des radicaux libres de DPPH (1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl) de couleur violette en un composé jaune (**Sanchez-Moreno, 2002**).

• **Méthode**

Le protocole est le suivant : 1mL de chaque extraits est ajouté à 2mL de DPPH Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30 minutes et la lecture de l'absorbance est faite contre un blanc (Ethanol + Eau distillée) à 517 nm et le contrôle (DPPH + Eau distillée) dont l'absorbance est mesuré dans les mêmes conditions que les extraits.

Les résultats du test DPPH sont exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) selon l'équation ci-dessous :

$$I\% = \left[ \frac{(\text{Abs Contrôle} - \text{Abs Extrait})}{\text{Abs Contrôle}} \right] \times 100$$



**Figure 18** : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH (**Anonyme XIII**)

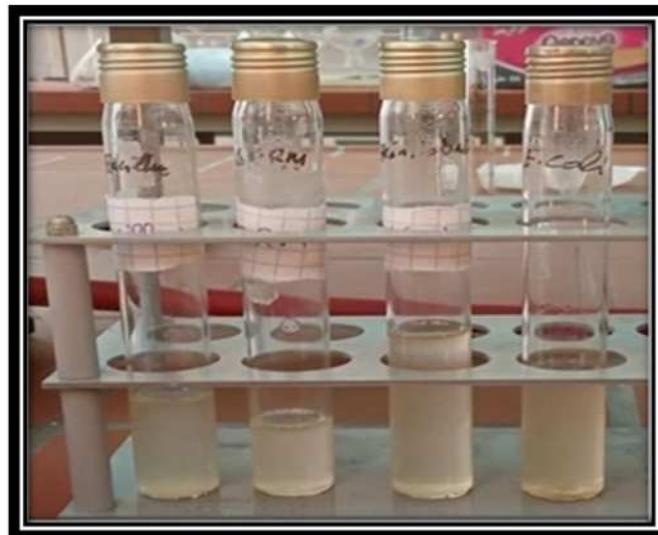
### 6. Activité antibactérienne

#### 6.1. Les souches testées

- **Choix des souches**

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries pathogènes et impliquées fréquemment dans la contamination et l'altération des denrées alimentaires, nous avons sélectionné deux groupes de bactéries :

- ✚ **Bactéries à Gram négatif (-)** : *Escherichia coli* (25922), *Acinetobacter baumannii* (610),
- ✚ **Bactéries à Gram positif (+)** : *Staphylococcus aureus* résistant à la miticilline (SARM ATCC43300), *Bacillus subtilis* (6633)



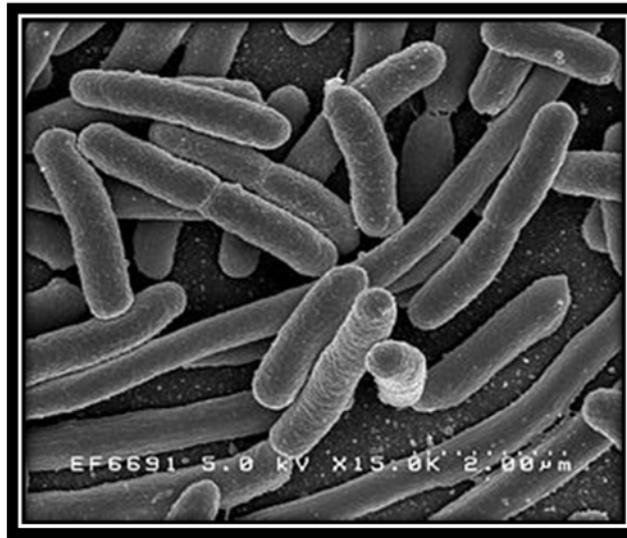
**Figure 19** : Différentes souches testées (photographie)

#### 6.2. Caractéristiques des souches testées :

##### 6.2.1. *Escherichia coli* :

*Escherichia coli* appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles à coloration de Gram négative, non sporulée, anaérobies facultatifs et qui ne possèdent pas d'oxydase. Le genre *Escherichia* compte 5 espèces : *E.coli*, *E. fergusonii*, *E. hermannii*, *E. vulneris* et *E. blattae*. L'espèce *E.coli* est considérée comme un hôte normal, c'est-à-dire commensal, de la microflore digestive de l'homme et de la plupart des animaux à sang chaud. La niche écologique de cette bactérie se trouve dans la couche de mucus sécrétée par l'épithélium du côlon. Etant donné qu'elle est hautement compétitive dans cet environnement,

*E.coli* reste la bactérie anaérobie facultative la plus abondante dans le côlon humain, dans celui d'autres mammifères et des oiseaux (**Russo et Johnson, 2000 ; Kaper et al., 2007**).

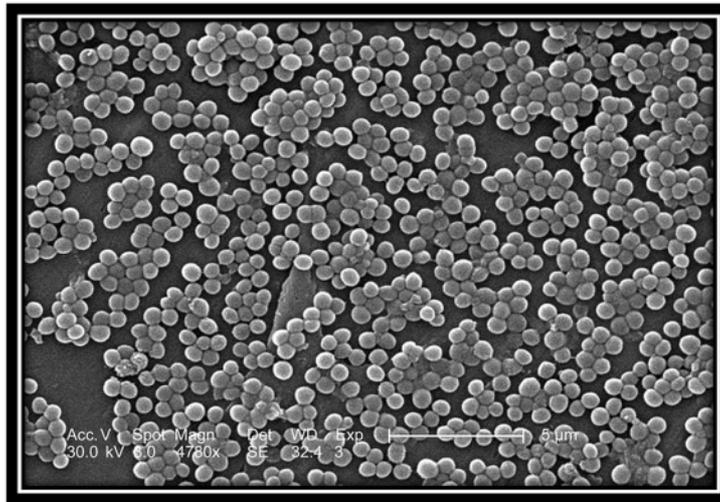


**Figure 20 : *Escherichia coli* (Anonyme XIV)**

#### **6.2.2. *Staphylococcus aureus* :**

*Staphylococcus aureus* est une coccobactérie Gram positif, catalase positive appartenant à la famille des *Staphylococcaceae* (**Becker et al., 2004**). Il a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5  $\mu\text{m}$ , est immobile, asporulé et facultativement anaérobie (sauf *S. aureus anaerobius*); il est habituellement disposé en grappes. De nombreuses souches produisent des entérotoxines *staphylococciques*, la toxine superantigénique du syndrome de choc toxique (TSST-1) et des toxines exfoliatives. *Staphylococcus aureus* fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau (**Kluytmans et al., 1997**).

*Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (SARM)* est la souche la plus connue au milieu hospitalier à cause de sa résistance à l'antibiotique Methicilline et d'autres types d'antibiotiques (**Batabyal et al., 2012**). Les infections dues au *SARM* présentent des problèmes pour les cliniciens, car les options thérapeutiques sont limitées et le surdosage des antibiotiques contribue à une mortalité accrue et augmentation du taux de séjour à l'hôpital (**Rybak et al., 2005**).



*Figure 21: Souche de SARM en microscopie électronique (Anonyme XV)*

### 6.3. Principe

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

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide dans une boîte de pétri, avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible. L'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition. (**Michel, 2011**).

### 6.4. Méthode

#### ➤ Préparation de l'inoculum

A partir d'une culture pure des bactéries sur milieu d'isolement (gélose nutritive) ayant au maximum 24h, on racle à l'aide d'une pipette pasteur scellée quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques. Ensuite, on décharge la pipette pasteur dans 10 ml d'eau physiologique stérile et on homogénéise la suspension bactérienne; son opacité doit être équivalente à 0,5 Mc Farland qui correspond à  $10^8$  UFC/ml, puis diluer pour obtenir un inoculum à  $10^6$  UFC/ml (**Tyagi et Malik, 2011**).

### ➤ Préparation des boîtes de Pétri

On fait couler aseptiquement le milieu de culture Agar de Muller Hinton (MH) en surfusion dans les boîtes de Pétri à raison de 20 ml par boîte puis laisser refroidir et solidifier sur la paillasse. Ensuite, tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne et l'essorer en le pressant fermement sur la paroi interne du tube, afin de décharger au maximum. Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, séchée de haut en bas, en stries serrées, répéter l'opération, deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois (**Guinoiseau, 2010**).

### ➤ Dépôt des disques

Dans les conditions aseptiques et à l'aide d'une pince stérile, des disques de papier wattman N°40 sont disposés sur l'agar,

### ➤ Expression des résultats

Après l'incubation des boîtes à 37°C pendant 24 heures, la lecture se fait par mesure de diamètre de la zone d'inhibition (un halo translucide autour du disque, identique à la gélose stérile) signifie l'absence de croissance bactérienne. Le diamètre de ces zones est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (y a compris le diamètre de disque de 6 mm). Les résultats de l'antibiogramme sont exprimés exclusivement à partir de la mesure du diamètre des halos d'inhibitions en mm (**Baser et Buchbauer, 2010**).

D'après **Ponce *et al.*, 2003**. La sensibilité aux extraits (thé vert non aromatisé ou thé vert aromatisé) est classée par le diamètre des halos d'inhibitions :

- Non sensible ou non résistante (-) pour les diamètres moins de 8 mm.
- Sensible (+) pour les diamètres de 8 à 14 mm.
- Très sensible (++) pour les diamètres de 15 à 19 mm.
- Extrêmement sensible (+++) pour les diamètres plus de 20 mm.

**L'annexe III** résume les étapes de la mise en évidence de l'activité antimicrobienne.

### 7. Étude statistique :

Trois mesures ont été réalisées pour chaque échantillon analysé et les résultats ont été exprimés sous la forme : moyenne  $\pm$  écart type. Des comparaisons statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel STATISTICA (ANOVA/MANOVA), les différences ont été considérées d'être significative à  $\alpha = 0,05$ .

# Chapitre III

## Résultats et Discussion

### 1. Teneur en polyphénols :

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires les plus abondants dans les plantes avec plus de 8000 structures connues allant de composés simples tels que les acides phénoliques à des structures complexes telles que les tanins (**Dai et Mumper, 2010**).

La détermination de la teneur en polyphénols dans les extraits de thé vert (aromatisé et non aromatisé) a été faite en utilisant la méthode colorimétrique (Folin-Ciocalteu). La teneur en polyphénols estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu pour chaque extrait a été rapportée en mg équivalent d'acide gallique/ L d'extraits (**Tableau XV**).

**Tableau XV** : Teneurs en polyphénols des différents échantillons analysés

Echantillons	Teneurs en polyphénols (mg EAG/ L)
TV	737,29 ± 1,01 <sup>b</sup>
TEA	714,61 ± 1,02 <sup>dc</sup>
TA	871,63 ± 0,32 <sup>a</sup>
TC	703,46 ± 1,10 <sup>d</sup>
TCG	724,54 ± 1,48 <sup>bc</sup>
TG	568,24 ± 0,52 <sup>f</sup>
TM	660,28 ± 1,79 <sup>e</sup>

Les lettres a, b, c indiquent les différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les différents échantillons

TV : Thé vert, TEA : Thé étoile anis, TA : Thé armoise, TC : Thé cannelle, TCG : Thé clou de girofle, TG : Thé gingembre, TM : Thé menthe.

L'analyse statistique établie par le logiciel STATISTICA MANOVA montre qu'il y a une différence significative entre les deux extraits de Thé Gingembre (TG) et le Thé Menthe (TM), ainsi qu'aucune différence observée entre les extraits suivants : Thé Cannelle et Thé anis étoilé. Par contre, il y a une différence significative entre les deux extraits (Tanis, TC) et l'extrait de Thé Menthe. Comme il a marqué une différence entre l'extrait de Thé Etoile anis, Thé Cannelle et l'extrait de Thé Clou de girofle, Thé Etoile anis. Le classement des différents extraits de thé aromatisé est d'ordre suivant :

TA >> TV – TCG >> TCG – TEA >> TEA - TC >> TM >> TG

Les teneurs en polyphénols des différents extraits varient de 568,24 ± 0,52 à 871,63 ± 0,32 mg EAG/ L. Les résultats obtenus dans le tableau XV, montrent que tous nos extraits aqueux sont très riches en polyphénols. L'extrait de Thé Armoise (TA) présente le taux le plus élevé

en polyphénols avec une teneur égale à  $871,63 \pm 0,32$  mg EAG/ L, suivie par les extraits de Thé vert, Thé+Clou de girofle, Thé+Etoile anis, Thé+cannelle et Thé+Menthe, avec un taux de  $737,29 \pm 1,01$  mg EAG/ L,  $724,54 \pm 1,48$  mg EAG/ L et  $714,61 \pm 1,02$  mg EAG/ L,  $703,46 \pm 1,10$  mg EAG/ L et  $660,28 \pm 1,79$  mg EAG/ L respectivement, par rapport à l'extrait de Thé Gingembre, on a enregistré un taux de  $568,24 \pm 0,52$  mg EAG/ L d'extrait. D'après ces résultats, on constate que le thé vert aromatisé ou additionné avec épices est le plus riche en polyphénols et sa teneur varie d'une épice à une autre.

Ces différences de concentration peuvent être dues à la faible spécificité du réactif de folin-ciocalteu qui est l'inconvénient principal du dosage colorimétrique. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes hydroxyles, non seulement ceux des composés phénoliques, mais également de certains sucres et arômes (Gomez *et al.*, 2006).

Certaines études ont montré que les teneurs en composés phénoliques varient de façon considérable d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce (Ksouri *et al.*, 2008) à causes des facteurs extrinsèques (température et climat), génétiques (la variété et l'origine d'espèce) (Ksouri *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus sont très élevées par rapport à celles rapportées par différentes études (Tableau XVI).

*Tableau XVI : Teneur en polyphénols de quelques épices obtenus dans différentes études*

Epices	Teneur en polyphénols	Références
Anis étoilé	$112,4 \pm 0,95$ mg EAG/g MS	Soher <i>et al.</i> , 2016
Cannelle	157,18 mg EAG/g	Alexander <i>et al.</i> , 2017
Clou de girofle	$250,93 \pm 1,33$ mg EAG/g	Vanessa <i>et al.</i> , 2021
Gingembre	51,7 mg EAG/g MS	Oueslati <i>et al.</i> , 2018
Menthe	$32,00 \pm 3,16$ mg/g	Ponnan <i>et al.</i> , 2006

Cette différence trouve probablement son explication dans la méthode d'extraction et la nature du solvant utilisé (l'éthanol/ le méthanol) et aussi la méthode de dosage ou le protocole adopté.

Chez les plantes, l'accumulation des composés phénoliques varie d'une partie à l'autre et dépendait aussi de l'âge et le stade de développement des parties concernées de la plante.

C'est bien connu que les extraits phénoliques sont toujours un mélange de différentes classes de phénols, qui sont sélectivement soluble dans les solvants. Un groupe phénolique (-OH) est très réactif et peut facilement former des liaisons hydrogène avec les sites actifs des enzymes (**Rasooli et al., 2009**).

**Komes et al., 2010**, ont obtenu un taux de polyphénols de 2560mg GAE/L et 1920mg GAE/L de flavonoïdes. D'après **Vinson et Dabbagh (1998)**, la composition du thé est très largement influencée par la saison, l'âge des feuilles, ainsi que par le climat.

## 2. Teneur en flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (**Crozier, 2003**). Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments fruits et légumes, céréales, épices, thé et vin, etc.

La concentration des flavonoïdes dans divers extraits était déterminée en suivant la méthode du trichlorure d'aluminium  $AlCl_3$ . La teneur en flavonoïdes de chaque extrait a été exprimée en termes de mg équivalent de quercétine/ L d'extrait (**Tableau XVII**).

**Tableau XVII : Teneurs en flavonoïdes pour chaque échantillon analysé**

Echantillons	Teneurs en flavonoïdes (mg EQ/ L)
TV	386 ± 0,5 <sup>c</sup>
TC	347,42 ± 0,80 <sup>d</sup>
TCG	456,16 ± 0,63 <sup>a</sup>
TG	311,16 ± 0,80 <sup>e</sup>
TM	441,83 ± 0,57 <sup>b</sup>
TEA	287,66 ± 0,14 <sup>f</sup>
TA	386,08 ± 0,72 <sup>c</sup>

Les lettres a, b, c indiquent les différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les différentes échantillons

D'après l'analyse statistique effectuée pour la teneur en flavonoïdes, des différences significatives enregistrées entre les extraits aqueux sauf entre l'extrait de Thé Armoise et Thé vert aucune différence marqué. Il à enregistré une différence entre Thé+Etoile anis et Thé+Gingembre, entre Thé+Gingembre et Thé Cannelle et entre Thé Cannelle et (Thé vert -

Thé Armoise) au même temps il présente une différence entre (Thé vert et Thé Armoise) et l'extraits de Thé Clou de girofle. Le classement est le suivant :

$$\text{TCG} \gg \text{TM} \gg \text{TA} - \text{TV} \gg \text{TC} \gg \text{TG} \gg \text{TEA}$$

Les résultats présentés dans le tableau XVII, montrent que les extraits de thé aromatisé Thé Clou de girofle, Thé Menthe et Thé Armoise contenant des concentrations en flavonoïdes les plus élevées. La concentration des flavonoïdes dans les extraits TCG, TM et Thé Armoise était de  $456,16 \pm 0,63$  mg EQ/ L,  $441,83 \pm 0,57$  mg EQ/ L et  $386,08 \pm 0,72$  mg EQ/L respectivement. Par rapport aux extraits Thé vert, Thé Cannelle et Thé Gingembre, nous avons enregistré des teneurs en flavonoïdes à l'ordre de  $386 \pm 0,40$  mg EQ/ L,  $347,42 \pm 0,65$  mg EQ/ L et  $311,17 \pm 0,65$  mg EQ/ L, dont une basse teneur en flavonoïdes à été mesurée dans l'extrait de Thé Etoile anis (TEA) avec un taux de  $287,5 \pm 0,35$  mg EQ/ L.

Les différences entre les échantillons analysés peuvent être liées aux conditions climatiques (température, sécheresse et salinité) qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires tels que les flavonoïdes (**Falleh et al., 2008**), la région et la date de la récolte, la méthode d'extraction et les solvants utilisés (**Trichine, 2010**).

Le tableau XVIII représente les teneurs en flavonoïdes de quelques épices obtenus par différents chercheurs avec celles qu'on à obtenus (exprimées en mg EAG/g MS).

**Tableau XVIII : Teneur en flavonoïdes obtenus dans différentes études**

Epices	Teneur en flavonoïdes	Références	Teneurs en flavonoïdes exprimées en mg EAG/g MS
Anis étoilé	$46,8 \pm 0,64$ mg Eq CAT/g MS	<i>Soher et al., 2016</i>	$28,76 \pm 0,035$
Clou de girofle	$57,34 \pm 1,33$ mg EC/g MS	<i>Vanessa et al., 2021</i>	$45,61 \pm 0,051$
Gingembre	$32,1$ mg EC/g MS	<i>Oueslati et al., 2018</i>	$31,11 \pm 0,065$
Menthe	$23,2$ mg/100g	<i>Alexander et al., 2017</i>	$44,18 \pm 0,047$

Les teneurs en flavonoïdes que nous avons obtenus exprimées en mg EQ/g MS sont proches de celles obtenues dans différentes recherches (**Tableau XVIII**). Cette différence est

probablement liées à la méthode d'extraction adoptée par les chercheurs et la méthode de dosage (par rapport à la quantité d'extrait utilisé), ainsi cette différence est peut-être due au standard utilisé pour le dosage des flavonoïdes (catéchine, quercétine, etc).

(Liu *et al.*, 2021) ont obtenu des valeurs comprises entre 13,9 CE/g MS à 74,4mg CE/g MS. Ces résultats sont inférieurs à nos résultats puisqu'ils ont utilisé des thé séchés au micro-onde et au four ce qui a probablement réduit le taux de flavonoïdes dans les échantillons de thé analysés.

Généralement, les composés phénoliques dominants dans le thé sont les catéchines qui sont des flavonoïdes. Ce sont une mixture d'isomères d'épicathéchines, incluant l'épigallocatechine 3-gallate (EGCG), epigallocatechine (EGC), epicatechine gallate (ECG), et epicatechine (EC) (Lee *et al.*, 2014).

### 3. Activité anti-oxydante :

L'activité anti-oxydante des extraits de thé aromatisé et thé non aromatisé vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH\*) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm. Le DPPH est un radical libre qui accepte un électron ou un atome d'hydrogène pour devenir une molécule stable non radicalaire. Les différents extraits aqueux du thé obtenus par décoction ont montré des effets scavengers très importants envers le radical DPPH, allant de  $75,33 \pm 2,49\%$  à  $86\% \pm 3,26\%$ . Les pourcentages d'inhibition du DPPH de chaque extrait sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau XIX :** Les résultats obtenus pour le test de DPPH des différents extraits

Echantillons	Pourcentage d'inhibition (%)
TV	$85,66 \pm 2,49^{ab}$
TAE	$75,33 \pm 2,49^c$
TA	$86 \pm 3,26^a$
TC	$80 \pm 0,81^{bc}$
TCG	$82,33 \pm 3,77^{ab}$
TG	$81,66 \pm 4,02^{ab}$
TM	$85,33 \pm 0,47^{ab}$

Les lettres a, b, c indiquent les différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les différents échantillons.

L'analyse statistique a montré que aucune différence significative enregistré entre le Thé+anis étoilé et Thé+Cannelle, ainsi que entre Thé+Cannelle, Thé+Gingembre, Thé+Clou de girofle, Thé+Menthe, Thé vert et Thé+armoise.

Le classement est fait comme suite :

TA – TV – TM – TCG – TG >> TV – TM – TCG – TG – TC >> TC - TEA

Selon les résultats enregistrés, les extraits aqueux sont dotés d'un pouvoir antioxydant important.

D'après les résultats obtenus dans le tableau XIX, l'extrait qui a présenté une activité anti-oxydante importante parmi les 7 extraits est l'extrait de Thé+armoise avec un pourcentage d'inhibition de  $86 \pm 3,26\%$ , suivie par les extraits Thé vert, Thé+Menthe, Thé+Clou de girofle, Thé+Gingembre et Thé+Cannelle avec des pourcentages de  $85,66 \pm 2,49\%$ ,  $85,33 \pm 0,47\%$ ,  $82,33 \pm 3,77\%$ ,  $81,66 \pm 4,02\%$ ,  $80 \pm 0,81\%$ . Tandis que l'extrait qui apparait le moins actif est celui de Thé+anis étoilé avec  $75,33 \pm 2,49\%$ .

Tous les extraits de thé vert aromatisé ayant montré une activité anti-radicalaire sont très riches en polyphénols, la présence de groupement OH libre dans les composés phénoliques est principalement responsable de l'activité anti-oxydante (**Weng et Wang, 2000**). Il a été démontré que les molécules anti-oxydantes telles que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité à céder l'hydrogène, ils constituent de puissants agents antioxydants, étant donné leur richesse en groupement hydroxyles (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**). D'après (**Wang, 2000**) les flavonoïdes sont des piègeurs de radicaux libres et chélateurs de métaux, ils inhibent la peroxydation lipidique et présentent diverses activités physiologiques grâce à leur pouvoir antioxydant.

Il n'est pas surprenant que les épices et les herbes soient en tête de liste des 100 produits avec la teneur en antioxydants la plus élevée (**Alexander et al., 2017**). Leurs activités anti-oxydantes sont dix fois supérieures à celles des fruits et légumes. Les capacités anti-oxydantes de certaines épices ont montré une corrélation positive avec leurs concentrations en polyphénols correspondantes (**Bluma et al., 2008**).

**Tableau XX :** Pourcentage d'inhibition du thé vert et quelques épices obtenus par différents études

Thé et épices	Pourcentage d'inhibition	Références
<b>Thé vert</b>	92,73 ± 0,52%	<b>Simon et al., 2015</b>
<b>Armoise</b>	28,83%	
<b>Cannelle</b>	89,89 ± 0,81%	
<b>Gingembre</b>	69,23 ± 0,45%	

Les résultats obtenus dans le présent travail, sont un peu proche à celles rapportées des travaux réalisés par **Simon et al., 2015** illustrés dans le Tableau XX.

Les antioxydants sont impliqués dans plusieurs mécanismes de bio-activité tels que l'inhibition de la génération de radicaux libres, l'amélioration de la capacité de piégeage contre les radicaux libres et l'activation du pouvoir réducteur. (**Avvakumova et al., 2011 ; Zykova et al., 2018**).

Afin d'estimer ces activités, différents tests ont été adoptés en utilisant des radicaux synthétiques tels que le DPPH et l'ABTS\* générés expérimentalement par plusieurs systèmes (**Rejeb, 2007**).

**Keiro et al., 2013**, ont noté des valeurs de la capacité de piégeage du radical DPPH comprise entre 88,6% à 94,4% pour le thé vert et entre 54% et 91,8% pour le thé noir. D'après cette auteur les molécules possédant un meilleur pouvoir de piégeage du radical DPPH sont les catéchines avec 30, 40 et 50 substitut trihydroxylé sur le B ring et /ou trihydroxyl sur le C3 dans leur structure.

L'acide gallique contribuent significativement au piégeage radicalaire, puisqu'il est un bon donateur de proton hydrogène (**Karori et al., 2007**). L'hydroxylation confère aux catéchine un haut degré de stabilité du radical pheoxyl par la délocalisation des électrons ce qui favorise son pouvoir antioxydant (**Karori et al., 2007**).

La faible activité anti-oxydante de thé aromatisé à la cannelle et au gingembres peut être due au fait que l'attribution exacte de la capacité anti-oxydante à un composé, ou un petit groupe de composants dans un extrait de plante est une tâche difficile, puisque l'activité efficace dépend de plusieurs facteurs, tels que la concentration, les formes isométriques et l'interaction synergique avec d'autres composants (**Almela et al., 2012**) La capacité

antioxydant des extraits des plantes est largement dépendante de la composition de ces extraits ainsi que des conditions de manipulation (Koh, 2006).

#### 4. Activité antibactérienne :

Dés l'antiquité, plusieurs plantes ont été utilisées traditionnellement pour le traitement de diverses maladies. De nos jours, il ya un grand progrès dans l'utilisation de ces plantes pour la fabrication d'antibiotiques et de médicament pour le traitement de plusieurs infections dues aux divers pathogènes (Rejeb, 2007).

L'activité antibactérienne des extraits aqueux du thé aromatisé et thé non aromatisé est évaluée dans cette étude par la technique de diffusion sur l'agar. Le tableau ci-dessous, représente l'ensemble des résultats de l'antibiogramme effectué pour chaque extrait ainsi la sensibilité des souches.

*Tableau XXI : Diamètres des zones d'inhibition en mm de chaque extrait de thé et la sensibilité de chaque souche*

Diamètres des zones d'inhibition (mm)				
Bactéries	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Acénitobactère</i>	<i>SARM</i>
Extraits			<i>baumanni</i>	
<b>CIP-5</b>	39,22 ± 0,4 <sup>a</sup>	32,66 ± 0,7 <sup>a</sup>	31 ± 0,9 <sup>a</sup>	31,66 ± 0,9 <sup>a</sup>
Sensibilité	+++	+++	+++	+++
<b>DO-30</b>	16,66 ± 0 <sup>b</sup>	19,11 ± 0,5 <sup>b</sup>	16,66 ± 0,3 <sup>b</sup>	22,66 ± 0,7 <sup>b</sup>
Sensibilité	++	++	++	+++
<b>NV-30</b>	14,44 ± 0,2 <sup>c</sup>	16,11 ± 0,3 <sup>c</sup>	15 ± 0,7 <sup>c</sup>	16,55 ± 0,3 <sup>c</sup>
Sensibilité	+	++	++	++
<b>TV</b>	6,33 ± 0 <sup>b</sup>	6,66 ± 0,3 <sup>b</sup>	8,22 ± 0,6 <sup>b</sup>	7,22 ± 0,1 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	-	+	-
<b>TEA</b>	7,55 ± 0,2 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	7 ± 0 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	-	-	-
<b>TA</b>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	6,22 ± 0,1 <sup>b</sup>
Sensibilité	-	-	-	-
<b>TC</b>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	6,89 ± 0,1 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	-	-	-

<b>TC</b>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	7,33 ± 0,3 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	-	-	-
<b>TG</b>	7,33 ± 0 <sup>a</sup>	8,77 ± 0,3 <sup>a</sup>	9,66 ± 0,3 <sup>a</sup>	7,66 ± 0,3 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	+	+	-
<b>TM</b>	7,55 ± 0,2 <sup>a</sup>	8,66 ± 0,3 <sup>a</sup>	7,22 ± 0,1 <sup>c</sup>	7 ± 0 <sup>a</sup>
Sensibilité	-	+	-	-

Les lettres a, b, c indiquent les différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les différentes échantillons.

#### ***Escherichia coli*** :

L'analyse statistique montre qu'il n'y a aucune différence entre les extraits de Thé Menthe, Thé anis étoilé et Thé Gingembre, par contre, ya une différence significatif marquée entre ces trois extraits (TM, Tanis et TG) et l'extrait de Thé vert pure, ainsi que entre ce dernier et les extraits : Thé armoise, Thé Clou de girofle et Thé Cannelle. Et pour les antibiotiques, il à marqué une différence significatif entre les trois antibiotiques (CIP-5, DO-30 et NV-30). Le classement est comme suite :

Ab1 >>> Ab2 >>> Ab3

TM – Tanis – TG >> T >> Tarm – TCG – TC

#### ***Bacillus subtilis*** :

L'analyse statistique à montré une différence significatif entre les trois antibiotiques. Comme, il à montré qu'il ya une différence entre les deux extraits de Thé Gingembre et Thé Menthe, ainsi que entre les deux extraits (Thé Gingembre, Thé Menthe) et l'extrait pure (Thé vert) et entre le thé vert et le Thé Cannelle. Et une différence observé également entre l'extrait de Thé cannelle et les extraits : Thé armoise, Thé anis étoilé et Thé Clou de girofle. Le classement est le suivant :

Ab1 >>> Ab2 >>> Ab3

TG – TM >> T >> TC >> Tarm – Tanis – TCG

#### ***Acénitobactère baumannii*** :

L'analyse statistique pour *Acénitobactère baumannii*, indique qu'il n'y a pas de différence entre les quatre extraits suivant : Thé Cannelle, Thé armoise, Thé étoile anis et Thé Clou de girofle. D'un autre côté, il montre qu'il ya une différence significatif entre Thé Gingembre et

Thé vert et entre Thé vert et Thé Menthe. Comme, il ya une différence entre les trois antibiotiques. Le classement est effectué comme suite :

Ab1 >>> Ab2 >>> Ab3

TG >> T >> TM >> TC – Tarm – Tanis – TCG

**SARM (*Staphylococcus aureus* résistante à la miticilline) :**

L'analyse statistique pour SARM, une différence significatif enregistré entre les antibiotiques (CIP-5, DO-30 et VN-30). Aucune différence observé entre le Thé Gingembre, le Thé Clou de girofle, le Thé vert, le Thé Menthe, le Thé étoile anis et le Thé Cannelle mais ya une différence entre les six extraits et l'extrait de Thé armoise. Le classement est le suivant :

Ab1 >>> Ab2 >>> Ab3

TG - TCG - T - TM - Tanis - TC >> Tarm

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les extraits aqueux du thé vert aromatisé et le thé vert pure n'ont aucun effet inhibiteur envers la croissance des souches bactériennes testées à savoir : *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* (SARM).

L'extrait de Thé vert à montré une activité inhibitrice envers uniquement la croissance de *Acénitobactère* avec un diamètre d'inhibition égale à  $8,22 \pm 0,6$  mm. Cet effet est bien plus faible que ceux obtenus avec les antibiotiques, à savoir CIP-5 (Ciprofloxacine-5 $\mu$ g), DO-30 (Doxycycline-30 $\mu$ g) et NV-30 (Novobiocine-30 $\mu$ g) qui ont donné des diamètres d'inhibition de  $39,22 \pm 0,4$  mm,  $16,66 \pm 0$  mm et  $14,44 \pm 0,2$  mm.

Pour la bactérie *Bacillus subtilis* à été révélée sensible vis-à-vis les deux extraits de Thé+Gingembre et Thé+Menthe, par contre elle est très sensibles envers les trois antibiotiques (CIP-5, DO-30 et NV-30) avec des diamètres de  $32,66 \pm 0,7$  mm,  $19,11 \pm 0,6$  mm et  $16,11 \pm 0,3$  mm respectivement.

L'extrait de Thé Gingembre à montré également un effet inhibiteur envers *Acénitobactère* avec un diamètre de  $9,66 \pm 0,3$  mm et cet effet est faible par rapport aux antibiotiques testés, dont les diamètres d'inhibition varient de  $15 \pm 0,7$  à  $31 \pm 0,9$  mm.

**Tableau XXII** : Diamètre d'inhibition de quelques épices obtenus par différentes études

Diamètre d'inhibition de chaque épice en mm				
Bactéries	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Référence bibliographiques
Armoise blanche	12,2 ± 0,52	10,17 ± 0,76	22,13 ± 0,64	Mohamed et al., 2015
Clou de girofle	12,7 ± 0,6	14,7 ± 0,6	12,3 ± 0,6	Lee Rosarior et al., 2021
Gingembre	7,5	18,3	/	Oueslati et al., 2018

Le tableau XXII présente l'ensemble des résultats d'antibiogramme obtenus par différentes études, cela indique que les épices ont une forte activité envers les bactéries soit Gram+ ou Gram-.

Les résultats obtenus par nombreuses recherches (**tableau XXII**) sont plus élevés par rapport à celle trouvée dans cette étude. Ces différences peuvent être liées à la méthode de préparation des extraits de thé (concentration, température, solvant utilisé). Mais également à la sensibilité des micro-organismes testés. D'après **Mohamed et al., 2020**, les zones d'inhibition de *E.coli* varie de 6 à 9 mm pour un thé vert préparé avec de l'eau froide, et sont de 5 à 19 mm pour un thé préparé avec de l'eau froide à différentes concentrations.

En effet, **Koech et al., 2013** ont trouvés des zones d'inhibition variant de 6 à 7 mm pour *E.coli* et de 6 à 9 mm pour *Salmonella typhi*, ce qui correspond à nos résultats, d'après cet auteur, la sensibilité des bactéries aux extraits de thé dépend de types des composés de la paroi cellulaire, puisqu'il a noté que les Gram négatif sont très résistants à cause de la charge négative des LPS présents sur leur paroi.

(**Lee rosario, 2021**) ont obtenu des zones d'inhibition de 14,7 ± 0,6 mm pour *staphylococcus aureus*, de 12,7 ± 0,6 mm pour *Escherichia coli* et de 12,3 ± 0,6 mm *Klebsiella pneumoniae* sur des extraits éthanoliques de clou de girofle, ce qui est supérieur à nos résultats, ceci pourrait être la résultante de la concentration de clou de girofle utilisé, ainsi qu'au solvant d'extraction.

La différence de capacité antibactérienne des catéchines contre les bactéries Gram négatif et Gram positif à également été démontrée par plusieurs autres auteurs (**Lee *et al.*, 2009 ; Nakayama *et al.*, 2011**), confirmant que dans tous les cas, des différences pourraient être attribuées aux différences de quantité de catéchines attachées sur la surface bactérienne en raison des différences dans la structure des surfaces bactériennes.

**Dorman et Deans, 2000**, ont observé des zones d'inhibition de 9,1 mm pour *Klebsiella pneumoniae*, de 10,3 mm pour *Acinetobacter calcoacetica*, de 14,9 mm pour *s.aureus* et de 13,6 mm pour *E.coli*, ces résultats sont obtenu avec des huiles essentielles de clou de girofle très riche en eugénol, connu pour ces propriétés antimicrobienne.

# Conclusion

## Conclusion

---

Dans ce travail, nous avons étudié le pouvoir antioxydant et antibactérien des extraits aqueux préparés par décoction du thé vert aromatisé (thé vert additionné avec épices - l'armoise, l'étoile anis, la cannelle, le clou de girofle, le gingembre, la menthe-).

Le dosage des polyphénols dans les extraits étudiés en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu révèle que les extraits aqueux possèdent des teneurs importantes en polyphénols qui varient de  $562,24 \pm 0,52$  à  $871,63 \pm 0,32$  mg EAG/ L, ce qui confirme la richesse des extraits en composés phénoliques (métabolites secondaires). En outre, le dosage des flavonoïdes par la méthode de du trichlorure d'Aluminium nous a mené à conclure que les extraits aqueux de thé vert aromatisé contiennent des taux considérables en flavonoïdes qui varient de  $287,66 \pm 0,14$  à  $456,16 \pm 0,63$  mg EQ/ L d'extrait. L'extrait le plus riche en flavonoïdes est celui aromatisé au Clou de girofle avec une concentration de  $456,16 \pm 0,63$  mg EQ/ L.

Le pouvoir anti-radicalaire (antioxydant) des extraits aqueux a été déterminé par le test de piégeage du radical DPPH. Les résultats obtenus, indiquent que tous les extraits aqueux sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, la plus grande activité est obtenue avec l'extrait de Thé+Armoise ( $86 \pm 3,26\%$ ) suivie respectivement par celles de Thé vert pure ( $85,66 \pm 2,49\%$ ) et Thé à la Menthe ( $85,33 \pm 0,47\%$ ). Ces activités peuvent être attribuées à leurs richesses en composés phénoliques.

L'activité antibactérienne des extraits de thé aromatisé a été évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé ou méthode des disques. D'après l'analyse des résultats obtenus, seulement les deux bactéries (*Bacillus subtilis* et *Acinetobacter*) qui ont montré une faible sensibilité envers les extraits de Thé vert, Thé Gingembre et Thé Menthe dont le diamètre d'inhibition varie de  $8,22 \pm 0,6$  à  $9,66 \pm 0,3$  mm. Par contre, les autres extraits (Thé anis, Thé armoise, Thé Cannelle et Thé Clou de girofle) ne montrent aucun effet antibactérien et cela ne signifie pas qu'ils ne sont pas de bons agents antibactériens.

En termes de perspectives, notre travail peut être enrichi par :

- ❖ Déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) des différents thés aromatisés préparés vis-à-vis des souches étudiées ;
- ❖ Faire une caractérisation (HPLC, IR) des thés verts aromatisés étudiés ;
- ❖ Identifier et isoler les molécules actives de thé vert et des épices utilisées ;
- ❖ Étudier d'autres activités biologiques, comme antidiabétique, anti-inflammatoire, antifongique ou antivirale ;
- ❖ Faire une étude sensorielle pour les différentes préparations de thé vert aromatisé.

# Références Bibliographiques

## Références bibliographiques

### A

1. **Abbott, S. L., 2007.** «Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Serratia, Plesiomonas, and Other Enterobacteriaceae». In P. R. Murray, E. J. Baron, J. H. Jorgensen, M. L. Landry & M. A. Pfaller (Eds.), *Manual of Clinical Microbiology* (9th ed., pp. 698-711). Washington, USA: ASM Press.
2. **Abdallah FM, H Sobhy, G Enan, 2013.** «Evaluation of antivital activity of selected anise oil as an essential oil against bovine herpes virus type-1 in vitro». *Glob. Vet.*, 10: 496-499.
3. **Ahmad I, Aqil F., Owais M., 2006.** «Modern Phytomedicine, Turning Medicinal Plants into Drugs». *Weinheim*, 369p.
4. **Akrout A., 2004.** «Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens». *Zaragoza : CIHEAM*, p. 289-292.
5. **Alexander Yashin, Yakov Yashin, Xiaoyan Xia, Boris Nemzer, 2017.** «Antioxidant Activity of Spices and Their Impact on Human Health: A Review», *Antioxidants*, 6, 70.
6. **Almela B., Parejo I., Viladomat F., Bastida J., 2012.** «Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants». *J Agric Food Chem.* 50 ; 6882–90.
7. **Aly SE, BA Sabry, MS Shaheen, AS Hathout, 2016.** «Assessment of antimycotoxigenic and antioxidant activity of star anise (*Illicium verum*) in vitro». *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15: 20- 27.
8. **Ashida H, Furuyashiki T, Nagayasu H, Bessho H, Sakakibara H, Hashimoto T, Kanazawa K, 2004.** «Anti-obesity actions of green tea : possible involvements in modulation of the glucose uptake system and suppression of the adipogenesis-related transcription factors». *Biofactors*, 22(1- 4):135-40.
9. **Audrey, 2015.** Le cannellier de Ceylan : l'arbre qui donne la cannelle.
10. **Avril J-L., Dabernat H., Denis F. et al., 2000.** «Bactériologie Clinique». *Ellipses. 3ème Edition.* 511p.

11. **Avvakumova, N.P., Gerchikov, A.Y., Khairullina, V.R., Zhdanova, A.V., 2011.** «Antioxidant properties of humic substances isolated from peloids». *Pharm.Chem. J.* 45, 192–193.

## **B**

12. **Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunete, C., Dine, T., Vasseur, J., Gazin, J.C., Pinkas, M., Luycky, M., Gazin, M., 1996.** «Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations». *Arzneimittel-Forschung*, 46: 1086-1089 p.
13. **Baser K.H.C., Buchbauer G., 2010.** «Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications». *Ed, Taylor and Francis Group, LLC. United States of America.*
14. **Batabyal B., Kundu G.K.R., Biswas S., 2012.** «Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* : a brief review». *International research, journal of biological sciences*, 1, 65-71.
15. **Becker, K., Harmsen, D., Mellmann, A., Meier, C., Schumann, P., Peters, G., von Eiff, C., 2004.** « Development and evaluation of a quality-controlled ribosomal sequence database for 16S ribosomal DNA-based identification of *Staphylococcus* species». *Journal of Clinical Microbiology*, 42(11), 4988-4995.
16. **Bezza, L., A. Mannarino, K. Fattarsi, C. Mikail, L. Abou, F. Hadji-Minaglou, J. Kaloustian, 2010.** «Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie)». *Phytothérapie*, 8(5): p. 277-281.
17. **Bhatti HA, S Khan, S Faizi, G Abbas, I Ali, S Jawaid, AN Akbar Ali, R Jamy, F Shahid, MA Versiani, A Dar, 2017.** «Protocatecheuic acid underlies the antioxidant activity exhibited by *Illicium verum* fruit». *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 6: 00177.
18. **Bluma, R.V., Etcheverry, M.G., 2008.** «Application of essential oils in maize grain: impact on *Aspergillus* section *Flavi* growth parameters and aflatoxin accumulation». *Food Microbiol.* 25 (2), 324–334.
19. **Boizot N., Charpentier J. P., 2006.** «Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier». p: 79- 82.
20. **Bougandoura Nabila et Bendimerad Nassima, 2012.** «Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp.Nepeta* (L.) Briq». *Nature & Technologie*, n°09 : 14-19.

21. **Bradley PR., 2006.** «British Herbal Compendium», *British Herbal Medicine Association* ; vol 2.
22. **Brisse S., Grimont F., Grimont P. A. D., 2006.** «The Genus *Klebsiella*». *Prokaryotes*. Chapitre 3.3.8.

## C

23. **Cabrera, C., Reyes, A., Ginéñez, R., 2006.** «Beneficial effects of green tea-A review». *Jam College Nutr*, 25 :79-99.
24. **Chericoni, S., Prieto, J.M., Lacopini, P., Cioni, P., Morelli, I., 2005.** «In vitro activity of the essential oil of *cinnamomum zeylanicum* and eugenol in peroxynitrite-induced oxidative processes». *J. Agric. Food Chem.* 53 : 4762-4765.
25. **Chouksey D, Sharma P, Pawar RS, 2010.** «Biological activities and chemical constituents of *Illicium verum hook* fruits (Chinese star anise)». *Der Pharmacia Sinica*, 1: 1-10.
26. **Clark, S.F., 2002.** «The biochemistry of antioxidants revisited». *Nutr. Clin. Pract.* 17 : 5-17.
27. **Cnced Nu, 2016.** Thé un profil de produit de base par INFOCOMM.
28. **Cooper RayMOND, 2012.** «Green tea and theanine : Health Benefits»; *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(51) : 90-97.
29. **Crozier A., 2003.** «Classification and Biosynthesis of secondary plant products : an overview in plants “Diet and Health”». *Ed. Goldberg*. pp : 27-48.

## D

30. **Dai, J., Mumper, R.J., 2010.** «Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties». *Molecules* 15, 7313– 7352.
31. **Daglia M., 2012.** «Polyphenols as antimicrobial agents». *Current Opinion in Biotechnology*, 23,174–181.
32. **Diego Francisco Cortés-Rojas, Claudia Regina Fernandes de Souza, Wanderley Pereira Oliveira, 2014.** «Clove (*Syzygium aromaticum*) : aprecious spice». *Asian Pac J Trop Biomed* ; 4(2) : 90-96.
33. **Dorman, H.J.D and Deans, S.G., 2000.** «Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils». *Journal of Applied Microbiology*, 88: 308–316.

34. **Dugasani, S., Pichika, M. R., Nadarajah, V.D., Baljepalli, M.K., Tandra, S., Korlakunta, J.N., 2006.** «Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol». *J. Ethno Pharmacol.* 127 : 515-520.

## **F**

35. **Faucher J.L., Avril J.L., 2002.** «Bactériologie générale et médicale». *Tome 1, Ed, Ellipses, Paris.*
36. **Ficker CEA, Smith ML, Susiarti SB, Leaman DJ, Arnason JCIT., 2003.** «Inhibition of human pathogenic fungi by members of Zingiberaceae used by the Kenyah (Indonesian Borneo)». *J Ethnopharmacol*, 85, 289–293.
37. **Fillon L., 2014.** Le thé et le syndrome métabolique.
38. **Friedman, M., Henika, P. R., Mandrell, R. E., 2002.** «Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*». *J. Food Prot.* 65: 1545-1560.

## **G**

39. **Gaboury,M., 2014.** Le thé. *Revue scientifique free Rdical research (USA)* : 01-03p.
40. **George, C. K., 2012.** «Handbook of herbs and spices». *Cambridge, England: Woodhead Publishing.* (Second ed., pp. 487–503).
41. **Gonzalez Elvira de Mejia, Ramirez-Mares, Sirima Puangpraphant, 2009.** «Bioactive Component of tea : Cancer, Inflammation and Behavior». *Brain, Behavior, and Immunity*, 23(6) : 721-731.
42. **Guinoiseau E., 2010.** «Molécules, antibactérienne issues d’huiles essentielles : séparation, identification et mode d’action». Thèse de Doctorat, Univ. Corse ; Option : Biochimie-Biologie moléculaire ; France
43. **Gurib-Fakim A., 2006.** «Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow». *Elsevier, Molecular Aspects of Medicine*, 27, 1-93.

## **H**

44. **Himani Vishnoi, Ramesh B., Bodla, Ravikant, 2018.** «Green tea (CAMELLIA SINENSIS) and its antioxydant property : A REVIEW». *IJPSR*, Vol.9(5) : 1723-1736.

## I

45. **Iliquer M., 2010.** «Epidémiologie et caractérisation moléculaire de souches cliniques de *Klebsiella pneumoniae* résistantes aux céphalosporines de 3ème génération hors BLSE, isolées entre 2007 et 2009», *au C.H.U de Nantes. Université de Nantes.* 123p.
46. **Imen Rejeb, 2007.** «Etude de l'effet de l'irradiation sur les polyphénols du curcumin». Université du 7 novembre à Carthage. *Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie.*
47. **Iserin. P., 2001.** «Encyclopédie des plantes médicinales». 2ème ED, *Larousse*, 335 p.

## J

48. **Janda, J. M., Abbott, S. L., 2006.** «The Genera *Klebsiella* and *Raoultella*. The Enterobacteria», *Washington, USA: ASM Press*, (2nd ed., pp. 115-129).
49. **Jolad, S.D., Lantz, R.C., Solyom, A.M., Chen, G.J., Bates, R.B., Timmermann, B.N., 2004.** «Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*) : composition and effects on LPS-induced PGE2 production». *Phytochemistry* : 65(13) : 1937-1954.
50. **Joseph Wesley & UHL., 2016.** The art and craft of tea : an enthusiast's guide to selecting, brewing, and serving axquististe tea, p.234.

## K

51. **Karori, S. M., Wachira, F. N., Wanyoko, J. K., Ngure, R. M., 2007.** «Antioxidant capacity of different types of tea products». *African Journal of Biotechnology*. Vol. 6 (19), pp. 2287-2296.
52. **Katiyar SK, Ahmad N, Mukhtar H, 2000:** Green Tea and skin; *Arch Dermatol.*136(8): 989-994.
53. **Kao YH, Chang HH, Lee MJ, Chen CL., 2006.** «Tes obesity and diabetes». *Mol Nutr Food Res* ; 50(2) : 188-210.
54. **Kaper, J. B., Nataro, J.P., Mobley, H. L. T., 2004.** «Pathogenic *Escherichia coli*». *Nat. Rev. Microbiol.* 2:123-140.
55. **Kerio, L.C., Wachira, F.N., Wanyoko, J.K., Rotich, M.K., 2013.** «Total polyphenols, catechin profiles and antioxidant activity of tea products from purple leaf coloured tea cultivars». *Food Chemistry.* 136: 1405–1413.
56. **Khanbabae K., Ree T.R., 2001.** «Tannins:Classification and Defenition». *Journal of Royal Society of Chemistry.* 18: 641-649. (cited in Djemai Zoueglache S, 2008).

57. **Kim, S.J., Han, D., Moon, K.D., Rhee, J.S., 1995.** «Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidant». *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 59 : 822-826.
58. **Kluytmans, J., van Belkum, A., Verbrugh, H., 1997.** «Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* : epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks». *Clinical Microbiology Reviews*, 10(3), 505-520.
59. **Koch C, Reichling BJ, Schneeleb J, Schnitzler P., 2008.** «Inhibitory effect of essential oils against herpes simplex virus type 2». *Phyto Med*, 15, 71–78.
60. **Koech, K.R., Wachira, F.N., Ngure, R.M., Wanyoko, J.K., Bi, C.C., Karori, S.M Kerio, L.C., 2013.** «Antimicrobial, synergistic and antioxidant activities of tea polyphenols». *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education (A. Méndez-Vilas, Ed.)*.
61. **Komes Drazženka, Dunja Horžić , Ana Belščak, Karin Kovac'evic Ganic , Ivana Vuli, 2010.** «Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds». *Food Research International*; 43: 167–176.
62. **Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A., Abdely C., 2008.** «Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes». *C. R. Biologies*, 331, 865-873.
63. **Kuriyama S, Shimazu T, Ohmorik, 2006.** «Green tea consumption and mortality due to cardiovascular disease, cancer and all causes in in japan». *The Ohsaki Study ; JAMA ; 296(10) :1255-1265.*

## L

64. **Laura C.Martin, 2007.** *Tea : the drink that changed the world*, 177p.
65. **Lee Min-Seuk, Hwang Young-Sun, Lee Jinwook, Choung Myoung-Gun, 2014.** «The characterization of caffeine and nine individual catechins in the leaves of green tea (*Camellia sinensis L.*) by near-infrared reflectance spectroscopy». *Food Chemistry*, 158: 351–357.
66. **Lee K.-M., Kim W.-S., Lim J., Nam S., Youn M. I. N., Nam S.-W., Park S., 2009.** «Antipathogenic properties of green tea polyphenol epigallocatechin gallate at concentrations below the MIC against enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7». *Journal of Food Protection*, 72(2), 325–331.

67. **Le Loir, Y., Baron, F., Gautier, M., 2003.** «Staphylococcus aureus and food poisoning». *Genetics and Molecular Research : GMR*, 2(1), 63-76.
68. **Liu Hong-Yan, Yi Liu, Mai Ying-Hui, Guo Huan, He Xiao-Qin, Xia Yu, Li Hang,**
69. **Zhuang Qi-Guo, Gan Ren-You, 2021.** «Phenolic Content, Main Flavonoids, and Antioxidant Capacity of Instant Sweet Tea (*Lithocarpus litseifolius* [Hance] Chun) Prepared with Different Raw Materials and Drying Methods». *Foods* , 10, 1930.  
<https://doi.org/10.3390/foods10081930>.
70. **Lu, Y. U., 1995.** «The classic of tea : origine and rituals, trans. F.R.Carpeuter». *New York : Ecco Press*.

## *M*

71. **Marie-Pierre Morine, 2015.** « les polyphénols du thé vert : des molécules a double action contre la maladie paradontale». Mémoire, Université Laval Québec.
72. **Masood Sadiq Butt, M. Tauseef Sultan, 2011.** «Ginger and its health claims : Molecular Aspects», *Critical review in Food Science and Nutrition*, 51 : 5, 383-393.
73. **Michalak, A., 2011.** «phenolic compound and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress », *Polish J. Environ.Stud.* 15 : 523-530.
74. **Michel L., 2011.** «Documentation technique : Etude de la sensibilité aux antimicrobiens, Documentation technique extraite des notices techniques commerciales et de différentes publications», *Lycée des métiers du tertiaire, de la santé et du social – Luise Michel Grenoble*.
75. **Mighri, H., Hajlaoui, H., Akrouf, A., Najjaa, H., Neffati, M., 2010.** «Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone». *Comptes Rendus Chimie*, 13(3): p. 380-386.
76. **Mohamed Bilal Goudjil, Segni Lodjel, Salah Eddine Bencheikh, Souad Zighmi, Djamila Hamada, 2015.** «Chemical Compounds Profile, Antibacterial and Antioxidant Activities of The Essential Oil Extracted From The *Artemisia Herba-alba* of Southern Algeria». *International Journal of Biological Chemistry* 9(2) : 70-78.
77. **Mohamad Hesam Shahrajabian, Wenli Sun, Qi Cheng, 2019.** « Chinese star anise and anise, magic herbs in traditional chinese medicine and modern pharmaceutical Science». *Asian J.Med.Biol.Res*, 5(3), 162-179.
78. **Muhammad Saeed, Muhammad Naveed, Muhammad Arif, Muhib Ullah Kaka, Robina Manzoor, Mohamed Ezzat Abd El-Hach et al., 2017.** «Green tea *Camellia*

sinensis and L-theanine : Medicinal values and beneficial applications in humans – A Comprehensive review». *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95 : 1260-1275.

79. **Murray, P. R., Baron, E. J., Jorgensen, J. H., Landry, M. L., Pfaller, M. A., Tenover, R. C., Tenover, R. H. (Eds.), 2003.** «Manual of Clinical Microbiology (8th ed.)». *Herdon, VA, United States of America : American Society for Microbiology.*

## N

80. **Nakayama M., Shigemune N., Tsugukuni T., Tokuda H., Miyamoto T., 2011.** «Difference of EGCg adhesion on cell surface between *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* visualized by electron microscopy after novel indirect staining with cerium chloride». *Journal of Microbiological Methods*, 86(1), 97–103.
81. **Namita P., Mukesh R., Vijay KJ., 2012.** «Camellia sinensis (green tea) : a review». *Global journal of pharmacology* 6 (2) : 52-59.
82. **Nkhili E.Z., 2009.** Polyphénols de l'alimentation : Extraction, Interaction avec les ions du fer.

## O

83. **Oueslati, S., Gharsalli, W., Abdelkarim, M., Ben Aissa-Fennira, F., Ksouri, R., 2018.** «Biochemical evaluation and exploration of the antioxidant, antibacterial and anticancer potential of *Zingiber officinale*». Volume 54 (1).

## P

84. **Padmashree, A., Roopa, N., Semwal, A.D., Sharma, G.K., Agathian, G., Bawa, A.S., 2007.** «Star-anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants». *Food Chem.* 104, 59–66.
85. **Park, E.J. et Pzzuto, J.M., 2002.** «Botanicals in cancer chemoprevention. *Cancer Metast*». Rev. 21 : 231-255.
86. **Parle Milind, Khanna Deepa, 2011.** « CLOVE: A CHAMPION SPICE». *IJRAP*, 2 (1) 47-54.
87. **Pecorari , M., Villan, D., Testa, M.F., Scmid, M., Serafini, M., 2010.** «Biomarkers of antioxidant status following ingestion of green teas at different polyphenols concentrations and antioxidant capacity in human volunteers». *Mol. Nutr. Food Res.*54 : 5278-5283.

88. **Ponce A.G., Eritz R., Del Vall C., Roura S.I., 2003.** «Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard». *Lebensm.-Wiss. u. Technol.* 36: 679-684.
89. **Ponnan Arumugam MSc, Perumal Ramamurthy PhD, Sathiyavedu Thyagarajan Santhiya PhD, Arabandi Ramesh PhD, 2006.** «Antioxidant activity measured in different solvent fractions obtained from *Mentha spicata* Linn.: An analysis by ABTS + decolorization». *AssayAsia Pac J Clin Nutr* ; 119-124.

## Q

90. **Quezel, P., S. Santa, 1963.** «Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales», *C.N.R.S, Editor.* Paris. France.

## R

91. **Raina, V.K., Srivastava, S.K., Syamasunder, K.V., 2003.** «Essential oil composition of *Acorus calamus* L. from the lower region of the Himalayas». *Flav. Fragr. J.* 18 (1), 18–20.
92. **Ramaa, C. S., Shirade, A.R., Mundada, A.S., Kadam, V.J., 2006.** «Nutra centicals an emerging era in the treatment and prevention of cardiovascular diseases». *Curr. Pharm. Biotechnol.* 7 : 15-23.
93. **Rasooli, I., Fakoor, M.H., Allameh, A., Rezaee, M.B., Owlia, P., 2009.** «Phyto-prevention of aflatoxin production». *J. Med. Plants* 8 (5), 97–104.
94. **Reygaert WC., 2017.** «An update on the health benefits of Green Tea». *Beverages* ; 3(6) : 1-14.
95. **Reygaert WC., 2014.** «The antimicrobial possibilities of Green Tea» ; *Frontiers in Microbiology* ; 434(1-8).
96. **Ribéreau-Gayon P., 1968.** «Les composés phénoliques des végétaux». *Ed. Dunod. Paris*, P: 173-201.
97. **Rivilin, R., 2001.** «Historical perspective on the use of garlic». *The Journal of Nutrition* 131 : 1s-4s.
98. **Russo, T. A., J. R. Johnson, 2000.** «Proposal for a new inclusive designation for extraintestinal pathogenic isolates of *Escherichia coli*: ExPEC». *J. Infect. Dis.* 181:1753-4.

99. **Rybak M.J., Pharm D., LaPlante K.L., 2005.** «Community –Associated MethicillinResistant Staphylococcus aureus : a review». *Reviews of therapeutics, pharmacotherapy*, 25, 74-85.

## S

100. **Sabu MC, Smitha K, Kuttan R., 2002** : Anti-diabetic activity of green tea polyphenols and their role in reducing oxidative stress in experimental diabetes. *Journal of Ethnopharmacology* ; 83: 109-116.
101. **Sabulal AB, Dan MB, Anil John AJa, Kurup RA, Pradeep NSC, Valsamma RKC, George V., 2006.** «Caryophyllene-rich rhizome oil of Zingiber nimmonii from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity». *Phytochem*, 67, 2469–2473.
102. **Sanchez-Moreno, C., 2002.** «Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems». *Inter. J. Food Sci. and Technol.* 8 : 121-137.
103. **Sawsan Mohammed Abdulla Sorchee, Fattma A. Ali, Israa M. Mohammed, 2020.** «Comparison of the antimicrobial efficacy of the green and black tea extracts against E.coli: in vivoo and vitro study». *Sys Rev Pharm*; 11(3): 806-817. E-ISSN 0976-2779 P-ISSN 0975-8453.
104. **Senanayake, S.P.J.N., 2013.** «Green tea extract : Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review». *Journal of Functional Foods*, 5, 1529-1541.
105. **Sharangi, A.B., 2009.** «Medicinal and therapeutic potentialities of tea (camellia sinensis L.)- A review». *Food Research International* 42 : 529-535.
106. **Shouy, B., 1982.** An outline history of china, 55. Beijing :Foreign languages press.
107. **Shukla, Y., and Singh, M., 2007.** «Cancer preventive properties of ginger : a brief review». *Food Chem. Toxicol.* 45 : 683-690.
108. **Simon O. Ochanda, Johan K. Wanyoko, Henrik K. Ruto, 2015.** «Effect of Spices on Consumer Acceptability of Purple Tea (*Camellia Sinensis*)». *Food and Nutrition Sciences*, 6, 703-711.
109. **Sinija, V.R., Mishra, H.N., 2008.** «Green tea : Health benefits. Jornal of nutritional & Environmental Medcine». December ; 17(4) : 232-242.

110. **Sofia PK, Prasad R, Vijay VK, Srivastava AK., 2007.** «Evaluation of antibacterial activity of Indian spices against common foodborne pathogens». *Int J Food Sci Technol* ; 42(8): 910-915.
111. **Soher E. Aly A, Bassem A. Sabry A, Mohamed S. Shaheen B, Amal S. Hathout A., 2016.** «Assessment of antimycotoxigenic and antioxidant activity of star anise (*Illicium verum*) in vitro». *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* ; 15, 20–27.
112. **Song JM, Lee KH, Seong BL., 2005 :** «Antiviral effect of catechins in green tea on influenza virus», *Antiviral Res* ; 68 : 66-74.
113. **Sung YY, YS Kim, HK Kim, 2012.** «*Illicium verum* inhibits TNF- $\alpha$  and IFN- $\gamma$ -induced expression of chemokines and cytokines in human Keratinocytes». *J. Ethnopharmacol.*, 144: 182-189.

### **T**

114. **Taneja, S.C, S. Chandra, S., 2012.** «Mint», *Indian Institute of Integrative Medicine (CSIR), India* ; 367-387.
115. **Tirichine HS. 2010.** «Etude ethnobotanique, activité antioxydante et analyse phytochimique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) du Sud-Est Algérien». Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia.
116. **Tjendraputra, E., Tran, V.H., Liu-Brennan, D., Roufogalis, B.D., Duke, C.C., 2001.** «Effet of ginger constituents and synthetic analogues on cyclooxygenase-2 enzyme in intact cells». *Bioorganic Chem.* 29 : 156-163.

### **U**

117. **Ukers, W.H. 1935.** «All about tea». Vol .I-II. New York : tea and coffee trade journal company.
118. **Ulrich L, Manfred K, Gabriela B., 2002.** «Botanique». 3<sup>ème</sup> édition. p-211.

### **V**

119. **Vanessa Lee Rosarior, Pei Shan Lim, Wei Kit Wong, Chen Son Yue, Hok Chai Yam, Sheri-Ann Tan, 2021.** « Antioxidant-rich Clove Extract, A Strong Antimicrobial Agent Against Urinary Tract Infections-causing Bacteria in vitro», *TLSR*, 32(2).

120. **Velayutham, P., Badu, A., Liu, D., 2008.** «Green tea catechins and cardiovascular Health : au update», *Curr. Med. Chem.* 15 : 1840-1850.

## W

121. **Wang, H.K., 2000.** «The therapeutic potential of flavonoids». *Expert Opin. Investig. Drugs* 9, 2103–2119.
122. **Wang H and Bun TNg, 2005.** «An antifungal protein from ginger rhizomes». *Biochem Biophys Res Commun*, 336, 100–104.
123. **Weng XC, Wang W., 2000.** «Antioxidant activity of compounds isolated from salvia plebeia». *Food Chem* ; 71 : 489-493.
124. **Wannissorna B, Jarikasemb S, Siriwangchaib T, Thubthimthed S., 2005.** «Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants». *Fitoterapia*, 76, 233– 236.
125. **Wichtl. M et Anton. R., 1999.** «Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique». *Technique & Documentation*. Paris, 636 p.
126. **Wuu-Kuang, S., 2011.** «Taxonomic Revision of Cinnamomum (Lanraceae) in Borneo». *Blumea* 56, 241-264.

## Z

127. **Zbadi R, Mohti H, Moussaoui F., 2018.** «Stress oxydatif: évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales». *Medecine Therapeutique*, 134-141.
128. **Zhang W, Y Zhang, X Yuan, E Sun, 2015.** «Determination of volatile compounds of *Illicium verum* Hook. f. using simultaneous distillation-extraction and solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry». *Trop. J. Pharm. Res.*, 14: 1879-1884.
129. **Zykova, M.V., Schepetkin, I.A., Belousov, M.V., Krivoshchekov, S.V., Logvinova, L.A., Bratishko, K.A., 2018.** «Physicochemical characterization and antioxidant activity of humic acids isolated from peat of various origins». *Molecules* 23, 1–15.

## Sitographie :

1. Anonyme I : <https://big-win.hr/Théier> , consulté le 25/05/2021 à 15h08min.
2. <https://www.fao.org>, consulté le 24/04/2021 à 14h10min et le 19/05/2021 à 20h30min.
3. Anonyme II : <https://teakruthi.com> /thé blanc, consulté le 02/09/2021 à 13h19min.
4. Anonyme III : <https://docteurbonnebouffe.com/thé-vert-bienfaits-mefaits> , consulté le 10/08/2021 à 01h02min.
5. Anonyme IV : <https://www.palaisdesthes.com> /thé oolong, consulté le 02/09/2021 à 14h05min.
6. Anonyme V : <https://radio.vinci-autoroutes.com/article/quel-the-noir-choisir--4601>, consulté le 10/08/2021 à 02h35min.
7. <http://www.green-tea-benefit.com>,
8. Anonyme VI : <https://www.thesdelapagode.com>, consulté le 19/06/2021 à 21h56min.
9. Anonyme VII : <http://www.floramaroccana.fr/Artemisia-herba-alba> , consulté le 19/09/2021 à 22h17min.
10. Anonyme VIII : <https://www.pourquoidocteur.fr>, consulté le 24/08/2021 à 22h20min.
11. Anonyme IX : <https://myafricainfos.com/connaissez-vous> les vertus du clou de girofle ?, consulté le 19/09/2021 à 23h02min.
12. Anonyme X : <https://www.passeportsante.net/Badiane-tous-les-bienfaits> de l'anis étoilé, consulté le 19/09/2021 à 21h05min.
13. Anonyme XI : <https://www.deco.fr> /jardin-jardinage/plante-potagere/gingembre, consulté le 19/09/2021 à 22h17min.
14. Anonyme XII : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Menthe>, consulté le 19/09/2021 à 23h02min.
15. Anonyme XIII : <http://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/antioxydant-dpph/principe>, consulter le 06/08/2021 à 19h154min.
16. Anonyme XIV : [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Escherichia\\_coli](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli), consulté le 16/08/2021 à 18h59min.
17. Anonyme XV : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:MRSA>, consulter le 16/08/2021 à 19h25min.

# Annexes

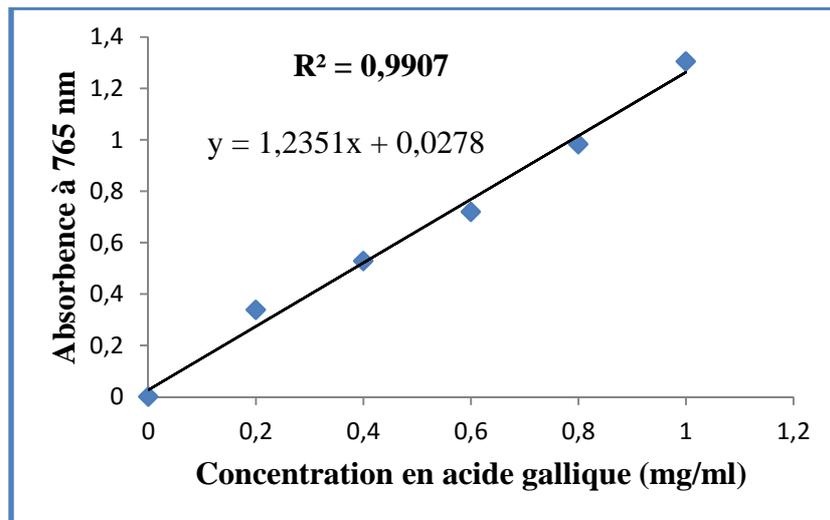
# Annexes

## Annexe I : Matériel et Réactifs

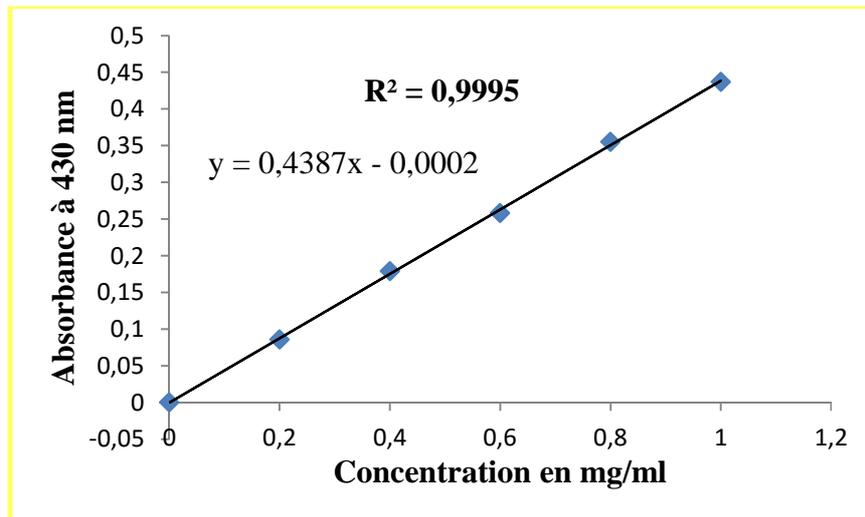
Matériel	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balance analytique (Balance de précision PS 600/C/2)</li><li>• Plaque chauffante PHYWE</li><li>• Bain marie memmert</li><li>• Spectrophotomètre UV Visible (Thermo Scientific Evolution 201)</li><li>• Etuve memmert</li><li>• Autoclave BIOBASE</li><li>• Bec benzène</li><li>• Verreries (Tubes à essai, éprouvette, erlenmeyer, bécher, pipette graduée, entonnoirs, boîtes de pétries)</li><li>• Ecouvillons, Pince, Anse de platine, Disque en papier</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau distillée</li><li>• Acide tannique</li><li>• Acide sulfurique à 70%</li><li>• La vanilline</li><li>• Acide gallique</li><li>• Le réactif de Follin</li><li>• <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math></li><li>• Ethanol</li><li>• DPPH</li><li>• Trichlorure d'Aluminium <math>\text{AlCl}_3</math></li><li>• La quercétine</li><li>• Le milieu de culture Muller Hinton</li><li>• Les bactéries</li><li>• Eau physiologique</li><li>• La gélose nutritive</li></ul>

**L'ensemble du Matériels et Réactifs utilisés dans cette étude**

## Annexe II : Courbes d'étalonnages



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



Courbe d'étalonnage de la quercétine



Dosage des polyphénols



**Dosage des flavonoides**

### Annexe III : Activité antibactérienne



Préparation des boîtes de pétries



préparation de l'inoculum



Ensemencement

Dépôt des disques



Disques imprégnés

Incubation 24h à 37C°

Mise en évidence de l'activité antibactérienne

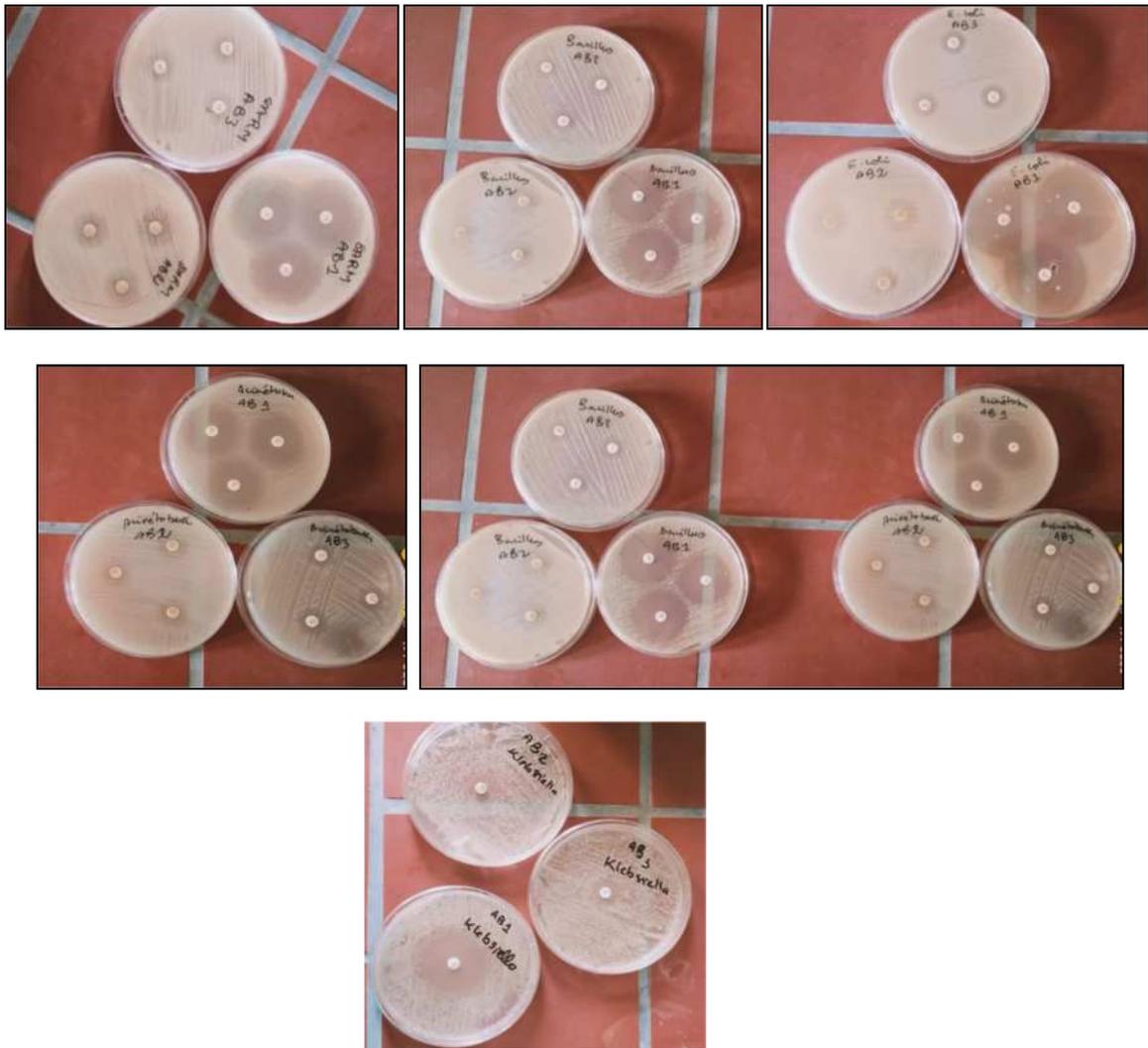


Les antibiotiques utilisés



Les souches testées

## Annexe IV : Résultats de l'antibiogramme



Zones d'inhibition de chaque antibiotique



Zones d'inhibition des extraits

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de quelques propriétés biologiques de thé vert aromatisée afin d'évaluer l'effet de l'addition de quelques épices sur le thé vert pure et sur ses activités biologiques, dans le but de rechercher de nouveaux composants bioactifs d'origine naturels telles que les composés phénoliques (polyphénols).

Les résultats obtenus montrent que la teneur en composés phénoliques varie d'un extrait à un autre. Les résultats de dosage des polyphénols ont montré que l'extrait du Thé armoise, Thé vert pure et Thé Clou de girofle sont les extraits les plus riche en polyphénols avec des teneurs de  $871,63 \pm 0,32$  mg EAG/ L,  $737,29 \pm 1,01$ mg EAG/ L et  $724,54 \pm 1,48$  mg EAG/ L respectivement. La quantification des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) indique que l'extrait de Thé Clou de girofle renferme la plus grande quantité en flavonoïdes ( $456,16 \pm 0,63$  mg EQ/ L), suivi par le Thé Menthe ( $441,83 \pm 0,58$  mg EQ/ L). De ce fait, le thé vert aromatisé est beaucoup plus riche en composés phénoliques que le thé vert pure. L'activité anti-oxydante est évaluée par la méthode de la réduction de radical libre DPPH. Les résultats de cette étude montrent que l'extrait de Thé vert-Armoise à présenté une forte activité contre le radical DPPH ( $86 \pm 3,26\%$ ), suivi respectivement par celles du Thé Vert pure et Thé Clou de girofle.

L'évaluation de l'effet antimicrobien des différents extraits a révélée un très faible effet inhibiteur sur la croissance des germes testés. Seule *Bacillus subtilis* et *Acinetobacter* ont montré une sensibilité envers le Thé vert ( $8,22 \pm 0,6$  mm), Thé Gingembre ( $8,77 \pm 0,3$  mm et  $9,66 \pm 0,3$  mm respectivement) et Thé Menthe ( $8,66 \pm 0,3$  mm).

**Mots clés :** Thé vert, Épices, Activité anti-oxydante, Activité antimicrobienne

## **Abstract**

This work is part of the study of some biological properties of flavored green tea in order to evaluate the effect of the addition of some spices on pure green tea and on its biological activities, with the aim of researching new bioactive components of natural origin such as phenolic compounds (polyphenols).

The results obtained show that the content of phenolic compounds varies from one extract to another. The polyphenol assay results showed that the extract of Mugwort tea, Pure green tea and Clove tea are the extracts richest in polyphenols with contents of  $871,63 \pm 0,32$  mg EAG / L,  $737,29 \pm 1,01$ mg EAG / L and  $724,54 \pm 1,48$  mg EAG / L respectively. The quantification of flavonoids by the method of aluminum trichloride (AlCl<sub>3</sub>) indicates that the extract of Clove tea contains the greatest quantity of flavonoids ( $456,16 \pm 0,63$  mg EQ / L), followed by tea Mint ( $441,83 \pm 0,58$  mg EQ / L). Because of this, flavored green tea is much richer in phenolic compounds than pure green tea. Antioxidant activity is assessed by the DPPH free radical reduction method. The results of this study show that the Green Tea-Mugwort extract exhibited strong activity against the DPPH radical ( $86 \pm 3,26\%$ ), followed by those of pure Green Tea and Clove Tea, respectively.

Evaluation of the antimicrobial effect of the different extracts revealed a very weak inhibitory effect on the growth of the bacteria tested. Only *Bacillus subtilis* and *Acinetobacter* showed sensitivity towards Green tea ( $8,22 \pm 0,6$  mm), Ginger tea ( $8,77 \pm 0,3$  mm and  $9,66 \pm 0,3$  mm respectively) and Mint tea ( $8,66 \pm 0,3$  mm).

**Keywords:** Green tea, Spices, Antioxidant activity, Antimicrobial activity

## الملخص

هذا العمل هو جزء من دراسة بعض الخصائص البيولوجية للشاي الأخضر المنكه من أجل تقييم تأثير إضافة بعض التوابل على الشاي الأخضر النقي وأنشطته البيولوجية ، وذلك بهدف البحث عن مكونات جديدة نشطة بيولوجيا ذات أصل طبيعي مثل مركبات الفينول (بوليفينول).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن محتوى المركبات الفينولية يختلف من مستخلص إلى آخر. أظهرت نتائج والشاي الأخضر النقي وشاي القرنفل هي المستخلصات الأكثر ثراءً في Mugwort اختبار البوليفينول أن مستخلص شاي و  $1.48 \pm 724.54$  مجم EAG / L مجم  $737.29 \pm 1.01$  ، EAG / L البوليفينول بمحتويات  $0.32 \pm 871.63$  مجم إلى أن مستخلص (AlCl<sub>3</sub>) لتر على التوالي. يشير القياس الكمي للفلافونيدات بطريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم / EAG ، يليه شاي النعناع ( $EQ / L \pm 441.83$ ) شاي القرنفل يحتوي على أكبر كمية من الفلافونويد ( $0.63 \pm 456.16$  مجم لهذا السبب ، الشاي الأخضر المنكه أغنى بكثير في المركبات الفينولية من الشاي الأخضر النقي. يتم ( $0.58 EQ / L$ ). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مستخلص الشاي DPPH. تقييم نشاط مضادات الأكسدة من خلال طريقة تقليل الجذور الحرة ، يليه الشاي الأخضر النقي وشاي القرنفل على التوالي ( $86 \pm 3.26\%$ ) DPPH الأخضر أظهر نشاطاً قوياً ضد جذور أظهر تقييم التأثير المضاد للميكروبات للمستخلصات المختلفة تأثير مثبط ضعيف للغاية على نمو البكتيريا المختبرة. فقط حساسية تجاه الشاي الأخضر ( $0.6 \pm 8.22$  ملم) وشاي الزنجبيل Acinetobacter و Bacillus subtilis أظهر ( $0.3 \pm 8.77$  ملم و  $0.3 \pm 9.66$  ملم على التوالي) وشاي النعناع ( $0.3 \pm 8.66$  ملم).

**الكلمات المفتاحية:** شاي أخضر ، بهارات ، نشاط مضاد للأكسدة ، نشاط مضاد للميكروبات