

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHECHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en biologie

Option : Microbiologie appliquée

Thème

Evaluation de l'activité antioxydante
et antibactérienne des fleurs de
Lavandula Stoechas L

Présenté par :

Hadj-said Yani

Ould Messaoud Massinissa

Devant le jury composé de :

Président : M^r HOUALIK Professeur à l'UMMTO.

Promoteur : M^r MOUALEK.I Maitre de conférence classe A à l'UMMTO.

Examinatrice : M^{me} IRATNI.G Maitre de conférence classe B à l'UMMTO.

Promotion 2020 /2021



Remerciements

Nous exprimons tout d'abord nos remerciements et notre gratitude à Monsieur MOUALEK.I pour nous avoir guidés et encouragés pendant toute la durée de notre travail, ainsi que pour ses précieux conseils et ses orientations qui nous ont beaucoup servis.

Nous tenons également à remercier Monsieur HOUALI.K ; professeur à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de présider le jury, mais aussi, pour nous avoir ouvert les portes de son laboratoire de recherche.

Nos remerciements à Madame IRATNI.G pour avoir accepté de compter parmi les membres du jury. C'est un réel plaisir de vous avoir parmi les membres du jury.

Nos remerciements vont également à la technicienne du laboratoire LABAB.

À la fin nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin dans l'élaboration et l'aboutissement de ce travail.



Dédicaces

À mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À mes grands frères, Aguellid et Aghiles, au petit Adam et à Dalia ainsi qu'à sa famille et une pensée particulière à Toufik, je vous souhaite plein de bonheur et de succès dans vos vies.

À tous les membres de la famille, ainsi qu'à mes amis qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

Sans oublier tous les professeurs, que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.



Yani



Dédicaces

En hommage à mon oncle et mes grands-parents, vous êtes partis trop tôt pour que je puisse partager ce moment avec vous.

À mes très chers parents, source de vie et d'amour pour tout ce que vous avez fait et ce que vous continuez de faire merci infiniment, les mots ne peuvent être assez puissants pour exprimer l'étendue de ma gratitude. Votre soutien dans les moments difficiles anime la flamme de la réussite en moi.

À mon très cher frère, qui est toujours à mes côtés, qui m'a tant aidé pour la réalisation de ce travail, les mots ne peuvent récompenser tous les efforts que tu as fournis, donc, je te dis mille mercis.

À tous les membres de la famille et mes amis que je ne peux citer, vous êtes nombreux à m'apporter votre soutien, et m'encourager.

À la mémoire de Népal.

Une pensée pour tous les gens qui ont perdu la vie et les disparus des tragiques incendies du mois d'août.

Massi

AG : Acide gallique

ATTC : American Type Culture Collection

CMI : Concentration minimale inhibitrice

COVID-19 : Maladie à coronavirus 2019

EAG : Equivalent d'acide gallique

FRAP : Pouvoir réducteur ferrique

LABAB : Laboratoire de recherche de biochimie analytique et biotechnologie.

LDL : Lipoprotéines de faible densité

MO : Molybdène

NOS : Oxyde nitrique synthase

PH : Potentiel d'Hydrogène

PTT : Polyphénols totaux ou (teneur totale en composés phénoliques)

Redox : Oxydoréduction

SARS-CoV-2 : Coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère

TAC : Capacité antioxydante totale

TCA : Acide Trichloracétique

UFC : Unité formant colonie

UV : Ultraviolet

- Figure 01** : Distribution géographique de *Lavandula stoechas* L.
- Figure 02** : Feuilles de *Lavandula stoechas* L.
- Figure 03** : Fleurs de *Lavandula stoechas* L.
- Figure 04** : Corolles de *Lavandula stoechas* L.
- Figure 05** : Bractées de *Lavandula stoechas* L.
- Figure 06** : Voie de synthèse des acides aminés aromatiques.
- Figure 07** : Biosynthèse des composés phénoliques par la voie Shikimate.
- Figure 08** : Structure de base du phénol.
- Figure 09** : Quelques exemples d'acide hydroxybenzoïque.
- Figure 10** : Structure de base d'acide hydroxycinnamique.
- Figure 11** : Structure chimique du trans-resvératrol.
- Figure 12** : Classification des lignanes : (A) néolignane, (B) lignane classique.
- Figure 13** : Alcools phénoliques formant la lignine.
- Figure 14** : Structure d'une lignine.
- Figure 15** : Structure chimique d'une coumarine.
- Figure 16** : Structure de base des flavonoïdes.
- Figure 17** : Structure chimique d'un tannin hydrolysable : Ellagitannin (A) Gallotannin (B).
- Figure 18** : Structure des tanins condensés.
- Figure 19** : Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.
- Figure 20** : Les caractéristiques structurales des flavonoïdes avec une activité de piégeage des radicaux libres élevée.
- Figure 21** : Représentation schématique de l'enveloppe cellulaire des bactéries Gram-positives (A) et Gram-négatives (B).
- Figure 22** : Diagramme représentant les protocoles expérimentaux adoptés.
- Figure 23** : Schéma récapitulatif de l'extraction aqueuse.
- Figure 24** : Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols.
- Figure 25** : Protocole récapitulatif du test de détermination de la capacité antioxydante totale (TAC).
- Figure 26** : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe ferricyanide ferrique Fe (III) et un antioxydant (AH).
- Figure 27** : Protocole récapitulatif du test de détermination du pouvoir réducteur (FRAP).
- Figure 28** : Protocole récapitulatif de l'activité antibactérienne.

Figure 29 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Figure 30 : Capacité antioxydante totale de l'acide ascorbique et d'un extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L.

Figure 31 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L et de l'acide ascorbique

Tableau I : Taxonomie de *Lavandula stoechas* L.

Tableau II : Les différentes classes des composés phénoliques.

Tableau III : Structure des principales sous-classes de flavonoïdes.

Tableau IV : Propriétés biologiques de quelques polyphénols dans l'organisme.

Tableau V : Diamètres des zones d'inhibition.

Tableau VI : Les valeurs de la CMI de l'extrait vis-à-vis des souches testées.

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Liste des abréviations.....	IV
Liste de figures.....	V
Liste des tableaux.....	VII

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie bibliographique :

Chapitre I : Généralités sur *Lavandula stoechas* L

1. Présentation de <i>Lavandula stoechas</i> L.....	3
2. Classification systématique.....	3
3. Répartition géographique.....	4
4. Caractéristiques des différentes parties de <i>Lavandula stoechas</i> L.....	5
4.1 Feuilles.....	5
4.2 Fleurs.....	6
4.3 Corolles.....	6
4.4 Calice.....	7
4.5 Bractéoles et bractées.....	8
5. Composition chimique.....	9
6. Usage moderne et traditionnel de <i>Lavandula stoechas</i> L.....	10

Chapitre II : Polyphénols et activités biologiques

1. Généralités.....	12
2. Biosynthèse des polyphénols.....	12
2.1 La voie Shikimate.....	12
2.2 La voie de l'acétate malonate.....	14
3. Principales structures phénoliques.....	15
4. Classification des polyphénols.....	16
4.1 Les non flavonoïdes.....	16
4.1.1 Les acides phénoliques.....	16
4.1.1.1 Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque.....	17

4.1.1.2 Dérivés de l'acide hydroxycinnamique.....	17
4.1.2 Les stilbènes.....	18
4.1.3 Lignanes.....	19
4.1.4 Lignines.....	19
4.1.5 Les coumarines.....	21
4.2 Les flavonoïdes.....	22
4.3 Les tanins.....	24
4.3.1 Les tanins hydrolysables.....	24
4.3.2 Les tanins condensés.....	25
5. Rôles et fonctions biologiques.....	26
5.1 Chez l'être humain.....	26
5.2 Chez les végétaux.....	28
6. Activités biologiques.....	28
6.1 Activité antioxydante.....	28
6.1.1 Piégeage des radicaux libres.....	29
6.1.2 Chélation des ions métalliques.....	30
6.1.3 Inhibition enzymatique.....	31
6.2 Activité antibactérienne.....	31
6.3 Activité anti-cancéreuse.....	34
6.4 Activité anti-inflammatoire.....	35
6.5 Protection cardio-vasculaire.....	35
6.6 Polyphénols et maladies neurodégénératives.....	36
6.7 Activité antivirale.....	37

Partie expérimentale :

Chapitre I : Matériels et méthodes

1. Matériels.....	38
1.1 Matériel végétal.....	38
1.2 Appareillage.....	39
1.3 Solvants et réactifs.....	39
1.4 Standards.....	39
1.5 Outillage.....	39
2. Méthodes d'analyse.....	40
2.1 Préparation de l'extrait.....	40

2.2 Dosage des polyphénols totaux (PTT).....	41
2.3 Etude de l'activité antioxydante.....	42
2.3.1 Évaluation de la capacité antioxydante totale (TAC).....	42
2.3.2 Détermination du pouvoir réducteur ferrique (FRAP).....	43
2.4 Activité antibactérienne.....	45
2.4.1 Revivification des souches.....	46
2.4.2 Préparation des suspensions bactériennes.....	46
2.4.3 Méthode de diffusion sur disque.....	46
2.4.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	46

Chapitre II : Résultats et discussions

1. Teneur en polyphénols totaux (PPT).....	48
2. Activité antioxydante.....	49
2.1 Capacité antioxydante totale (TAC).....	49
2.2 Pouvoir réducteur ferrique (FRAP).....	50
3. Activité antibactérienne.....	51
3.1 Méthode de diffusion sur disque.....	51
3.2 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	53

Conclusion.....	55
-----------------	----

Références bibliographiques

Annexes



Partie bibliographique



Introduction

Les plantes médicinales sont une source importante pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments. Non seulement, leurs constituants sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse des médicaments. Les infections microbiennes quant à elles, demeurent graves et leur fréquence ne cesse d'augmenter, ce qui mène à l'usage excessif des antibiotiques dans la médication humaine et dans l'élevage des animaux. Cela a conduit à la sélection des souches microbiennes résistantes. Ce phénomène de résistance des bactéries aux antibiotiques se développe de plus en plus de manière quasi universelle, et il est devenu donc primordial d'orienter les recherches vers des agents thérapeutiques efficaces et avec le moins d'effets secondaires possible.

Les extraits issus des végétaux commencent à avoir beaucoup d'intérêts comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Elles font l'objet de multiples études pour leur éventuelle utilisation comme alternative dans le traitement des maladies infectieuses. On a déduit d'après des travaux de recherche que certaines plantes ont des effets antibactériens, antioxydants, assez intéressants telle que *Lavandula stoechas* L. Ces activités biologiques sont dues aux polyphénols qui sont des métabolites secondaires de grande importance pharmacologique confirmés dans un grand nombre d'études. (AMIOUR et al., 2014).

L'Algérie est un pays riche en plantes aromatiques et médicinales (lavande entre autres), *Lavandula stoechas* L ou lavande papillon (BENABDELKADER, 2012), connue sous le nom de "Amezir".

Cette plante se présente sous la forme d'un arbrisseau très ramifié, possédant des fleurs de couleur violettes et qui est largement distribuée à travers toute la périphérie nord du pays. Cette plante est connue pour sa richesse en huile essentielle et pour ses propriétés antibactériennes, antifongiques (CAVANAGH et WILKINSON, 2002), antioxydantes et désinfectantes des plaies contre les problèmes dermatiques. (GÖREN et al., 2002).

Afin d'augmenter l'exploitation économique des espèces du genre *Lavandula*, celles-ci font l'objet de plusieurs études sur leur composition chimique et l'activité biologique de ses huiles. Cependant, il apparaît un manque d'études sur la composition en polyphénols de *Lavandula stoechas* L. (BENABDELKADER, 2012).

Dans cette perspective, ce présent travail, abordera dans un premier temps l'étude bibliographique des généralités sur *Lavandula stoechas* L ainsi que celle des polyphénols.

Dans un deuxième temps, nous décrirons le matériel et les méthodes utilisés afin d'extraire et doser les polyphénols totaux à partir des fleurs de *Lavandula stoechas L.*, ainsi que la détermination de l'activité antioxydante puis de l'activité antibactérienne.

Dans un troisième temps, nous exposerons nos résultats et la discussion relative aux différentes expérimentations menées.

Enfin, nous terminerons par une conclusion ainsi que des perspectives de recherche future.



Chapitre I
Généralités sur
Lavandula Stoechas L

1. Présentation de *Lavandula stoechas* L

L'espèce *Lavandula stoechas* L, communément appelée, «lavande française», « lavande italienne », « lavande espagnole», « lavande des stoechades », « lavande maritime», « lavande papillon » ou « lavande à toupet », est une espèce végétale bien connue qui fait partit de la famille des Lamiacées ou Labiées. Elle possède donc les mêmes caractéristiques morphologiques et communes à l'ensemble de cette famille. (BALOUIRI, 2011 ; BENABDELKADER, 2012). Elle se présente sous la forme d'un buisson pouvant atteindre un mètre de haut (BENABDELKADER, 2012), tomenteux, blanchâtre, tétragone (JULLIEN, 2016), très ramifié et très aromatique avec une lourde odeur semblable à celle du pin (BENABDELKADER, 2012), l'essence qu'on peut en extraire a une odeur très forte et désagréable. (BARBIER, 1963).

2. Classification systématique

La lavande appartient à la famille des Lamiacées. Ces arbustes sont célèbres pour leurs fleurs très parfumées et pour leurs feuillages aromatiques et persistants. On compte trente-neuf espèces de lavandes, toutes originaires des régions sèches, ensoleillées et rocailleuses du monde. (SAADATIAN et *al.*, 2013). (**Tableau I**)

Selon (UPSON et ANDREWS, 2004) la taxonomie de la lavande papillon est la suivante :

Règne	Plantae
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous famille	Nepetoideae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula stoechas</i> L

Tableau I : Taxonomie de *Lavandula stoechas* L (UPSON et ANDREWS, 2004).

3. Répartition géographique

Lavandula stoechas L a été historiquement la première lavande à être formellement décrite et dont le territoire géographique est le plus vaste. Elle est répandue dans tout le bassin méditerranéen (Europe méridionale, l'Afrique du Nord et le Moyen Orient) avec une petite disjonction sur la frontière Lybie-Egypte. Actuellement, elle a été introduite et elle est cultivée en Bretagne, Nouvelle Zélande et en Australie. (LIS-BALCHIN, 2002 ; AGRIMER, 2013). (Figure 01).

En Algérie, les populations naturelles de *Lavandula stoechas* L sont situées au nord du pays, le long de la côte méditerranéenne dans les wilayas de Skikda, Jijel, Boumerdes, Bouira, Blida, Médéa, Ain Defla, Chlef et Tizi Ouzou (BENABDELKADER, 2012), elle est parmi les très nombreuses espèces végétales qui forment la flore spontanée algérienne. (HAUSSEIN, 2000).

Lavandula stoechas L est une plante tendre, qui préfère les endroits ensoleillés et les sols riches où la température ne descend pas en dessous de (-10°C) et surtout, sec. (CHU et KEMPER, 2001 ; FESTY et DUPIN, 2012).

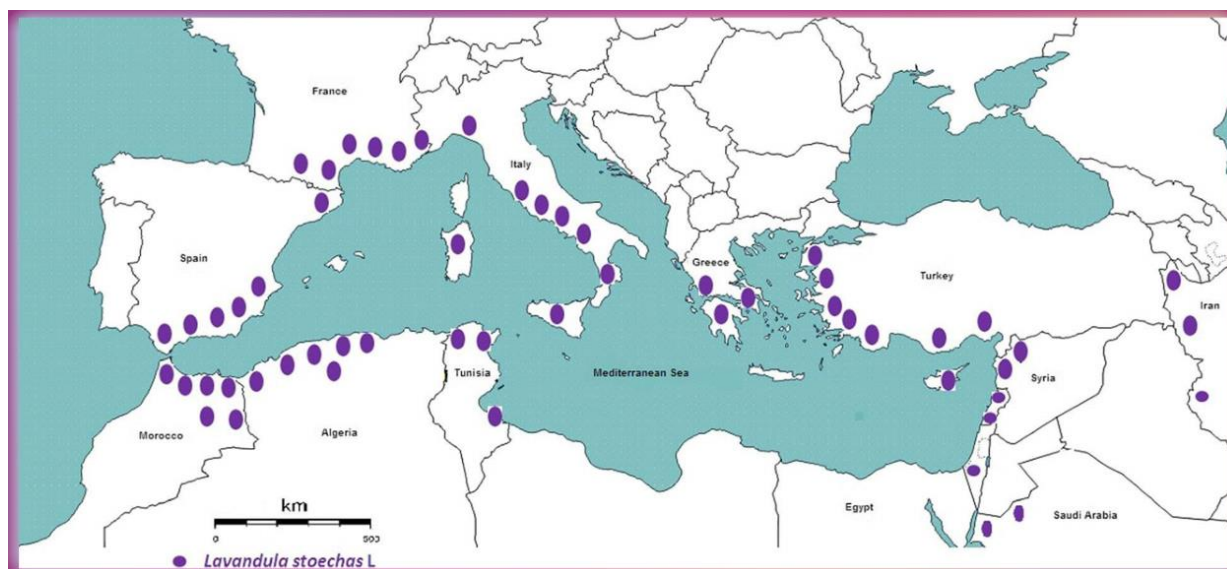


Figure 01 : Distribution géographique de *Lavandula stoechas* L (d'après UPSON et ANDREWS, 2004).

4. Caractéristiques des différentes parties de *Lavandula stoechas* L

Pour une description détaillée de la plante, il y'a nécessité de décrire chaque organe constituant la lavande papillon :

4.1 Feuilles

Les feuilles de *Lavandula stoechas* L sont petites, grisâtres, tomenteuses. (BESOMBES, 2008).

Elles sont opposées, sessiles, oblongues, lancéolées, linéaires, étroites et recourbées sur les bords, d'une longueur de 2 à 4 cm. (BENABDELKADER, 2012).

Les feuilles ne possèdent pas de lobes ni de dents et elles sont dépourvues de stipules et de pétioles. (SIDDIQUI et *al.*, 2016). (Figure 02)

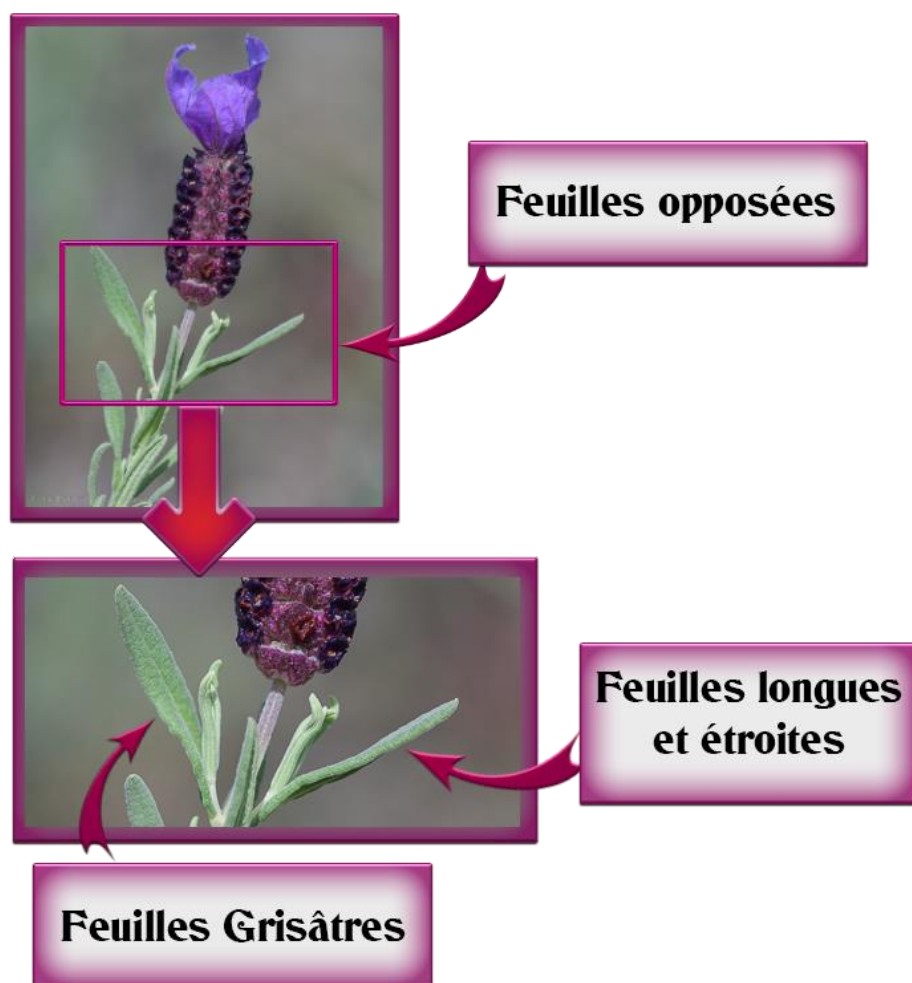


Figure 02 : Feuilles de *Lavandula stoechas* L (FLORESALPES, 2019).

4.2 Fleurs

Les fleurs, avec pédicelle, sont disposées en verticilles (DEBEAUX, 1894), tenues en grappes de cymes cylindriques ou quadrangulaires (BATTANDIER, 1888), à l'extrémité de tiges rarement feuillées (BENABDELKADER, 2012). L'épi floral est court (GUBB, 1913), oblong, brièvement pédonculé; verticilles foliaires espacés. Chaque verticille est composé de deux feuilles opposées, linéaires, acuminées au sommet, longues de 3 à 4 cm et larges de 2 à 3 mm, hispides en dessus, incandescentes en dessous, dépassant les entre-nœuds, et de 6 à 8 petites feuilles linéaires-filiformes, naissant à l'aisselle des deux feuilles opposées composant le verticille, et 3 à 4 fois plus courtes que celles-ci (DEBEAUX, 1894). Elles peuvent être le plus souvent mauves, bleues, violettes pourpres, roses ou lilas et parfois blanches.

La floraison de *Lavandula stoechas* L se déroule deux fois dans l'année, en printemps puis en automne, (GIRAY et KIRICI, 2008) contrairement à certaines autres espèces de lavande qui ne fleurissent qu'une seule fois dans l'année. **(Figure 03)**



Figure 03 : Fleurs de *Lavandula stoechas* L (FLORESALPES, 2019).

4.3 Corolles

La corolle est constituée de cinq pétales soudés **(Figure 04)**. Cette dernière présente une forme en entonnoir, régulière, exserte à tube dilaté à la gorge, elle possède deux lèvres. La lèvre supérieure possède deux lobes et l'inférieure trois. Elle est soudée avec quatre étamines subégales. Les lobes sont de taille variable. Dans la section *Stoechas* le tube est presque totalement inséré dans le calice. Les quatre étamines sont inclinées (courbant vers le

bas), généralement didynamous (deux paires d'étamines inégales en longueur), la paire antérieure étant plus longue et incluse dans le tube. Le stigmate est unique, bilobé ou capité. Les lobes nectarifères sont positionnés en face des ovaires. (BATTANDIER, 1888 ; QUEZEL, 1963 ; BENABDELKADER, 2012).

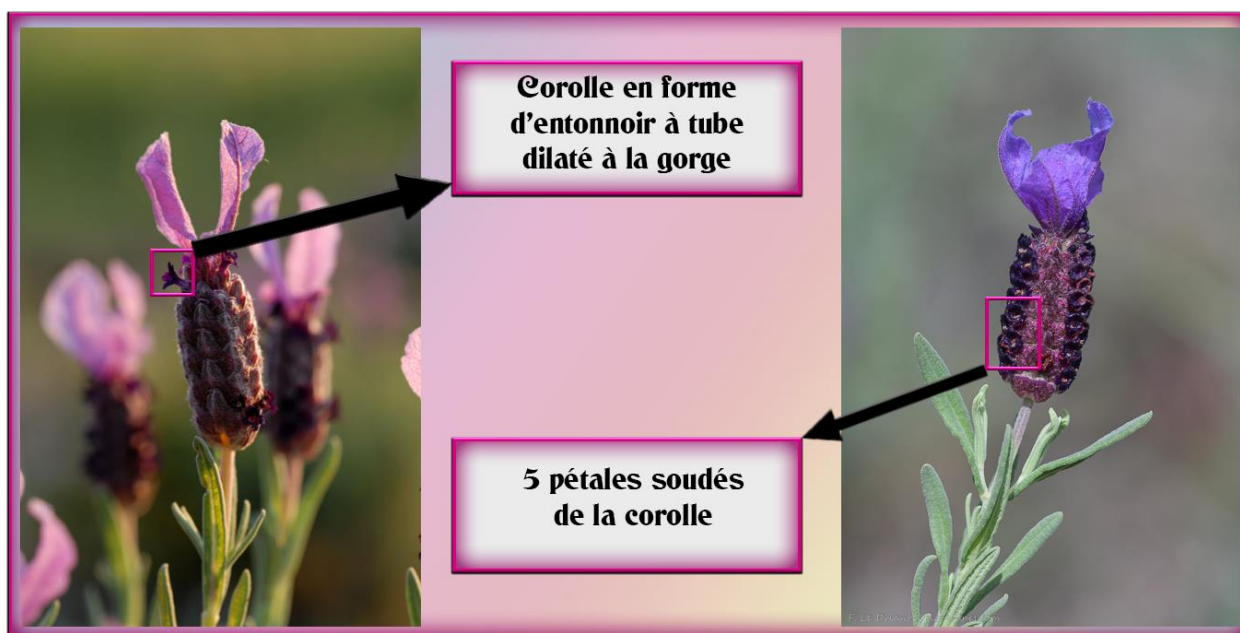


Figure 04 : Corolles de *Lavandula stoechas* L (FLORESALPES, 2019).

4.4 Calice

Le calice est tubulaire court et à cinq lobes qui se terminent par cinq dents inégales. Il est persistant, régulier ou avec deux lèvres (bilabiée), la lèvre supérieure ayant alors trois lobes et la lèvre inférieure deux lobes. Les deux lèvres sont plus ou moins égales en taille ou la lèvre postérieure est plus large ou modifiée en un appendice à huit, treize ou quinze nervures. Les nervures des sépales inférieurs sont toutes portées à l'apex. La variation de forme des calices offre de nombreux indices importants pour diagnostiquer les sections et espèces. Dans le genre *Lavandula*, le lobe médian de la lèvre supérieure forme une extension qui recouvre l'ouverture du calice avant l'épanouissement de la fleur ainsi qu'après la tombée de la corolle. (COUDERC-LE-VAILLANT et *al.*, 1990).

4.5 Bractéoles et bractées

Les bractéoles sont petites, souvent négligeables (**Figure 05**). Les bractées sont portées au niveau des points de ramification, à la base de chaque cyme de fleurs. Chez l'espèce *Lavandula stoechas* L, des bractées très développées sont également présentes à l'apex de l'inflorescence. Ces dernières sont allongées, colorées, stériles et très attractives pour les pollinisateurs (HERRERA, 1997). Les cymes sont sous-tendues par des bractées qui varient en taille, forme et nervation selon les taxons et qui peuvent avoir une valeur taxonomique au sein du genre *Lavandula*. Dans les sections *Dentatae* et *Stoechas*, les bractées sont trapézoïdales avec une pointe courte alors qu'elles sont triangulaires dans la section *Subnudae* avec une pointe très allongée. Les nervures des bractées sont parallèles dans le sous-genre *Fabricia* alors qu'elles sont réticulées dans les deux autres sous-genres. (BENABDELKADER, 2012).



Figure 05 : Bractées de *Lavandula stoechas* L (FLORESALPES, 2019).

5. Composition chimique

Les constituants chimiques potentiellement actifs du genre *Lavandula* selon (CHU et KEMPER, 2001) sont les suivants :

- ❖ Monoterpènes: α -pinène, β -pinène, β -ocimène, camphre, limonène, p-cymène, sabinène, terpinène.
- ❖ Monoterpènes alcools: α -terpinéol, bornéol, lavandulol, linalool, p-cymène-8-ol, transpivocarveol.
- ❖ Monoterpène aldéhydes: aldéhyde de cumin.
- ❖ Monoterpène ethers: 1,8-cinéole.
- ❖ Monoterpène esters: acétate de linalyl, acétate de terpényl.
- ❖ Monoterpènes cétones: carvone, coumarine, cryptone, fenchone, methylheptenone, noctanone, nopinone, p-méthylacétophénone.
- ❖ Benzénoïdes: eugénol, coumarine, carvacrol, acide hydroxycinnamique, acide rosmarinique, thymol.
- ❖ Sesquiterpènes: caryophyllène, oxyde de caryophyllène, α -photosantanol, α -santalal, α -norsantalénon.
- ❖ Traces de nombreux autres composés (CHU et KEMPER, 2001).

L'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L d'Algérie, analysée au stade de pleine floraison, contient: α -Pinène à 1.0 %, p-Cymène à 6.5%, Fenchone à 31.6%, Camphre à 22.4%, et Lavandulyl acétate à 3.0 %, comme principaux constituants avec une variation quantitative et qualitative par rapport à d'autres pays. (DOB et al., 2006).

Le genre *Lavandula* est relativement riche en constituants phénoliques. Environ dix-neuf flavones et huit anthocyanines ont été trouvées dans cette plante. Deux esters de l'acide hydroxycinnamique, l'acide rosmarinique et l'acide chlorogénique, sont régulièrement présents dans les feuilles des espèces du genre *Lavandula*. (HARBORNE et WILLIAMS, 2002). Les flavonoïdes identifiés de *Lavandula stoechas* L sont : apigénine 7-glucoside, lutéoline, lutéoline 7-glucoside et lutéoline 7-glucuronide. (UPSON et al., 2000).

6. Usage moderne et traditionnel de *Lavandula stoechas* L

Jadis, les égyptiens imbibaient des tissus de coton avec de la lavande lors des momifications. Grecs et Romains l'appréciaient pour son parfum et surtout pour ses vertus thérapeutiques. Le nom lavande vient du latin lavare, car les Romains parfumaient leurs bains

avec cette plante. Cette opération avait un double effet : elle parfumait le corps, en même temps et surtout, elle le protégeait contre les maladies, grâce à son grand pouvoir antiseptique et antibiotique. (WILSON et GIRARD, 2007).

Au Moyen-Âge, on l'utilisait pour combattre la peste bubonique. On pensait que le mélange lavande-romarin (*Rosmarinus officinalis*) incitait à rester chaste. (COUPLAN, 2012).

Au Pallars, la lavande a été utilisée comme protectrice du foyer. Avec la partie supérieure de la plante, on confectionnait une croix pour les portes de maisons qui protégeait contre les maladies et la fatalité. (VIALARD, 2008) On l'utilisait aussi comme talisman contre les calamités climatiques : le mélange lavande (*Lavandula angustifolia*), sureau (*Sambucusnigra* L.) et thym (*Thymus vulgaris*) s'utilisait en fumigation sèche pour prévenir les tempêtes. (WILSON et GIRARD, 2007) Mais cela reste incertain, car elle était peu connue non seulement des Grecs mais aussi des Romains. Par contre, comme elle était fort prisée en France, à l'époque médiévale, pour marquer les mauvaises odeurs, le goût de la viande avariée et pour prévenir les maladies, il serait plus plausible que son nom dérive de livere, être livide ou être bleue, du latin médiéval *lavandula*. (WILSON et GIRARD, 2007).

Aujourd'hui, la lavande est généralement utilisée dans la préparation des parfums et les savons et produits pharmaceutique. (MENCEUR et al., 2016 ; SOUIHI et al., 2017).

L'huile essentielle de la lavande est largement employée dans l'industrie du parfum (eaux de Cologne, savons, vernis, lotions pour la peau, démaquillants...) (SCHAUENBERG et PARIS, 2010). En parfumerie, la lavande fixe et stabilise toutes les essences de fleurs entre elles pour éviter que le parfum ne vire, de plus, la lavande fine est indispensable pour la tenue des parfums puisqu'elle sert de note de cœur, apparaissant entre deux et quatre heures après la pose du parfum. (SCHAUENBERG et PARIS, 2010).

Lavandula stoechas L possède des propriétés thérapeutiques remarquables, la décoction des feuilles est utilisée dans le cas d'infections intestinales, de gastralgies et dans les douleurs coliques (NADKARNI, 1982 ; USMANGHANI et al., 1997 ;SIDDIQI et al.,2016) , mais c'est surtout pour ses propriétés antitussives qu'elle est largement recommandée. Les fleurs en décoction apaisent l'hystérie, ingérées telles quelles, elles seraient également efficaces pour calmer la toux, l'asthme (BELOUED, 2005) et pour la lutte contre les insectes comme insectifuge (SKOULA et ABIDI, 1996 ; MENNAL et CHENNAFI, 2015) ou insecticide. (GÖREN et al., 2002).

Son huile essentielle est un précieux remède des premiers secours, elle accélère la guérison des brûlures des plaies (action cicatrisante, réparatrice (MENNAL et CHENNAFI, 2015) et désinfecte les plaies contre les problèmes dermiques (GÖREN et *al.*, 2002), a aussi des effets positifs sur les infections urinaires, les maladies cardiaques, l'eczéma (BAYTOP, 1999), spasmolytiques, contre le diabète, la fièvre (CHU et KEMPER, 2001), les douleurs menstruelles féminines, les calculs rénaux, l'anthrax, l'otite, l'hypertension (SKOULA et ABIDI, 1996) et pour traiter l'infertilité. (CHU et KEMPER, 2001).

De plus, la lavande papillon a un effet anti-inflammatoire (SOSA et ALTINIER, 2005), antispasmodique (GÖREN et *al.*, 2002), anti-carcinogène, antidépresseur, antioxydant (GÖREN et *al.*, 2002), expectorant, stimulant (GIRAY et KIRICI, 2008) et antimicrobien. (ASIMGIL, 1997; GÖREN et *al.*, 2002).



Chapitre II
Polyphénols et activités
biologiques

1. Généralités

Communément considérés comme métabolites secondaires, les polyphénols sont présents chez tous les végétaux supérieurs. Ils correspondent à une très large gamme de structures chimiques qui se caractérisent par une répartition qualitative et quantitative très inégale selon les espèces considérées mais aussi les organes, les tissus et les stades physiologiques. Ce sont un vaste ensemble de substances qui possèdent un cycle aromatique portant au moins un groupement hydroxyle libre (J.J.MACHEX, 2005). Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies d'élaboration de cycles aromatiques, la voie Shikimate (également responsable de la synthèse des acides aminés phénylalanine et tyrosine) et la voie de l'acétate malonate, qui consiste en la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A (ACHAT.S, 2013). Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (Allélopathie), entre les plantes et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. (ZEGHAD. N, 2009).

Ce sont aussi des éléments importants de qualités sensorielles (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux, tels que les légumes, les fruits, les céréales ou les fruits secs, ainsi que dans les boissons, le café, le cacao ou le thé. Que consomme l'homme (environ un gramme de polyphénols chaque jour), soit dix fois plus que de vitamine C et cent fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E (SCALBERT et *al.*, 2005). Ils font donc partie intégrante de l'alimentation humaine et animale et nous sont bénéfique (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002) puisqu'ils présentent plusieurs effets biologiques en fonction de leurs diverses propriétés : anti-inflammatoire, antioxydante, cardio-protectrice, antivirale/bactérienne et anti-cancérigène. (IZZO et *al.*, 2020).

2. Biosynthèse des polyphénols

Les polyphénols sont synthétisés par deux voies biosynthétiques :

2.1 La voie Shikimate

La voie Shikimate produit des acides aminés aromatiques (tyrosine, tryptophane, phénylalanine) qui peuvent être à l'origine de métabolites secondaires ou primaires

(HOPKINS, 2003). La synthèse de ces acides aminés aromatiques commence par une condensation de phosphoénol pyruvate avec l'érythrose-4-phosphate pour former un composé de 7C, le 3-déoxyD-arabinoheptulosonate-7-phosphate (DAHP) (JEAN, 2009). Ce dernier subit une cyclisation puis une réduction pour former le shikimate (HOPKINS, 2003). L'acide shikimique après transformation en acide chorismique conduit à la tyrosine, tryptophane et phénylalanine (**Figure 06**) (MOROT-GAUDRY, 1997).

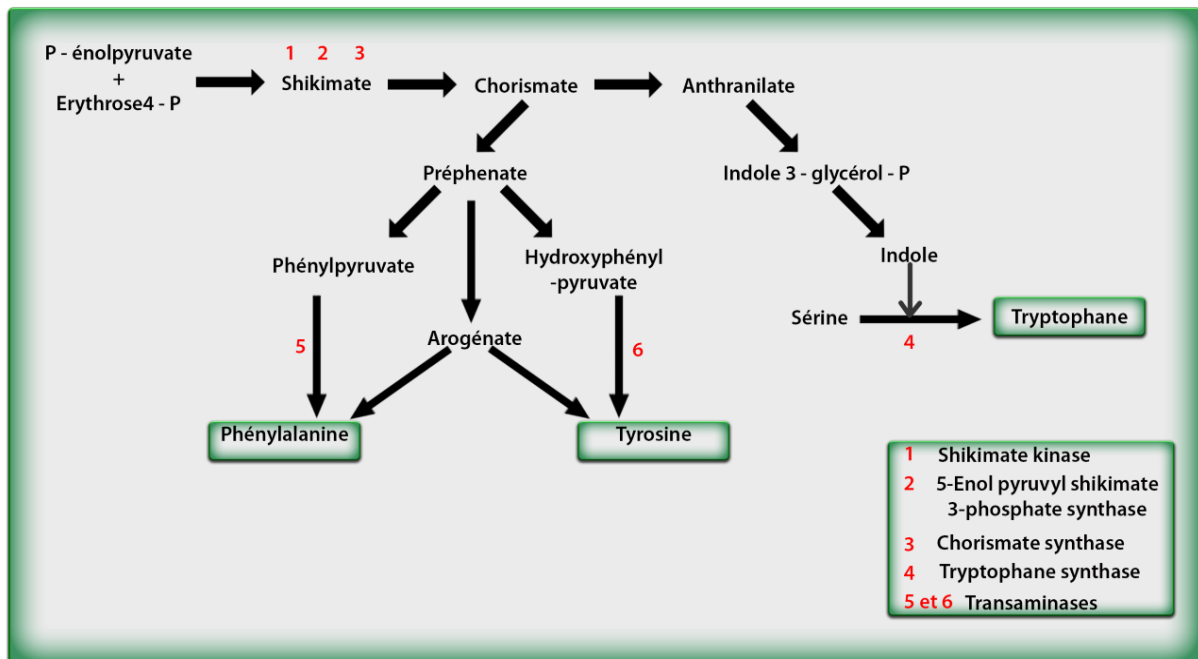


Figure 06 : Voie de synthèse des acides aminés aromatiques (MOROT-GAUDRY, 1997).

Les deux acides aminés aromatiques phénylalanine et tyrosine, sont à l'origine de la formation de la plupart des molécules phénoliques chez les végétaux (MACHEIX et *al.*, 2005). La tyrosine peut être désaminée directement par TAL (tyrosine ammonia-lyase) et forme l'acide p-coumarique tandis que la phénylalanine est désaminée par PAL (phénylalanine ammonia-lyase) et forme l'acide cinnamique qui est rapidement transformé en acide p-coumarique par l'addition d'un radical hydroxyle. L'addition séquentielle de radicaux hydroxyle et méthyl donne naissance respectivement aux acides caféiques et féruliques (**Figure 07**) (HOPKINS, 2003). Alors que la désamination de la phénylalanine et de la tyrosine conduit aux acides cinnamiques (MACHEIX, 1996) et à leurs nombreux dérivés : acides benzoïques, lignanes et lignines, acétophénones, coumarines, ...etc (JEAN, 2009).

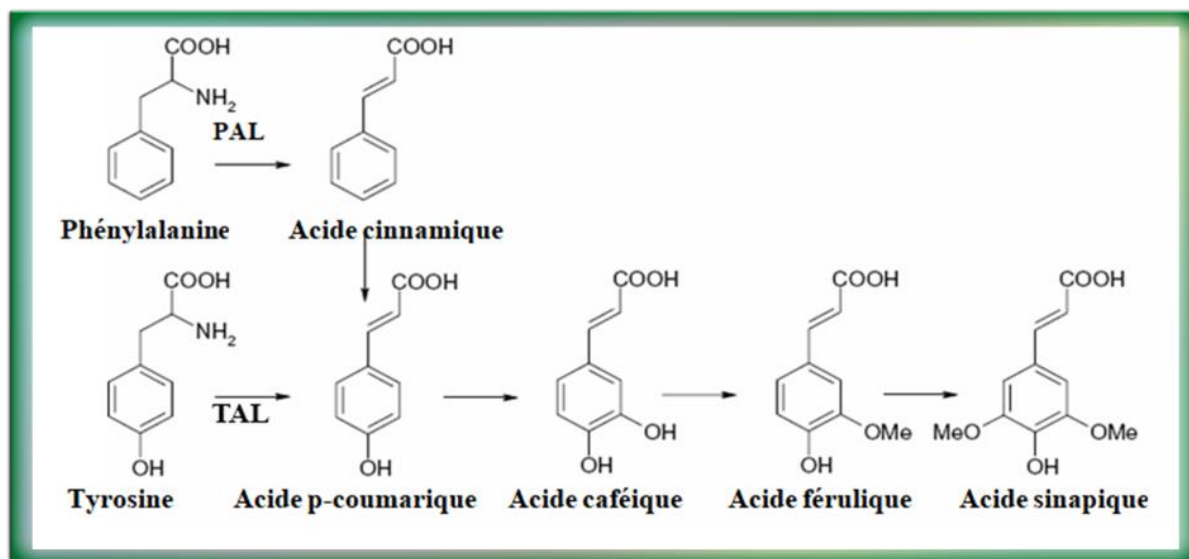


Figure 07 : Biosynthèse des composés phénoliques par la voie Shikimate (HOPKINS, 2003).

2.2 La voie de l'acétate malonate

Une seconde voie de biosynthèse, consiste à réaliser non plus un seul noyau benzénique, mais un ensemble de noyaux aromatiques par cyclisation de chaînes polycétoniques, elles-mêmes obtenues par condensation de groupements acétate. Par exemple, l'éleuthérinol, une chromone provenant de la condensation de groupements acétates. Chez les végétaux supérieurs, cette voie des polyacétates concerne un petit nombre de composés. En revanche cette seconde voie intervient pour réaliser un second noyau benzénique chez les végétaux supérieurs pour de nombreux composés possédant déjà un noyau aromatique obtenu par la voie Shikimate : ce sont les composés mixtes dont les représentants les plus importants sont les flavonoïdes. (GUIGNARD, J.-L, 1996)

C'est la malonyl-CoA qui fournit, par décarboxylation, les unités en C2 pour allonger le complexe acyl-CoA. L'acide polycétonique formé se referme en un cycle portant une chaîne latérale. Le cycle A de la structure flavane est construit sur ce principe ; il est ensuite complété à l'aide de dérivés de l'acide cinnamique, par un hétérocycle central, puis par un second cycle aromatique (cycle B). Ainsi, les deux voies responsables de la biosynthèse des composés phénoliques se rejoignent. (GUIGNARD, J.-L, 1996 ; GUIGNARD, J.-L, 2000 ; RICHTER, G., 1993).

3. Principales structures phénoliques

Chez les polyphénols, il existe un grand nombre de structures qui sont caractérisées par la présence au moins d'un noyau benzénique (phénol), auquel est directement lié un ou plusieurs groupes hydroxyle. (JEAN, 2009). (**Figure 08**).

Leurs structures varient depuis les molécules simples (acides phénoliques simples vers les molécules les plus hautement polymérisées. (Tanins condensés)

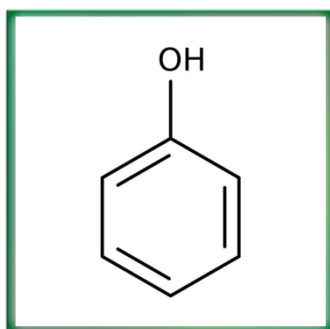


Figure 08 : Structure de base du phénol (CHEYNIER, 2005).

Ils sont répartis en différentes classes définies d'abord en fonction de la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées), ensuite par le degré de modifications de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation ...), enfin par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques (MACHEIX *et al.*, 2006). (**Tableau II**)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
C ₆	Phénols simples	Catéchol	
C ₆ -C ₁	Acides Hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C ₆ -C ₃	Acides Hydroxycinnamiques	Acide caféïque, férulique	Pomme, Pomme de terre
	Coumarines	Scopolétine	Citrus
C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Juglone	Noix
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes		
	<ul style="list-style-type: none"> • Flavonols • Anthocyanes • Flavanols • Flavanones 	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechines Naringénine	Fruits, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pomme, raisin Citrus
	Isoflavonoïdes	Diadzéine	Soja, pois
(C ₆ -C ₃) ₂	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C ₆ -C ₃) _n	Lignines		Bios, noyau des fruit
(C ₁₅) _n	Tanins condensés		Raisin rouge, kaki

Tableau II : Les différentes classes des composés phénoliques (MACHEIX et *al.*, 2005).

4. Classification des polyphénols

Les polyphénols peuvent se regrouper en trois grands groupes : **Les non flavonoïdes** dont les principaux composés sont : les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (HOFFMANN, 2003) et **les flavonoïdes**, dont on caractérise principalement : les flavones, flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines et flavanols et enfin **les tanins**. (PINCEMAIL et *al.*, 2007).

4.1 Les non flavonoïdes

4.1.1 Les acides phénoliques

Ce sont l'une des classes les plus importantes d'acides organiques possédant des noyaux phénoliques, qui sont largement distribués dans les plantes (LI et *al.*, 2020). Ils constituent environ un tiers des composés phénoliques des aliments d'origine végétale comme les fruits, les légumes, les épices, les céréales et les boissons (RASHMI et NEGI, 2020). Il

existe deux sortes d'acides phénoliques : les acides hydroxycinnamiques et les acides hydroxybenzoïques. (COLETTE, 2010).

4.1.1.1 Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque

Les acides hydroxybenzoïques possèdent une structure commune en (C6-C1) et dérivent de l'acide benzoïque (KUMAR et GOEL, 2019). Leur structure est similaire à celle de l'acide hydroxycinnamique; le squelette de base reste le même (**Figure 09**), le nombre et la position des groupes hydroxyle sur le cycle aromatique font la différence et établissent la variété. (STALIKAS, 2007). Ils se trouvent sous forme soluble (conjugués avec des sucres ou des acides organiques) et liés à des fractions de paroi cellulaire comme la lignine (ROBBINS, 2003). On trouve l'acide vanillique, l'acide syringique, l'acide gentisique et l'acide gallique. Ce dernier est le principal composé dont la teneur est comprise entre 100 et 230 mg/kg. (CHIRA et *al.*, 2008).

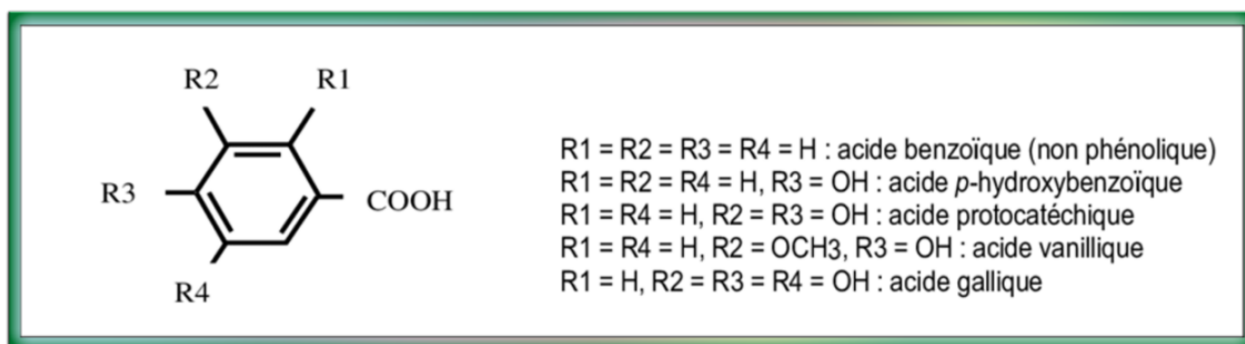


Figure 09: Quelques exemples d'acide hydroxybenzoïque (SARNI-MANCHADO P et CHEYNIER V, 2006).

4.1.1.2 Dérivés de l'acide hydroxycinnamique

Les acides hydroxycinnamiques dérivent de l'acide cinnamique (C6-C3), et sont présents dans les aliments souvent sous forme d'esters simples avec de l'acide quinique ou du glucose. (KUMAR et GOEL, 2019). Leur squelette de base est un noyau benzénique (**Figure 10**) avec une chaîne aliphatique à trois carbones, avec un ou plusieurs groupements hydroxyles. (CHIRA et *al.*, 2008). Ils ont un rôle de précurseurs basiques dans la biosynthèse de divers phénols végétaux. (KAURINOVIC et VASTAG, 2019). Les dérivés d'acide hydroxycinnamique des plantes comprennent : les acides *p*-caumarique, caféique (CaA), férulique (FA) et sinapique. (MILLER et *al.*, 2014).

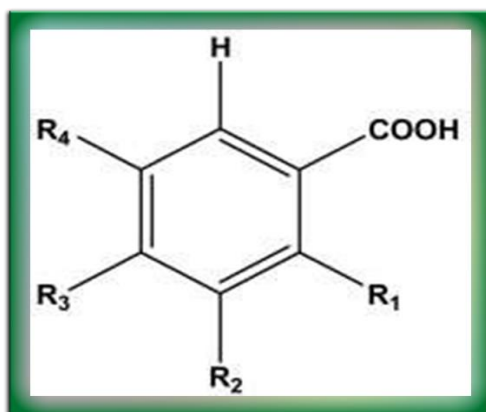


Figure 10 : Structure de base d'acide hydroxycinnamique (STALIKAS, 2007).

4.1.2 Les stilbènes

Les stilbènes sont un groupe important de composés phytochimiques non flavonoïdes dérivés de la voie phénylpropanoïde (SIREROL *et al.*, 2016). Ils ont une structure C6-C2-C6 avec deux noyaux benzéniques reliés par un pont méthylène (CHIRA *et al.*, 2008). Ils sont présents en petites quantités dans l'alimentation humaine comme les raisins, les amandes, les haricots, les bleuets, la prune et le vin (DURAZZO *et al.*, 2019). La plupart des stilbènes végétaux sont des dérivés de l'unité de base *trans*-resvératrol. (**Figure 11**) (SHEN *et al.*, 2009). Ce dernier peut prévenir ou ralentir la progression d'une grande variété de maladies, y compris le cancer et les maladies cardiovasculaires. (CHONG *et al.*, 2009).

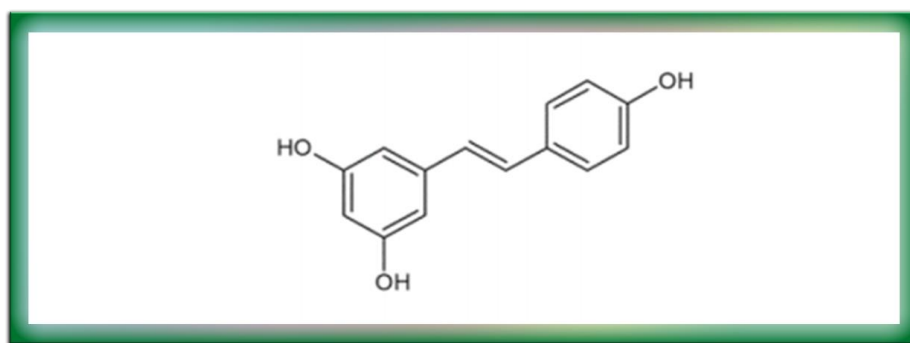


Figure 11 : Structure chimique du *trans*-resvératrol (DURAZZO *et al.*, 2019).

4.1.3 Lignanes

Les lignanes sont l'un des groupes les plus importants de métabolites secondaires largement distribués dans le règne végétal (PIHLAVA et *al.*, 2018). Environ soixante-dix espèces végétales différentes sont riches en divers lignanes dans leurs racines, rhi-zomes, tiges, feuilles, graines et fruits (CORONA et *al.*, 2020). La majorité des lignanes sont trouvés à l'état libre, mais certains parmi eux peuvent se combiner avec du glycone et former des glycosides et d'autres dérivés. Structuellement, le lignane contient un squelette de base de deux unités de phénylpropane ou plus (CUI et *al.*, 2020). Lorsque le mode de liaison des deux unités est unique, en 8 et 8' (appeler ainsi β - β'), ces composés sont appelés «lignanes classiques». En revanche, les composés sont appelés «néolignanes» si les principales unités structurales sont couplées de toute autre manière (liaison non 8-8) (LAMBLIN et *al.*, 2008). (Figure12) :

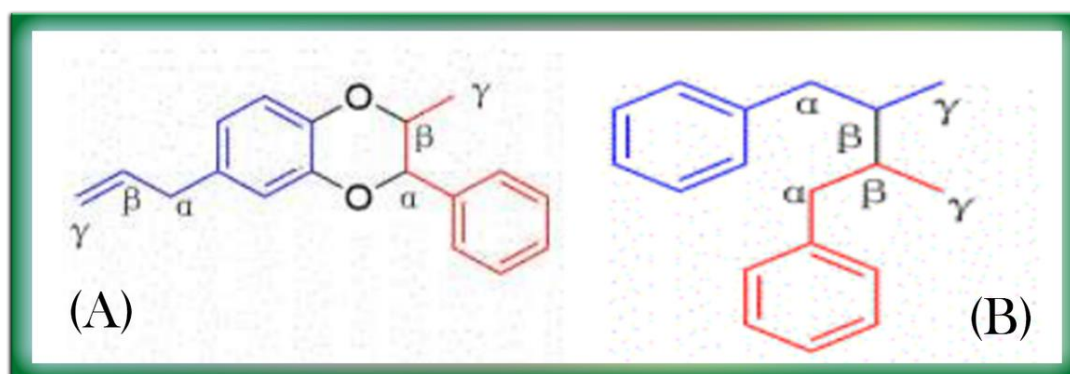
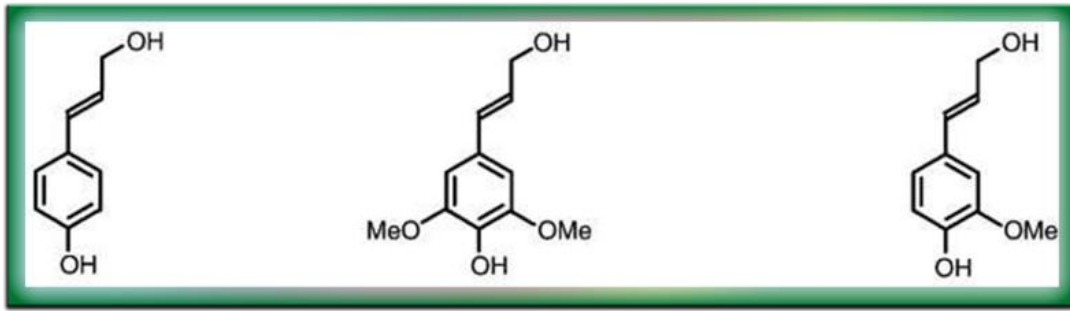


Figure 12 : Classification des lignanes : (A) néolignane, (B) lignane classique (CUI et *al.*, 2020).

4.1.4 Lignines

La lignine est un des éléments structuraux polymériques les plus abondants dans la nature après la cellulose (BAGNIEWSKA-ZADWORNA et *al.*, 2014). Elle est formée par trois alcools phénoliques simples : p-coumarylique, sinapylique et coniférylique (**Figure 13**) (VANHOLME et *al.*, 2010).



Alcool p-coumarylique

Alcool sinapylique

Alcool coniférylique

Figure 13: Alcools phénoliques formant la lignine (VANHOLME et *al.*, 2010).

Elle est localisée dans les parois cellulaires et plus spécialement dans les parois secondaires des éléments conducteurs, contribuant à la résistance mécanique et à la rigidité des tiges lignifiées. Malgré son abondance (elle n'est dépassée que par celle de la cellulose), sa structure n'est pas bien comprise. La lignine est un très grand polymère, insoluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques, il est donc impossible de l'extraire sans lui faire subir d'importantes dégradations. De plus les trois monomères de bases peuvent s'assembler de multiples façon formant une structure tridimensionnelle très ramifiée (HOPKINS, 2003), comme le montre la **figure 14** :

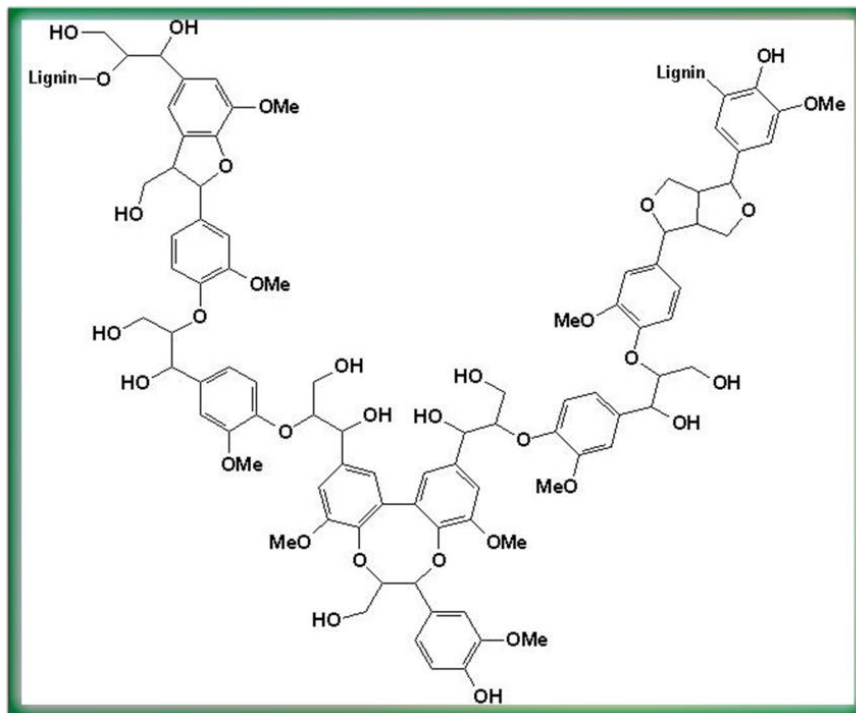


Figure 14 : Structure d'une lignine (MOROT-GAUDY, 2010).

4.1.5 Les coumarines

Les coumarines sont des composés hétérocycliques naturels très intéressants avec leurs structures et leurs activités biologiques; elles comprennent une grande classe de substances phénoliques (JEAN, 2009). Elles peuvent être classées en quatre types, à savoir les coumarines simples, les furanocoumarines, les pyranocoumarines et les coumarines à substitution pyrone (GARG et *al.*, 2020). La coumarine la plus simple, dépourvue de groupe hydroxyle –OH, est la 1-benzopyran-2-one C₉H₆O₂. (FORET, 2018). (Figure 15)

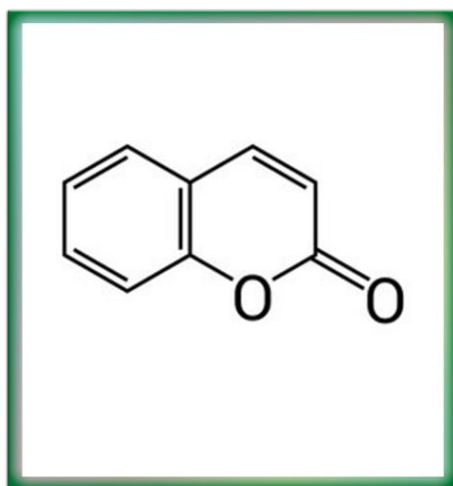


Figure 15 : Structure chimique d'une coumarine (JEAN, 2009).

Dans la cellule, les coumarines sont principalement présentes sous forme glycosylée. Cette glycosylation serait une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques des coumarines sur la cellule et la croissance (HOFFMANN, 2003).

Actuellement ces composés aromatiques sont largement utilisés en médecine : les dérivés de coumarine ont un effet toxique sur les cellules cancéreuses, empêchant l'inflammation et agissant contre les caillots sanguins (KOWALCZYK et *al.*, 2020).

4.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires des plantes qui appartiennent à la famille des polyphénols qui compte presque huit milles composés polyphénoliques naturels (STALIKAS, 2007). Ce sont des produits quasi universels des végétaux souvent rencontrés dans les fruits et légumes, responsable de coloration de nombreux végétaux (fruit et fleurs). Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base, le noyau flavane (**Figure 16**) constitué de quinze atomes de carbone qui sont assemblés en trois cycles : A, B et C (A et B sont des noyaux aromatiques, et le noyau C, est un hétérocycle oxygéné central) (BRAVO, 1998).

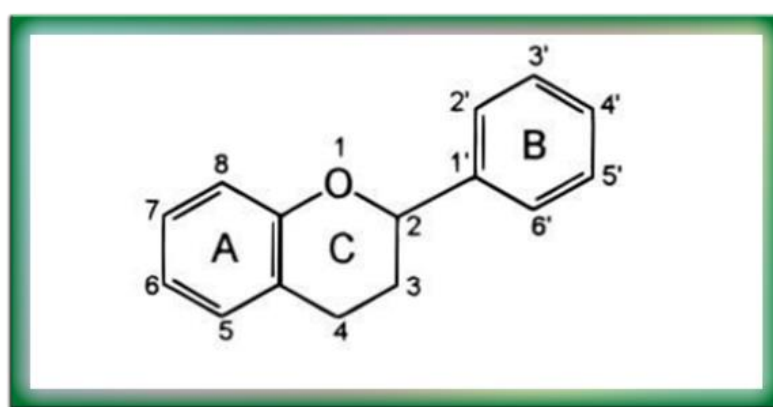


Figure 16 : Structure de base des flavonoïdes (PIETTA, 2000).

Les flavonoïdes interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (KORKINA et AFANAS'EV, 1997).

La famille des flavonoïdes peut se diviser en six classes qui diffèrent par leurs structures chimiques: flavanols, flavones, flavonols, flavanones, isoflavones et les anthocyanidines ou anthocyanidols (KHIREDDINE .H, 2014). (**Tableau III**)

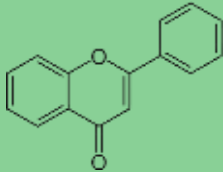
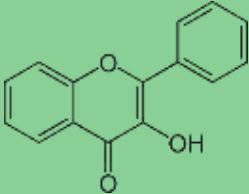
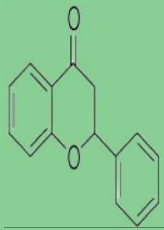
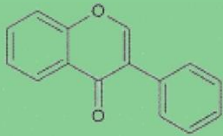
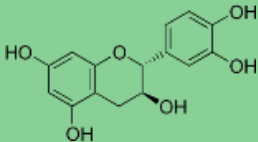
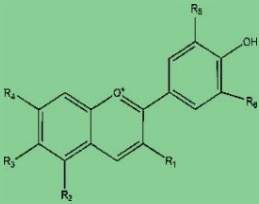
Sous-classes	Structures chimique	Liaisons	Composés
Flavones		Double liaison entre C2-C3 et une cétone en C4 de cycle C	Apigénine Lutéoline Morine Tricine
Flavonols		Groupe hydroxylique, une double liaison entre C2- C3 et une cétone dans le cycle C	Quercétine Myricétine Fisétine Kaempférol
Flavanones		Manque la double liaison entre C2-C3 dans le cycle C; uniquement des groupes hydroxyle et méthoxy comme substituants	Silibinine Naringénine Hespéridine
Isoflavones		Grande diversité de structure dans le cycle C. Le cycle B est attaché en C3 plutôt qu'en C2 de cycle C	Genistéine Daidzéine Glycitéine
Flavanols ou Catechins		Pas de double liaison C2-C3 dans le groupe hydroxyle en position 3	EGCG Épicatéchine Epicatechin-3-Gallate
Anthocyanidines		Groupes hydroxyle se liant au cation flavylum et / ou groupe (s) méthoxy en position R ₁ , R ₂ et R ₃	Delphinidine Cyanidine Péonidine

Tableau III : Structure des principales sous-classes de flavonoïdes (IZZO et *al.*, 2020).

4.3 Les tanins

Les tanins désignent un groupe de substances phénoliques polymériques hydrosolubles dont le poids moléculaire est compris entre 500 et 30000 (SEREME et *al.*, 2008). Ils sont présents en diverses concentrations dans diverses parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (VANDI et *al.*, 2016). Les tanins sont largement répandus dans l'alimentation humaine, tel que les pépins de raisin, les pommes, les baies, le vin rouge, le chocolat, le cacao et autres (BULE et *al.*, 2020). Ils ont la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible, grâce à leur propriété de se combiner aux protéines, l'amidon ou la gélatine. (ALIHOSSEINI, 2017 ; ROUX, 2007).

Les tanins peuvent être divisés en deux catégories : hydrolysables et condensés (CHEN et *al.*, 2020).

4.3.1 Les tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables ou acides tanniques sont des polymères de l'acide gallique ou de son produit de condensation : l'acide ellagique. Ils ont un poids moléculaire plus faible et précipitent beaucoup moins les protéines que les tanins condensés. (ROUX et *al.*, 2007). Ils sont nommés tanins hydrolysables parce que le traitement avec des acides faibles hydrolyse facilement les résidus d'acide gallique et produit des acides phénoliques avec un hydrate de carbone coré. Cependant, la production de diverses structures tanniques hydrolysables suggère qu'ils sont employés dans une fonction spécialisée. Une utilisation indiquée des tanins hydrolysables dans la défense des plantes contre les toxines et pour éviter la prédation herbivore. (HOLDERNESS et *al.*, 2008).

Les tanins hydrolysables sont divisés en deux groupes : les Gallotanins et les Ellagitannins dont le premier groupe est formé à partir de l'acide gallique et le deuxième est obtenu principalement à partir de l'acide ellagique (**Figure 17**) (KHANBABAEI et REE, 2001 ; CAI et *al.*, 2006).

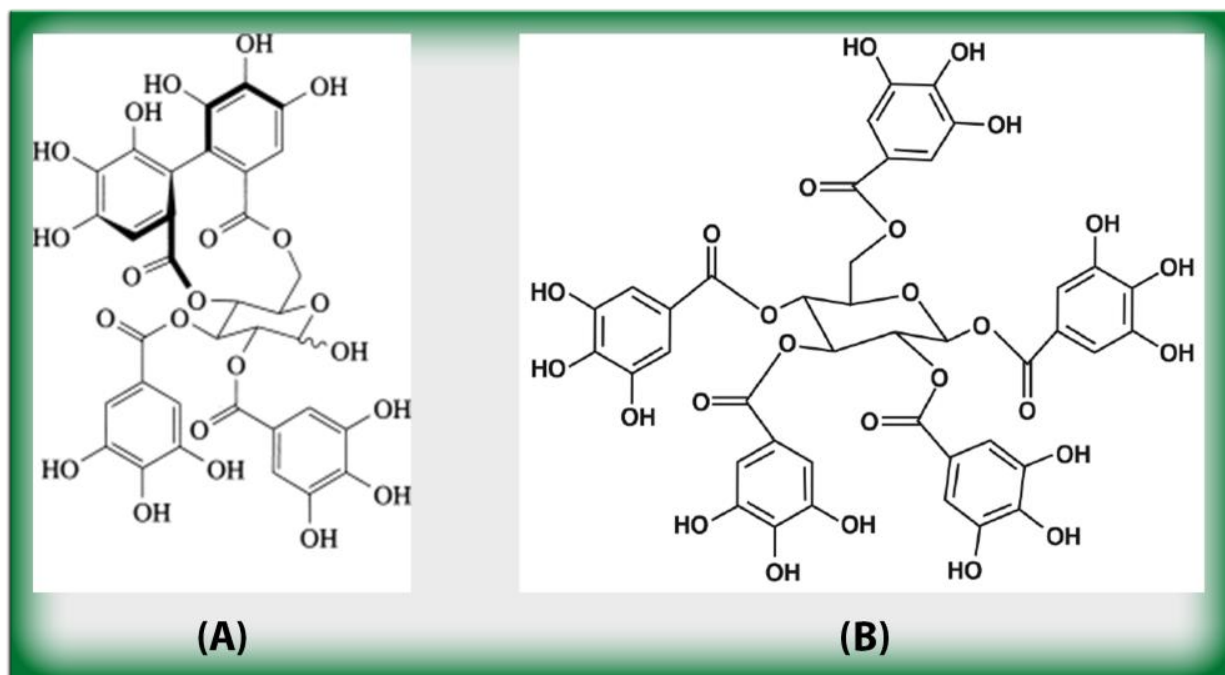


Figure 17: Structure chimique d'un tannin hydrolysable : Ellagitannin (A) Gallotannin (B).
(KHANBABAEE et REE, 2001).

4.3.2 Les tanins condensés

Les tanins condensés également appelés proanthocyanidines, sont des polymères à noyau flavone qui ont un poids moléculaire élevé (de 1000 à 30000) et une forte affinité pour les protéines (JARRIGE et RUCKEBUSCH, 1995). Ils sont largement répandus dans l'alimentation (fruits, vin, thé, etc.) et résultent de la polymérisation de molécules élémentaires de flavanes (flavanes ol-3, flavane ol-4, flavane diol -3,4). Ils se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leurs molécules et leur structure est voisine à celle des flavonoïdes. (**Figure 18**) et comme les tanins hydrolysables, ils jouent un rôle important dans la défense contre les herbivores. (BRUNETON, J, 1999 ; BOGS *et al.*, 2005 ; HOLDERNESS *et al.*, 2008).

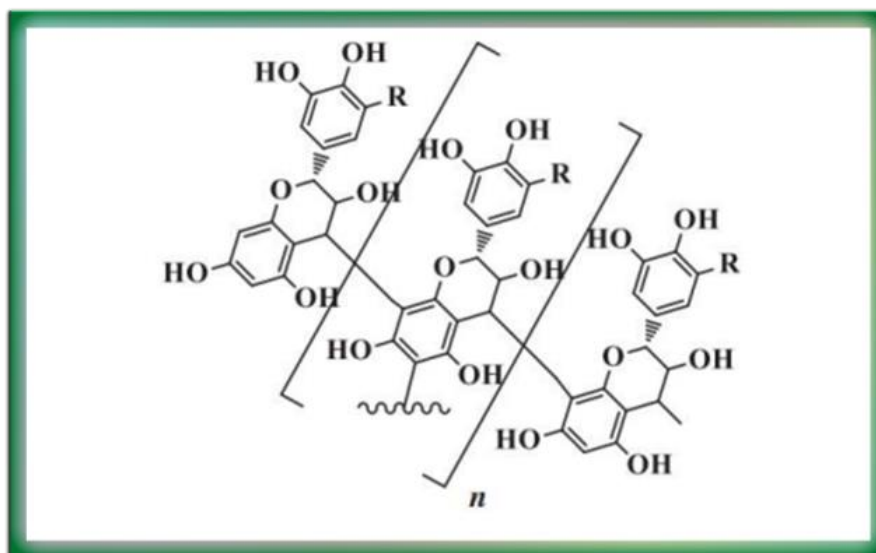


Figure 18 : Structure des tanins condensés (BULE *et al.*, 2020).

5. Rôles et fonctions biologiques

Les recherches récentes sur les polyphénols sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés et effets bénéfiques sur la santé humaine ou chez les végétaux.

5.1 Chez l'être humain

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leurs interactions possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (FLEURIET, *al.*, 2005). Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, anti-allergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protègent nos artères contre l'athérosclérose et réduisent la thrombose (caillots dans les artères). Les exemples de quelques composés phénoliques et de leurs activités biologiques sont récapitulés dans le **tableau IV** :

Polyphénols	Activités biologiques	Auteurs
Les acides phénoliques	Antibactériennes, antiulcéreuses, antiparasitaires antifongiques, antioxydantes.	(SANNOMIYA et <i>al.</i> , 2005 ; GURBUZ et <i>al.</i> , 2009).
Coumarines	Protectrices vasculaires, anti-inflammatoire, anti- parasitaires, analgésiques et anti œdémateuses.	(ITO C et <i>al.</i> , 2005 ; SMYTH T et <i>al.</i> , 2009).
Flavonoïdes	Anti tumorales, antiparasitaires, vaso-dilatoires, antibactériennes, anti carcinogènes, anti-inflammatoires, analgésiques, hypotenseurs, antivirales, diurétiques, ostéogène.	(HITARA T et <i>al.</i> , 2009).
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux.	(BRUNETON.J, 1993).
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, anti tumorales, antifongiques et anti-inflammatoires.	(MASQUELIER J et <i>al.</i> , 1979).
Tannins galliques et caté-chiques	antioxydant.	(OKAMURA H et <i>al.</i> , 1993 ;KUBATA BK et <i>al.</i> , 2005).
Lignanes	Anti-inflammatoires, analgésiques.	(KIM JY et <i>al.</i> , 2009).
Saponines	Anti tumorale, anti cancérigène	(NEBELING L, 2002).
Phytostérols	Agent de protection contre l'hormone dépendant du cancer du côlon.	(NEBELING L, 2002).

Tableau IV: Propriétés biologiques de quelques polyphénols dans l'organisme.

5.2 Chez les végétaux

Comme dit précédemment, les polyphénols interviennent dans la défense contre les herbivores, en effet les plantes pour se protéger de ces prédateurs, produisent des composés phénoliques (BRAKE et CHASE, 2019), les tanins en particulier, protègent les plantes contre les prédateurs comme les animaux, les insectes et les microbes. (MADHAN *et al.*, 2005).

La quantité de tanins présente dans le bois permet une résistance des ligneux contre les champignons de pourritures : les tanins condensés pour de nombreuses légumineuses et Anacardiaceae, et les tanins hydrolysables pour les Myrtaceae. Il existe une corrélation entre la capacité des plantes à résister aux infections parasitaires et la teneur en flavones et les flavanes. (PHILOGENE *et al.*, 2008)

Les composés phénoliques peuvent aussi affecter positivement ou négativement les caractéristiques sensorielles des aliments avec des impacts sur la couleur (OLIVEIRA *et al.*, 2014); (les anthocyanes sont des pigments naturels, induisant toutes les couleurs, bleu, rose, rouge de différents fruits et légumes), la saveur (les flavonoïdes), l'amertume du cacao et de l'astringence (Tanins) (MORAND, 2014).

Enfin, ils sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines et la maturation des fruits. (BOIZOT et CHARPENTIER, 2006).

6. Activités biologiques

6.1 Activité antioxydante

Les antioxydants sont des composés très divers qui regroupent des protéines à activité enzymatique (superoxyde dismutase, glutathion peroxydase, catalase) et non enzymatique (séquestrant des métaux) et des petites molécules liposolubles (vitamine E, β - carotène) ou hydrosolubles (vitamine C, acide urique). C'est toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat. (HALLIWELL, 1999).

Les composés phénoliques sont parmi les antioxydants les plus puissants, ces derniers peuvent agir selon divers mécanismes :

- ❖ Piégeage_des_radicaux_libres.
- ❖ Chélation_des_ions_métalliques.
- ❖ Inhibition_enzymatique.

6.1.1 Piégeage des radicaux libres

Les composés phénoliques ont des propriétés antioxydantes en raison de leurs capacité à piéger les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène, le processus est radicalaire (SÖKMEN *et al.*, 2012). Ils interfèrent avec l'oxydation des lipides et d'autres molécules par la donation rapide d'un atome d'hydrogène aux radicaux libres selon un mécanisme proposé dès 1976 par Sherwin : l'antioxydant cède formellement un radical hydrogène, qui peut être un transfert d'électron suivi, plus ou moins rapidement, par un transfert de proton, pour donner un radical intermédiaire. Il est stabilisé par ses structures mésomères conjuguées (SÖKMEN *et al.*, 2012). (**Figure 19**)

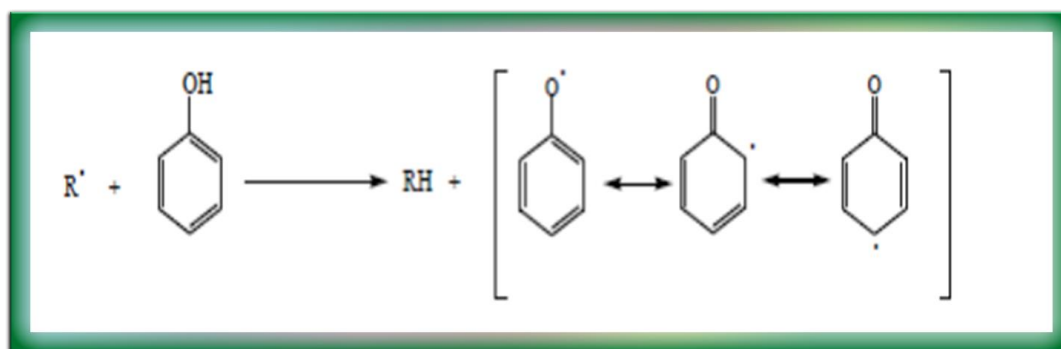


Figure 19 : Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.

Les radicaux intermédiaires phénoxy (PO^\bullet) sont relativement stables en raison de la résonance et donc une nouvelle réaction en chaîne n'est pas facile à initier (DAI et MUMPER, 2010).

Par ailleurs, ils peuvent agir avec d'autres radicaux libres selon la réaction:



Les composés phénoliques possèdent une structure chimique idéale pour le piégeage des radicaux libres, parce qu'ils possèdent:

- Des groupes phénoliques hydroxyles qui sont susceptibles de donner un atome d'hydrogène ou un électron au radical libre.
- Un système aromatique stabilisé par la résonance (DAI et MUMPER, 2010).

Les flavonoïdes en général et les flavan-3-ols en particulier sont de bons piègeurs des radicaux libres (FRAGA, 2007). À cause de la présence de 3',4'-dihydroxy et la présence du groupe o-dihydroxy (structure des catéchols) sur le noyau aromatique B; ils possèdent la propriété de donneur d'électrons. En outre, la présence du 3-OH du cycle C est également bénéfique pour l'activité antioxydante des flavonoïdes. La présence de la double liaison C2-C3 conjuguée avec le groupe 4-céto est responsable de la délocalisation des électrons du noyau B, ce qui améliore encore l'activité antiradicalaire (AMIC *et al.*, 2003). (**Figure 20**)

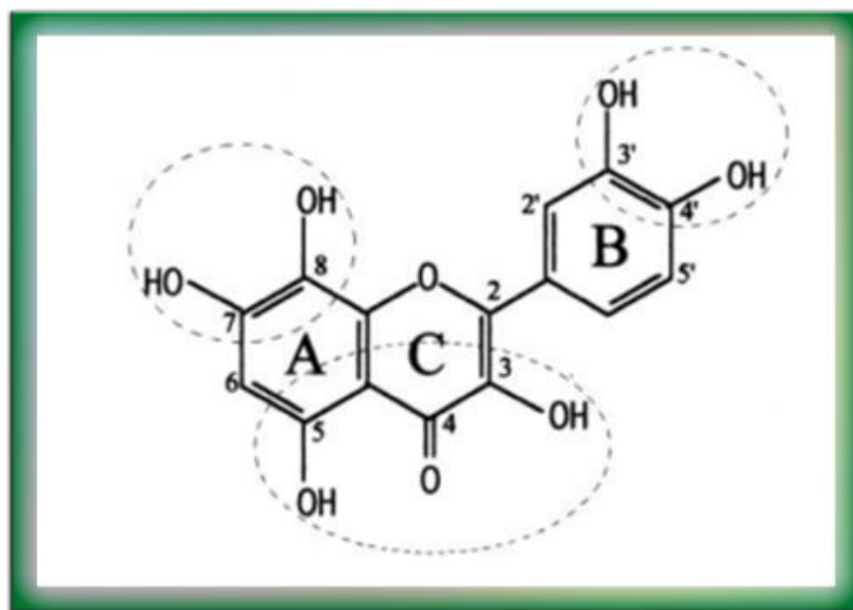


Figure 20: Les caractéristiques structurales des flavonoïdes avec une activité de piégeage des radicaux libres élevée (AMIC *et al.*, 2003).

6.1.2 Chélation des ions métalliques

Les ions métalliques sont nécessaires pour le fonctionnement des processus biochimiques et physiologiques cellulaires, mais dans certains cas et lorsque leur mécanisme d'action n'est pas bien contrôlé, ces mêmes ions peuvent être à l'origine d'une peroxydation lipidique, un stress oxydatif, ou une blessure des tissus, à titre d'exemple : Cu^{2+} est un

stimulateur de la peroxydation des LDL. (TIWARI, 2001). Les composés phénoliques avec catéchol et groupes gallate peuvent inhiber le métal induit et la formation du radical oxygène soit par coordination avec le Fe^{2+} et le renforcement de l'auto-oxydation de Fe^{2+} , soit par la formation de complexe inactif avec le Cu^{2+} , Fe^{2+} ou le Cu^+ relativement avec faible interaction. (YOSHINO *et al.*, 1998 ; PERRON et BRUMAGHIN, 2009).



La chélation des ions métalliques par les flavonoïdes nécessite trois sites principaux :

- Noyau catéchol sur le cycle B.
- Les groupes 3-hydroxyle et 4-oxo du cycle C.
- Le groupe 4-oxo et 5-hydroxyle entre les cycles A et C (PIETTA, 2000 ; HEIM *et al.*, 2002).

A titre d'exemple : la quercétine et la myricétine répondent à tous ces critères nécessaires pour avoir une activité anti-radicalaire efficace et importante (MIDDLETON *et al.*, 2000).

6.1.3 Inhibition enzymatique

En raison de la présence de multiples fonctionnalités phénol, ils interagissent avec les protéines si fortement, que la précipitation des complexes protéines-polyphénols se produit fréquemment, ce qui est la base de leur utilisation dans le processus de tannage du cuir (HANDIQUE et BARUAH, 2002). Les phénomènes d'interaction polyphénols-protéines ont été largement étudiés *in vitro*, particulièrement dans le cas des flavonoïdes (ROLO-NARANJO *et al.*, 2009). Afin de préciser le mécanisme d'action de l'activité inhibitrice des flavonoïdes, des études ont été réalisées sur l'effet de la quercétine sur l'oxydation de l'acide linoléique par une lipoxygénase. Ces auteurs ont constaté que le mécanisme d'inhibition des lipoxygénases par la quercétine ne serait pas dû à une complexation ou à une oxydation du Fe^{2+} , mais plutôt à une inhibition irréversible résultant de liaisons covalentes entre l'enzyme et les dérivés oxydés de la quercétine (quinone ou radical phénoxy) (CHEBIL, 2006).

6.2 Activité antibactérienne

Les polyphénols peuvent interagir avec la paroi bactérienne, cependant la sensibilité à l'action des polyphénols sur les bactéries Gram-positives est différente de celle des bactéries Gram-négatives ; ces dernières sont plus résistantes aux actions des polyphénols. Cela est dû

aux différences de composition de la paroi cellulaire qui entrave les connexions des polyphénols aux couches de peptidoglycane de ces micro-organismes (CUI *et al.*, 2012).

Pour rappel, les parois cellulaires des bactéries Gram-négatives sont constituées d'une fine couche de peptidoglycane et de la membrane externe qui est composée d'une bicouche phospholipidique et de protéines et, sur son feuillet externe contient des lipopolysaccharides (LPS). Chez les bactéries Gram-positives, les parois cellulaires n'ont pas de membrane externe et sont donc composées d'une épaisse couche de peptidoglycane et d'acides lipotéichoïques (**Figure 21**) (BROWN *et al.*, 2015).

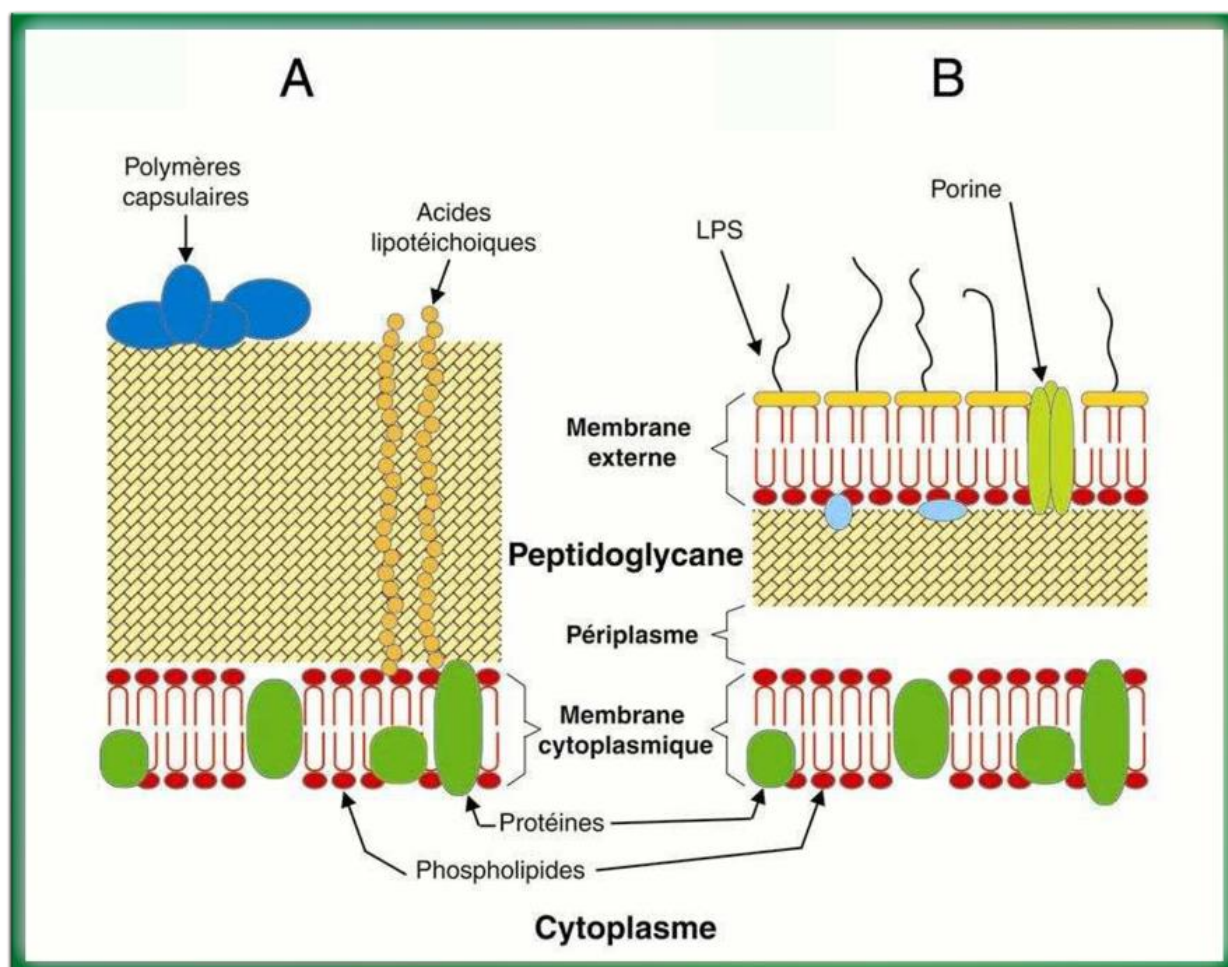


Figure 21 : Représentation schématique de l'enveloppe cellulaire des bactéries Gram-positives (A) et Gram-négatives (B). (CECILE MORLOT, 2013)

Les flavones, les flavonoïdes et les flavonols sont des substances antimicrobiennes efficaces contre un large éventail de micro-organismes en raison de leur capacité à complexer

les parois cellulaires microbiennes, (TAKAHASHI *et al.*, 1995 ; COWAN, 1999 ; ZHAO *et al.*, 2001 ; ZHAO *et al.*, 2002).

Ces dernières années, l'interaction des flavan-3-ols, en particulier des flavan-3-ols du thé vert, avec la paroi cellulaire bactérienne a été largement étudiée pour leur potentiel antibactérien.

Le gallate d'épigallocatechine (EGCG) (polyphénol que l'on retrouve dans le thé vert) est capable de se lier directement au peptidoglycane de *Staphylococcus aureus*, affectant l'intégrité cellulaire, et réduisant ainsi la tolérance de la cellule à la fois à une force ionique élevée et à une faible pression osmotique dû à l'endommagement de la paroi cellulaire. (ZHAO *et al.*, 2002).

Les polyphénols sont aussi capables de désintégrer la membrane externe, libérant du LPS et augmentant la perméabilité de la membrane cytoplasmique (BURT, 2004 ; NOHYNEK *et al.*, 2006).

En effet, les extraits phénoliques de chicouté et de framboise sont capables de désintégrer la membrane externe de *Salmonella* en chélatant les cations divalents de la membrane externe ou en les insérant dans la membrane externe avec la substitution de cations stabilisants. En outre, ils ont supposé que l'ellagitanin du chicouté et de la framboise et l'acide ellagique de la canneberge étaient responsables de l'activité antimicrobienne de ces baies (NOHYNEK *et al.*, 2006).

Les polyphénols, en particulier les catéchines du thé, peuvent aussi interagir avec les membranes bactériennes (IKIGAI *et al.*, 1993 ; CHO *et al.*, 2007 ; MATSUMOTO *et al.*, 2012).

Chez les bactéries Gram-positives et Gram-négatives, l'interaction avec les protéines membranaires (les protéines et/ou les phospholipides de la bicouche lipidique), provoque une perturbation de la bicouche lipidique, augmentant la perméabilité membranaire, affectant la fluidité membranaire, inhibant la respiration et modifiant les processus de transport des ions. (NAZZARO *et al.*, 2013).

(YI *et al.*, 2014) ont étudié l'effet antimicrobien des polyphénols du thé par microscopie électronique à transmission, et ils ont signalé que les membranes cellulaires bactériennes sont endommagées, notamment en ayant une perméabilité accrue des membranes

externe et interne, des membranes cellulaires perturbées et la libération de petites molécules cellulaires.

6.3 Activité anti-cancéreuse

Parmi les propriétés biologiques intéressantes des polyphénols, la prévention du cancer. En effet, un certain nombre de recherches menées *in vitro et in vivo* ont montré que les polyphénols pourraient être utilisés comme des agents de prévention de différentes maladies cancéreuses. (STAGOS *et al.*, 2012).

De nombreuses études ont montré que trois types de cancers (sein, prostate et digestif) peuvent être fortement influencés par l'alimentation notamment l'apport en lipides et en antioxydants et que l'huile d'argan pourrait grâce à sa teneur en polyphénols, contribuer à la prévention de certains cancers tels que le cancer de la prostate. (BENNANI *et al.*, 2009).

Des recherches plus récentes ont décrit les activités anti-cancérigènes de la curcumine, le resvératrol et l'épigallocatechine-3-gallate (EGCG) pour le traitement du cancer du col (DI DOMENICO *et al.*, 2012). Les effets inhibiteurs du thé vert et noir dans le traitement du cancer ont largement été étudiés. Les polyphénols du thé de type flavan-3-ol sont des composés bioactifs puissants qui interfèrent avec l'initiation, le développement et la progression du cancer par des processus critiques. (LAMBERT *et al.*, 2010 ; YANG *et al.*, 2013).

Ils ont la capacité d'interrompre ou inverser le processus de cancérogenèse en agissant sur les molécules de réseau de signalisation intracellulaires impliquées dans l'initiation et / ou la promotion d'un cancer pour arrêter ou inverser la phase de progression du cancer. Les polyphénols peuvent également déclencher l'apoptose dans les cellules cancéreuses à travers la modulation d'un certain nombre d'éléments principaux en signal cellulaire. (LINK *et al.*, 2010).

Les flavonoïdes sont impliqués fréquemment dans l'inactivation des cancérogènes et l'inhibition des enzymes responsables de l'activation des procarcinogènes en raison de leur activité anti-carcinogènes. Ainsi ils ont une très forte capacité de bloquer la prolifération des cellules cancéreuses grâce à leur effet chimio-thérapeutique, ils participent également à la prévention des carcinogènes d'atteindre leur site d'activation. (KHAN *et al.*, 2019).

6.4 Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est la réponse immunitaire de l'organisme à une agression par des agents pro-inflammatoires d'origine virale, bactérienne ou autre (par exemple, les lipoprotéines oxydées, marqueurs du stress oxydant). Cette dernière est précisément régulée afin de limiter les altérations des biomolécules de l'hôte. Cependant, une régulation inappropriée de ce phénomène peut conduire à un état inflammatoire chronique et la plupart des pathologies chroniques possèdent une composante inflammatoire. C'est le cas de l'obésité, du diabète de type II, des maladies cardiovasculaires et du cancer. Les différentes études menées sur les effets protecteurs des polyphénols dans ces contextes pathologiques ont montré que ceux-ci diminuaient les marqueurs de l'inflammation et agissaient sur de nombreuses cibles moléculaires au centre des voies de signalisation de l'inflammation. Les études menées chez l'homme sain ont montré que le suivi d'un régime riche en fruits et légumes était inversement corrélé aux marqueurs de l'inflammation dans le plasma, et que la consommation d'anthocyanes était associée à la diminution du taux de cytokines circulantes. (LENOIR.L, 2011)

Des recherches récentes ont démontré que les flavonoïdes, notamment les flavonols, peuvent prévenir de la douleur musculaire en accélérant la réparation des tissus au niveau moléculaire. De manière spécifique, ils inhibent l'enzyme NOS responsable de la synthèse de l'oxyde nitrique, qui est déclencheur chimique de l'inflammation. D'autres études, affirment l'action inhibitrice de ces flavonoïdes, plus particulièrement la lutéoline, l'apigénine, catéchine, sur la cyclo-oxygénase, une enzyme synthétique des molécules impliquées fortement dans le processus inflammatoire. (SCALBERT et *al.*, 2005).

6.5 Protection cardio-vasculaire

Les composés phénoliques ont la propriété de lutter contre les maladies cardiovasculaires (ADRIOUCH et *al.*, 2017). Au niveau des artères, ces molécules préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité évitant ainsi l'athérosclérose (épaississement des artères qui contribue à réduire le flux sanguins et peut conduire à l'asphyxie des tissus irrigués). Les polyphénols inhibent aussi l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose, qui induit l'occlusion des artères. Ainsi en prévenant l'athérosclérose et les risques de thrombose, ces composés limitent les risques d'infarctus du myocarde. (AKROUM, 2010).

Selon des études épidémiologiques, un plus grand apport de flavonoïdes tirés des fruits et des légumes s'associe à une diminution du risque d'apparition de maladie cardiovasculaire. Les mécanismes expliquant cette observation ne sont pas clairs, mais d'après les données probantes, les flavonoïdes exerceraient leurs effets par la diminution des facteurs de risque cardiovasculaire. D'après de récentes données probantes, certains polyphénols sous forme purifiée, y compris le resvératrol, la berbérine et la naringénine, ont des effets bénéfiques sur la dyslipidémie chez les modèles humains ou animaux. Un traitement à la naringénine atténue l'athérosclérose en corrigeant la dyslipidémie. (MULVIHIL et *al.*, 2010).

Enfin, les flavonoïdes de l'argousier (les leucocyanidines, la catéchine et les flavonols) ont la capacité de normaliser le rythme cardiaque et d'améliorer le fonctionnement du système cardiovasculaire dont la contraction myocardique par une action direct sur le muscle cardiaque. (LI et BEVERIDGE, 2004).

6.6 Polyphénols et maladies neurodégénératives

Les maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer représentent un problème croissant lié aux pathologies du vieillissement cérébral, principalement car il y'a une augmentation de la prévalence de la maladie d'Alzheimer à la fois et la maladie de Parkinson avec l'âge. Ceux-ci et d'autres maladies neurodégénératives semblent être déclenchées par des événements multifactoriels dont la neuro-inflammation, une augmentation du stress oxydatif, de fer et / ou une déplétion des antioxydants endogènes. Par ailleurs, l'apport alimentaire régulière d'aliments riches en flavonoïdes et / ou de boissons a été associée à une réduction de 50% du risque de démence, une préservation des performances cognitives avec l'âge, un retard dans l'apparition de la maladie d'Alzheimer et une réduction du risque de développer la maladie de Parkinson. (VAUZOUR et *al.*, 2010).

Les flavonoïdes peuvent agir pour protéger le cerveau dans un certain nombre de façons, y compris par la protection des neurones vulnérables, le renforcement de la fonction neuronale existante ou en stimulant la régénération neuronale. (VAUZOUR et *al.*, 2010).

De nombreuses études d'intervention alimentaire menées chez l'homme ou chez l'animal avec des aliments ou boissons issus du raisin, du thé ou de baies comme les myrtilles ont montré une amélioration de la mémoire et de la cognition. Il semblerait cependant que les seules propriétés antioxydantes des flavonoïdes contenus dans ces aliments ne soient pas suffisantes pour expliquer leurs effets bénéfiques au niveau cérébral, d'autant que la

concentration de composés retrouvés à ce niveau est relativement faible. Il a ainsi été suggéré que les polyphénols puissent agir en protégeant les neurones vulnérables, en stimulant le fonctionnement neuronal et le flux sanguin ainsi qu'en favorisant la neurogenèse. (LENOIR.L, 2011).

6.7 Activité antivirale

L'épidémie mondiale de COVID-19 avec ses taux de mortalité élevé a incité plusieurs laboratoires du monde entier à rechercher des agents antiviraux. À ce jour, aucun traitement spécifique pour l'infection par le SRAS-Cov-2 n'a été confirmé, mais plusieurs composés sont en cours d'essai. Les polyphénols sont un groupe de composés naturels avec des résultats prometteurs. Récemment, il a été rapporté que la photothérapie avec des polyphénols constitue une approche puissante pour la prévention et le traitement de la nouvelle maladie COVID-19 (LEVY, DELVIN, MARCIL, et SPAHIS, 2020).

Les théaflavines sont des polyphénols antioxydants présents en grande quantité dans le thé noir. Ils inhibent l'infection par le virus de l'hépatite C de manière dose-dépendante à un stade précoce de l'infection. L'action des théaflavines est due à leur effet direct sur le virus et à l'inhibition de sa propagation (CHOWDHURY et *al.*,2018). Dans les coronavirus, l'ARN polymérase dépendante de l'ARN (RdRp) est une enzyme importante qui catalyse la réplication de l'ARN à partir de matrices d'ARN. Par conséquent, RdRp est considéré comme une cible thérapeutique potentielle pour le SRAS-CoV-2. Un rapport récent utilisant deux méthodes d'amarrage moléculaire a montré que les théaflavines inhibaient l'activité RdRp en bloquant le site actif du SARS-CoV-2 (LUNG et *al.*,2020). Cependant, les effets *in vivo* de RdRp nécessitent des recherches supplémentaires.

Aujourd'hui, on utilise des aliments comme le thé, pomme, orange, cacao, à cause de leur richesse en polyphénols pour une bonne protection contre les maladies coronariennes. (LI et *al.*, 2020).



Partie expérimentale



Chapitre I
Matériels et méthodes

1. Matériels

Nous avons mené une étude analytique et nous nous sommes fixés pour objectifs la détermination des teneurs en polyphénols totaux ainsi que la mise en évidence de l'activité antioxydante et antibactérienne, de l'extrait brut de l'espèce végétale *Lavandula stoechas* L.

Cette étude est réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie appliquée dirigé par le professeur HOUALI.K, situé au département sciences biologiques et agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

Le digramme du travail effectué au cours de cette étude est schématisé dans la **figure 22** :

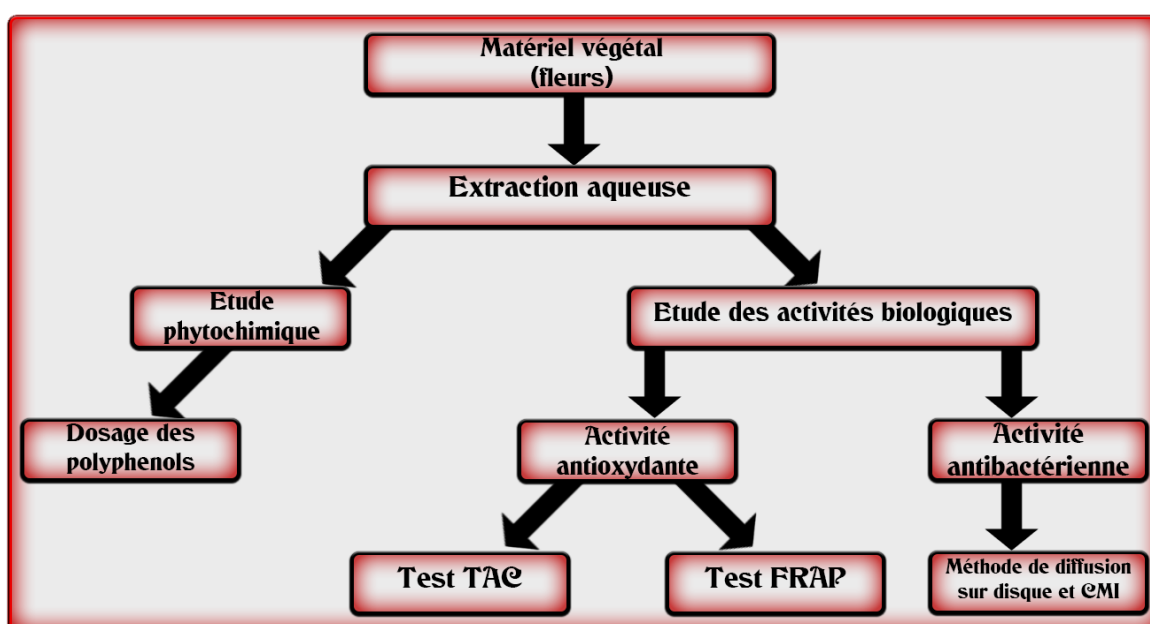


Figure 22: Diagramme représentant les protocoles expérimentaux adoptés.

1.1 Matériel végétal

Nous avons récolté la plante végétale *Lavandula stoechas* L au mois de Mai 2021 dans la région de Michelet et pour cette étude, nous avons utilisé uniquement la fleur de *Lavandula stoechas* L. Pendant notre récolte, nous avons procédé à un tri dans le but d'écartier toute plante qui présente des anomalies. Après la récolte, nous avons effeuillé et enlevé les tiges du matériel végétal, pour le laisser sécher à l'air libre et dans l'obscurité à température ambiante. Après sept jours de séchage, les fleurs sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue est pesée puis placée dans des bocaux hermétiques à l'abri de l'humidité.

1.2 Appareillage

Mis à part le matériel couramment utilisé tel que Spectrophotomètre UV- Visible, bain marie, centrifugeuse et autres, on a eu recours à l'utilisation du lyophilisateur. (**Annexe01**)

1.3 Solvants et réactifs

- Eau distillée ;
- Carbonate de Sodium (Na_2CO_3) ;
- Réactif de Folin Ciocalteu ;
- Tampon Phosphate (0.2M, pH 6.6) ;
- Ferricyanure de Potassium ($\text{C}_6\text{N}_6\text{FeK}_3$) à 1% ;
- Chlorure Ferrique (FeCl_3) ;
- Acide Trichloracétique (TCA) à 10% ;
- Phosphate de Sodium ($\text{Na}_3 \text{PO}_4$) 28mM ;
- Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$;
- Phosphate monobasique de sodium (NaH_2PO_4) ;
- Phosphate dibasique de sodium (Na_2HPO_4) ;
- Disques d'antibiotiques.

1.4 Standards

- Acide Gallique ;
- Acide Ascorbique ;
- Acide Sulfurique.

1.5 Outillage

Nous avons utilisé différents outils en rapport avec la verrerie du laboratoire (Flacons, Tubes à essais, Erlenmeyer, Becher et autres) ainsi que des outils en rapport avec la microbiologie tel que (Pipette pasteur, anse à boucle, boîte de Pétri, écouvillons et autres). (**Annexe 01**)

2. Méthodes d'analyse

2.1 Préparation de l'extrait

Vingt grammes de poudres issues de *Lavandula stoechas* L sont mises à macérer dans 200 ml d'eau distillée pendant 24h à température ambiante sous agitation continue. Le macérol aqueux obtenu est filtré successivement à l'aide d'une passoire puis d'un papier Whatmann^{°1}. Le filtrat obtenu est réparti dans des cristallisoirs puis congelé pendant 24h à -80°C. Après congélation le filtrat est lyophilisé. Le lyophilisat obtenu est stocké à l'abri de l'humidité et de la lumière. Ce dernier est considéré comme étant l'extrait aqueux. (Figure23)

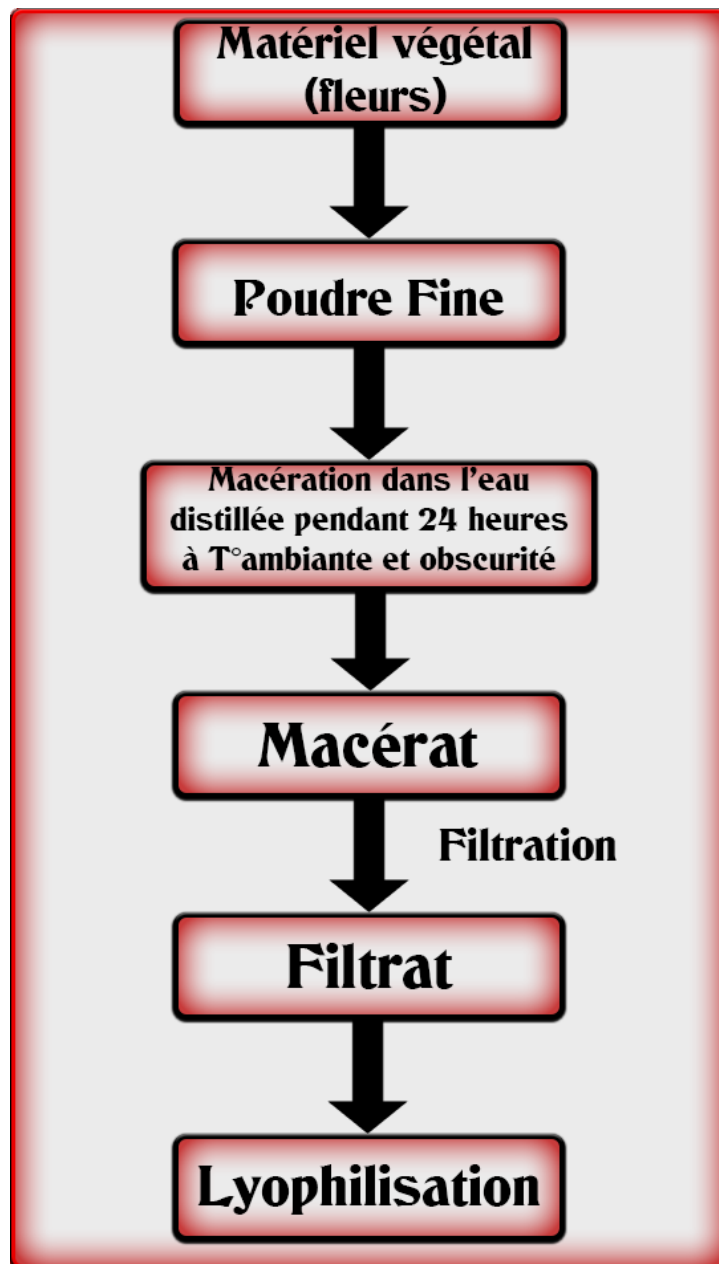


Figure 23: Schéma récapitulatif de l'extraction aqueuse.

2.2 Dosage des polyphénols totaux (PPT)

La teneur totale en composés phénoliques a été déterminée en utilisant le réactif de Follin-Ciocalteu selon la méthode décrite par (BONNAILLIE *et al.*, 2012).

Nous avons prélevé 200 μ l (μ g/ml) de chaque extrait dans un tube à essai auquel nous avons ajouté 1 ml du réactif de Follin-Ciocalteu dilué dix fois dans l'eau distillée. Après cinq minutes, nous avons additionné au mélange 800 μ l de Carbonate de Sodium (Na_2CO_3) à 7,5 %. Ensuite le tube à essai a été recouvert de papier aluminium, et porté à incubation à température ambiante pendant 45 minutes à l'obscurité. L'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 760 nm en utilisant un spectrophotomètre de lumière UV. (**Figure 24**)

Le même protocole est suivi pour la construction de la courbe d'étalon d'acide gallique.

Les valeurs de concentration sont déduites par extrapolation à partir de la droite d'étalonnage établie à l'aide de la solution de référence d'acide gallique à des concentrations allant de 10 à 100 μ g/ml.

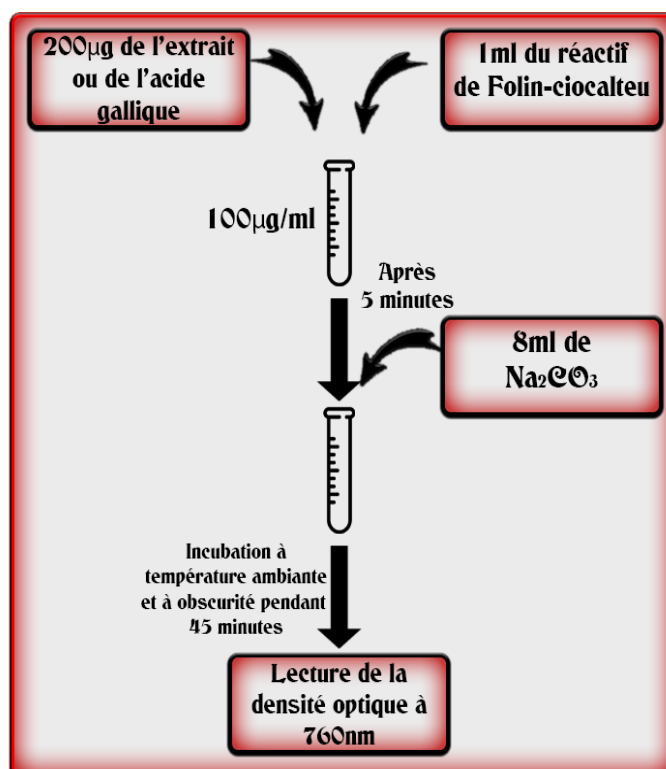


Figure 24: Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols (BONNAILLIE *et al.*, 2012).

2.3 Etude de l'activité antioxydante

2.3.1 Évaluation de la capacité antioxydante totale (TAC)

La détermination du pouvoir antioxydant des extraits végétaux est réalisée par la méthode de réduction du phosphomolybdate suivant le protocole décrit par (PRIETO *et al.*, 1999). Dans ce test les antioxydants réduisent le Mo(VI) en Mo(V) et forment un complexe vert.

Pour cela, deux gammes de concentration des extraits aqueux, allant de 100 à 1000 μ g/ml (gamme 1000) et de 1000 à 5000 μ g/ml (gamme 5000) ont été réalisées. 0.1ml de chacune des dilutions sont mélangés à 1ml de la solution réactionnelle (0.6mM de l'acide sulfurique, 28mM de phosphate de sodium et 4mM de molybdate d'ammonium). Le mélange ainsi obtenu est incubé à 95°C pendant 90min. Après refroidissement à température ambiante et à l'abri de la lumière. L'absorbance du milieu réactionnel est mesurée à 695nm. (**Figure 25**)

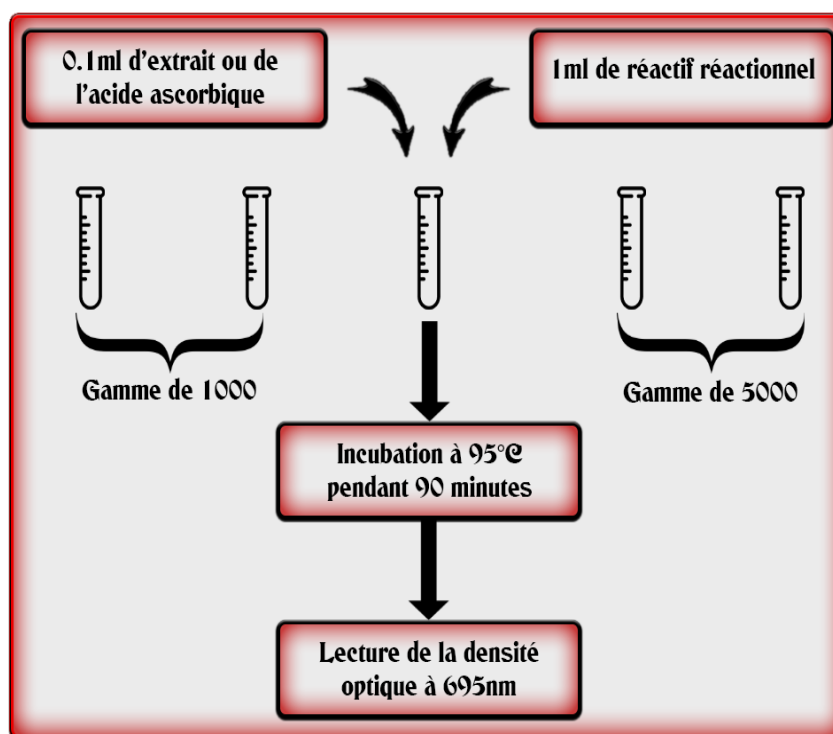


Figure 25 : Protocole récapitulatif du test de détermination de la capacité antioxydante totale (TAC) (PRIETO *et al.*, 1999).

2.3.2 Détermination du pouvoir réducteur ferrique (FRAP)

La méthode FRAP est basée sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{3+}) en ion ferreux (Fe^{2+}). Cette méthode évalue le pouvoir réducteur des composés (OU et *al.*, 2001). La présence des réducteurs (AH) dans les extraits de plantes provoque la réduction de Fe^{3+} /complexe ferricyanide à la forme ferreux. Par conséquent, le Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu cyan dans le milieu réactionnel à 700 nm (CHUNG et *al.*, 2002). **(Figure 26)**. En effet, le système $\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ confère à la méthode la sensibilité pour la détermination «semi quantitative» des concentrations des antioxydants, qui participent à la réaction redox (AMAROWICZ et *al.*, 2004).

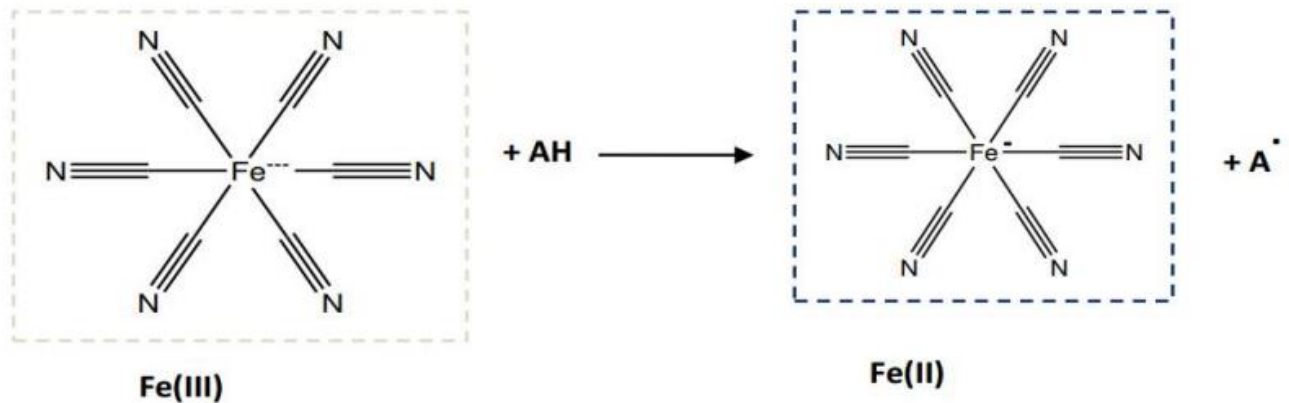


Figure 26 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe ferricyanide ferrique Fe (III) et un antioxydant (AH). (CHUNG et *al.*, 2002).

La détermination du pouvoir réducteur de nos extraits se fait selon la méthode décrite par (CHEW et *al.*, 2009).

Pour cela, deux gammes de concentration des extraits aqueux, allant de 100 à 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (gamme 1000) et de 1000 à 5000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (gamme 5000) ont été réalisées. 400 μl de chacune de ces dilutions sont ajoutés à un mélange de 400 μl de tampon phosphate (0.2M, PH 6.6) et 400 μl de ferricyanure de potassium à 1%. Le milieu réactionnel est agité puis incubé à 50°C pendant 20min. Après incubation, 400 μl d'acide trichloracétique (TCA) à 10% sont ajoutés puis le mélange est centrifugé pendant 10 minutes à 3000 t/mn. 400 μl du surnageant des différentes dilutions sont prélevés, complétés de 400 μl d'eau distillée et de 80 μl de chlorure ferrique à 0.1%. La lecture de l'absorbance se fait à 700nm avec un spectrophotomètre. **(Figure 27)**

L'augmentation de l'absorbance est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits testés. Dans ce test, l'acide ascorbique est utilisé comme référent. La détermination du pouvoir réducteur de ce dernier est réalisée dans les mêmes conditions opératoires ainsi que dans la même gamme de concentration que nos extraits. Ensuite une courbe de référence est établie.

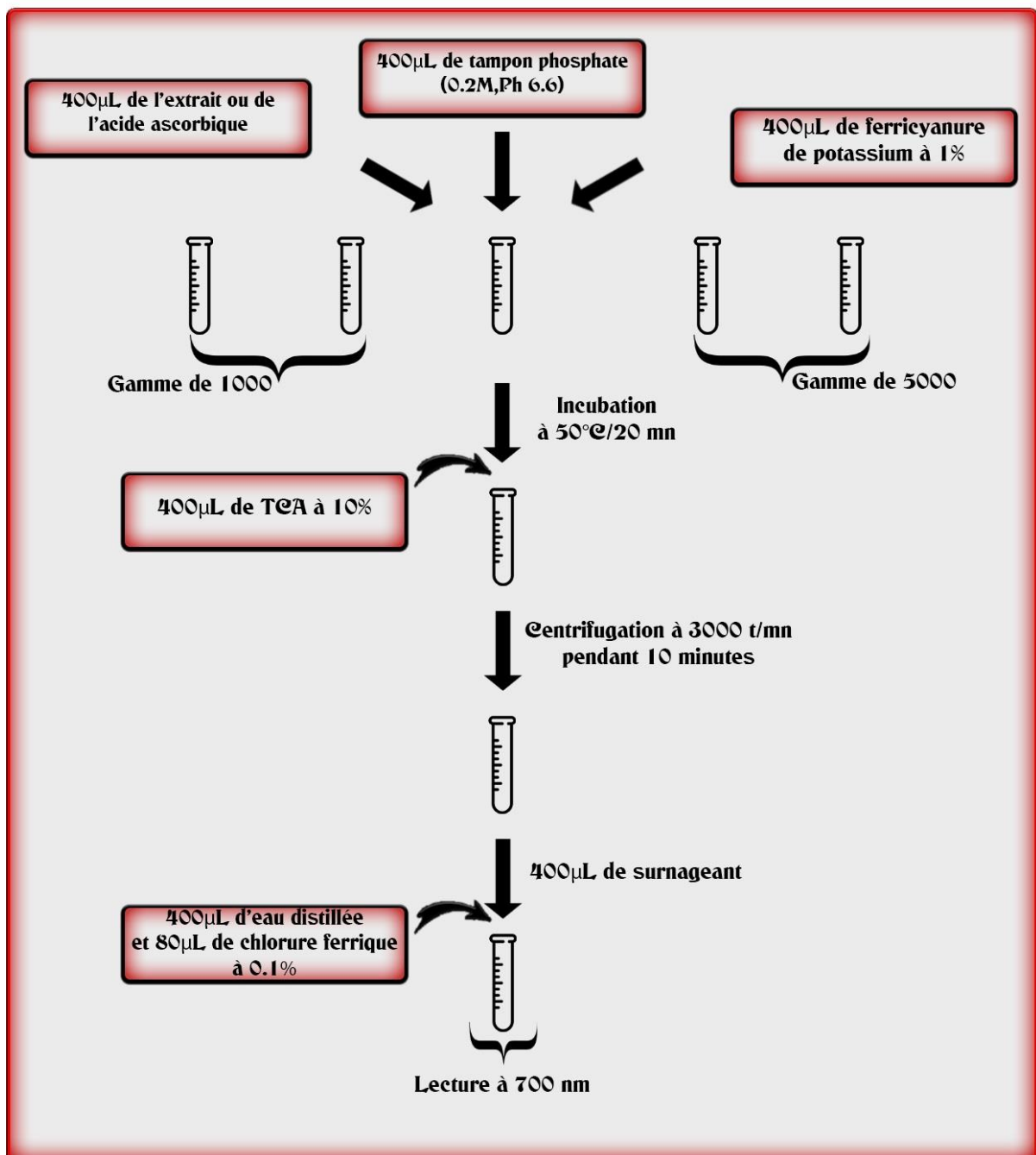


Figure 27: Protocole récapitulatif du test de détermination du pouvoir réducteur (FRAP) (CHEW et al., 2009).

2.4 Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait a été déterminée par la méthode de diffusion en milieu gélosé citée par (LESUEUR *et al.*, 2007).

Nous avons utilisé deux milieux de culture sur les différentes bactéries, BHIB (Brain Heart Infusion Broth) et Mueller Hinton (**Annexe 02 et 03**). BHIB étant un milieu de culture d'enrichissement, a permis la revivification des souches bactériennes, quant au milieu de culture Mueller Hinton, nous avons ensemencé les souches bactériennes dessus, ces dernières sont les suivantes: *Escherichia coli* ATCC 25922 (**Annexe 04**), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852 (**Annexe 05**), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (**Annexe 06**) et *Bacillus cereus* ATCC 10876. (**Annexe 07**).

La **figure 28** représente le protocole récapitulatif de l'activité antibactérienne.

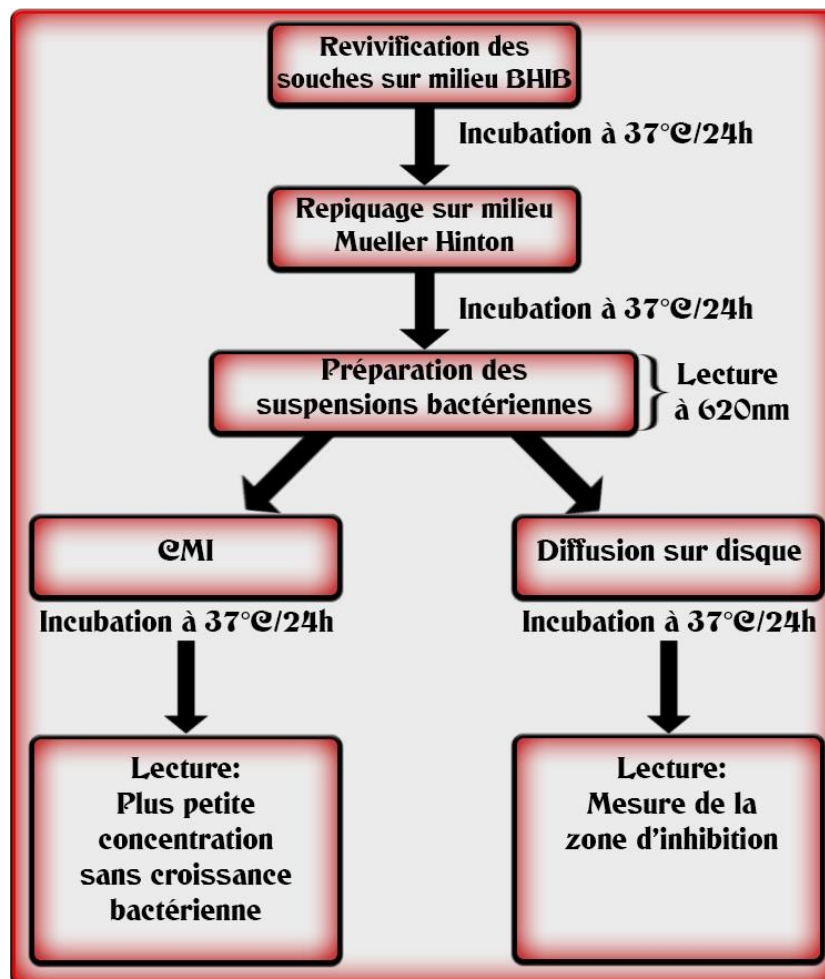


Figure 28 : Protocole récapitulatif de l'activité antibactérienne.

2.4.1 Revivification des souches

Les tests sur l'activité antibactérienne nécessitent des souches jeunes (âgées de 24h), en pleine phase exponentielle de leurs croissances. Les souches bactériennes étant conservées à des températures avoisinant les -20°C , requièrent une revivification sur un milieu de culture BHIB (Brain Heart Infusion Broth). Après cela, une incubation de 24H à 37°C s'en suit. Une fois l'incubation terminée, nous procédons à un repiquage sur des boîtes de pétri préalablement coulées par le milieu Mueller Hinton, puis nous les portons à incubation pendant 24H à une température de 37°C .

2.4.2 Préparation des suspensions bactériennes

La préparation des suspensions bactériennes est faite à partir des souches préalablement repiquées sur le milieu Mueller Hinton. À l'aide d'une anse pasteur, on prélève quelques colonies isolées que l'on introduit dans des tubes contenant 5ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation des tubes au vortex, la densité optique mesurée à 620 nm, doit être comprise entre 0.08 et 0.1, ce qui correspond à une concentration de 10^6UFC/ml (LESUEUR et *al.*, 2007).

2.4.3 Méthode de diffusion sur disque

Dans une boîte de pétri, préalablement coulée avec un milieu de culture Mueller Hinton etensemencée par écouvillonnage avec la souche bactérienne étudiée, trois disques sont déposés dans la boîte de pétri pour accueillir notre extrait, un disque d'antibiotique (Nitrofurantoin F300) est utilisé comme témoin positif tandis qu'un autre disque de papier Whatmann^{°1} contenant de l'eau distillée est utilisé comme témoin négatif. Après incubation à 37°C pendant 24heures, la sensibilité a été évaluée en mesurant le diamètre d'inhibition. L'activité antibactérienne a été déterminée à l'aide d'une règle en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition, des différents extraits autour des disques.

2.4.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La détermination de la CMI est indiquée par la méthode de diffusion sur disque décrite par (DZOMBA et MUCHANYEREYI, 2012) Cette dernière est définie comme étant la plus petite concentration du produit pour laquelle aucune croissance n'est visible à l'œil nu.

Une série de dilutions de l'extrait est réalisée avec de l'eau distillée, allant d'une concentration de 160mg/ml à 1 mg/ml, qui serviront ensuite à imprégner les disques. Simultanément les suspensions bactériennes sont réalisées avec les mêmes conditions opératoires que le test d'avant (la densité optique mesurée à 620 nm, doit être comprise entre 0.08 et 0.1, ce qui correspond à une concentration de 10^6 UFC/ml). S'en suit l'ensemencement par écouvillonnage sur milieu Mueller Hinton par une des souches étudiées. Puis le dépôt de cinq disques imbibés de l'extrait (15µl/disque) avec une concentration décroissante (de 160mg/ml à une concentration de 1 mg/ml). L'incubation se fait à 37°C pendant 24H.



Chapitre II
Résultats et discussions

1. Teneur en polyphénols totaux (PPT)

La teneur en polyphénols totaux de nos extraits est déterminée par spectrophotométrie selon la méthode colorimétrique au Folin-Ciocalteu mise au point par (BONNAILLIE et *al.*, 2012). La coloration bleue obtenue est proportionnelle à la quantité de polyphénols totaux présent dans les extraits végétaux. Ce complexe coloré est quantifié par la lecture de l'absorbance à une longueur d'onde de 760nm.

La courbe d'étalonnage présentée en **figure 29**, représente les variations de l'absorbance de l'acide gallique (AG) en fonction de la concentration. En plus de sa sensibilité, le protocole présente une reproductivité puisque l'absorbance est étroitement corrélée à la concentration de l'AG utilisé dans la gamme étalon, $R^2=0.986$.

La quantité de polyphénols totaux des extraits de l'espèce *Lavandula stoechas* L est calculée à partir de l'équation de régression ($y = 0.013X + 0.358$, $R^2=0.986$) de la courbe d'étalonnage. Celle-ci est exprimée en mg équivalent d'acide gallique (EAG)/g d'extrait sec (ES) (mg EAG/g ES).

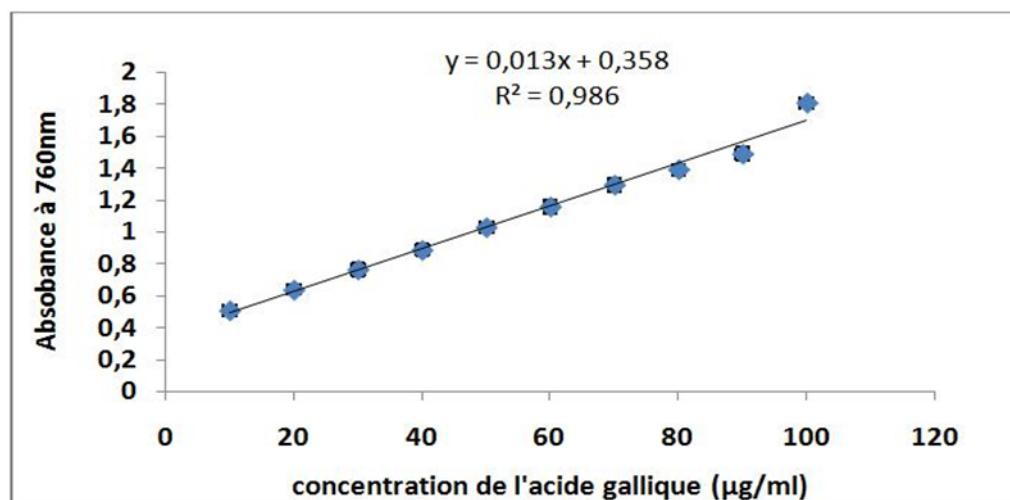


Figure 29 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

En présence des polyphénols, le complexe Folin-Ciocalteu voit sa couleur passer du jaune au bleu, ce qui permet de mesurer l'intensité de la couleur à la longueur d'onde de 760 nm (HUANG et *al.*, 2005).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux révèlent que l'extrait aqueux de l'espèce *Lavandula stoechas* L contient une teneur de l'ordre de $30.7\mu\text{g} \pm 0.5$ EAG/mg d'extrait sec. (**Annexe 08**)

Les résultats obtenus sont considérablement inférieurs à ceux de l'étude menée par (GULÇIN et *al.*, 2003) sur la même espèce végétale qui révèlent une concentration de 153.92 µg EAG/ mg d'extrait.

Nos résultats se rapprochent de ceux trouvés par (MESSAOUD et *al.*, 2012) 25.2 ± 0.4 µg EAG/mg d'extrait, qui a mené plusieurs études sur différentes espèces de lavande dont les concentrations en teneur polyphénols semblent plus ou moins similaires pour toutes les espèces de lavande.

La distribution des métabolites secondaires tels que les polyphénols peut changer pendant le développement de la plante. En effet, la teneur phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétique) et extrinsèques. Ceci peut être lié aux conditions climatiques dures (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité), les pratiques culturelles, la maturité à la récolte, ainsi que les conditions de stockage. Ces différents paramètres stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires (PODSEDEK, 2007 ; FALLEH et *al.*, 2008).

2. Activité antioxydante

2.1 Capacité antioxydante totale (TAC)

Les histogrammes présentés en **figure 30** représentent les variations de l'absorbance de l'extrait aqueux issue de l'espèce lavande papillon et celui de l'acide ascorbique en fonction de leurs concentrations. L'acide ascorbique est utilisé comme composé de référence, sa densité optique est dose dépendante, elle passe de **29%** à **100%** pour des concentrations allant de **100** à **5000** µg/ml.

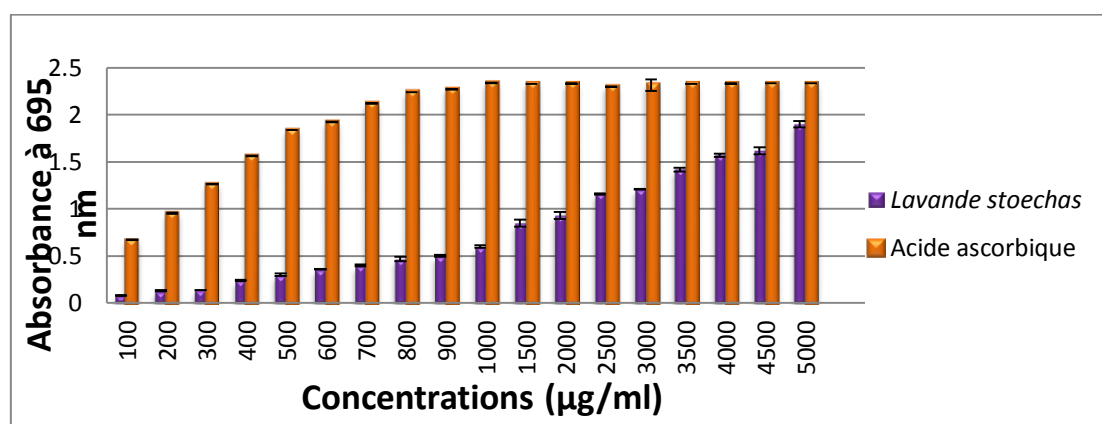


Figure 30 : Capacité antioxydante totale de l'acide ascorbique et d'un extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L.

Les résultats obtenus montrent que l'activité antioxydante totale de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L passe de 0.08 +/- 0,006 à 1.9 +/- 0,03407 nm (**3% à 81%**) et pour l'acide ascorbique, de 0,673±0.003 à 2,336±0,0011547 nm (**29% à 100%**), par conséquent nos résultats sont appréciables et sont proportionnels à la concentration utilisée. (**Annexe 9,10 et 11**)

Il ressort de nos résultats que l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L est légèrement inférieur par rapport à celle obtenue avec l'acide ascorbique. Il faut noter que l'extrait aqueux présente une activité antioxydante inférieure de **19%** à celle obtenue avec l'acide ascorbique. Néanmoins notre extrait aqueux reste doté d'une capacité antioxydante relativement importante comparativement à la vitamine C.

Selon les articles consultés et l'étendu de nos recherches, nous avons trouvé aucune étude réalisée sur l'activité antioxydante totale de l'extrait aqueux de la lavande papillon. L'étude comparative est donc impossible.

2.2 Pouvoir réducteur ferrique (FRAP)

La **figure 31** représente les variations du pouvoir réducteur exprimées en absorbance de l'extrait aqueux issue de l'espèce lavande papillon comparé à l'acide ascorbique en fonction de leurs concentrations. L'acide ascorbique, composé réducteur par excellence, est utilisé comme standard. Les densités optiques enregistrées pour ce dernier indiquent une activité réductrice dose dépendante, celles-ci pour des concentrations allant de **100 à 5000 µg/ml**, passe de **85% à 100%**.

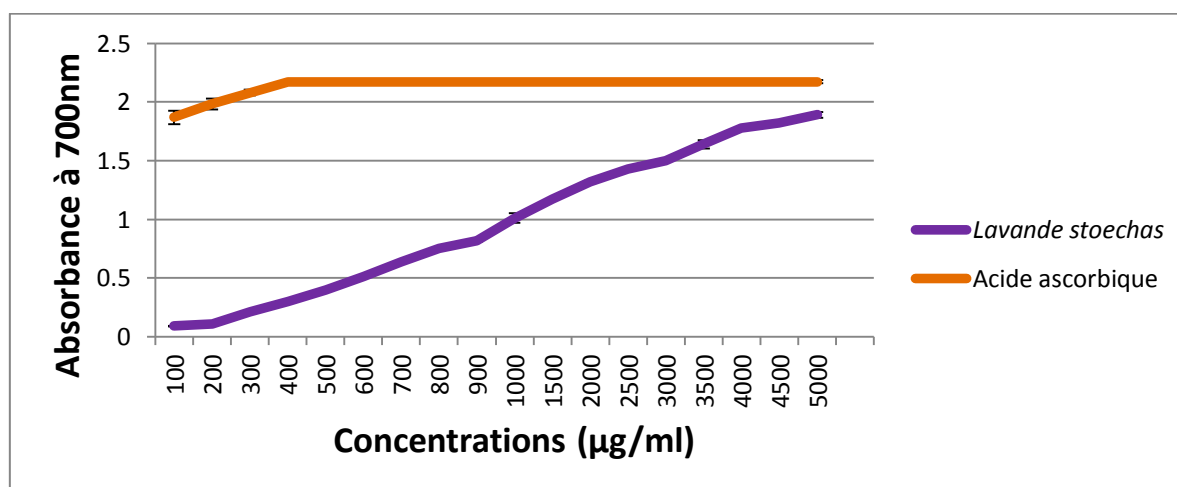


Figure 31 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L et de l'acide ascorbique.

Les résultats obtenus illustrés en **figure 31** montrent que le pouvoir réducteur présente une augmentation proportionnelle à la concentration de l'extrait. En comparant les résultats obtenus pour l'extrait à ceux de l'acide ascorbique, nous remarquons que ce dernier présente un pouvoir réducteur légèrement supérieur. (**Annexe 12 ,13 et 14**)

Les résultats obtenus montrent que le pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L passe de 0.09 ± 0.003 à 1.89 ± 0.0235 nm (**4% à 87%**) et pour l'acide ascorbique, de 1.869 ± 0.05662 à 2.173 ± 0.0115 nm (**85% à 100%**). Il faut noter que l'acide ascorbique présente une activité antioxydante supérieur de **13%** à celle obtenue avec l'extrait aqueux .De ce fait, nous pouvons dire que l'extrait aqueux de la lavande possède une activité antioxydante très intéressante avec le test de réduction de fer.

Les résultats du test FRAP à la concentration de 600 µg/ml de l'étude faite par (LARBI et ZIANI, 2019) sur l'espèce *Malva sylvestris* L (**15%**) sont inférieurs par rapport au nôtres (**23%**). Une différence de 8% pouvant être expliquer par le faite que la réduction du pouvoir antioxydant de l'extrait végétal sur les ions ferriques est associé à leurs phytoconstituants tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes dont la quantité diffère entre espèce végétale et qui exercent la rupture de la chaîne des radicaux libres. Ainsi les composés phénoliques jouent un rôle important dans la détermination de la capacité antioxydante.

3. Activité antibactérienne

3.1 Méthode de diffusion sur disque

Le pouvoir antibactérien de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L, a été étudié *in vitro* par la méthode de diffusion sur milieu gélosé solide citée par (LESUEUR et *al.*, 2007).

L'activité antibactérienne a été déterminée à l'aide d'une règle en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition, des différents extraits autour des disques.

Dans notre étude nous pouvons scinder les bactéries de références en deux groupes égaux en nombre. Les bactéries Gram-négatives dont fait partie: *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852 et les bactéries Gram-positives dont fait partie: *Bacillus cereus* ATCC 10876 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

Le **tableau V** résume les diamètres des zones d'inhibition pour chaque bactérie :

	Souches bactériennes	Antibiotique Nitrofurantoin 300 µg/ml	Extrait aqueux
Gram(-)	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	31.4 ± 0.06	10 ± 0.1
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25852	25.5 ± 0	0
Gram(+)	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	56 ± 0.4	12.6 ± 0.15
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	41 ± 0.1	11 ± 0.1

Tableau V : Diamètres des zones d'inhibition.

Conformément aux résultats illustrés dans le **tableau V**, l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L, présente une activité antibactérienne envers toutes les bactéries testées excepté *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852.

L'analyse de ces résultats montre un effet de cet extrait sur *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus cereus* ATCC 10876 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 avec des diamètres de zones d'inhibition qui correspondent à 10mm±0.1, 12.6mm±0.15 et 11mm±0.1 respectivement. En effet, l'absence d'une zone d'inhibition pour *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852 dans les boîtesensemencées traduit sa résistance à l'extrait étudié.

- ❖ Pour *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852, le diamètre d'inhibition obtenue par (MAMMAR.J, 2015) est de 13mm en utilisant la même plante tandis que nous, nous n'avions obtenu aucun résultat avec cette souche.
- ❖ Dans le cas de *Bacillus cereus* ATCC 10876, le diamètre d'inhibition obtenue par (MOUALEK et al., 2016) est de 13.8mm en utilisant l'extrait aqueux des feuilles de *Arbutus unedo* est légèrement supérieur à nos résultats (12.6mm).
- ❖ En ce qui concerne *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, le diamètre d'inhibition obtenue par (DEGHIMA et al., 2018) en utilisant la même plante est égale au notre, quant à *E. Coli*, ils ont constaté l'absence de zone d'inhibition contrairement à nos résultats qui présentent un diamètre de 10mm.

La variation des diamètres des zones d'inhibitions peut être impactée par les microorganismes, la plante et le potentiel antibactérien des substances bioactives de l'extrait dont plusieurs études affirment que l'activité antimicrobienne est fortement liée aux teneurs et à la composition de l'extrait en composés phénoliques, elle est aussi influencée par la capacité de diffusion dans le milieu gélosé (CARNEIRO et *al.*, 2008).

3.2 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est définie comme étant la plus petite concentration du produit pour laquelle aucune croissance n'est visible à l'œil nu. Elle renseigne sur le potentiel bactériostatique de l'agent antibactérien utilisé.

Dans cette partie, les tests ont été effectués par la méthode de micro-dilution sur les concentrations minimales inhibitrices de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L.

On démontre les résultats de la CMI dans le **tableau VI** :

	Souches bactériennes	CMI mg/ml
Gram(-)	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	3.4 ± 0,14
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25852	0
Gram(+)	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	1.3 ± 0,3
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	1.6 ± 0,26

Tableau VI : Les valeurs de la CMI de l'extrait vis-à-vis des souches testées.

Sur la base de nos résultats, la CMI la plus élevée est celle d'*Escherichia coli* ATCC 25922 qui correspond à 3.4 mg/ml, suivit par *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 avec une CMI de 1.6mg/ml et enfin par *Bacillus cereus* ATCC 10876 avec la CMI la plus inférieure qui est de 1.3mg/ml.

Par conséquent les bactéries avec une CMI plus élevée sont les plus résistantes et celles avec une CMI basse sont les plus sensibles.

En ce qui concerne *Escherichia coli* ATCC 25922 sa résistance par rapport à d'autres bactéries gram-positives est explicable par les différences de composition de la paroi cellulaire et entrave les connexions des polyphénols aux couches de peptidoglycane de ces micro-organismes.

Pour le cas de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852, elle ne présente aucun résultat pour le test actuel, en vue de l'absence de zone d'inhibition dans la méthode de diffusion sur milieu gélosé solide.

La comparaison de nos résultats reste délicate en raison du faible nombre d'études menées sur la plante *Lavandula stoechas* L. En outre, plusieurs variables ont un impact direct sur les résultats tels que la technique utilisée, la quantité et la concentration d'extrait appliquée sur les disques. Il faut aussi noter que la quantité des polyphénols diffère entre espèces végétales. Ils jouent ainsi un rôle fondamental dans l'activité antibactérienne.



Conclusion

L'utilisation des plantes médicinales remonte à bien longtemps, jusqu'à nos jours la phytothérapie reste une forme de médecine naturelle complémentaire. Elle assure une thérapie saine et sans effet secondaire, les extraits naturels issus des plantes possèdent une variété de composés phénoliques et d'huiles essentielles auxquelles on attribue les pouvoirs antioxydants et antibactériens.

L'objectif principal de notre étude est la détermination des teneurs en polyphénols totaux, des extraits bruts de l'espèce végétale *Lavandula stoechas* L ainsi que la mise en évidence de son activité antioxydante et antibactérienne.

Dans un premier temps, nous avons réalisé la quantification des polyphénols totaux (PPT) de l'extrait aqueux des fleurs de *Lavandula stoechas* L par le test colorimétrique de Folin- Ciocalteu, qui nous montre que cet extrait est caractérisé par des teneurs faibles en PPT, évalués à un taux de $30.7\mu\text{g} \pm 0.5$ EAG/mg d'extrait sec.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés à l'étude des propriétés antioxydantes et antibactériennes de l'extrait aqueux *Lavandula stoechas* L.

L'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes TAC (Capacité antioxydante totale) et FRAP (Pouvoir réducteur des ions féériques). Nous avons remarqué une baisse de 19% de l'activité antioxydante totale de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L par rapport à l'acide ascorbique, également une baisse de 13% pour le pouvoir réducteur des ions féériques.

Les résultats sont en accord avec ceux décrits dans la littérature. En effet la lavande est une plante qui appartient à la famille des Lamiacées, qui inclut un grand nombre de plantes qui sont bien connues pour leurs propriétés antioxydantes, et dont la plupart de leurs composants ont été identifiés.

Au cours de cette étude nous avons réalisé un test antibactérien vis-à-vis de quatre souches bactériennes (deux bactéries gram-positives, deux bactéries gram-négatives), selon la méthode de diffusion sur gélose Muller Hinton. Les résultats d'évaluation de l'effet antibactérien des polyphénols de la fleur de *Lavandula stoechas* L ont permis d'affirmer que l'extrait a un effet inhibiteur vis-à-vis de trois souches pathogène pour l'homme, responsable de plusieurs maladies nosocomiales qui sont : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, avec des diamètres de zones d'inhibition qui varient de 10 ± 0.1 à 12.6 ± 0.15 mm.

Ces résultats nous montrent que *Lavandula stoechas* L est dotée d'activités biologiques diverses et variées possédant un effet bénéfique sur la santé humaine.

Ces résultats restent préliminaires et nécessitent des études complémentaires approfondies à différents niveaux :

- ❖ Réaliser une étude biochimique complète en utilisant l'HPLC, ACPG et autres, afin d'avoir une connaissance qualitative et quantitative de la composition en polyphénols contenue dans les différentes parties de la plante.
- ❖ Evaluer l'activité antibactérienne sur une gamme plus large de bactéries afin d'effectuer des tests comparatifs permettant de connaître le champ d'action des composés secondaires.
- ❖ Etude de l'efficacité de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L dans le domaine alimentaire afin d'établir leur utilité comme agents antioxydants ou antimicrobiens naturels dans la sécurité alimentaire.
- ❖ Effectuer des tests sur plusieurs activités biologiques telles que : l'activité anti-inflammatoire, anticancéreuse et antiviral.



*Références
bibliographiques*

A

Achat, S., 2013 .Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. Université de Bejaïa, Université d'Avignon et des pays Vaucluse

Adriouch, S., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Touvier, M., & Fezeu, L. K. 2017. Association entre les apports en polyphénols et le risque de maladies cardiovasculaires : résultats d'une étude prospective sur 84 000 adultes français. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 31(3), 238

Agrimer F.,2013. établissement national des produits de l'agriculture et de la mer Conseil spécialisé des plantes à parfum aromatiques et médicinales(PPAM)focus plante : cas du safran ,pp15.

AKROUM S. 2010. Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de Doctorat : Université MENTOURI de CONSTANTINE-ALGERIE..

Alihosseini, F. 2016. Plant-based compounds for antimicrobial textiles. Woodhead Publishing.

Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., & Weil, J. A. 2004. Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 84, 551 – 562.

Amić, D., Davidović-Amić, D., Bešlo, D., & Trinajstić, N. 2003. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemica Acta*, 76 (1), 55 – 61.

Amiour, S. D., Alloui-Lombarkia, O., Bouhdjila, F., Ayachi, A., & Hambaba, L. 2014. Étude de l'implication des composés phénoliques des extraits de trois variétés de datte dans son activité antibactérienne. *Phytothérapie*, 12(2), 135-142.

Asimgil A., 1997 : .Sifali Bitkiler. İstanbulu Tımas Yayınları. pp. 147–148.

B

Bagniewska-Zadworna, A., Barakat, A., Łakomy, P., Smoliński, D. J., & Zadworny, M. 2014. Lignin and lignans in plant defence: insight from expression profiling of cinnamyl alcohol dehydrogenase genes during development and following fungal infection in *Populus*. *Plant Science*, 229, 111-121.

Balouiri Mounyr. 2011 : Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de trois extraits de Plantes Médicinales et Aromatiques cultivées dans le jardin de l'institut national des plantes médicinales et aromatiques– Taounate. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Faculté des Sciences et Techniques – Fès

Barbier E. 1963 : LES LAVANDES ET L'APICULTURE DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE. *Les Annales de l'Abeille*. INRA Editions, 6 (2). pp.85-159.

Références bibliographiques

Battandier J.A., 1888. Flore de l'Algérie, ancienne flore d'Alger transformée, Dicotylédones. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P 666.

Baytop T., 1999 : Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and Present). Istanbul: Publications of the Istanbul University. No. 3255 (2nd ed., pp. 244–245)

Beloued A., 2005 : Plante médicinales d'Algérie. Offices des publications universitaires. p. 20-150.

Benabdelkader Tarek. 2012 : Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Biologie végétale. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Français, France; Ecole normale supérieure de Kouba, Alger, Algérie.

Bennani, H., Fiet, J. & Adlouni, A. 2009. Impact de l'huile d'argan sur le cancer de la prostate : étude de l'effet antiprolifératif des polyphénols. Revue Francophone des Laboratoires, 416, 23-26.

Besombes C., 2008 : Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques. Application généralisées. Thèse de doctorat.

Bogs, J., Downey, M.O., Harvey, J.S., Ashton, A.R., Tanner, G.J. and Robinson, S. P. 2005. Proanthocyanidin Synthesis and Expression of Genes encoding Leucoanthocyanidin Reductase and Anthocyanidin Reductase in Developing Grape Berries and Grapevine Leaves. American Society of Plant Biologists, 139: 652-663.

BOIZOT N. et CHARPENTIER J.P. 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un forestier. Le cahier des techniques de l'Inra. 79-82

Bonnaillie C., Salacs M., Vassiliova E. et Saykova I., 2012. Etude de l'extraction des polyphénols à partir de pellicules d'arachides (*Arachis hypogaea* L.). Revue de génie industriel. France. Volume 7 : 35-45.

Brake, M., & Chase, J. 2019. Biologie végétale. De Boeck Supérieur.

Bravo L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Nutrition reviews 56, p 317-333.

Brown L, Wolf JM, Prados-Rosales R, Casadevall A. 2015. Through the wall: extracellular vesicles in Gram-positive bacteria, mycobacteria and fungi. Nat Rev Microbiol 13: 620– 30.

Bruneton J, 1993. Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales. Paris, France: Lavoisier. 278 - 279p.

Bruneton, J. 1999 Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3ème édition. Tec&Doc. Paris.

Bule, M., Khan, F., Nisar, M. F., & Niaz, K. 2020. Tannins (hydrolysable tannins, condensed tannins, phlorotannins, flavono-ellagitannins). Analysis of polyphenolics, 132-146.

Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Intl J Food Microbiol* 94: 223– 53.

C

Cai, K. and Bennick, A., 2006. Effet of Salivary Proteins on the transport of tannin and quercetin across intestinal epithelial cells in culture. *Biochemical Pharmacology*, 72: 974-980.

Carneiro A.I.B., Teixeira M.F.S., Oliveira V.M.A.D., Fernandes O.C.C., Cauper G.S.D.B. et Pohlit A.M. 2008. Screening of Amazonian plants from the Adolpho Ducke forest reserve, Manaus, state of Amazonas, Brazil, for antimicrobial activity, *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(1), 31-38.

Cavanagh H. M. A and Wilkinson J. M. 2002: "Biological activities of Lavender essential oil." *Phytotherapy Research* 16(4): 301-308.

Cécile MORLOT 2013. Etude structurale de PBP3 et localisation des six « Penicillin-Binding Proteins » de *Streptococcus pneumoniae* : Implication dans la croissance et la division bactérienne P5

Chebil, L. 2006. Acylation des flavonoïdes par les lipases de *Candida antarctica* et de *Pseudomonas cepacia*: études cinétique, structurale et conformationnelle. Thèse de Doctorat : Institut national polytechnique de LORRAINE.

Chen, X., Xi, X., Pizzi, A., Fredon, E., Zhou, X., Li, J., & Du, G. 2020. Preparation and Characterization of Condensed Tannin Non-Isocyanate Polyurethane (NIPU) Rigid Foams by Ambient Temperature Blowing. *Polymers*, 12(4), 750-752.

CHEW Y.L., GOH J.K et LIM Y.Y. 2009. Assesment of in vitro antioxydant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from leguminosae family in Peninsulæ Malaysia. *Food chemistry*, 116, 13-18.

CHEYNIER V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought. *Am J Clin Nutr*, 81(1). 223S-229S.

Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissèdre, P. L. 2008. Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.

Cho YS, Schiller NL, Kahng HY, Oh KH. 2007. Cellular responses and proteomic analysis of *Escherichia coli* exposed to green tea polyphenols. *Curr Microbiol* 55: 501– 6.

Chong, J., Poutaraud, A., & Hugueney, P. 2009. Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant science*, 177(3), 143-155 derivatives. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 17-26.

Chowdhury, P., Sahuc, M. E., Rouille, Y., Riviere, C., Bonneau, N., Vandeputte, A., ... Seron, K. 2018. Theaflavins, polyphenols of black tea, inhibit entry of hepatitis C virus in cell culture. *PLoS One*, 13(11), e0198226.

Chu C. J. et Kemper K. J. 2001 : Lavender (*Lavandula* spp.). Longwood Herbal Task Force. 32 p.

Chung, Y. C., Chang C. T., Chao W. W., Lin C. F., & Chou S. T. 2002. Antioxidative activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 50, 2454 – 2458.

Colette, N. 2010. L'œnologie (7e ed.). Lavoisier.

Corona, G., Kreimes, A., Barone, M., Turroni, S., Brigidi, P., Keleszade, E., & Costabile, A. 2020. Impact of lignans in oilseed mix on gut microbiome composition and enterolignan production in younger healthy and premenopausal women: an in vitro pilot study. *Microbial cell factories*, 19, 1-14

Couderc-Le-Vaillant M., Segur-Fantino N. et al. 1990. Etude phytodermatologique de *Lavandula angustifolia* Mill. *Revue Cytologie Biologie Végétale et Botanique*. Volume 13 : 75–88.

Couplan F., 2012, Lettre d'information n°12, Rencontre avec la lavande.

Cowan MM. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microbiol Rev* 12: 564– 82.

Cui Y, Oh YJ, Lim J, Youn M, Lee I, Pak HK, Park W, Jo W, Park S. 2012. AFM study of the differential inhibitory effects of the green tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) against gram-positive and gram-negative bacteria. *Food Microbiol* 29(1): 80– 7.

Cui, Q., Du, R., Liu, M., & Rong, L. 2020. Lignans and Their Derivatives from Plants as Antivirals. *Molecules*, 25(1), 183.

D

Dai, J. & Mumper, R. J. 2010. Plant Phenolics : Extraction, Analysis and Their Antioxydant and Anticancer Propreties. *Molecules*, 15 (10), 7313 – 7352.

Debeaux M.O., 1894. Flore de la Kabylie du Djurdjura. Edition librairie des sciences naturelles de Paul Klingksieck, Paris. P 288.

DEGHIMA Ikhlas et al, 2018 Etude phytochimique, activité antioxydante et antimicrobienne des composés phénoliques de *Lavandula steochas* L.

Di Domenico, F., Foppoli, C., Coccia, R. & Perluigi, M. 2012. Antioxidants in cervical cancer: Chemopreventive and chemotherapeutic effects of polyphenols. *Biochimica et Biophysica Acta* 1822, 737–747.

Dob T., Dahmane D., Agli M., Chelghoum C. 2006. Essential oil composition of *Lavandula stoechas* from Algeria. *Pharmaceutical Biology*. 44(1): 60–64.

Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E. B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A. A., ... & Santini, A. 2019. Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytotherapy Research*, 33(9), 2221-2243.

DZOMBA P. et MUCHANYEREYI N.2012. Potential antimicrobial plant extract based therapeutics from *temnocalyxobovatus* roots. *European Journal of Medicinal Plants*, 2(3):209-215.

F

Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C., 2008 : Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .*C. R. Biologies*. 331: 372-379.

Festy D. et Dupin C., 2012, La lavande, c'est malin : Huile essentielle, fraîche ou séchée, découvrez les incroyables vertus de cette fleur, pour la beauté, la santé, la maison,..., Ed. Leduc's.

Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., 2005. Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. *Presses polytechniques et universitaires romandes* pp 121-216

FloresAlpes, 2019 : Site d'identification de plantes (fleur, un arbre, une fougère..),

<https://www.florealpes.com>.

Forêt, R. 2018. Dictionnaire des sciences de la vie. De Boeck Supérieur.

Fraga, C. G. 2007. Plant polyphenols: How to translate their in vitro antioxidant actions to in vivo conditions. *IUBMB Life*, 59 (4-5), 308 – 315.

G

Garg, S. S., Gupta, J., Sharma, S., & Sahu, D. 2020. An insight into the therapeutic applications of coumarin compounds and their mechanisms of action. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*.

Giray E. S et Kirici S. 2008: Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74, 930-935.

Gören A.C., Topçu G., Bilsela G., Bilsela M., Aydoğmus Z et Pezzuto J.M.Z., 2002: The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. *Z.Naturforsch.* 57c 797-800

Gören A.C., Topçu G., Bilsela G., Bilsela M., Aydoğmus Z et Pezzuto J.M.Z. 2002: The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. *Z.Naturforsch.* 57c 797- 800

Gubb A.S., 1913. Flore Algérienne, Naturelle et Acquisée. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P 129.

Guignard, J.-L. 1996. Biochimie végétale. Masson, Paris, 255 p.

Guignard, J-L. 2000. Biochimie végétale. Edition Dunod, Paris, 274.

Gulcin, I., Buyukokuroglu, M., Oktay, M. & Kufreviolu, I., 2003 : Antioxydant and analgesic activities of turpentine of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallsiana* (Lamb.) Holmboe. *Journal of Ethnopharmacology* 86, 51–58.

Gurbuz I., Yesilada E., Ito S., 2009. An anti-ulcerogenic flavonol diglucoside from *Equisetum palustre* L. *Journal of Ethnopharmacology* 121: 360 -365

H

Halliwell B., 1999. How to characterize a biological antioxydant free radical. *Res.Comm*, 9:1-32.

Handique, J. G., & Baruah, J. B. 2002. Polyphenolic compounds: an overview. *Reactive & Functional Polymers*, 52, 163 – 188.

Harborne J.B., Williams C.A. 2002. Phytochemistry of the genus *Lavandula*. In: Lis-Balchin M., (Ed.) *Lavender The genus Lavandula*. Vol. 29. (pp 86-99). London. Taylor & Francis.

Haussein M.H. 2000: A review of beekeeping in Arab countries, *Bee World* 81,56_71

Heim, E. K., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. 2002. Flavonoïds antioxydants : chemistry ; metabolism and structure-activity relationships. *The journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 572 – 584.

Herrera, 1997. The role of colored accessory bracts in the reproductive biology of *lavandula stoechas*. *The Ecological Society of America .Volume78(2):* 494-504

Hitara T., Fujii M., Akita K., Yanaka N., Ogawa K., Kuroyanagi M., Hongo D., 2009 .Identification and physiological evaluation of the components from Citrus fruits as potential drugs for anti-obesity and anticancer. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17: 25- 28.

Hoffmann L., 2003. Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'HydroxyCinnamoyl-CoA : shikimate/quinatehydroxycinnamoyl Transférase (HCT). Thèse de Doctorat : Université de Louis Pasteur – Strasbourg I, France.

Holderness, J., Hedges, J.F., Daughenbaugh, K., Kimmel, E., Graff, J., Freedman, B. and Jutila, M.A. 2008. Response of $\gamma\delta$ T cells to plant-derived tannins. *Critical Review of Immunology*, 28(5): 377-402.

Hopkins, W. G. 2003. Physiologie végétale. De Boeck Supérieur

Huang D., OuB. And Prior R.L. ,2005 : The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J of Agr Food chem.*53:1841-1856.

I

Ikigai H, Nakae T, Hara Y, Shimamura T. 1993. Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. *Biochim Biophys Acta* 1147(1): 132– 6.

Ito C., Itoigawa M., Onoda S., Hosokawa A., Ruabgrungsi N., Okuda T., Tokuda H., Nishino H. Furukawa H., 2005 . Chemical constituents of *Murraya siamensis*: three coumarins and their anti- tumor promoting effect. *Phytochemistry* 66: 567 -572

Izzo, S., Naponelli, V., & Bettuzzi, S. 2020. Flavonoids as Epigenetic Modulators for Prostate Cancer Prevention. *Nutrients*, 12(4).

J

Jarrige, R., & Ruckebusch, Y. 1995. Nutrition des ruminants domestiques: ingestion et digestion. Editions Quae

Jean, B. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). Lavoisier.

Jullien J – DGAL. Juillet, 2016 : Guide de reconnaissance Plantes hôtes potentielles de *Xylella fastidiosa* subsp. *multiplex* en France, Surveillance biologique du territoire (SBT) dans le domaine végétal, Symptôme d'une infection de *Xylella fastidiosa* subsp. *multiplex* sur *Polygala myrtifolia* – 1ère édition.

K

Kaurinovic, B., & Vastag, D. 2019. Flavonoids and phenolic acids as potential natural antioxidants. In *Antioxidants*. IntechOpen

Khan, H., Ullah, H., Martorell, M., Valdes, S. E., Belwal, T., Tejada, S., Sureda, A., & Kamal, M. A. 2019. Flavonoids nanoparticles in cancer: Treatment, prevention and clinical prospects. Elsevier.

Khanbabae, K. and Ree, T.R., 2001. Tannins: Classification and Defenition. *Journal of Royal Society of Chemistry*, 18: 641-649.

Khiredine .H, 2014. Comprimés des poudres de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algerie .Mémoire de magister. Université M'hamed Bougera de Boumerdes

Kim J Y., Lim H J., Lee D Y., Kim D H., Jeon R., Ryu J H., 2009. In vitro anti inflammatory activity of lignans isolated from *Magnolia fargessii*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 19: 937 -940

Korkina L.G., Afanas'ev I.B., 1997. Antioxidant and chelating properties of flavonoids. *Adv Pharmacol.* 38:151-63.

Kowalczyk, P., Madej, A., Paprocki, D., Szymczak, M., & Ostaszewski, R. 2020. Coumarin Derivatives as New Toxic Compounds to Selected K12, R1–R4 *E. coli* Strains. *Materials*, 13(11).

Kubata BK., Nagamune K., Murakami N, Merkel P., Kabututua Z., Martin SK., Kalulug TM., Mustakuk H., Hoshida M., Ohnishi-kameyama M., Kinoshita T., Duszenko M., Uradea Y., 2005. *Kola acuminata* proanthocyanidins: a class of antitrypanosomal compounds effective against trypanosome brucei. *International Journal for Parasitology* 35: 91- 103.

Kumar, N., & Goel, N. 2019. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24.

L

Lambert, J. D. & Elias, R. J. 2010. The antioxidant and pro-oxidant activities of green tea polyphenols: A role in cancer prevention. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 501, 65–72.

Lamblin, F., Hano, C., Fliniaux, O., Mesnard, F., Fliniaux, M. A., & Lainé, É. 2008. Intérêt des lignanes dans la prévention et le traitement de cancers. *médecine/sciences*, 24(5), 511- 520

Larbi Manel et al, 2019. Etude de l'activité anti-oxydante et antibactérienne de l'extrait aqueux de feuilles de *Malva sylvestris* L. Mémoire de fin d'étude : Université Mouloud Mammeri, Algérie.

Lenoir, L. 2011. Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat. Thèse de Doctorat : Université D'Auvergne

Lesueur D., Serra D.de Rocca, Bighelli A., Hoi T.M., Ban N.K., Thai T.H., Casanova J. ; 2007. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Michelia faveolata* Meryll ex Dandy from Vietnam. *Flavour and Fragrance Journal*, 22, 317-321.

Levy, E., Delvin, E., Marcil, V., & Spahis, S. 2020. Can phytotherapy with polyphenols serve as a powerful approach for the prevention and therapy tool of novel coronavirus disease 2019 (COVID-19)? *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 319(4), E689– E708

Li, T. S., & Beveridge, T. H. 2004. Production et utilisation de l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.). NRC Research Press

Li, X., Dai, T., Hu, P., Zhang, C., Chen, J., Liu, C., & Li, T. 2020. Characterization the noncovalent interactions between beta lactoglobulin and selected phenolic acids. *Food Hydrocolloids*, 105, 105761.

Link, A., Balaguer, F. & Goel, A. 2010. Cancer chemoprevention by dietary polyphenols: Promising role for epigenetics. *Biochemical Pharmacology* 80, 1771-1792.

Lis-balchin M., 2002. Lavender, the genus *Lavandula*. Edition London & New York: Taylor and Francis. 268 p.

Lung, J., Lin, Y. S., Yang, Y. H., Chou, Y. L., Shu, L. H., Cheng, Y. C., ... Wu, C. Y. 2020. The potential chemical structure of anti-SARS-CoV-2 RNA-dependent RNA polymerase. *Journal of Medical Virology*, 92(6), 693– 697.

M

Macheix J-J , Fleuriet A, Sarni manchado P, 2006 Composé phénolique dans les plantes, structure , biosynthèse , répartition et rôles, 1-28 Sami-Manchado P

Macheix, J. J. 1996. Les composés phénoliques des végétaux : quelles perspectives à la fin du XXème siècle?. *Acta botanica gallica*, 143(6), 473-479.

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. 2005. Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR Presses polytechnique

Madhan, B., Subramanian, V., Rao, J. R., Nair, B. U., & Ramasami, T. 2005. Stabilization of collagen using plant polyphenol: role of catechin. *International journal of biological macromolecules*, 37(1-2), 47-53.

Mammar J., 2015. Extraction et dosage des polyphénols totaux de la lavande (*Lavandula stoechas* L.). Evaluation de leurs activités antibactériennes vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et de *Pseudomonas aeruginosa*. Estimation de l'effet insecticide de la poudre des feuilles sur les adultes de *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae).Mémoire de master : université Mouloud Mammeri, Algérie.

Martin ., Andriantsitohaina., 2002. Mécanismes de la protection cardiaque. *Médecine,journal*,36 : p64-70

Masquelier J, Dumon M et Dumas J, 1979. Stabilisation des collagènes par des oligomères procyanidoliques. *Acta thérapeutique* 1, 101-104 p.

Matsumoto Y, Kaihatsu K, Nishino K, Ogawa M, Kato N, Yamaguchi A. 2012. Antibacterial and antifungal activities of new acylated derivatives of epigallocatechin gallate. *Front Microbiol* 3(53): 1– 10.

Menceur F., Hazzit M., Moubouche F., Mohammedi H., Baalioumer A., Benchaabane A.,2016 .phytochemical screening and biological activities of essential oils. From two

Algerian lamiaceae plants on callosobruchusmaculatus (Fab ricius,1775),Taylor and francis,19(4),806-819

Mennal Houria et Chennafi Samia., 2015 : Synthèse bibliographique des résultats de recherche sur l'application des huiles essentielles de quelques espèces de la famille de Lamiacées obtenues à l'Université de Khemis Miliana. Faculté : Science de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre.

Messaoud C., Chograni H. & Boussaid M. 2012. Chemical Composition And Antioxidant Activities Of Essential Oils And Methanol Extracts Of Three Wild Lavandula L. Species. Natural Product Research, 26(21): 1976–1984.

Messaoud, C., Chograni, H., Boussaid M ., 2011 : Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild Lavandula L. species. Natural Prod Res 26: 1976-1984.

Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. 2000. The effects of plants flavonoids on mammalian cells : Implication for inflammation, heart disease, and cancer. Phamacological reviews, 52 (4), 673 – 751.

Miller, D. D., Li, T., & Liu, R. H. 2014. Antioxidants and Phytochemicals. Reference Module in Biomedical Research, 3rd edition.

Morand, C. 2014. Intérêt des aliments riches en flavonoïdes pour le maintien de la santé cardiometabolique. Médecine des maladies Métaboliques, 8(5), 477-482.

Morot-Gaudry J., 2010. Les Lignines, Introduction, Académie d'Agriculture de France

Morot-Gaudry, J. F. 1997. Assimilation de l'azote chez les plantes: aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Editions Quae

Moualek et al, 2016. Activités biologiques de l'extrait aqueux de feuilles d'Arbutus unedo de la région de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat : Université Mouloud Mammeri, Algérie.

Mulvihill, E. E. & Huff, M. W. 2010. Antiatherogenic properties of flavonoids : Implications for cardiovascular health. Can. J. Cardiol. 26 (Suppl A), 17A-21A

N

Nadkarni, K. M. , 1982 : Indian Materia Medica, third ed. Popular Prakashan, Bombay. P 730.

Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. 2013. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals (Basel) 6(12): 1451– 74.

Nebeling L., 2002. Phytochemicals, the color of a Healthy Diet. Health Promotion Research Branch National Cancer Institute, Maryland.

Nohynek LJ, Alakomi HL, Kähkönen MP, Heinonen M, Helander IM, Oksman-Caldentey KM, Puupponen-Pimiä RH. 2006. Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens. *Nutr Cancer* 54(1): 18– 32.

O

Okamura H, Mimura A, Yakou Y, Niwano M, Takahara Y, 1993. Antioxidant activity of tannins and flavonoids in *Eucalyptus rostrata*. *Phytochemistry* 33: 557-561.

Oliveira, L. D. L. D., Carvalho, M. V. D., & Melo, L. 2014. Health promoting and sensory properties of phenolic compounds in food. *Revista Ceres*, 61, 764-779.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M., & Prior, R. L. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 49, 4619 – 4626.

P

Perron, N. R., & Brumaghim, J. L. 2009. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem. Biophys*, 53, 75 – 100.

Philogène, B. J., Regnault-Roger, C., & Vincent, C. 2008. Biopesticides d'origine végétale : bilan et perspectives. *Biopesticides d'origine végétale*, 1-24.

Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63, 1035 – 1042.

Pihlava, J. M., Hellström, J., Kurtelius, T., & Mattila, P. 2018. Flavonoids, anthocyanins, phenolamides, benzoxazinoids, lignans and alkylresorcinols in rye (*Secale cereale*) and some rye products. *Journal of Cereal Science*, 79, 183-192.

Podsdek, A., 2007 : Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*. 40:1-11.

PRIETO P., PINEDA M. et AGUILAR M.M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E, *Anal Biochem*.269. 337-341.

Q

Quezel P. et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition Centre National de la Recherche Scientifique, France. p 781.

R

Rashmi, H. B., & Negi, P. S. 2020. Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 109298

Richter, G., 1993. Métabolisme des végétaux : Physiologie et biochimie. Edition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes : 318-338.

Robbins, R. J. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), 2866-2887.

Rolo-Naranjo, A., Rebolledo-Rios, R., Melchor-Rodriguez, K., & Codorniu-Hernández, E. 2009. Pseudo-phase portrait applied to pattern recognition in flavonoid–protein interactions. *Applied Mathematics and Computation*, 215, 156–167.

Roux A.E., Leroux A., Alaamery M.A., Hoffman C.S., Chartrand P., Ferbeyre G. et Rokeach L.A., 2007. Pro-Aging Effects of Glucose Signaling through a G Protein Coupled Glucose Receptor in Fission Yeast. *PLoS Genet* volume 5, n°3: e1000408. doi:10.1371/journal.pgen.1000408

Ryley C. 1998: Roman gardens and their plants. Sussex Archaeological Society, Lewes England. 56 pp

S

Saadatian M., Aghaei M., Sarahpour M. et Balouchi Z., 2013, *Global Journal of Medicinal Plant Research*, 1(2) “Chemical composition of lavender (*Lavandula officinalis* L.) Extraction extracted by two solvent concentrations”, p. 214-217

Sannomiya M., Fonseca V B., Da silva M A., Rocha LRM. Dos Santos L C, Hiruma-Lima C A., Britoc A R M S, Vilegas W., 2005. Flavonoids and antiulcerogenic activity from *Byrsonima crassa* leaves extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 1- 6.

Sarni–Manchado P. et Cheynier V. 2006. Les polyphénols en agroalimentaire. Edition Lavoisier. P 2–10.

Scalbert A., Manach C., Morand C., Rémésy C., 2005. Dietary Polyphenols and the Singleton , Ross (1965). Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plan pathogenic fungi. *Ind Crops Prod* 21:p81–87.

Schauenberg P. et Paris F., 2010, Guide des plantes médicinales : Analyse, description et utilisation de 400 plantes, Ed. Delachaux et Niestlé, p.396

Séréme, A., Millogo Rasolodimby, J., Guinko, S., & Nacro, M. 2008. Concentration en tanins des organes de plantes tannifères du Burkina Faso. *J. Soc. Ouest-afric. Chim*, 25, 55-61.

Shen, T., Wang, X. N., & Lou, H. X. 2009. Natural stilbenes: an overview. *Natural product reports*, 26(7), 916-935

Siddiqui Mohd Aftab., Khalid Mohd., Akhtar Juber., Siddiqui HH., Baadruddeen., Usma Ahmad., Farah Ahsan., Khan Mohd Muazzam., Mohammed Ahamd et Asad Ali., 2016 : *Lavandula Stoechas* (Ustukhuddus): Une plante miracle. Faculté de pharmacie. Université intégrale. Dasauli. Kursi Road. Lucknow (UP) 226026.

Sirerol, J. A., Rodríguez, M. L., Mena, S., Asensi, M. A., Estrela, J. M., & Ortega, A. L. 2016. Role of natural stilbenes in the prevention of cancer. *Oxidative medicine and cellular longevity*

Skoula M et Abidi C., 1996 : Essential oil variation of *Lavandula stoechas* L. ssp. *Stoechas* growing wild in Crete (Greece). *Biochem. Syst. Ecol.* 24, 255-260.

Smyth T; Ramachandran V. N.; Smyth W. F., 2009. A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *International journal of antimicrobial agents* 33: 421 - 426.

Sökmen, B. B., Aydın, S., & Kınaloğlu, K. 2012. Antioxidant and antibacterial properties of a lichen species *Diploschistes scruposus* (Schreb.) Norman. *IUFS Journal of Biology*, 71 (1), 43 – 51.

Sosa S et Altinier G., 2005 : Extracts and constituents of *Lavandula multifida* with topical anti-inflammatory activity. *Phytomedicine* 12(4): 271-277.

Souihim M., bousnina A., Toauti B., Hassen I., Rouiss M., Ben Brahim N., 2017. Caractérisation morphologique et chimique de deux espèces de Lavande: *Lavandula stoechas* L. et *dentata* L. en Tunisie. *Annales de l'INRAT*, Volume 90, 124-136

Stagos, D., Amoutzias, G. D., Matakos, A., Spyrou, A., Tsatsakis, A. M. & Kouretas, D. 2012. Chemoprevention of liver cancer by plant polyphenols. *Food and Chemical Toxicology* 50, 2155–2170

Stalikas, C. D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), 3268-3295

T

Takahashi O, Cai Z, Toda M, Hara Y, Shimamura T. 1995. Appearance of antibacterial activity of oxacillin against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in the presence of catechin. *Kansenshogaku zasshi. Japan J Infect Dis* 69(10): 1126– 34.

Tiwari, A. K. 2001. Imbalance in antioxidant defence and human diseases: Multiple approach of natural antioxidants therapy. *Current science*, 81 (9), 1179 – 1181.

U

Upton T and Andrews S. 2004: The genus *Lavandula*. Portland and Oregon, USA: Timber Press. P 442

Upton T.M., Grayer R.J., Greenham J.R., Williams C.A., Al-Ghamdi F., Chen F.H. 2000. Leaf flavonoids as systematic characters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 28: 991-1007.

Usmanghani K et Saeed A., 1997: Indusynic Medicine. Traditional Medicine of Herbal, Animal and Mineral Origin in Pakistan, University of Karachi. University of Karachi Press, p 273.

V

Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., ... & Mpondo, E. M. 2016. Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814

Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J., & Boerjan, W. 2010. Lignin biosynthesis and structure. *Plant physiology*, 153(3), 895-905.

Vauzour, D., Rodriguez-Mateos, A., Corona, G., Oruna-Concha, M. J. & Spencer, J. P. E. 2010. Polyphenols and human health: Prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients* 2, 1106-1131.

Vialard N., 2008, Remèdes et recettes à la lavande, Ed. Rustica.

W

Wilson M. et Girard G., 2007, Fleurs comestibles du jardin à la table, Ed. Fides

Y

Yang, C. S., Li, G., Yang, Z., Guan, F., Chen, A. & Ju, J. 2013. Cancer prevention by tocopherols and tea polyphenols. *Cancer Letters* 334, 79–85

Yi S, Wang W, Bai F, Zhu J, Li J, Li X, Xu I, Sun T, He Y. 2014. Antimicrobial effect and membrane-activ mechanism of tea polyphenols against *Serratia marcescens*. *World J Microbiol Biotechnol* 30(2): 451– 60.

Yoshino, M., & Murakami, K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. *Anal. Biochem*, 257, 40 – 44.

Z

ZEGHAD. N ,2009. Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine

Zhao WH, Hu ZQ, Hara Y, Shimamura T. 2002. Inhibition of penicillinase by epigallocatechin gallate resulting in restoration of antibacterial activity of penicillin against penicillinase-producing *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Chemother* 46: 2266– 8.

Zhao WH, Hu ZQ, Okubo S, Hara Y, Shimamura T. 2001. Mechanism of synergy between epigallocatechin gallate and β -lactams against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Chemother* 45: 1737– 42.



Annexes

Annexe 01 : Matériels utilisés.

Outillages	Appareillages
Flacons	Étuve
Eppendorfs	Broyeur électrique
Tubes à essai	Réfrigérateur
Fioles	Lyophilisateur
Béchers	Bain marie
Passoire	Spectrophotomètre
Entonnoir	Agitateur à plaque chauffante
Boîtes de pétris	Vortex
Pinces	Balance de précision
Micropipettes	Centrifugeuse
Seringues	Autoclave
Pipettes Pasteur	Bec bunsen
Écouvillons	
Erlenmeyer	
Papier Whatmann°1	
Papier aluminium	

Annexe 02 : Composition des milieux de culture.

Milieu MH (Gélose Mueller Hinton)	Milieu BHIB (Brain Heart Infusion Broth)
Hydrolysate acide de caséine (peptone) : 17,5g	Extrait de cervelle : 12,5 g
Extrait de viande : 2g	Extrait de cœur : 5 g
Amidon : 1,5g	Chlorure de sodium : 5g
Calcium : 20 à 25mg	Glucose : 2g
Magnésium : 10 à 12,5 mg	Hydrogénophosphate disodique anhydre : 2,5g
Agar : 15g	Agar : 0g
Eau distillée : 1000ml	Eau distillée : 1000ml
pH : 7,4 ± 0,2	pH : 7,4 ± 0,2

Annexe 03 : Généralités sur les milieux de culture.

Mueller Hinton : est un milieu nutritif utilisé pour l'étude de la sensibilité des bactéries aérobies et anaérobies facultatives vis à vis des agents antimicrobiens. Il est utilisé comme milieu de culture pour réaliser la technique d'antibiogramme en méthode de dilution ou bien comme milieu de base pour préparer tout inoculum bactérien.

Pour la préparation de ce milieu de culture, il suffit de mélanger 25 grammes du milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée stérile jusqu'à obtention d'une suspension homogène (chauffer si nécessaire), stériliser ensuite à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes et enfin couler dans des boîtes de pétri et laisser solidifier.

Bouillon Cœur-Cerveille (BHIB / Brain Heart Infusion Broth) : est un milieu utilisé pour la culture de micro-organismes fastidieux et non fastidieux, y compris les bactéries aérobies et anaérobies, à partir d'échantillons cliniques, d'échantillons alimentaires et environnementaux. Il s'agit d'un milieu polyvalent, isotonique et riche en tryptose (mélange de peptone, de viande et de lait) utilisé pour la recherche de la coagulase libre (enzyme thermostable des

Staphylococcus permettant la formation de caillots de fibrine, coagulation) et la DNase thermostable des *Staphylococcus*.

Pour la préparation de ce milieu de culture, il suffit de mélanger 37 grammes du milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée stérile jusqu'à obtention d'une suspension homogène (chauffer si nécessaire), répartir ensuite à raison de 5 à 10 ml par tubes et enfin stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Annexe 04 : Généralités sur *Escherichia coli* avec Illustration en 3D.

Escherichia coli, également appelée colibacille, abrégée en *E. Coli* est un bacille à Gram-négatif, aéro-anaérobies facultatifs, mesurant de 2 à 4 μm de long sur 0,4 à 0,6 μm de large, qu'on retrouve dans l'intestin et dans l'environnement humain ou animal (tube digestif).

Il peut être soit mobile (ciliature péritriche), soit immobile, parfois capsulé. 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. Cependant, certaines souches d'*E. Coli* peuvent être pathogènes entraînant alors des gastro-entérites, des infections urinaires, des méningites, ou des septicémies, c'est le cas par exemple des souches d'*E. Coli* dites entérohémorragiques (ECEH). Ces dernières provoquent des diarrhées sanglantes et produisent une puissante toxine à l'origine du syndrome hémolytique et urémique (SHU).



Annexe 05 : Généralités sur *Pseudomonas aeruginosa* avec illustration en 3D.

Pseudomonas aeruginosa ou bacille pyocyanique est un bacille à Gram-négatif, aérobic strict, oxydase positif, lactose négatif, sécrétant la pyocyanine (pigment bleu), qui est spécifique à *Pseudomonas aeruginosa*, et la pyoverdine ou fluorescéine qui est présente chez d'autres espèces de *Pseudomonas*.

Morphologiquement, cette bactérie est un germe non sporulé, en forme de bâtonnet de 0,5 à 0,8 μm de diamètre et d'une longueur de 1,5 à 3 μm . pratiquement toutes les souches sont mobiles grâce à un flagelle polaire unique.

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie pathogène opportuniste de l'homme que l'on peut retrouver dans les sols et les milieux aquatiques. Elle peut provoquer des infections pulmonaires chez des patients sous respirateur artificiel ou ceux souffrant de maladies chroniques telles que la mucoviscidose. Elle peut également provoquer des infections chez des sujets sains. C'est l'un des principaux agents étiologiques des infections nosocomiales.



Annexe 06 : Généralités sur *Staphylococcus aureus* avec illustration en 3D.

Staphylococcus aureus appartient à la famille des Micrococcaceae. C'est une cocci Gram-positif de 0,5 à 1 µm de diamètre, non sporulé, ubiquitaire, présente dans tous les milieux naturels (air, poussière, sol, eau, égouts, vêtements) mais également chez les animaux et chez les hommes. Elle forme en aérobiose des colonies crémeuses, pigmentées (typiquement jaune d'or), qui tournent autour de 4 mm de diamètre et opaques.

La présence de *Staphylococcus aureus* dans les aliments, constitue un risque pour la santé humaine parce que certaines souches sont capables de produire des entérotoxines, dont l'ingestion provoque une intoxication. Les entérotoxines agissent au niveau des nerfs du tube digestif qui stimulent le centre des vomissements; douleurs abdominales; diarrhées; crampes.

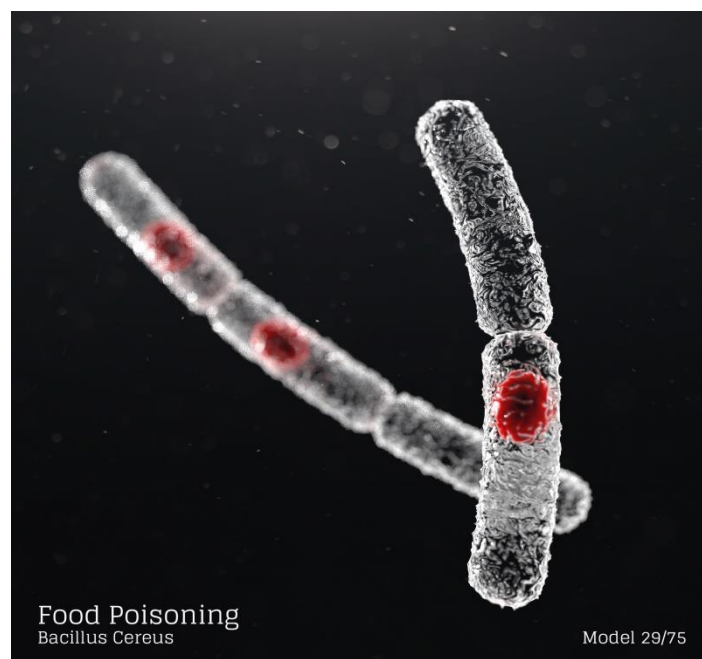


Annexe 07 : Généralités sur *Bacillus cereus* avec illustration en 3D.

Bacillus cereus est une bactérie, anaérobie facultative formant une endospore. Elle est omniprésente dans le sol et dans de nombreux aliments crus et transformés tels que le riz, le lait et les produits laitiers, les épices et les légumes.

Les souches de *Bacillus cereus* sont constituées de bacilles Gram-positifs de 1,4µm, habituellement observés en paires ou en chaînettes courtes, mobiles, grâce à une ciliature péritriche et ses colonies blanches d'aspect granuleux font entre 2 et 7 mm de diamètre, une croissance est observée à des températures se situant entre 10-20 C° et 35-45 C°, la température optimale est d'environ 37C° .

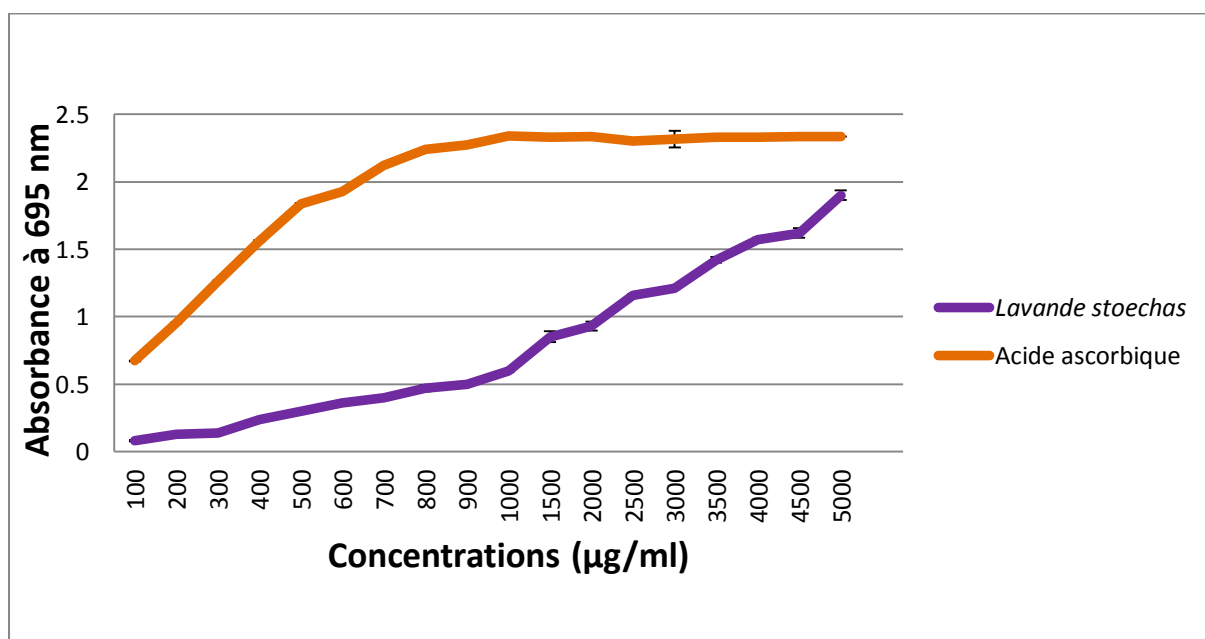
Une des raisons pour laquelle elle est mise en cause dans de nombreuses intoxications alimentaires, est que cette bactérie résiste à de hautes températures (plus de 100 C°). Elle est en effet responsable d'intoxications alimentaires spontanément résolutive (24- 28heures) de deux types : syndrome diarrhéique et syndrome émétique, ainsi que d'infections opportunistes, elle est aussi associée à certaines cliniques comme l'énophtalmie et d'autres infections oculaires.



Annexe 08 : Résultat du test du réactif de Follin-Ciocalteu sur l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L.



Annexe 09 : Capacité antioxydante totale de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L et de l'acide ascorbique représentée en courbe.



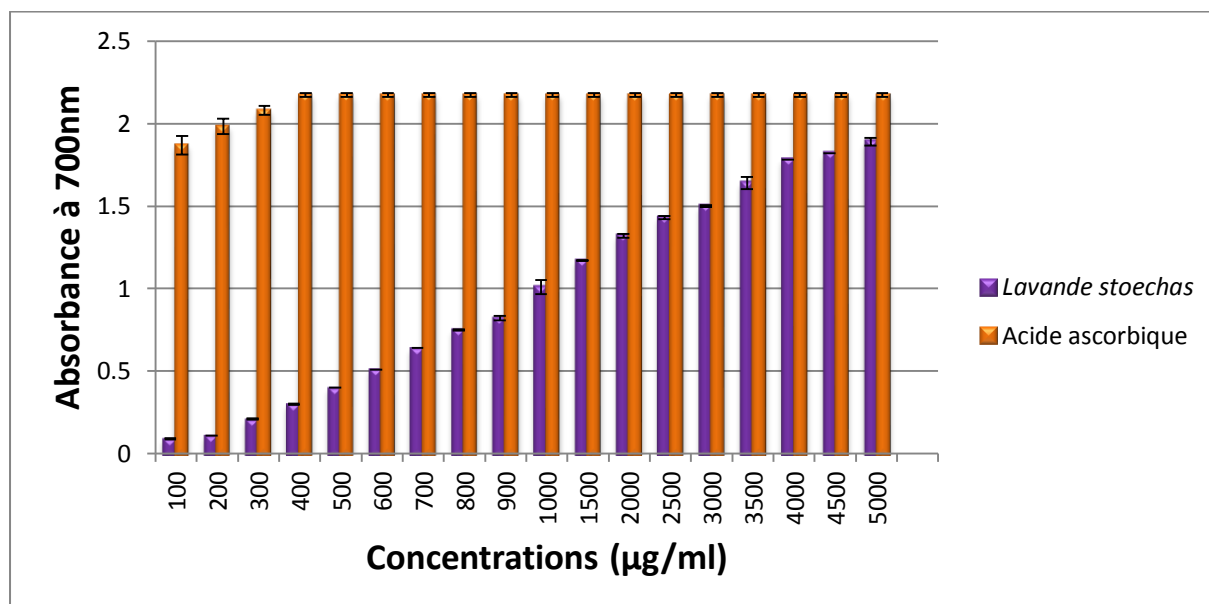
Annexe 10 : Résultat de la gamme de concentration 1000 µg/ml pour le test TAC.



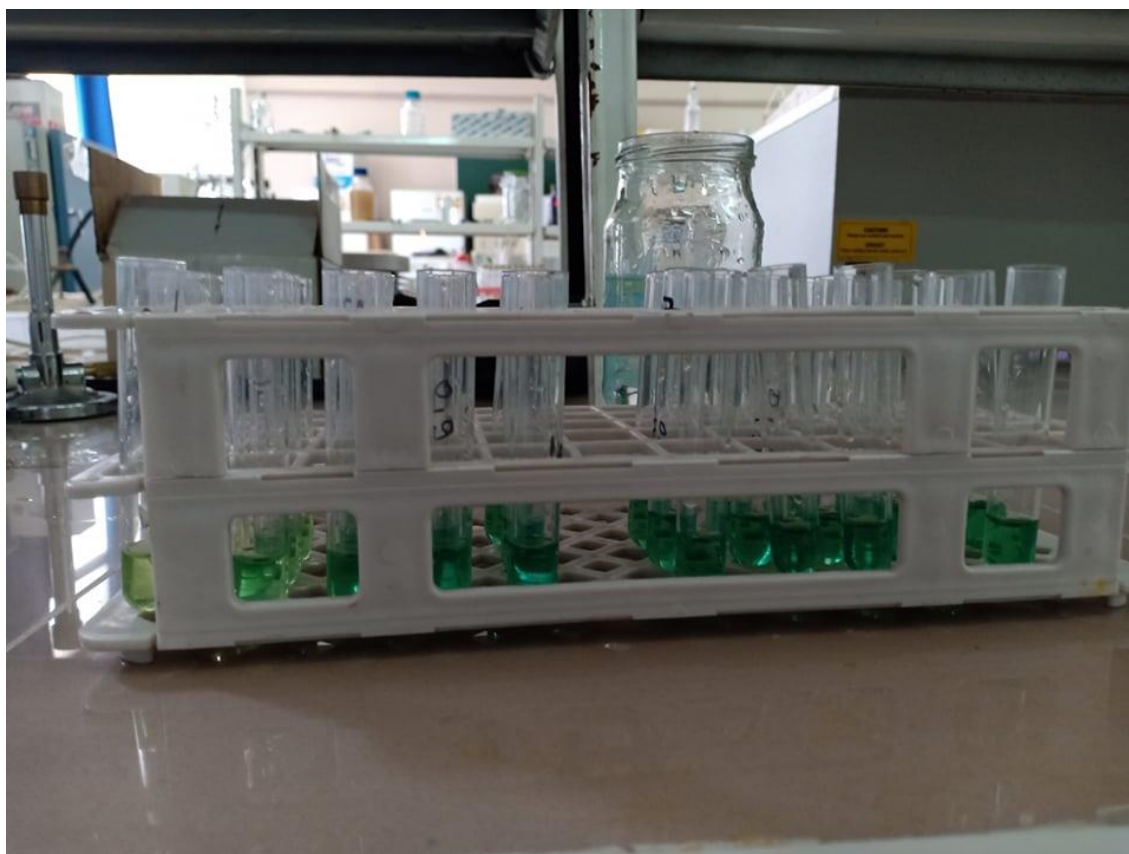
Annexe 11 : Résultat de la gamme de concentration 5000 µg/ml pour le test TAC.



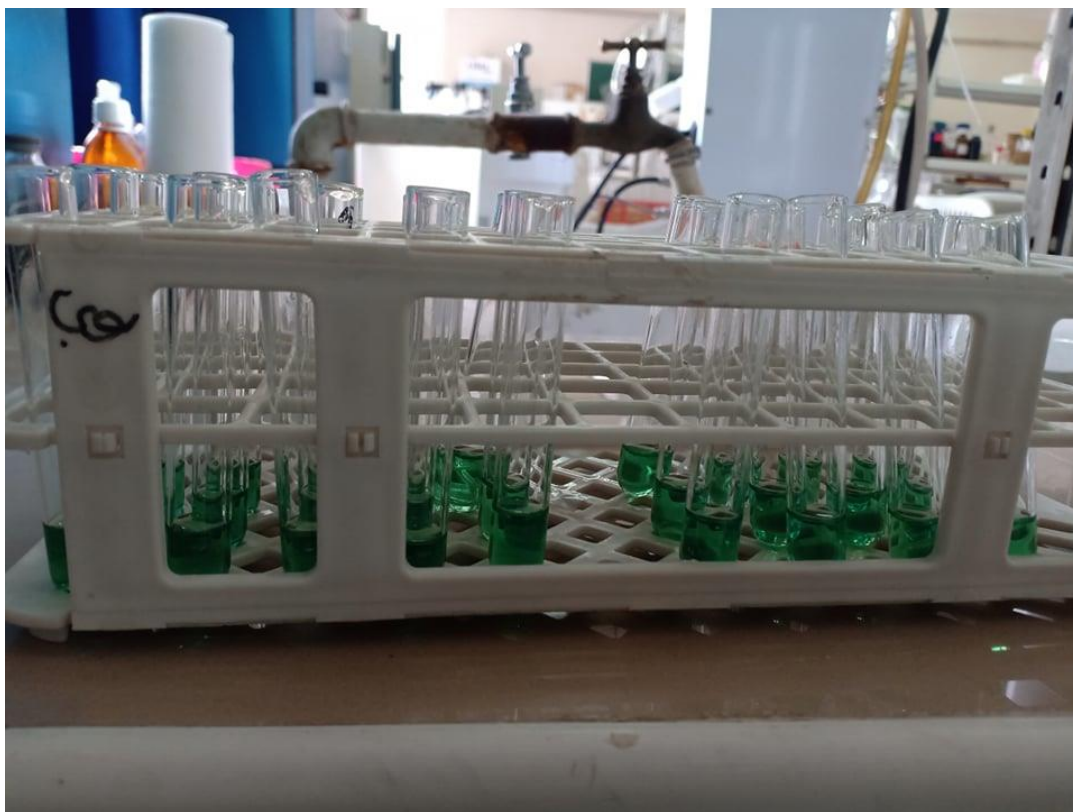
Annexe 12 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L et de l'acide ascorbique représenté en histogramme.



Annexe 13 : Résultat de la gamme de concentration 1000 µg/ml pour le test FRAP.



**Annexe 14 : Résultat de la gamme de concentration 5000 µg/ml pour le test
FRAP.**



Résumé

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés thérapeutiques, elles sont actuellement sollicitées dans plusieurs recherches. Ces études menées sur diverses plantes servent à prouver leur efficacité et leurs activités biologiques à des fins curatives. C'est le cas de *Lavandula stoechas* L de la famille des Lamiacées qui est une plante médicinale très répandue dans plusieurs domaines. L'objectif de cette étude est l'extraction et le dosage des polyphénols totaux par la méthode de Follin-Ciocalteu à partir de l'extrait aqueux des fleurs de *Lavandula stoechas* L ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne.

L'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes TAC (Capacité antioxydante totale) et FRAP (Pouvoir réducteur des ions féériques). Quant à l'activité antibactérienne, l'extrait aqueux de *Lavandula stoechas* L a été testé vis-à-vis de quatre souches bactériennes : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Bacillus cereus* ATCC 10876 par la méthode de diffusion sur milieu gélosé.

Mots clés: *Lavandula stoechas* L, extrait aqueux, polyphénols totaux, activité antioxydante, activité antibactérienne.

Abstract

Medicinal plants are used for their therapeutic properties, they are currently solicited in several research projects. These studies carried out on various plants serve to prove their effectiveness and their biological activities for curative purposes. This is the case of *Lavandula stoechas* L of the Lamiaceae family which is a medicinal plant that is widespread in several domains. The objective of this study is the extraction and determination of total polyphenols by the Follin-Ciocalteu method from the aqueous extract of the flowers of *Lavandula stoechas* L, also, the evaluation of the antioxidant and antibacterial activity.

The antioxidant activity was evaluated by two methods: TAC (Total Activity Capacity) and FRAP (Ferric reducing antioxidant power). For the antibacterial activity, the aqueous extract of *Lavandula stoechas* L was tested against four bacterial strains: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Bacillus cereus* ATCC 10876 by the agar medium diffusion method.

Key words: *Lavandula stoechas* L, aqueous extract, total polyphenols, antioxidant activity, antibacterial activity.

