REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ferhat Abbas Sétif 1

Faculté des Science de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie Végétale Et Valorisation Des Plantes

MEMOIRE DE MASTER

Présenter en vue de l'obtention du diplôme de master

Thème

Etude de la composition chimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de la Lavandula angustifolia Mill

Présenté par :

BOUNECHADA RAIHENE TESMIME

Soutenu publiquement le :30/06/2026

Devant le jury composé de

Président : LAADEL N	**MCA UFA Sétif 1**
Encadreur : RAHMOUNI M	**MCA UFA Sétif 1**
Examinateur : KEBAILI H	**MCA UFA Sétif 1**

Laboratoire De Valorisation Des Ressources Biologiques Naturelles

Année Universitaire : 2025/2026

Introduction

Les plantes aromatiques et médicinales constituent depuis longtemps une source importante de substances naturelles utilisées dans les domaines de la santé, de l'alimentation, de la cosmétique et de l'industrie pharmaceutique. Leur intérêt repose principalement sur leur richesse en métabolites secondaires, des composés bioactifs impliqués dans les mécanismes de défense, d'adaptation et de communication des végétaux. Parmi ces métabolites figurent notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes et les terpènes, reconnus pour leurs nombreuses propriétés biologiques (Royer, 2013 ; Kabera et al., 2014 ; Dixon et Dickinson, 2024).

Les métabolites secondaires jouent un rôle essentiel dans la protection des plantes contre les stress biotiques et abiotiques. Ils interviennent dans la défense contre les microorganismes pathogènes, les insectes herbivores, les rayonnements ultraviolets et les conditions environnementales défavorables. De plus, plusieurs de ces composés présentent des activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires qui suscitent un intérêt croissant dans la recherche scientifique et la valorisation des ressources végétales (Kabera et al., 2014 ; Dixon et Dickinson, 2024).

Parmi les espèces aromatiques les plus étudiées figure *Lavandula angustifolia* Miller, communément appelée lavande officinale ou lavande vraie. Cette plante appartenant à la famille des Lamiaceae est largement cultivée dans les régions méditerranéennes pour son huile essentielle de grande valeur économique et ses nombreuses utilisations traditionnelles. Son huile essentielle est principalement caractérisée par la présence de monoterpènes oxygénés et d'esters aromatiques, notamment le linalol et l'acétate de linalyle, responsables de son parfum caractéristique et d'une grande partie de ses activités biologiques (Belmont, 2013 ; Bogdan et al., 2020).

De nombreuses études ont mis en évidence les propriétés pharmacologiques de *Lavandula angustifolia*, notamment ses activités antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, neuroprotectrices et anxiolytiques. Ces propriétés sont attribuées à la diversité de ses composés bioactifs présents aussi bien dans l'huile essentielle que dans les extraits végétaux (Bogdan et al., 2020 ; Kalam et al., 2024 ; Aguerd et al., 2025). La caractérisation phytochimique de cette espèce ainsi que l'évaluation de ses activités biologiques apparaissent donc essentielles pour mieux comprendre son potentiel de valorisation.

Dans ce contexte, le présent travail a été consacré à l'étude phytochimique et biologique de *Lavandula angustifolia*. Il a pour objectif de déterminer le rendement de l'extraction hydrométhanolique et de l'huile essentielle, de quantifier les principaux composés phénoliques, notamment les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins condensés, puis d'évaluer l'activité antioxydante de l'extrait par le test DPPH ainsi que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle vis-à-vis de différentes souches bactériennes. Les résultats obtenus contribueront à une meilleure connaissance de cette espèce et à sa valorisation potentielle dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire.

Table de matières

Introduction 1

I. Chapitre 1 : Étude bibliographique sur *Lavandula angustifolia* 3

I.1 Généralités et botanique sur la *lavandula angustifolia* 3

I.1.1 Origine et historique 5

I.1.2 Systématique de *Lavandula angustifolia* Mill 5

I.1.2.1 Famille des Lamiaceae 6

a. Caractères morphologiques 6

b. Composition chimique et métabolites 6

c. Propriétés médicinales 6

I.1.2.2 Le genre *Lavandula* 7

a. Caractéristiques botaniques 7

b. Composition chimique 7

c. Propriétés pharmacologiques 7

I.1.2.3 Différentes appellations de la *Lavande angustifolia* 7

I.1.3 Description botanique de *Lavandula angustifolia* Mill. 8

I.1.3.1 Appareil végétatif 8

I.1.3.2 Appareil reproducteur 9

I.1.3.3 Structure histologique 9

I.1.4 Les principales espèces de lavande et leurs caractéristiques 10

I.1.4.1 Les espèces de la section *Lavandula* 10

I.1.4.2 Les espèces des sections Stoechas et Pterostoechas 11

I.2. Ecologie et culture 12

I.2.1 Répartition géographique de *Lavandula angustifolia* dans le monde et en Algérie 12

I.2.1.1 Dans le monde 12

I.2.1.2 En Algérie 13

I.2.2 Écologie de la lavande officinale 14

I.2.3 Culture et récolte de la lavande officinale 15

I.3. Composition et propriétés de *Lavandula angustifolia* 15

I.3.1 Composants chimiques 15

I.3.2 Propriétés pharmacologiques 15

I.3.3 Utilisation traditionnelle de la lavande 17
I.4. Enjeux et perspectives 18
I.4.1 Importance économique de la lavande officinale 18
I.4.2. Perspectives technologiques envers la lavande 19
I.4.2.1 Avancées récentes en biotechnologie appliquée à *Lavandula officinalis* 19
I.4.2.2 Chimie et biosynthèse des composés bioactifs 20
I.4.2.3 Agronomie et pratiques durables 21
I.4.2.4 Valorisation des sous-produits 21
I.4.2.5 Intelligence artificielle et analyse des composés volatils 21
I.4.2.6 Activités biologiques confirmées : 21
I.4.2.7 Avancées en génomique, biologie moléculaire et pharmacologie 22
I.4.2.8 Activités antimicrobiennes et antiparasitaires 22
I.4.2.9 Biotechnologie végétale et micro propagation 23
Chapitre 2 : Étude phytochimique de *Lavandula angustifolia* 27
II.1. Généralité sur les métabolismes chez les végétaux 27
II.1.1 Le métabolisme primaire 27
II.1.2 Le métabolisme secondaire 28
II.1.3 Relation entre métabolisme primaire et secondaires 28
II.2. Métabolites secondaires 30
II.2.1. Définition 30
II.2.2 Rôle physiologique, biologique et écologique des métabolites secondaires 30
II.2.3 Classification générale des métabolites secondaires 31
II.2.3.1 Composés phénoliques 31
II.2.3.2 Terpènes et terpénoïdes 31
II.2.3.3 Alcaloïdes 32
II.3. Phytochimie de la *Lavande angustifolia* 32
II.3.1 Les composés phénoliques 32
II.3.1.1 Généralités sur les composés phénoliques 32
II.3.1.2 Définition et structure chimique des polyphénols 33
II.3.2 Composés phénoliques identifiés chez *Lavandula angustifolia* 33
II.3.2.1 Les acides phénoliques 33
II.3.2.1.1 Définition et généralités 33

II.3.2.1.2 Structure chimique et biosynthèse 34
II.3.2.1.3 Classification des acides phénoliques 35
II.3.2.1.4 Principaux acides phénoliques identifiés chez *Lavandula angustifolia* 36
II.3.2.1.5 Activités biologiques des acides phénolique 37
II.3.2.2 Les flavonoïdes 37
3.2.2.1 Définition et généralités sur les flavonoïdes 37
II.3.2.2.2 Structure chimique des flavonoïdes 38
II.3.2.2.3 Classification générale des flavonoïdes 39
II.3.2.2.4 Principaux flavonoïdes identifiés chez la lavande 40
II.3.2.2.5 activités biologiques des flavonoïdes de la *Lavandula angustifolia* 42
II.3.2.3 Les tanins 43
II.3.2.3.1 Définition et généralités des tanins 43
II.3.2.3.2 Structure chimique des tanins 44
II.3.2.3.3 Classification des Tanins : 45
II.3.2.3.4Tanins identifiés chez *Lavandula angustifolia* 45
II.3.2.3.5 activités biologiques des tanins de la *Lavandula angustifolia* 46
II.3.2.3.6 Rôles biologiques et propriétés pharmacologiques des tanins 47
II.3.1.2 Facteurs influençant la composition phénolique 47
II.3.1.3 Intérêt biologique et importance des composés phénoliques 48
II.3.2.4 Activités biologiques des polyphénols 48
II.4 Les huiles essentielles 50
II.4.1 Définition et généralité sur les huiles essentielles 50
II.4.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante 51
II.4.3 Origine et biosynthèse de l'huile essentielle chez la lavande 51
II.4.4 Composition chimique des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* 52
II.3.5 Principaux constituants 52
II.4.5.1 Linalol 52
II.4.5.2 Acétate de linalyle 52
II.4.5.3 Camphre et autres composés terpéniques 53
II.4.6 Facteurs influençant la composition des huiles essentielles 53
II.4.7 Propriétés physico-chimiques 54

II.4.8 Activités biologiques des huiles essentielles 55
II.4.9 Applications thérapeutiques et industrielles 56
II.4.10 Toxicité, contre-indications et précautions d'emploi 57
II.5 Activités biologiques des huiles essentielles 57
II.5.1 Activité antibactérienne 57
II.5.1.1 Mécanisme d'action des huiles essentielles 58
II.5.1.2 Sensibilité des bactéries Gram positives et Gram négatives 59
II.5.2 Activité antioxydante 59
II.5.2.1 Les radicaux libres 59
II.5.2.2 Stress oxydatif 60
II.5.2.3 Mécanismes antioxydants des composés phénoliques et des huiles essentielles 60
III. Chapitre 3 : Matériel et méthodes 77
III.1 Matériel végétal 77
III.2 Materiel 78
III.3 Méthodes 80
III.3.1 Préparation de l'extrait hydrométhanolique (80 %) 80
III.3.1.1 Extraction par macération 80
III.3.1.2 Filtration de l'extrait : 81
III.3.1.3 Séchage de l'extrait hydrométhanolique 82
III.3.2 Dosage des composés phénoliques 84
III.3.2.1 Dosage des polyphénols 84
III.3.2.2 Dosage des flavonoïdes : 86
III.3.2.3 Dosage des tanins condensés 88
III.3.3 Evaluation de l'activité antioxydante 89
III.3.3.1 Préparation de la solution de DPPH 89
III.3.3.1 Préparation de la solution de DPPH 90
III.3.3.2 Préparation de la gamme de dilution de l'extrait 91
III.3.3.3 Réalisation du test DPPH 91
III.3.4 Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation 92
III.3.4.1 Protocole d'extraction par hydrodistillation 92
III.3.5 Activité antibactérienne 95

III.3.5.1 Préparation du milieu de culture 95
III.3.5.2 Préparation des suspensions bactériennes 96
III.3.5.3 Préparation des dilutions de l'huile essentielle 96
III.3.5.4 Ensemencement des boîtes et dépôt et imprégnation des disques 97
III.3.5.5 Incubation et lecture des résultats 98
IV Résultats et discussion 98
IV.1 L'extrait hydrométhanolique (80 %) 99
IV1.1 Rendement de l'extraction 99
IV.1.2 Caractéristiques organoleptiques de l'extrait obtenu 100
IV.2 Dosage des composes phénoliques 100
IV.2.1 Teneur en polyphénols totaux 100
IV.2.2 Teneur en flavonoïdes totaux 102
IV.2.3 Teneur en tanins condensés 103
IV.3 Activité antioxydante par le test DPPH 105
IV.3.1 Résultats de l'activité antioxydante 105
IV.3.2 Discussion de l'activité antioxydante 106
IV.4 Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation 107
IV.4.1 Rendement en huile essentielle 108
IV.4.2 Caractéristiques organoleptiques 110
IV.5 Activité antibactérienne de l'huile essentielle 112
IV.5.1 Comparaison avec les résultats d'autres études : 112
IV.5.2 Discussion de l'activité antibactérienne : 114
Conclusion 117
Références bibliographiques 118

Résumé

Cette étude porte sur la composition chimique et l'évaluation des activités antioxydante et antibactérienne de *Lavandula angustifolia Mill*., une plante aromatique et médicinale appartenant à la famille des Lamiaceae. L'objectif de ce travail est de mettre en évidence la richesse de cette espèce en métabolites secondaires ainsi que son potentiel biologique. L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger avec un rendement de 1 %. Un extrait hydrométhanolique à 80 % a été préparé par macération du matériel végétal, avec un rendement d'extraction de 14 %. Les teneurs en composés phénoliques ont été déterminées par les méthodes colorimétriques de Folin-Ciocalteu, $AlCl_3$ et vanilline. L'activité antioxydante a été évaluée par le test du radical libre DPPH, tandis que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle a été étudiée par la méthode de diffusion sur disque. L'extrait hydrométhanolique a révélé des teneurs respectives en polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés de 246,64 ± 10,06 µg EAG/mg d'extrait, 45,67 ± 13,12 µg EQ/mg d'extrait et 42,67 ± 7,19 µg EC/mg d'extrait. L'évaluation de l'activité antioxydante a montré une capacité appréciable de piégeage des radicaux libres avec une IC_{50} de 2,82 ± 0,08 mg/ml dans le test DPPH. L'étude de l'activité antibactérienne a mis en évidence une sensibilité variable des souches bactériennes testées vis-à-vis de l'huile essentielle. La plus forte activité a été observée contre *Pseudomonas aeruginosa*, qui s'est révélée la souche la plus sensible, tandis que les autres bactéries ont présenté des degrés de sensibilité différents selon les conditions expérimentales. Les résultats obtenus confirment que *Lavandula angustifolia* constitue une source importante de composés phénoliques biologiquement actifs et possède des propriétés antioxydantes et antibactériennes intéressantes. Ces résultats suggèrent son potentiel d'utilisation dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire.

Mots-clés : *Lavandula angustifolia*, extrait hydrométhanolique, huile essentielle, polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés, activité antioxydante, DPPH, activité antibactérienne.

ملخص

تتناول هذه الدراسة التركيب الكيميائي وتقييم الفعاليتين المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا لنبات الخزامى الطبية (*Lavandula angustifolia* Mill.)، وهو نبات عطري وطبي ينتمي إلى الفصيلة الشفوية (Lamiaceae). ويهدف هذا العمل إلى إبراز غنى هذا النوع بالمستقلبات الثانوية وإمكاناته البيولوجية. تم استخلاص الزيت العطري بطريقة التقطير المائي باستعمال جهاز كليفنجر، حيث بلغ مردود الاستخلاص 1%، كما تم تحضير مستخلص هيدروميثانولي بتركيز 80% عن طريق نقع المادة النباتية، بمردود استخلاص قدره 14%. وتم تحديد محتوى المركبات الفينولية باستعمال الطرق اللونية لفولين-سيوكالتو (Folin-Ciocalteu)، وكلوريد الألومنيوم ($AlCl_3$)، والفانيلين، بينما تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة اختبار الجذر الحر DPPH، ودراسة النشاط المضاد للبكتيريا للزيت العطري باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص. وأظهرت نتائج المستخلص الهيدروميثانولي محتوى بلغ 246.64 ± 10.06 ميكروغرام مكافئ لحمض الغاليك/ملغ من المستخلص من متعددات الفينول، و45.67 ± 13.12 ميكروغرام مكافئ للكيرسيتين/ملغ من المستخلص من الفلافونويدات، و42.67 ± 7.19 ميكروغرام مكافئ للكاتيشين/ملغ من المستخلص من التانينات المكثفة. كما أظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة قدرة معتبرة على تثبيط الجذور الحرة، حيث بلغت قيمة IC_{50} 2.82 ± 0.08 ملغ/مل في اختبار DPPH. وأبرزت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا وجود حساسية متفاوتة لدى السلالات البكتيرية المختبرة تجاه الزيت العطري، إذ سُجل أعلى نشاط ضد بكتيريا الزائفة الزنجارية (*Pseudomonas aeruginosa*) التي كانت السلالة الأكثر حساسية، بينما أظهرت السلالات الأخرى درجات مختلفة من الحساسية تبعًا للظروف التجريبية. وتؤكد النتائج المتحصل عليها أن نبات الخزامى الطبية (*Lavandula angustifolia*) يمثل مصدرًا مهمًا للمركبات الفينولية ذات النشاط البيولوجي، ويتميز بخصائص مضادة للأكسدة ومضادة للبكتيريا، مما يشير إلى إمكانية استغلاله في المجالات الصيدلانية والتجميلية والصناعات الغذائية.

الكلمات المفتاحية: *Lavandula angustifolia*، مستخلص هيدروميثانولي، زيت أساسي، بوليفينولات، فلافونويدات، تانينات مكثفة، فعالية مضادة للأكسدة، DPPH، فعالية مضادة للبكتيريا.

Abstract

This study focuses on the chemical composition and the evaluation of the antioxidant and antibacterial activities of *Lavandula angustifolia Mill*., an aromatic and medicinal plant belonging to the Lamiaceae family. The objective of this work is to highlight the richness of this species in secondary metabolites as well as its biological potential. The essential oil was extracted by hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus with

a yield of 1%. An 80% hydromethanolic extract was prepared by maceration of the plant material, with an extraction yield of 14%. The contents of phenolic compounds were determined by the Folin-Ciocalteu, $AlCl_3$, and vanillin. colorimetric methods. The antioxidant activity was evaluated by the DPPH free radical assay, while the antibacterial activity of the essential oil was studied using the disc diffusion method. The hydromethanolic extract revealed respective contents of polyphenols, flavonoids, and condensed tannins of 246.64 ± 10.06 µg GAE/mg of extract, 45.67 ± 13.12 µg QE/mg of extract, and 42.67 ± 7.19 µg CTE/mg of extract. The evaluation of the antioxidant activity showed an appreciable free radical scavenging capacity with an IC_{50} of 2.82 ± 0.08 mg/mL in the DPPH test. The study of the antibacterial activity demonstrated a variable sensitivity of the tested bacterial strains towards the essential oil. The highest activity was observed against *Pseudomonas aeruginosa*, which proved to be the most sensitive strain, while the other bacteria exhibited different degrees of sensitivity depending on the experimental conditions. The obtained results confirm that *Lavandula angustifolia* constitutes an important source of biologically active phenolic compounds and possesses interesting antioxidant and antibacterial properties. These results suggest its potential use in the pharmaceutical, cosmetic, and agri-food sectors.

Keywords: *Lavandula angustifolia*, hydromethanolic extract, essential oil, polyphenols, flavonoids, condensed tannins, antioxidant activity, DPPH, antibacterial activity.