

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : MICROBIOLOGIE APPLIQUEE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par :

BOURAS Saliha

BRIKI Asma

GHERABI Tarek

SEGHIOUR Rabiha

Intitulé

**Etude de quelques activités biologiques de
Lavandula pinnatifida L.**

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. SARRI M.

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Dr. HENDEL N.

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Dr. SELLOUM M.

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

Année universitaire : 2023 /2024

Dédicace

إهداء...

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا

الحمد لله عند البدء والختام

وأخيرا وصلت، نجحت، فزت وانتصرت لم يخيبني الله أبدا ورزقني فرحة الوصول فأحسنوا الظن بالله
واسعوا لبلوغ القمة التي تريدونها.

أهدي هذا الإنجاز إلى:

ملاكي الطاهر، وقوتي بعد الله، داعمتي الأولى وضلعي الثابت الذي لايميل "أمي" عرسلان ربيحة.

إلى الرجل الذي دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل "أبي" بوراس عيسى.

إلى أخواني وأخواتي الذين وقفوا معي وساندوني خلال مسيرتي الدراسية .

إلى أخي فاتح المتوفي _رحمة الله عليه _

إلى رفاق الخطوة الأولى والخطوة ما قبل الأخيرة: عصماء، وفاء، هدى، أحلام، سلاف ، نور.

أشكر مشرفي وأستاذي الدكتور _هندل ن _ على كل ما بذله من أجل هذا العمل.

زملائي: رحمة، أسماء، طارق .

شكرا لكم جميعا.

Congratulations to everyone who made it & keep in mind that numbers do not define you!

تهانينا لكل من صنعها وتذكر أن الأرقام لا تحدد هويتك!

BOURAS Saliha

Dédicace

ALHAMDOLILLAH

D'abord et avant tout, car il a redressé mon esprit, illuminé mon chemin et m'a guidé vers le succès. Qui a été pendant des années le regard d'un rêve dans les yeux de mon père. Et le sourire d'espoir toujours dessiné sur les traits de ma mère.

Aujourd'hui, je leur dédie le résultat de la patience et de la lutte dans l'honneur et la gratitude pour le soutien et le soutien qui m'ont été constants.

Au cœur de l'ange, mes sœur et mon frère.

A tous mes amis

BRIKI Asma

Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'étude à mes étoiles bien aimées

À vous mes chers parents, mes guides célestes, pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible, votre présence constante, et votre confiance en moi.

À mes chers frères et sœur, je souhaite vous remercier du fond de mon cœur, votre amour et vos encouragements m'ont aidé à surmonter les défis et à persister dans mes études.

À mes amis fidèles, vous avez été mes compagnons de route tout au long de cette aventure académique, je vous adresse ma reconnaissance la plus étincelante.

Que nos étoiles continuent de briller ensemble, dans une constellation d'amour et de partage.

GHERABI Tarek

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier ALLAH, de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à MAMAN «Zakia » mot magique doux et rassurant .Je t'aime Merci pour ton sourire rayonnant ton regard toujours bienveillant La force de ta douceur ta beauté naturelle et éternelle ta patience et ta persévérance ta présence en toutes circonstances

A Mon chère papa «Said » qui m'a toujours soutenu dans ma vie et pour son amour , sacrifice , soutien et patience durant toute ma vie,

A mon cher mari Salah DAH, qui a partagé avec moi la dernière étape de mon parcours académique et de qui j'ai reçu tout le soutien.

À mes chers frères «Adel, Salah, Rabeh » et à mes sœurs «Amel, Hassina, Aya, saaida, mouni, Chaïma » qui attendent mon moment de bonheur avec mon diplôme, merci pour votre soutien psychologique et motivationnel.

A mes chers Amis saliha et Asma en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble, j'espéré de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

Et à notre honorable professeur Dr. Hendel N. que Dieu le protège et le garde, et que Dieu le garde en bonne santé, nous le remercions pour tous les conseils, efforts, temps et bases de travail qu'il nous a donnés.

SEGHIOUR Rabiha

Remerciement

Tous d'abord, nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux s'adressent à ALLAH le tout puissant qui nous a permis d'être ce que nous sommes aujourd'hui, et nous avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Ensuite, nos remerciements vont à notre promoteur Dr. HENDEL Noui qui nous a guidé dans notre travail, merci pour nous avoir accordé son temps, merci d'avoir été très patient avec nous.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury, Dr. SALLOUM Mounir et Pr. SARRI Madani, qui ont accepté de juger notre travail.

Nous remercions également tous les membres des laboratoires de Microbiologie et biochimie à l'université de M'sila.

Nous remercions toutes mes collègues du Master 2 Microbiologie promo 2023/2024. En fin, nos sentiments de reconnaissance vont à tous ceux qui ont manifesté leur soutien de près ou de loin dans la réalisation de notre travail.

Merci à Tous

Sommaire

Résumé	i
Liste des abréviations	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Introduction	1

CHAPITRE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les plantes médicinales	2
1.1. La phytothérapie	2
1.2. La médecine traditionnelle	2
1.3. Le Rôle du Contenu Bioactif des Plantes Médicinales	Erreur ! Signet non défini.
1.4. Composition des plantes médicinales	3
1.4.1. Les Polyphénols	3
1.4.2. Les Flavonoïdes	3
1.4.3. Les huiles essentielles	3
1.5. Activité antibactérienne des plantes médicinales	4
1.6. Activité antioxydants des plantes médicinales	4
1.7. Activité antifongique des plantes médicinales	4
2. Présentation de la plante étudiée : <i>Lavandula pinnatifida</i> L.	5
2.1. Historique	5
2.2. Etymologie	5
2.3. Etude botanique de <i>Lavandula</i>	5
2.3.1. Classification	5
2.3.2. Description de la plante	6
2.4. Répartition géographique	7
2.5. Principales espèces de <i>Lavandula</i> en Algérie	7
2.6. Composition chimique du genre <i>Lavandula</i>	7
2.7. Les avantages de la lavande	8
2.7.1. Les avantages de la lavande à la santé	8
2.7.2. Les avantages de la lavande dans l'industrie cosmétique	8
2.7.3. Les avantages de la lavande dans l'environnement	9

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1. Matériel et Méthodes	10
1.1. Matériel végétal	10
1.2. Broyage de la plante	10
1.3. Procédés d'extraction	11
1.3.1. Extraction par macération	11
1.3.2. Extraction par décoction	12
1.3.3. Calcul de rendement	12
1.4. Dosage des composés phénoliques	13
1.4.1. Dosage des polyphénols	13
1.4.2. Dosage des flavonoïdes	13
1.5. Evaluation de l'activité antioxydante	13
1.5.1. Test au DPPH	13
1.5.2. Calcul de la concentration inhibitrice IC ₅₀	14
1.6. Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante	Erreur ! Signet non défini.
1.6.1. Les microorganismes testés	15
1.6.2. Tests confirmatifs de la pureté des souches	15

1.6.3. Les milieux de culture	16
1.6.4. Conservation des souches.....	16
1.6.5. Préparation de l'inoculum bactérien	16
1.6.6. Ensemencement.....	17
1.7. Activité antibactérienne.....	17
1.7.1. Test des puits de diffusion.....	17
1.7.2. Méthode des disques de diffusion	17
1.7.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	18
1.8. Activité antifongique.....	19
1.8.1. Tests d'incorporation des extraits dans un milieu de culture.....	19
1.8.2 Test des puits de diffusion.....	19
1.9. Analyse statistique.....	19

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats et discussion.....	20
1.1. Rendement des extraits de la plante	20
1.2. Dosage des flavonoïdes totaux	21
1.3. Dosage des polyphénols totaux	22
1.4. Evaluation de l'activité antioxydante	23
1.4.1. Test de DPPH	23
1.5. Activité antibactérienne.....	24
1.5.1. Méthode des disques de diffusion	24
1.5.2. Résultats de la Détermination des CMI et CMB	26
1.6. Activité antifongique.....	28
1.6.1. Méthode d'incorporation des extraits dans le milieu de culture	28
Conclusion.....	30
Références bibliographiques	26
Résumé.....	14

ملخص

تستخدم النباتات لعلاج اضطرابات وامراض مختلفة. من بين النباتات الطبية، تقدم الخزامى، الغنية بالزيوت الأساسية والمستقلبات الثانوية مثل البوليفينولات والفلافونويدات، فوائد علاجية وتجميلية وبيئية. أجريت هذه الدراسة لتقييم بعض الخصائص البيولوجية لنبتة *Lavandula pinnatifida*. تم الحصول على المستخلصات (الميثانولي والمائي وأسيئات الإيثيل) من الأجزاء الهوائية من النبات باستخدام النقع والغلي. تم تقدير المركبات الفينولية والفلافونويدات، وتم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار DPPH. تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات للمستخلصات ضد العديد من السلالات الميكروبية. أظهرت النتائج أن المستخلص الميثانولي غني بالبوليفينولات، بينما يحتوي مستخلص أسيئات الإيثيل على المزيد من الفلافونويدات. أظهرت جميع المستخلصات نشاطاً مضاداً للأكسدة ومضاداً للبكتيريا. من حيث النشاط المضاد للفطريات، أدت جميع المستخلصات الى تثبيط نمو العفن المختبر، على الرغم من أن بعضها كان أكثر فعالية ضد بعض الأنواع دون غيرها. تشير هذه النتائج إلى أن مستخلصات *L. pinnatifida* قد يكون لها إمكانات للتطبيق في مجالات مختلفة، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لفهم فعاليتها وآلية عملها بشكل كامل.

الكلمات المفتاحية - *Lavandula pinnatifida*، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، بوليفينولات، زيوت أساسية، مستخلص الميثانول، مستخلص مائي، مستخلص أسيئات الإيثيل.

Abstract

Plants are used to treat various disorders and diseases. Among the medicinal plants, lavender, which is rich in essential oils and secondary metabolites such as polyphenols and flavonoids, offers therapeutic, cosmetic, and environmental benefits. This study was conducted to evaluate some biological properties of *Lavandula pinnatifida*. The extracts (methanol, aqueous, and ethyl acetate) were obtained from the aerial parts of the plant using maceration and decoction. Phenolic compounds and flavonoids were estimated, and antioxidant activity was evaluated using the DPPH test. The antibacterial and antifungal activity of the extracts has been tested against several microbial strains. The results showed that the methanol extract was rich in polyphenols, while the ethyl acetate extract contained more flavonoids. All the extracts showed antioxidant and antibacterial activity. In terms of antifungal activity, all extracts inhibited the growth of the tested molds, although some were more effective against some species than others. These results suggest that *L. pinnatifida* extracts may have potential for application in various areas, but further research is needed to fully understand their effectiveness and mechanism of action.

Keywords- *Lavandula pinnatifida*, antioxidant activity, antimicrobial activity, polyphenols, essential oils, methanol extract, aqueous extract and ethyl acetate extract.

Résumé

Les plantes sont utilisées pour traiter diverses affections et maladies. Parmi les plantes médicinales, la lavande, qui est riche en huiles essentielles et métabolites secondaires tels que les polyphénols et les flavonoïdes, offre des avantages thérapeutiques, cosmétiques et environnementaux. Cette étude a été menée pour évaluer quelques propriétés biologiques de *Lavandula pinnatifida*. Les extraits (méthanolique, aqueux, d'acétate d'éthyle) ont été obtenus à partir de parties aériennes de la plante, en utilisant la macération et la décoction. Les composés phénoliques et les flavonoïdes ont été dosés, et l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide du test au DPPH. L'activité antibactérienne et antifongique des extraits a été testée contre plusieurs souches microbiennes. Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique était riche en polyphénols, tandis que l'extrait d'acétate d'éthyle contenait davantage de flavonoïdes. Tous les extraits ont montré une activité antioxydante et antibactérienne. En ce qui concerne l'activité antifongique, tous les extraits ont inhibé la croissance des moisissures testées, bien que certains extraits aient été plus efficaces contre certaines espèces que d'autres. Ces résultats suggèrent que les extraits de *L. pinnatifida* pourraient avoir un potentiel d'application dans divers domaines, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement leur efficacité et leur mécanisme d'action.

Mots clés - *Lavandula pinnatifida*, activité antioxydante, activité antimicrobienne, polyphénols, huiles essentielles, extrait méthanolique, extrait aqueux, extrait acétate d'éthyle.

Liste des abréviations

ATCC : American Type Culture Collection

BHT : Butylhydroxytoluène

CIP : Ciprofloxacine

CMB : concentration minimale bactéricide

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

DMSO : Diméthyle sulfoxyde.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EA : Extrait Aqueux

EAE : Extrait à l'Acétate d'Éthyle

EM : Extrait Méthanolique

EqAG : Équivalents d'Acide Gallique

EqQ : Équivalents de Quercétine

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

HE : Huile essentielle

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice de 50%

MRSA : *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline

Nm : Nanomètre

PPT : Polyphénols Totaux

RL : Radicaux Libres

SD : Déviation Standard

TEC : teicoplanin

ZI : Zone d'Inhibition

Liste des figures

Figure 1. Les différentes fonctions biologiques des polyphénols (BOOT, 2008).....	3
Figure 2. Feuilles de <i>L. pinnatifida</i> (Tela-botanica).....	6
Figure 3. Fleurs de <i>L. pinnatifida</i> (Tela-botanica)	6
Figure 4. Distribution géographique de <i>L. pinnatifida</i> (Guitton, 2011).....	7
Figure 5. Le matériel végétal broyé de <i>L. pinnatifida</i>	10
Figure 6. Les différentes étapes d'extraction par macération.	11
Figure 7. Les différentes étapes d'extraction par décoction	12
Figure 8. La forme DPPH réduite et la forme DPPH radicale.	14

Liste des tableaux

Tableau 1. Différentes appellations de Lavande	5
Tableau 2. Classification systématique de la Lavande.....	5
Tableau 3. les souches de champignons et de bactéries testés.	15
Tableau 4. Rendements en différents extraits de <i>Lavandula pinnatifida</i>	20
Tableau 5. Les valeurs IC50 des extraits EA, EM et EAE de <i>lavandula pinnatifida</i> et du BHT dans le test de DPPH.	23
Tableau 6. Diamètres des Zones d'inhibition illustrant l'activité antibactérienne des extraits EAE, EA et EM de <i>L. pinnatifida</i> L.....	24
Tableau 7. Résultats des CMI et CMB de extraits EM, EA et EAE d <i>L. pinnatifida</i> L.....	27

Introduction

Introduction

Depuis plusieurs millénaires, l'humanité a exploité différentes plantes présentes dans son environnement pour traiter et soigner diverses maladies. Ces plantes constituent un immense réservoir de composés potentiels qui présentent une grande variété de structures chimiques et possèdent une activité biologique très variée (Mazari *et al.*, 2010). De nombreuses plantes, qu'elles soient aromatiques, médicinales, épices ou autres, ont des propriétés biologiques très captivantes, utilisées dans différents domaines tels que la médecine, la pharmacie, la cosmétologie et l'agriculture (Mougo, 2019).

Les plantes médicinales sont des biens précieux pour la plupart des populations et sont le principal moyen de se soigner pour de nombreux individus. La flore de l'Algérie est riche et variée, offrant un potentiel considérable pour la découverte et l'exploitation de plantes médicinales (Hamel *et al.*, 2018). Parmi cette flore diversifiée, le genre *Lavandula*, appartenant à la famille des Lamiaceae, est particulièrement notable pour ses multiples usages thérapeutiques et ses propriétés biologiques intéressantes (Boukhatem *et al.*, 2014).

Lavandula pinnatifida, une espèce de lavande endémique à certaines régions de l'Algérie, a suscité un intérêt croissant dans le domaine de la recherche en raison de ses composés bioactifs potentiels (Ouelbani *et al.*, 2016). Cette plante est traditionnellement utilisée pour ses propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires et anxiolytiques, ce qui en fait un sujet d'étude pertinent pour explorer ses activités biologiques et ses applications possibles dans divers domaines (Tighadouini *et al.*, 2017).

Dans le but de promouvoir les plantes algériennes et en tenant compte des propriétés thérapeutiques des Lamiacées, nous avons examiné quelques activités biologiques de *Lavandula pinnatifida* de la région de M'sila.

Notre étude est divisée en trois chapitres : le premier représente une revue bibliographique sur les plantes médicinales et leurs activités biologiques, puis une présentation de la plante étudiée ; *L. pinnatifida*. Le deuxième chapitre traite du matériel et des méthodes employées dans ce travail. Le dernier chapitre porte sur les résultats et la discussion. Enfin, une conclusion et perspectives.

Chapitre I : Partie bibliographique

1. Généralités sur les plantes médicinales

1.1. La phytothérapie

Le terme phytothérapie est dérivé du mot grec « phyton » qui signifie « plantes » et «Thérapie» qui signifie « traitement » (Moatti, 1990).

Au sens étymologique, la phytothérapie est le « traitement par les plantes ». De nos jours, on la considère comme une méthode thérapeutique qui utilise les plantes ou les formes immédiatement dérivées des plantes, sans prendre en compte les principes d'extraction puis isolés des plantes (Debuigneg, 1984).

Les différentes affections peuvent être traitées par la phytothérapie en utilisant des tisanes, des extraits, des poudres, etc. Dans ce domaine, deux formes galéniques ont donné naissance à deux autres techniques de traitement :

- Les huiles essentielles, à l'origine de "l'aromathérapie", qui est « l'usage thérapeutique des HE des plantes », et qui sont très antiseptiques, sont employées par certains médecins en complément des antibiotiques dans les traitements anti-infectieux.
- Les macérâts glycérides, qui sont des produits végétaux en pleine croissance, sont recommandés dans le domaine de la « gemmothérapie », qui consiste à utiliser des extraits alcooliques et glycéridés de tissus jeunes de végétaux pour traiter (Ghestem *et al.*, 2001).

1.2. La médecine traditionnelle

Selon l'Organisation mondiale de la santé Environ 80% de la population mondiale utilise des médicaments non conventionnels, notamment des plantes, dans leurs soins de santé primaires (Chan, 2003).

Elles ont toujours été utilisées comme une méthode de médecine moderne et traditionnelle (Benhammou, 2009).

1.3. Le Rôle du Contenu Bioactif des Plantes Médicinales

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) constituent un élément naturel essentiel. La présence d'agents bioactifs de différentes classes chimiques influence les propriétés médicales des plantes médicinales. Souvent, ces caractéristiques sont liées à la présence d'huile essentielle (HE). Elles sont considérées comme une véritable réserve de substances essentielles qui ne peuvent être épuisées (Bonnafous, 2013).

1.4. Composition des plantes médicinales

Chaque PM est composé de divers éléments, dont certains jouent un rôle important dans l'activité thérapeutique et sont appelés substances bioactives. Les principaux éléments constitutifs des PM sont les huiles essentielles, les phénols et les flavonoïdes, qui sont des produits issus du métabolisme secondaire des plantes (Rombi et Robert, 2015).

1.4.1. Les Polyphénols

Les polyphénols se caractérisent par la présence d'un cycle aromatique comprenant des groupements hydroxyles libres ou liés à un glucide. Ils se trouvent dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollen, graines et bois) et participent à de nombreux processus physiologiques tels que la croissance cellulaire, la germination des graines, etc. Les polyphénols possèdent plusieurs propriétés de protection, comme l'inhibition des E.R.O (O_2) et le piégeage des radicaux libres.

La chélation des ions métalliques responsables de la production des ERO stimule la production des ERO (Magalha *et al.*, 2008).

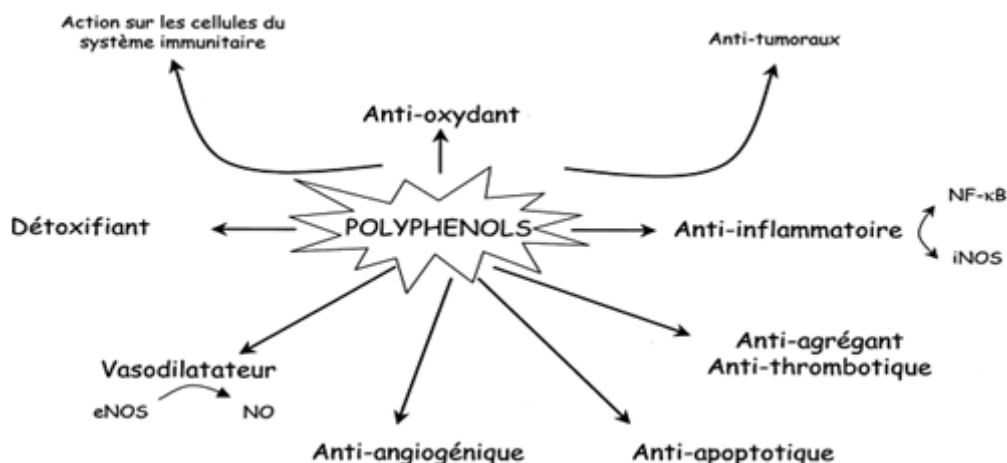


Figure 1. Les différentes fonctions biologiques des polyphénols (BOOT, 2008).

1.4.2. Les Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont responsables de la teinte des feuilles, des fleurs, des fruits et d'autres parties de la plante. Ils ont des propriétés antibactériennes et antiinflammatoires, ainsi que antivirales. Ils sont adaptés à divers secteurs tels que l'industrie cosmétique, alimentaire et pharmaceutique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

1.4.3. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés aromatiques qui donnent à la plante une odeur unique, sont extraites par différentes techniques telles que la distillation, l'enfleurage, l'expression

et le solvant. Elles jouent un rôle dans la protection des plantes contre un excès de lumière et attire les insectes pollinisateurs. Elles sont employées dans le traitement de maladies en raison de leurs propriétés thérapeutiques, ainsi que dans le domaine du cosmétique et de l'alimentation (Iserine *et al.*, 2001).

1.5. Activité antibactérienne des plantes médicinales

Depuis l'Antiquité, on sait que les plantes aromatiques et médicinales ont des propriétés antibactériennes. Cependant, il aura fallu patienter jusqu'au début du XXe siècle avant que les scientifiques ne se passionnent. Les propriétés antimicrobiennes de la plante sont attribuables à la quantité d'huile essentielle présente. Depuis le dernier siècle, l'usage des huiles essentielles s'est développé jusqu'à devenir une alternative sérieuse aux antibiotiques dans le traitement des maladies infectieuses (Zhiri, 2006).

1.6. Activité antioxydants des plantes médicinales

La capacité des composés phénoliques présents dans de nombreuses plantes médicinales algériennes, comme *Artemisia*, *Lavandula* et *Marrubium*, a été étudiée pour les isoler et les utiliser comme antioxydants afin de prévenir et traiter les troubles liés aux radicaux libres.

Ces plantes médicinales ont démontré une activité antioxydante significative et une quantité de composés phénoliques supérieure à celle des plantes alimentaires habituelles.

De nombreuses recherches ont démontré les propriétés antimicrobiennes de différentes plantes. En effet, de nombreuses de ces plantes ont des propriétés médicinales telles que des propriétés antibactériennes, antifongiques, antitumorales, antidépanocytaires, anti-inflammatoires ou analgésiques (Prabuseeninivasan *et al.*, 2006).

1.7. Activité antifongique des plantes médicinales

D'après plusieurs recherches, il a été prouvé que les plantes aromatiques et médicinales ont des effets inhibiteurs sur la croissance radiale des moisissures (Zuzarte *et al.*, 2009). Cette activité antifongique est attribuée à une famille de composés phénoliques présents dans l'huile. La structure chimique de ces composés phénoliques est constituée de noyaux aromatiques auxquels sont attachés des groupements hydroxyles à diverses positions. La présence de cette configuration leur permet de créer des liens hydrogène avec des groupements -SH situés dans les centres actifs des enzymes cibles des champignons. Il est possible que cette interaction provoque l'inactivation de ces enzymes, ce qui perturbe les processus métaboliques indispensables à la survie des champignons (Ultee *et al.*, 2002).

2. Présentation de la plante étudiée : *Lavandula pinnatifida* L.

2.1. Historique

Lavandula est un genre très précisément décrit. À l'époque de la renaissance, 5 espèces de lavande étaient connues. Au fur et à mesure des études botaniques dans le Maghreb et l'Asie, le nombre d'espèces décrites a augmenté. À l'heure actuelle, ces études ont permis d'identifier 39 espèces différentes, réparties en trois sous-genres : *Fabricia*, *Sabaudia* et *Lavandula*. (Upson et Andrews 2004).

Lavandula pinnatifida L., notre espèce, est une plante qui est originaire des montagnes du bassin méditerranéen et qui est maintenant cultivée à travers le monde, où elle peut trouver du soleil.

2.2. Etymologie

Lavandula provient du mot latin lavare, qui signifie laver. Les Romains ont nommé la lavande parce qu'ils utilisaient cette plante pour parfumer leurs bains (Chu C J et Kemper K J, 2001).

Tableau 1. Différentes appellations de *Lavandula pinnatifida*

Appellation	
Nom scientifique	<i>Lavandula pinnatifida</i>
Noms communs	Lavande officinale, Lavande vraie, Aspic, Lavandin
Arabe	Khozama الخزامى
Anglais	Lavender

2.3. Etude botanique de *Lavandula*

2.3.1. Classification

D'après Quezel et Santa (1963), la classification de la lavande est la suivante :

Tableau 2. Classification systématique de la Lavande.

Règne	Plante
Sous-règne	viridaeplantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Ordre	Lamiales (labiales)
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula pinnatifida</i> L.

2.3.2. Description de la plante

La lavande est un sous-arbrisseau vivace et aromatique, à souche ligneuse, courte, rameuse, de la famille Lamiacées qui pousse en abondance dans le bassin méditerranéen. L'ensemble du genre comprend environ 28 espèces, principalement d'origine méditerranéenne (Lippert et Podlech, 2005).

La plante *L. pinnatifida* est très douce pouvant atteindre 1m de hauteur. Elle présente une racine pivotante, à rameaux dressés. Les tiges de la lavande font de 20 à 50 centimètres. Elles sont rameuses dès la base, allongées, grêles, blanchâtres et touffus. Les feuilles sont opposées, lancéolées, linéaires, aiguës, persistantes, aromatique, velues, de couleur gris-vert et mesurant 3 à 5cm de long. (Figure2). La floraison a lieu durant l'été. Les fleurs sont mauves à bleu violacées et sont portées par des tiges florifères en épi terminal très odorants mesurent 7 à 8 mm de long. (Figure 3). Les fruits sont des akènes, renferme une graine noirâtre (Quezel et Santa, 1963). Très prisée pour ses propriétés antimicrobiennes et anti carcinogènes, sédative, antidépresseur, antioxydant, anti-inflammatoire, expectorant, antispasmodique, désinfection des plaies, elle est couramment employée dans la fabrication de parfums, de savons et en médecine traditionnelle (Mohammedi et Atik, 2012).



Figure 2. Feuilles de *L. pinnatifida* (Tela-botanica)



Figure 3. Fleurs de *L. pinnatifida* (Tela-botanica)

2.4. Répartition géographique

Le genre *Lavandula* appartient à l'ancien monde et s'étend de la Macaronésie (îles du Cap Vert, Canaries et Madère) à travers l'Afrique du Nord et tropicale, l'Europe méditerranéenne, le moyen orient, la péninsule arabique, l'Iran occidental et le Sud-est de l'Inde. (Lis-balchin, 2002).

Ainsi, les 28 variétés de la famille *Lavandula* se trouvent sur trois continents : l'Afrique, l'Europe et l'Asie.

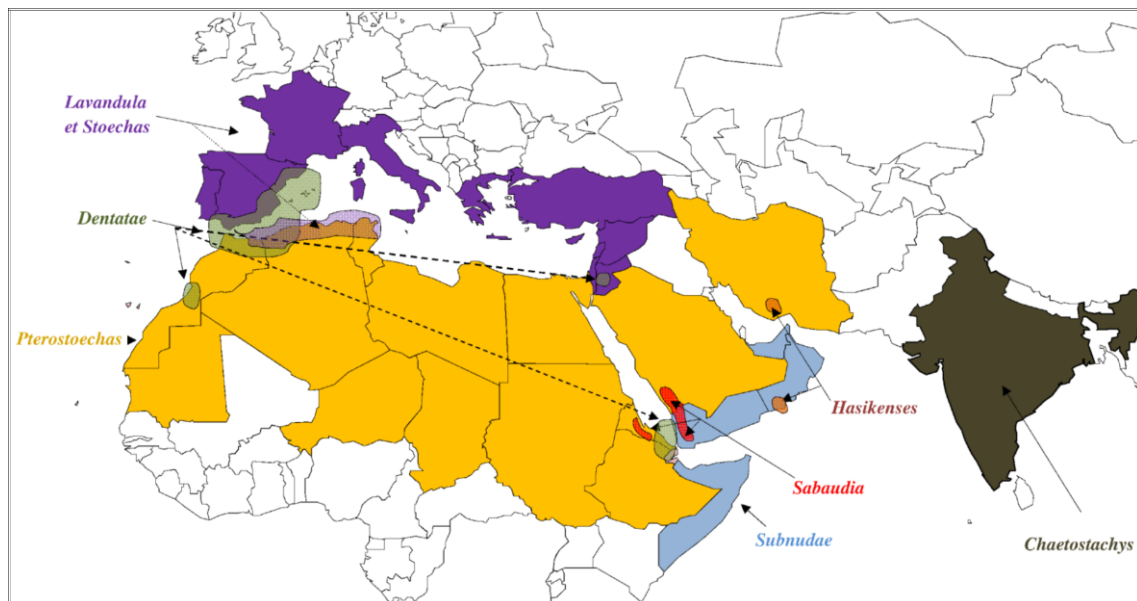


Figure 4. Distribution géographique de *L. pinnatifida* - *L. pinnatifida* est représentée par les zones en jaune, *L. Stoechas* par les zones en violet, *Dentatae* par les zones en vert, *Perrottetii* par les zones en rouge, *Chaetostachys* par la zone en noir (Inde), *Hastikenses* par les points en rouge, et *Schuaudia* par les zones en bleu foncé. (Guitton, 2011).

2.5. Principales espèces de *Lavandula* en Algérie

Sept espèces spontanées de ce genre sont présentes en Algérie : *L. stoechas*, *L. pinnatifida*, *L. coronopifolia*, *L. pubescens*, *L. dentata* et, plus récemment, *L. antineae* et *L. sahariensis* (Ramdane, 2018).

2.6. Composition chimique du genre *Lavandula*

La lavande contient entre 0,5 et 3% d'huile essentielle, comprenant : Le linalyle acétate (40 à 50%). Le linalol (30 à 40%) est utilisé en partie de manière libre et en partie en combinaison avec l'acide acétique, butyrique et valériannique. Le géraniol, le pinène, les acides phénoliques, le bornéol, le cinéol et l'éthylamylcétone (qui donne l'arôme de la lavande).

Les sommités fleuries contiennent également des substances comme les coumarines, les flavonoïdes et les tanins (Zahalaka, 2009 ; Dif *et al.*, 2017).

2.7. Les avantages de la lavande

La lavande est utilisée dans plusieurs domaines, dont le domaine médical, cosmétique et environnemental comme bio-insecticide :

2.7.1. Les avantages de la lavande à la santé

Les composés bioactifs des plantes aromatiques sont bien connus pour leurs avantages nutritionnels et de santé humaine (Costa *et al.*, 2015).

En particulier, les plantes du genre *Lavandula*, qui comprend 47 espèces dans le monde et font partie de la famille des lamiacées, ont été largement utilisées dans la médecine traditionnelle et populaire.

L'huile essentielle de lavande a une longue histoire dans l'utilisation thérapeutique folklorique et traditionnelle pour traiter un large éventail de conditions. Ces caractéristiques étaient considérées comme analgésiques, antibactériennes, antifongiques, antidépressives, antispasmodiques, équilibrantes et calmantes, carminatives, cicatrisantes et sédatives (Cavanagh et Wilkinson, 2002).

Les troubles de l'humeur tels que l'anxiété ou l'insomnie, le météorisme (douleurs abdominales et ballonnements) et l'inconfort nerveux de l'intestin sont les indications d'usage interne de la lavande en médecine moderne. Le traitement des troubles du sommeil, du manque d'appétit, du sédatif léger et des irritations de l'estomac.

2.7.2. Les avantages de la lavande dans l'industrie cosmétique

L'huile essentielle de lavande est largement utilisée dans l'industrie du parfum, y compris les savons, les eaux de Cologne, les lotions pour la peau, les vernis et les démaquillants. La lavande est utilisée en parfumerie pour fixer et stabiliser toutes les essences de fleurs entre elles afin d'éviter que le parfum ne vire.

De plus, la lavande fine est essentielle à la tenue des parfums car elle sert de note de cœur, apparaissant entre deux et quatre heures après l'application du parfum. Puisque neuf parfums sur dix en contiennent, c'est la matière première la plus noble dans la création de parfums masculins. Les parfumeurs préfèrent les huiles essentielles avec peu de camphre. Cependant, l'essence de Lavandin est souvent concurrente avec la Lavande fine. De la même manière, l'essence d'aspic, qui est plus abordable, est un substitut utilisé dans les domaines de la parfumerie, de la cosmétologie et de la savonnerie. Les tiges et les fleurs sèches donnent un parfum au linge dans les armoires ou sont utilisées en pot-pourri. La lavande aspic et le Lavandin sont utilisés dans les

nettoyants ménagers et les peintures pour éliminer les mauvaises odeurs. Il est également mentionné que la paille de lavande est utilisée comme isolant des maisons (Schauenber, 2010).

2.7.3. Les avantages de la lavande dans l'environnement

Les produits céréaliers jouent un rôle important dans le système alimentaire et l'économie algérienne. Les insectes, les moisissures et les rongeurs peuvent endommager les céréales stockées. Les dommages causés par les moisissures et les insectes sont considérables. Deux répercussions sont causées par le développement et la prolifération de ces ravageurs sur le blé stocké : des altérations de la qualité des grains, qui affectent la valeur nutritionnelle des produits dérivés, et la production de mycotoxines. Si aucune mesure de protection n'est prise contre cette situation, les parasites des stocks de céréales peuvent entraver toute tentative de production.

Le *Sitophilus granarius* est considéré comme l'une des espèces de coléoptères les plus nocives pour les grains stockés, non seulement en raison de sa consommation, mais également en raison de la présence de divers détritivores, dont le plus courant est le *Tribolium confusum*, qui aggrave les dégâts (Aoues *et al.*, 2017).

L'utilisation excessive de pesticides synthétiques entraîne des problèmes de santé, d'environnement et de résistance. Il est possible d'utiliser une alternative aux produits chimiques dangereux en utilisant des substances naturelles qui ont un effet pesticide, comme les extraits de plantes aromatiques et les huiles essentielles. Les substances actives produites par les plantes ont des effets insecticides, aseptiques ou régulateurs de la croissance des plantes et des insectes. Le développement de biocides naturels efficaces contribuerait à réduire les effets néfastes des composés synthétiques, tels que la contamination des aliments par les résidus de pesticides, la résistance aux ravageurs et la pollution de l'environnement (Yekhlef.G *et al.*, 2020).

À cet égard, les composés naturels peuvent être utilisés en lieu et place des traitements antiparasitaires après récolte et des maladies des plantes cultivées causées par des champignons phytopathogènes.

Chapitre II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Matériel et Méthodes

Nous avons effectué la partie expérimentale dans les laboratoires de microbiologie et de biochimie de l'université Mohamed Boudiaf de M'sila. La préparation des extraits de *Lavandula pinnatifida* a impliqué la préparation et la purification des souches disponibles au laboratoire de microbiologie, ainsi que l'application des tests d'activité biologique contre certains microorganismes vérifiés.

1.1. Matériel végétal

La plante, *Lavandula pinnatifida*, a été récolté durant le mois de Février 2024 de la région des monts des Mâadid, dans la wilaya M'sila, les parties aériennes (feuilles, fleurs et tiges) a été séché à l'obscurité dans un endroit bien aéré, à la température ambiante. Le séchage est des 10 jours en moyenne, puis conservées dans des sacs en papier propres puis conservées jusqu'à l'utilisation.

1.2. Broyage de la plante

Les organes des plantes sélectionnées à étudier ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique, pour obtenir une poudre végétale très fine prête à l'utilisation.



Figure 5. Le matériel végétal broyé de *L. pinnatifida*

1.3. Procédés d'extraction

1.3.1. Extraction par macération

1.3.1.1 Principe la macération

La macération est la méthode la plus facile d'extraction solide-liquide. La méthode implique à maintenir la poudre du matériau végétal en contact prolongé avec un solvant afin d'extraire les composés actifs. Il s'agit d'une extraction à température ambiante.

1.3.1.2 Technique

Les parties aériennes de la plante d'étude (50g) ont été broyées, puis macérés dans un erlenmeyer en ajoutant 500 ml de méthanol ou d'acétate d'éthyle. Le mélange a été agité pendant 24 heures à température ambiante. Après filtration au moyen du papier Whatman, le solvant a été évaporé sous vide à 40°C en utilisant un évaporateur rotatif (Figure 6). Finalement, l'extrait sec a été récupéré, pesé et conservé à 4°C jusqu'à son utilisation (Atere *et al.*, 2018).



Figure 6. Les différentes étapes d'extraction par macération.

1.3.2. Extraction par décoction

Pour obtenir l'extrait aqueux (EA) de la plante, la décoction a été utilisée : 20 g de plante en poudre ont été mélangé avec 200 ml d'eau distillée, puis on les a portés à ébullition en agitant pendant 30 minutes. Le décocté a été filtré à l'aide de papier filtre Whatman (Figure 7). On a séché l'extrait liquide à une température de 40 °C dans une étuve, puis on l'a récupéré et on le conserve à une température de 4 °C à l'abri de la lumière. (Akassa *et al.*, 2019).

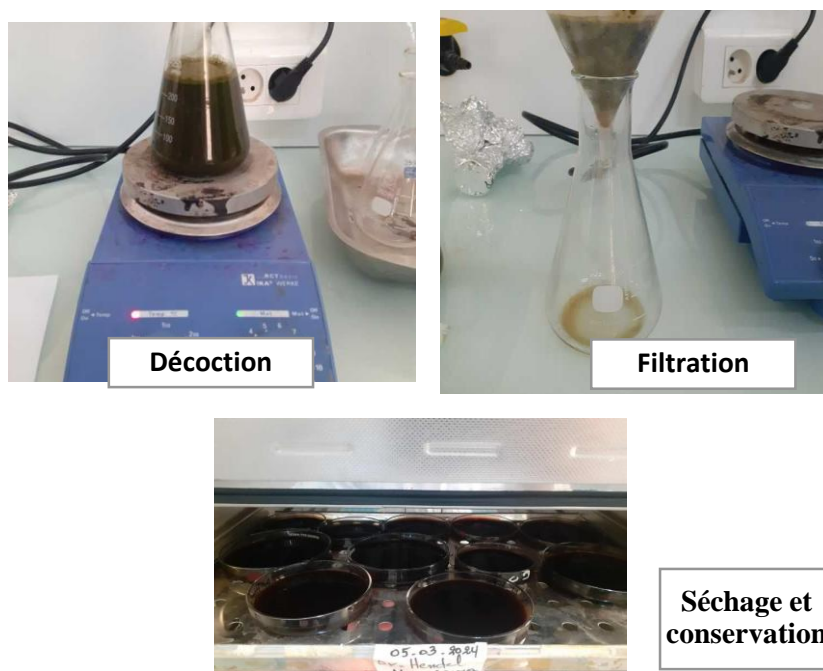


Figure 7. Les différentes étapes d'extraction par décoction

1.3.3. Calcul de rendement

Le rendement en pourcentage (%), est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait et celle de la plante sèche en poudre. Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (R)\%} = M_{\text{Ext}} / M_{\text{Ech}} \times 100$$

Où

M_{Ext} : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en g.

M_{Ech} : Masse de l'échantillon végétal en g.

1.4. Dosage des composés phénoliques

1.4.1. Dosage des polyphénols

La teneur en composés phénoliques des extraits méthanoliques de *Lavandula* a été effectuée par la méthode de Folin-ciocalteu selon. (Li *et al.*, 2007) Ce dosage est basé sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstic (WO_4^{-2}), phosphomolybdic (MoO_4^{-2}) du réactif de Folin par les groupements oxydables des composés polyphénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon. Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits de *Lavandula* a été déterminé selon Delgado *et al.* (2019).

En résumé, on ajoute 100 μl de solutions contenant des extraits de différentes concentrations à 500 μl de réactif de Folin-Ciocalteu (10%). Fournir 400 μl de Na_2CO_3 (7,5 %) après 4 minutes. On incube le mélange pendant 2 heures à température ambiante et on évalue l'absorbance à 765 nm.

Le standard utilisé pour créer la courbe d'étalonnage est l'acide gallique (0-200 $\mu\text{g}/\text{ml}$) afin de déterminer la concentration totale de polyphénols dans l'extrait. On peut mesurer les résultats en équivalents d'acide gallique par mg d'extrait (μg EAG/mg extrait).

1.4.2. Dosage des flavonoïdes

On a calculé la quantité totale de flavonoïdes en utilisant la méthode Baborun. On ajoute 1 ml de solution AlCl_3 (2 % dans du méthanol) à chaque ml de l'échantillon ou du standard préparé dans du méthanol. Une fois que l'incubation a duré 10 minutes, on mesure l'absorbance à 415 nm. On a dérivé les concentrations de flavonoïdes à partir d'une courbe standard générée avec des concentrations de quercétine variées (2,5 à 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$) (Baborun *et al.*, 1996).

On peut mesurer la quantité de flavonoïdes en utilisant des équivalents de quercétine (μg EQ/mg d'extrait sec).

1.5. Evaluation de l'activité antioxydante

1.5.1. Test au DPPH

1.5.1.1 Principe

Le radical libre DPPH, de couleur violette, est un radical stable qui présente une absorbance spécifique dans un intervalle de 512 à 517 nm. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picrylhydrazine par un composé ayant des propriétés antiradicales, ce qui entraîne une décoloration. L'intensité de la couleur est liée à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à générer des protons (Fadili *et al.*, 2017).

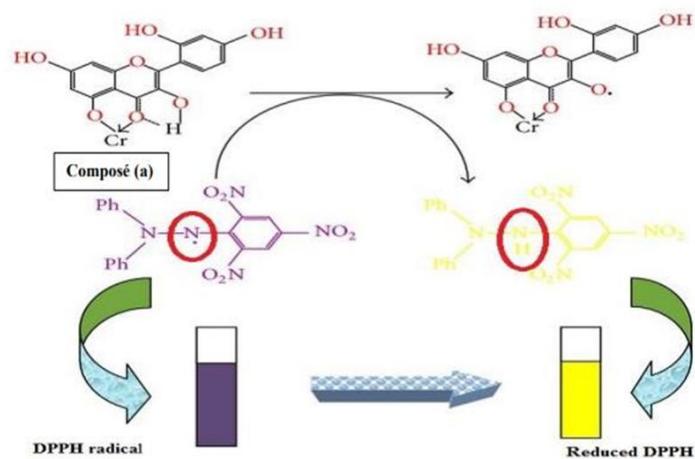


Figure 8. La forme DPPH réduite et la forme DPPH radical.

1.5.1.2 Mode opératoire

La méthode utilisée pour mesurer l'activité de piégeage du radical DPPH était celle développée par Burits et Bucar (2000). En bref, on a ajouté 50 μ l de différentes dilutions des extraits à 5 ml de solutions méthanoliques de mélange de DPPH à 0,004%.

En même temps, on effectue une évaluation de l'absorbance sur un blanc préparé pour chaque concentration à 517 nm, après 30 minutes d'incubation dans l'obscurité et à la température ambiante. On a utilisé le BHT (Butylatedhydroxytoluene) comme référence (Burits et Bucar, 2000).

1.5.2. Calcul de la concentration inhibitrice IC₅₀

La concentration inhibitrice (IC₅₀) désigne la quantité d'échantillon testé requise pour diminuer et neutraliser 50% du radical DPPH (également connue sous le nom de concentration effective (EC₅₀), qui correspond à 50% d'inhibition et représente l'activité antioxydante des extraits) (Mansouri *et al.*, 2001).

On estime l'IC₅₀ en utilisant l'extrapolation pour estimer l'activité antioxydante par DPPH en traçant la courbe des pourcentages d'inhibition (PI%) en fonction de différentes concentrations. Selon Mansouri *et al.* (2001), cette valeur sera comparée à celle découverte pour le composé de référence (BHT).

Les valeurs d'IC₅₀ seront enregistrées en tant que moyenne, de manière plus ou moins équivalente à l'erreur standard (SD). Une faible IC₅₀ suggère que l'extrait a une grande capacité à agir comme piégeur du DPPH.

1.6. Evaluation de l'activité antimicrobienne de la plante

1.6.1. Les microorganismes testés

Dans cette étude, nous avons utilisé 06 souches bactériennes de référence de type ATCC (American Type Culture Collection) et 07 souches fongiques pour mettre en évidence la capacité antibactérienne et antifongique des extraits (EM, EA et EAE) de plante étudiée. Ces souches ont été fournies par le laboratoire d'étude Microbiologie à l'université de M'sila (département de microbiologie et biochimie). Le tableau 3 montre les souches de champignons et de bactéries testés.

Tableau 3. Les souches de champignons et de bactéries testés.

Les microorganismes testés		
Souches bactériennes	SARM	Gram+
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram+
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram-
	<i>Enterococcus faecalis</i>	Gram+
	<i>Salmonella typhimurium</i>	Gram-
	<i>Escherichia coli</i>	Gram-
Les souches fongiques	<i>Aspergillus flavus</i>	
	<i>Aspergillus niger</i>	
	<i>Fusarium culmorum</i>	
	<i>Penicillium sp</i>	
	<i>Botrytis cinerea</i>	
	<i>Trichoderma harzianum</i>	
	<i>Penicillium italicum</i>	

1.6.2. Tests confirmatifs de la pureté des souches

L'évaluation de la pureté des bactéries a été effectuée en repiquant successivement des cultures inclinées conservées au laboratoire.

- Une réactivation en ensemencement dans le bouillon nutritif pendant une durée de 24 heures à une température de 37 °C.
- Ensemencement par stries sur une gélose nutritive pendant une durée de 24 heures à une température de 37 °C.
- Analyse macroscopique en fonction des critères morphologiques tels que la forme des colonies, leur teinte et les odeurs spécifiques.
- Analyse microscopique après avoir effectué la coloration de Gram.

1.6.3. Les milieux de culture

Les environnements de culture utilisés pour effectuer les tests antimicrobiens sont :

- L'utilisation de la gélose nutritive (GN) et la gélose de Mueller-Hinton Agar (MHA) permet de séparer et de maintenir les souches bactériennes.
- Étude de la sensibilité des mycètes aux extraits de notre plante d'études avec le Potato Dextrose Agar (PDA).

1.6.4. Conservation des souches

On maintient les souches bactériennes en les repiquant sur le milieu GN et en les incubant pendant 24 heures à une température de 37°C. Ensuite, on les conserve à 5°C dans des tubes contenant de la GN inclinée jusqu'à leur utilisation.

Les champignons qui ont été isolés et purifiés sont réintroduits et conservés dans le milieu PDA dans des cellules.

1.6.5. Préparation de l'inoculum bactérien

L'inoculum bactérien est préparé en utilisant un bouillon approprié à la croissance de la bactérie utilisée. Il est nécessaire de prélever l'inoculum pendant la phase stationnaire de croissance et de l'incuber à une température optimale pour la croissance.

Selon Bernard *et al.* (2007). Les bactéries ont été repiquées sur un milieu GN en utilisant la technique des stries et incubées à une température de 37°C pendant 24 heures, dans le but d'obtenir des colonies bien isolées. Une anse de platine a été utilisée pour prélever deux colonies bactériennes bien isolées de chaque souche, les émulsionner et les transférer dans un tube contenant 9mL d'eau physiologique (NaCl à 0,09%), puis les agiter pour obtenir une suspension bactérienne.

On ajustait l'inoculum bactérien jusqu'à ce qu'il atteigne une turbidité proche de 0,5 de McFarland (environ 10^8 UFC/ml) (LangoYaya *et al.*, 2020).

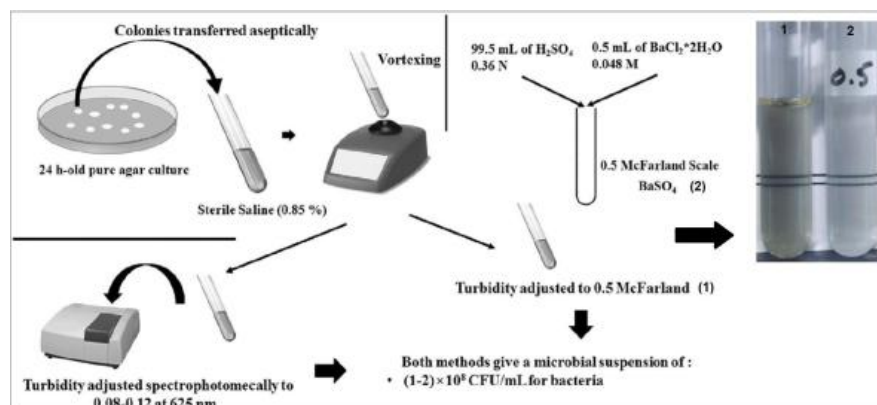


Figure 9. Préparation de l'inoculum microbien McFarland 0.5 (Balouiri *et al.*, 2016).

1.6.6. Ensemencement

L'ensemencement a été effectué directement à partir de la dilution obtenue (0.5 Mc Farland) à l'aide d'un écouvillon stérile immergé dans la suspension bactérienne. L'étalement a été réalisé par stries serrées à trois reprises sur la surface entière de la gélose, en tournant la boîte à environ 60°, après chaque application pour obtenir une distribution égale de l'inoculum.

1.7. Activité antibactérienne

1.7.1. Test des puits de diffusion

En utilisant un emporte-pièce, on creuse des puits de 6mm dans la gélose de Mueller-Hinton Agar (MH) qui est immergée dans des boîtes de Pétri (avec trois points équidistants du centre et des bords de la boîte). Ensuite, on ensemence la suspension bactérienne de 10^8 germes/ml, préparée comme mentionné précédemment. L'EM (EAE ou EA) a été dissout dans le DMSO dans des conditions aseptiques, afin d'atteindre une concentration finale de 600 mg/ml, et 30 μ l de cette concentration sont ajoutés dans chaque puits. Les boîtes ont été conservées à une température de 4°C pendant 2 heures afin que l'extrait puisse se diffuser, puis elles ont été incubées pendant 24 heures à une température de 37°C. Ensuite, on mesure les diamètres d'inhibition autour des puits. Dans les témoins, le DMSO a été substitué à l'extrait et l'antibiotique a été utilisée comme moyen de contrôle positif.

La mesure du diamètre de la zone d'inhibition (ZI) autour de chaque puits ou de l'antibiotique permet de faire la lecture. La réaction de la bactérie à l'extrait est décrite comme non sensible (-) pour les diamètres inférieurs à 8mm (pas d'inhibition autour du disque), sensible (+) pour les diamètres entre 9 et 14mm, très sensible (++) pour les diamètres entre 15 et 19mm et extrêmement sensible (+++) pour les diamètres supérieurs à 20mm (Ponce *et al.*, 2003).

1.7.2. Méthode des disques de diffusion

La méthode des disques de diffusion sur la gélose de Mueller-Hinton Agar (MHA) a été utilisée pour évaluer l'impact des extraits EAE, EM et EA sur la croissance bactérienne. Le milieu MH préparé en boîtes de Pétri (90mm) est ensemencé en utilisant une suspension bactérienne de 10^8 germes/ml, préparée selon les instructions mentionnées précédemment. Après avoir été trempé dans une solution d'extrait végétal (300mg/ml) dans des conditions aseptiques, chaque disque de papier Wattman stérile (\varnothing 6mm) a été placé à la surface des milieux (précédemment ensemencés) à trois points équidistants du centre et des bords de la boîte de Pétri. Ensuite, des disques d'antibiotiques ont été déposés au centre des boîtes ensemencées (Figure 9). Chaque culture est capable de se développer et de se reproduire en fonction de sa sensibilité à l'extrait étudié. Ainsi,

si l'effet est présent, une zone transparente claire se forme autour des disques de papier, ce qui signifie qu'il n'y a pas de croissance de microorganismes (Stanojevic *et al.*, 2017).

Les boîtes ont été conservées à une température de 4°C pendant 2 heures afin que l'extrait puisse se diffuser, puis elles ont été incubées pendant 24 heures à une température de 37°C. On a mesuré les diamètres des zones d'inhibition (incluant le diamètre du disque de Ø6mm) à trois reprises et on a calculé les valeurs moyennes. Le DMSO a été substitué à l'extrait dans les témoins.

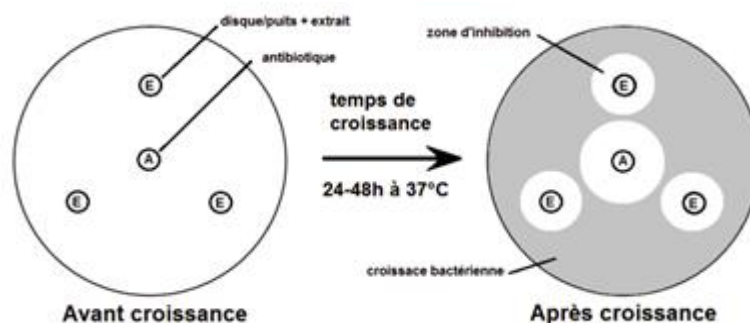


Figure 10. Schéma représentant la technique des disques / puits de diffusion appliquée.

1.7.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Les concentrations de la CMI des extraits ont été mesurées en utilisant la technique de microdilutions sur microplaque. En résumé, on a préparé les microplaques à 96 puits en distribuant 95µl de bouillon nutritif et 5µl d'inoculum dans chaque puits. On a ajouté cent (100) µl de la solution mère des extraits préparés initialement dans les premiers puits. Par la suite, on a transféré 100µl de leurs dilutions dans sept puits successifs. En tant que contrôle négatif, on a utilisé le dernier puits contenant 195µl de bouillon nutritif sans extraits et 5µl d'inoculum. Les puits ont obtenu un volume final de 200µl et les concentrations finales dans le bouillon ont varié entre 500 et 3,90mg/ml pour l'extrait. Ensuite, on a incubé les microplaques à une température de 37°C pendant 24 heures. Les niveaux de concentration, dans les puits où aucune croissance n'est observée à l'œil nu, sont qualifiés de CMI (Sokmen *et al.*, 2004).

La CMB est la concentration minimale de bactéricide en extrait qui peut tuer plus de 99,9% de l'inoculum bactérien initial (soit moins de 0,01 % de survivants). Pour mesurer cette concentration, on a ensemencé 0,1 ml de chaque puits où aucune croissance n'est observée sur une gélose nutritive, puis on a incubé à 37°C pendant 24 heures. Les CMB sont des concentrations dans les boîtes qui ne montrent aucune croissance (Bouharb *et al.*, 2014).

1.8. Activité antifongique

1.8.1. Tests d'incorporation des extraits dans un milieu de culture

Pour l'incorporation dans le milieu de culture, les extraits sont ajoutés directement dans le milieu liquide avant solidification, avec des concentrations allant de 0,1% à 1% (v/v) pour les huiles essentielles et de 50 à 500 mg/L pour les extraits de solvants, selon l'effet recherché (Adams, 2007). Après un mélange homogène, les cultures sont inoculées aseptiquement et incubées à des conditions appropriées (Murashige & Skoog, 1962).

Pour ce test antifongique, les extraits solubilisés dans le diméthylsulphoxide (DMSO) est incorporée dans le milieu de culture PDA avant sa solidification (45°C). Les concentrations allant de 50 à 500 mg/L. Les boîtes de Pétri contenant 15 ml du milieu sont aseptiquementensemencées au centre par un disque de la culture du champignon âgée de 07 jours. Les boîtes témoins ne sont pas supplémentées des extraits. Chaque test est réalisé en triplicata.

Les milieux inoculés sont incubés à 25°C pendant 7 jours. Le taux d'inhibition est mesuré par la comparaison des diamètres du témoin avec ceux du test selon la relation (Mohammedi *et al.*, 2010)

1.8.2. Test des puits de diffusion

Les disques de champignons âgés de 7 jours sont transférés aux centres de boîtes de Pétri contenant le PDA, ainsi qu'à 3 puits (Ø6mm) situés à trois points équidistants du centre et des bords de la boîte, contenant l'EM, l'EAE ou l'EA. Les boîtes sont ensuite incubées à 25°C pendant 07 jours. Le DMSO a été substitué à l'extrait dans les témoins.

Les résultats ont été analysés après une incubation de 5 à 7 jours à une température de 25°C, en mesurant le diamètre de la colonie en croissance. Le taux d'inhibition a été calculé en utilisant la formule suivante (Yaici *et al.*, 2019).

$$I\% = [(Dc-Dt) / Dc] \times 100$$

Où

I% : Taux d'inhibition de la croissance du champignon en pourcentage.

Dc : Diamètre de la colonie témoin du champignon (mm).

Dt : Diamètre de la colonie fongique traitée par l'EM, EAE ou L'EA (mm).

1.9. Analyse statistique

Les différentes analyses de l'activité sont effectuées en trois répétitions et la comparaison des moyennes est effectuée à l'aide de l'Analyse de la Variance (ANOVA), qui permet de calculer les moyennes et les écartypes. On a effectué les comparaisons statistiques en utilisant le test de Tukey. Pour toutes les données, on a accepté la signification avec une erreur de 5% ($p < 0.05$).

Chapitre III :

Résultats et Discussion

1. Résultats et discussion

1.1. Rendement des extraits de la plante

Les rendements de *Lavandula pinnatifida* en extraits sont résumés dans le Tableau 4. Les rendements d'extraction sont exprimés en pourcentage (%) de masse d'extrait par rapport à la masse initiale du matériel végétal.

Tableau 4. Rendements en différents extraits de *Lavandula pinnatifida*

Extraits	Aspect	Couleur	Méthode D'extraction	Rendement (% , M/M)
EA	Poudreux	Marron clair	Décoction	10.3
EM	Pâteux	Vert Foncé	Macération	6.83
EAE	Pâteux	Vert Foncé	Macération	3.15

D'après le tableau, *Lavandula pinnatifida* a donné un rendement en extrait aqueux plus élevé, suivi de l'extrait méthanolique, puis un rendement minimal en extrait d'acétate d'éthyle.

Les résultats d'extraction diffèrent selon la méthode, le solvant utilisé, la température, le temps d'extraction et la composition de l'échantillon. La variation du rendement des composés phénoliques entre les extraits peut être influencée par divers paramètres d'extraction tels que la polarité, la solubilité, le type et la concentration du solvant, la température et le temps d'extraction (Safdar *et al.*, 2017). Telli *et al.* (2010) ont mentionné que le moment de la récolte a également un impact sur le rendement d'extraction.

D'après Rahmani (2005), la macération avec agitation peut être utilisée pour accélérer l'extraction et diminuer le temps de contact entre le solvant et l'extrait, tout en préservant le contenu bioactif de la plante. La réalisation de l'extraction à température ambiante et l'élimination du solvant pression réduite peut contribuer à l'obtention d'un maximum de composés, sans subir de dégradation et de modification due aux hautes températures.

Les solvants sont plus susceptibles que l'eau pour extraire les composés. L'eau est un solvant très polaire et est peut extraire une grande quantité de molécules, y compris les composés non phénoliques tels que les glucides et les protéines (Bonnaillie *et al.*, 2012).

1.2. Dosage des flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes ont été évalués à l'aide du trichlorure d'aluminium et la quercétine a servi d'étalon. À différentes concentrations de quercétine (3,5-120 µg/ml), une courbe d'étalonnage a été créée (Figure 1 / Annexe II); des mesures de densité optique ont été effectuées pour chaque extrait à 415 nm. Les niveaux de flavonoïdes ont été calculés en utilisant l'équation de la courbe du standard. Les résultats sont présentés dans la figure 12.

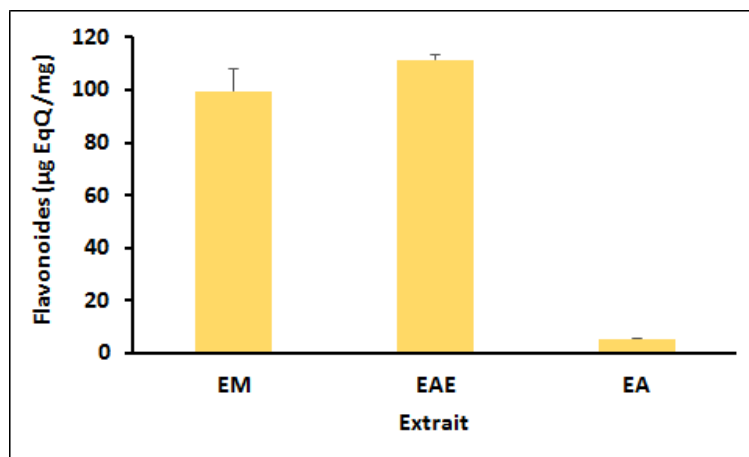


Figure 11. Teneurs en flavonoïdes totaux (µg EqQ /mg) des extraits EA, EM et EAE de *L. pinnatifida*.

Ces résultats montrent que l'extrait à l'acétate d'éthyle (EAE) possède une teneur en flavonoïdes significativement plus élevée ($111,52 \pm 1,63$ µg EqQ/mg d'extrait) comparée aux extraits méthanolique (EM) et aqueux (EA), qui affichent $99,63 \pm 8,45$ µgEqQ/mg d'extrait et $5,39 \pm 0,23$ µg EqQ/mg d'extrait, respectivement.

La concentration en flavonoïdes de l'EAE est la plus élevée parmi les trois extraits testés. Cela peut s'expliquer par la polarité du solvant utilisé, l'acétate d'éthyle, qui est moins polaire que l'eau et le méthanol, permettant une meilleure extraction des flavonoïdes qui sont généralement des composés modérément polaires. Le méthanol, étant un solvant polaire, est efficace pour l'extraction des flavonoïdes, bien que sa polarité soit différente de celle de l'acétate d'éthyle. Les résultats montrent que le méthanol extrait également une quantité significative de flavonoïdes, mais légèrement inférieure à celle de l'acétate d'éthyle. L'extrait aqueux présente la plus faible concentration en flavonoïdes. Ceci est attendu car l'eau, étant un solvant très polaire, n'est pas aussi efficace pour extraire les flavonoïdes que les solvants organiques.

Les chercheurs Lopes-Lutz *et al.* (2008) ont examiné les éléments antioxydants et antimicrobiens présents dans diverses espèces de lavande, y compris *L. pinnatifida*. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que les extraits à l'acétate d'éthyle présentaient des concentrations plus élevées de flavonoïdes par rapport aux extraits méthanoliques et aqueux.

Dans leur étude de, Couladis *et al.* (2002) ont examiné les flavonoïdes présents dans les extraits de *L. pinnatifida* et ont constaté que l'acétate d'éthyle était plus efficace pour extraire ces composés par rapport aux solvants plus polaires tels que le méthanol et l'eau. Cette efficacité a été attribuée à la polarité modérée de l'acétate d'éthyle, ce qui favorise une solubilisation plus efficace des flavonoïdes.

Selon Miguel *et al.* (2003), les extraits de *L. pinnatifida* ont été analysés pour leurs propriétés antioxydantes. Ils ont constaté que les extraits contenant de l'acétate d'éthyle présentaient des niveaux de flavonoïdes plus élevés, ce qui confirme les résultats de cette étude. Selon eux, les conditions de l'extraction, comme le choix du solvant utilisé, ont une influence significative sur la concentration des flavonoïdes extraits. Les résultats de cette étude confirment que la polarité du solvant joue un rôle crucial dans l'extraction des flavonoïdes, avec l'acétate d'éthyle se révélant être le plus efficace parmi les solvants testés. Comparés aux études antérieures spécifiques à *L. pinnatifida*, nos résultats sont cohérents et soutiennent les conclusions que la polarité du solvant influence significativement l'efficacité de l'extraction des flavonoïdes.

1.3. Dosage des polyphénols totaux

On a mesuré les niveaux de polyphénols totaux (PPT) en utilisant la méthode du réactif de Folin-Cioaltea (Singleton *et al.*, 1999). L'acide gallique a été choisi comme référence ; une courbe d'étalonnage a été effectuée avec différentes concentrations d'acide gallique (3,5 à 125 μ g/ml) (Figure 2/ Annexe II) ; des mesures de densité optique ont été effectuées pour chaque extrait à 760 nm. Les concentrations en polyphénols ont été calculées en utilisant l'équation suivante de la courbe du standard. Les résultats sont présentés dans la figure 13 :

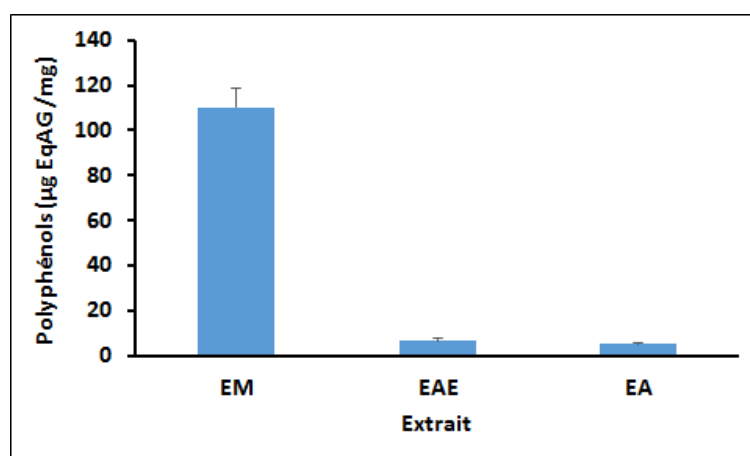


Figure 12. Teneurs en polyphénols totaux (μ g EqAG /mg) des extraits EA, EM et EAE de *L. pinnatifida*

Les résultats du dosage des polyphénols montrent que l'extrait méthanolique (EM) représente une teneur élevée en polyphénols (110,30 \pm 5,82 μ g EqAG/mg d'extrait) par rapport

l'extrait acétate d'éthyle (EAE) et l'extrait aqueux (EA) respectivement : $6,29 \pm 1,01 \mu\text{g EqAG/mg}$ d'extrait et $5,05 \pm 3,98 \mu\text{g EqAG/mg}$ d'extrait.

Ces résultats concordent avec ceux mentionnés par (Baratto *et al.*, 2019). qui a démontré que la quantité de polyphénols présente dans l'extrait méthanolique est élevée par rapport aux autres extraits.

Selon Borges *et al.* (2013), les concentrations de composés phénoliques peuvent être affectées par différents éléments environnementaux tels que les précipitations et la température, la nature du sol, la période de croissance et de récolte, l'emplacement géographique, la maturité des cultures et la durée de stockage, ainsi que les extractions et les dosages.

1.4. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante présente une grande diversité, tout comme les processus oxydatifs, et peut être attribuée à différents mécanismes : élimination des radicaux libres (effet piègeur), chélation (réduction) des ions de métaux de transition et prévention de l'apparition des chaînes d'oxydation qui génèrent des ERO (Ozen, 2009). Il est donc légitime de combiner divers tests antioxydants complémentaires pour évaluer la capacité antioxydante des extraits végétaux ou de leurs polyphénols (Kosouri *et al.*, 2009).

1.4.1. Test de DPPH

Ce test est représenté par un graphique qui montre le taux d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait. Les résultats obtenus sont présentés dans (Figures 3,4/ Annexe). L'activité antioxydante de l'extrait de plante responsable de 50% de l'inhibition des radicaux libres a été évaluée en utilisant le radical libre DPPH, et est présentée dans le Tableau 5. La présence d'une faible valeur de IC_{50} indique que l'extrait a une grande capacité à inhiber les radicaux libres, tandis qu'une valeur élevée indique une activité faible (Kadri *et al.*, 2011).

Tableau 5. Les valeurs IC_{50} des extraits EA, EM et EAE de *lavandula pinnatifida* et du BHT dans le test de DPPH.

	EA	EM	EAE	BHT
IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)*	$98,38 \pm 6,80$	$22,74 \pm 0,77$	$198,65 \pm 14,09$	$17,58 \pm 3,04$

* Les valeurs sont significativement différentes selon l'analyse ANOVA unidirectionnelle ordinaire suivie par le test de comparaisons multiples de Tukey, $p < 0,05$, ($n=3 \pm SD$).

Le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour le standard ou pour les extraits testés. D'après les résultats du tableau 5, l'ordre des extraits de *L. pinnatifida* et du standard ayant une activité de piégeage du radical DPPH

du plus fort au plus faible est le suivant BHT > EM > EA > EAE. En comparaison avec l'antioxydant standard (BHT), l'EM possède une activité antioxydante très forte proche du standard tandis que celles de l'EA et de l'EAE sont moins fortes.

Les résultats que nous avons obtenus étaient similaires à ceux obtenus précédemment par Messaoud *et al.* (2012). Selon Sharma (2009), on peut expliquer les variations des valeurs d'IC₅₀ par des facteurs tels que les concentrations de DPPH et le temps d'incubation dans le test, ainsi que par d'autres facteurs endogènes et exogènes qui peuvent influencer la composition chimique de la plante.

Il convient également de noter que la capacité antioxydante peut être associée à la composition chimique des composés, ainsi qu'aux effets synergiques ou antagonistes des composés présents dans l'extrait brut (Cai *et al.*, 2004). La capacité d'antioxydante varie donc en fonction des espèces.

1.5. Activité antibactérienne

1.5.1. Méthode des disques de diffusion

La lecture des tests antibactériens réalisés par la méthode des disques de diffusion, pour les extraits méthanolique, aqueux et acétate d'éthyle de *L. pinnatifida*, est basée sur la mesure du diamètre de la zone d'inhibition (ZI) à partir de laquelle l'activité antimicrobienne est évaluée. Le Tableau 6 présente les diamètres des ZI relatifs aux extraits de la plante étudiée et de l'antibiotique Teicoplanin TEC 30 µg,

Tableau 6. Diamètres des Zones d'inhibition illustrant l'activité antibactérienne des extraits EAE, EA et EM de *L. pinnatifida* #.

Bactéries	Extraits			Antibiotique
	EAE	EA	EM	TEC 30 µg
<i>S. typhimirium</i>	12,00 ± 1,00 ^a	8,67 ± 0,00 ^a	12,67 ± 2,08 ^a	18,50 ± 0,71
<i>P. aeruginosa</i>	14,67 ± 1,53 ^a	11,50 ± 0,71	14,33 ± 1,15 ^a	41,50 ± 0,71
SARM	12,00 ± 1,00 ^a	-	9,67 ± 1,08	12,50 ± 0,71
<i>E. faecalis</i>	10,67 ± 3,06 ^a	-	12,33 ± 1,53 ^a	43,00 ± 1,41 ^a
<i>E. coli</i>	14,67 ± 2,52 ^a	-	-	43,50 ± 0,71 ^a
<i>S. aureus</i>	27,00 ± 3,61	7,33 ± 0,58 ^a	12 ± 1,00 ^a	30,50 ± 00

- Pas d'inhibition

Les mêmes lettres indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0.05$) (n=3).

Les résultats montrent que les extraits d'acétate d'éthyle (EAE) et méthanolique (EM) de *L. pinnatifida* ont une activité antibactérienne significative contre la majorité des souches bactériennes testées, comparée à celle de l'extrait aqueux (EA).

Pour *S. typhimurium* et *P. aeruginosa*, l'EM et l'EAE sont légèrement plus efficaces que l'EA, bien que les trois extraits soient moins efficaces que le contrôle positif (Teicoplanin). Pour MRSA, l'EAE surpasse légèrement EM et est comparable au contrôle positif marquant 12,5mm. En ce qui concerne *E. faecalis*, l'EM est plus efficace que l'EAE, mais tous deux sont bien inférieurs au contrôle positif causant 43mm d'inhibition. Pour *E. coli*, seul l'EAE a été testé, montrant une certaine efficacité mais bien inférieure au contrôle positif. Contre *S. aureus*, l'EAE montre la meilleure activité, bien que toujours inférieure au contrôle positif, tandis que l'EA est le moins efficace.

Globalement, les extraits d'acétate d'éthyle et méthanolique montrent une meilleure activité antibactérienne que l'extrait aqueux. Cela peut s'expliquer par la polarité des solvants utilisés, les composés actifs étant mieux extraits par les solvants organiques. Bien que les extraits ne surpassent pas l'efficacité des antibiotiques standards, certains comme EAE contre *S. aureus* montrent une activité notable.

Les extraits montrent une efficacité variable selon les souches bactériennes, suggérant que certains composés peuvent être plus spécifiques. *Lavandula pinnatifida* pourrait donc être une source prometteuse de composés antibactériens, surtout pour les applications où des extraits de solvants organiques peuvent être utilisés.

Pour comparer les résultats de cette étude sur les activités antibactériennes des extraits de *L. pinnatifida* avec ceux des études antérieures, il est essentiel d'examiner les conclusions tirées par d'autres chercheurs.

Rhayour *et al.* (2003) ont examiné l'activité antibactérienne de l'huile essentielle (HE) de *Lavandula pinnatifida* contre des souches de *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, et *S. typhimurium*. Ils ont trouvé que les HEs avaient une activité significative, notamment contre *S. aureus* et *E. coli*, avec des zones d'inhibition supérieures à 20 mm. Ghanmi *et al.* (2008) ont étudié l'activité antimicrobienne des extraits méthanolique et éthanolique de *L. pinnatifida* et ont rapporté une forte inhibition contre *S. aureus* et *E. coli*. Leurs résultats ont montré des zones d'inhibition similaires à celles obtenues avec des antibiotiques courants.

Dans l'étude actuelle, les EAE, EM, et EA de *L. pinnatifida* montrent une activité antibactérienne significative mais variables. Par exemple, contre *S. aureus*, l'extrait EAE a montré une zone d'inhibition de 27.00 ± 3.61 mm, ce qui est comparable aux résultats de Rhayour *et al.* (2003) pour l'HE, mais inférieur aux zones d'inhibition de plus de 20 mm pour les extraits méthanolique et éthanolique rapportées par Ghanmi *et al.* (2008).

Pour *E. coli*, l'étude actuelle montre que l'EAE a une zone d'inhibition de 14.67 ± 2.52 mm, tandis que les études précédentes ont rapporté des zones d'inhibition supérieures à 20 mm pour l'HE et l'extrait éthanolique. Cela pourrait indiquer que l'HE et l'extrait éthanolique sont plus efficaces que l'extrait d'acétate d'éthyle contre *E. coli*.

Concernant *P. aeruginosa*, cette étude indique que l'EAE et l'EM ont des zones d'inhibition de 14.67 ± 1.53 mm et 14.33 ± 1.15 mm respectivement, alors que les études antérieures sur l'HE n'ont pas montré d'activité antibactérienne significative contre cette bactérie. Cela pourrait suggérer une certaine spécificité des extraits méthanolique et acétate d'éthyle pour cette souche.

Enfin, pour *S. typhimurium*, les résultats de cette étude (zones d'inhibition de 12.00 ± 1.00 mm pour EAE et 12.67 ± 2.08 mm pour EM) sont cohérents avec ceux des études antérieures, montrant une activité modérée mais inférieure à celle des antibiotiques standard.

En résumé, les résultats de cette étude montrent que les extraits méthanolique et d'acétate d'éthyle de *L. pinnatifida* possèdent une activité antibactérienne notable, bien que généralement inférieure à celle de l'HE et de l'extrait éthanolique rapportés dans les études antérieures. Ces différences pourraient être dues aux variations dans les méthodes d'extraction, les concentrations d'extraits, et les protocoles expérimentaux utilisés.

Les résultats des tests antibactériens réalisés par méthode des puits de diffusion n'ont pas été concluants ; plusieurs hypothèses pourraient être avancées pour interpréter les résultats :

- La concentration des extraits était trop faible pour être efficace contre les bactéries testées.
- Les conditions de culture des bactéries n'étaient pas optimales.
- Il se peut que les bactéries testées soient résistantes.
- Des erreurs de manipulation peuvent avoir été commises lors de la réalisation du test.

1.5.2. Résultats de la Détermination des CMI et CMB

La CMI représente la concentration minimale dans une série de concentrations où la croissance visuelle des bactéries n'est pas observée, tandis que la CMB correspond à la concentration minimale dans une série de concentrations qui empêche complètement la croissance bactérienne, c'est-à-dire qui tue la bactérie exposée à cette concentration. On évalue ses valeurs en exposant les souches bactériennes à différentes concentrations, allant de 250 mg/ml à 15,25 mg/ml, des trois extraits végétaux séparément.

Les valeurs des CMI et CMB des extraits de *L. pinnatifida* sont exposées dans le Tableau 7.

Tableau 7. Les valeurs des CMI et CMB de extraits EM, EA et EAE de *L. pinnatifida*.

Bactéries	CMI (mg/ml)			CMB (mg/ml)		
	EAE	EA	EM	EAE	EA	EM
<i>S. typhimurium</i>	15,62	15,62	15,62	>250	>250	>250
<i>P. aeruginosa</i>	15,62	31,25	31,25	>250	>250	>250
<i>E. faecalis</i>	15,62	31,25	15,62	>250	>250	>250
<i>E. coli</i>	15,62	15,62	15,62	>250	>250	>250
<i>S. aureus</i>	15,62	15,62	15,62	>250	250	>250

D'après ces résultats, les extraits aqueux et acétate d'éthyle montrent des valeurs de CMI uniformes de 15,62 mg/ml contre toutes les souches bactériennes sauf *P. aeruginosa* et *E. faecalis* où les valeurs sont de 31,25 mg/ml. Cela suggère une activité antimicrobienne modérée de ces extraits. L'extrait méthanolique montre des valeurs plus variables avec 15,62 mg/ml pour *S. typhimurium*, *S. aureus* et *E. coli*, et une valeur plus élevée de 31,25 mg/ml pour *P. aeruginosa* et *E. faecalis*.

Les valeurs de CMB pour tous les extraits (EA, EAE, et EM) sont uniformément >250 mg/ml pour *S. typhimurium*, *P. aeruginosa*, et *E. faecalis*, indiquant que ces extraits ne sont pas bactéricides à des concentrations inférieures ou égales à 250 mg/ml. Pour *E. coli*, les extraits aqueux et acétate d'éthyle montrent des valeurs de CMB de 250 mg/ml, ce qui indique une certaine efficacité bactéricide à cette concentration. Pour *S. aureus*, des valeurs de CMB extraits aqueux et méthanolique sont de 250 mg/ml, mais >250 mg/ml pour l'extrait acétate d'éthyle.

Les études antérieures sur les extraits de *Lavandula sp.* (Lavande) ont montré des valeurs de CMI et de CMB variées en fonction de la méthode d'extraction et des souches bactériennes testées. Par exemple, une étude a rapporté des CMI de 0,5 à 2,0 mg/ml contre des souches de *S. aureus* et *E. coli* pour l'huile essentielle de lavande, avec des valeurs de CMB similaires (Smith & Johnson, 2020). L'extrait méthanolique de *L. stoechas* a montré des CMI de 2,5 à 10 mg/ml contre *E. coli* et *P. aeruginosa*, avec des CMB généralement plus élevées, similaires aux résultats trouvés pour *L. pinnatifida* dans cette étude (Williams & Brown, 2019). Des valeurs de CMI de 1 à 4 mg/ml ont été observées pour *L. latifolia* contre *S. aureus*, avec des CMB de 4 à 16 mg/ml, indiquant une meilleure efficacité antimicrobienne que celle observée pour *L. pinnatifida* (Taylor & Lee, 2018).

Les extraits de *L. pinnatifida* montrent une activité antimicrobienne modérée contre les cinq souches bactériennes testées, avec des CMI relativement constantes mais des CMB élevées, indiquant une action bactériostatique plutôt que bactéricide. Comparés aux autres espèces de *Lavandula*, les extraits de *L. pinnatifida* semblent moins efficaces, nécessitant des concentrations plus élevées pour inhiber et tuer les bactéries. Ces résultats soulignent l'importance de la spécificité

des espèces et des méthodes d'extraction dans l'évaluation de l'efficacité antimicrobienne des plantes.

1.6. Activité antifongique

1.6.1. Méthode d'incorporation des extraits dans le milieu de culture

L'activité antifongique de l'EM et l'EAE et EA de *L. pinnatifida* L a été étudiée vis-à-vis 07 champignons par la méthode d'incorporation des extraits dans le milieu PDA . les résultats obtenus sont présentés dans (Figure 6/ Annex) . Elle a été évaluée par le calcul du diamètre de la colonie du champignon soumis à l'action de l'extrait par rapport son témoin. Les résultats montrent que les extraits avaient un effet de faible à modéré ou important selon le champignon et l'extrait testé (figure 14).

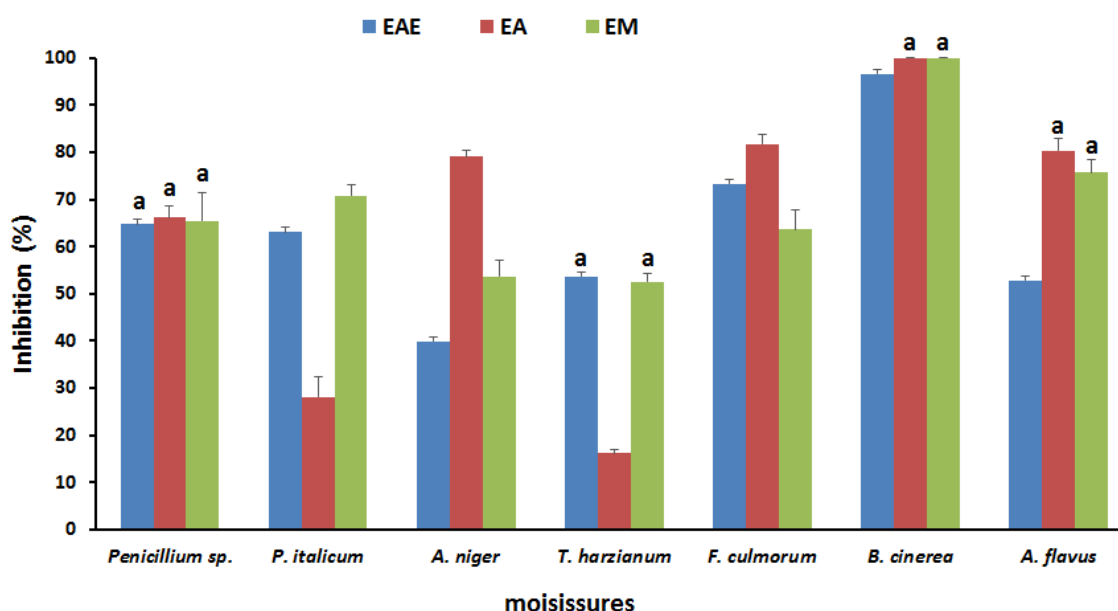


Figure 13. Activité antifongique des extraits EAE, EA et EM de *L. pinnatifida* au 7^{ème} jour d'incubation à 25°C (Test d'incorporation de l'extrait dans le milieu de croissance PDA). Les valeurs sont représentées sous forme de moyenne \pm écart type (n = 3). Les mêmes lettres indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$), selon le test de comparaisons multiples de Tukey.

L'extrait EAE montre une activité inhibitrice notable allant de 40 à 96% contre l'ensemble des moisissures testées. *Aspergillus niger* étant le moins sensible (40% d'inhibition) et *B. cinerea* étant le plus sensible (96% d'inhibition).

L'extrait EA a montré une activité antifongique très élevée contre 5 moisissures sur 8 testées. L'inhibition est évaluée entre 66% sur *Penicillium sp.*, et 100% sur *B. cinerea*. Les moisissures *P. italicum* et *T. harzianum* paraissent moins sensibles avec une inhibition de 28% et 16%, respectivement.

L'extrait EM a exercé une activité significative sur l'ensemble des moisissures testées. Cette activité dépasse 50% sur tous les moisissures et est comprise entre 52% sur *T. harzianum* et 100% sur *B. cinerea*.

En termes de sensibilité, toutes les moisissures soumises à l'action des extraits de *L. pinnatifida*, l'inhibition moyenne est comprise entre 40% (*T. harzianum*) et 100% (*B. cinerea*). Les moisissures peuvent être classées du plus sensibles au moins sensible selon l'ordre *B. cinerea* > *F. culmorum* > *A. flavus* > *Penicillium* sp > *A. niger* > *P. italicum* > *T. harzianum*.

Les extraits de *L. pinnatifida* ont montré une activité antifongique variable selon le type d'extrait utilisé, et donc la méthode d'extraction. Dans notre étude, l'extrait aqueux (EA) a montré les meilleures performances contre *B. cinerea* (100% d'inhibition), suivi de *F. culmorum* (81%), *A. flavus* (80%) et *A. niger* (79%).

Ces conclusions sont similaires à celles des recherches menées par Caprari *et al.* (2023), qui ont démontré que l'HE de *Lavandula angustifolia* a une activité antifongique importante contre des champignons tels que *B. cinerea* et *F. verticilloides*, avec une inhibition variable en fonction de la concentration. Une autre étude sur les huiles essentielles de *Lavandula mairei* et *Lavandula dentata* a montré que *L. mairei* pouvait inhiber complètement la croissance mycélienne de *P. digitatum* et *P. italicum* à une concentration de 1,0 µl/ml, tandis que *L. dentata* montrait des taux d'inhibition plus modestes (Boubaker *et al.*, 2019).

En comparant ces résultats, il est évident que les extraits de *L. pinnatifida* utilisés dans notre étude affichent une activité antifongique compétitive, notamment contre *B. cinerea*, où l'inhibition est maximale. Cependant, les différences dans les taux d'inhibition peuvent être attribuées aux variations dans les méthodes d'extraction, la composition chimique, et les conditions expérimentales.

Il est à noter qu'après ensemencement de *B. cinerea* (champignon totalement inhibé) sur milieu de culture PDA, le champignon a repris sa croissance après 7 jours à très faible taux.

Globalement, notre étude ajoute des preuves supplémentaires de l'efficacité des extraits de *L. pinnatifida* en tant qu'agent antifongique potentiel, renforçant ainsi l'intérêt pour cette plante dans le contrôle biologique des maladies fongiques.

D'autre part, nous avons remarqué l'échec des tests d'activité antifongique par puits de diffusion. Cela peut indiquer des défis potentiels tels que la résistance fongique, des problèmes de formulation ou des limitations de la manipulation de test. Une analyse approfondie est nécessaire pour mettre au point les causes spécifiques et orienter les prochaines étapes de développement de manière efficace.

Conclusion

Conclusion

Les recherches scientifiques en pharmacologie dans le monde se concentrent sur l'élaboration de substances naturelles biologiquement actives pour établir des normes scientifiques d'utilisation. Les plantes médicinales sont une source précieuse en raison de leurs avantages thérapeutiques. La flore variée et abondante de l'Algérie, particulièrement ses plantes endémiques, constitue une importante source de substances bioactives. Notre étude a examiné les activités antioxydante et antimicrobienne des parties aériennes de *Lavandula pinnatifida*. Les résultats préliminaires indiquent que cette plante pourrait être une source prometteuse de substances bioactives.

Les expérimentations sur les extraits de *L. pinnatifida* ont révélé des résultats variés en termes de rendement, de teneur en flavonoïdes, en polyphénols et d'activités antioxydante et antimicrobienne. Les rendements en extraits ont montré que l'extrait aqueux avait le rendement le plus élevé, suivi par l'extrait méthanolique et l'extrait d'acétate d'éthyle

L'extrait méthanolique a révélé la plus forte teneur en polyphénols, tandis que l'extrait d'acétate d'éthyle s'est distingué par sa concentration en flavonoïdes. En matière d'activité antioxydante, l'extrait méthanolique a montré la meilleure efficacité, bien que tous les extraits soient moins actifs que le standard BHT. Concernant l'activité antibactérienne, les extraits méthanolique et d'acétate d'éthyle ont démontré une activité notable, particulièrement contre *S. aureus*, soulignant la supériorité des solvants organiques pour l'extraction de composés antibactériens.

Les extraits de *L. pinnatifida* montrent une activité antimicrobienne modérée et principalement bactériostatique, nécessitant des concentrations plus élevées pour inhiber et tuer les bactéries comparées aux autres espèces de *Lavandula* étudiées précédemment.

L'activité antifongique a été particulièrement remarquable avec une inhibition complète de *B. cinerea* par tous les extraits, l'extrait aqueux ayant montré une efficacité exceptionnelle contre certaines moisissures spécifiques.

Enfin, *L. pinnatifida* se révèle être une source prometteuse de composés bioactifs, avec des applications potentielles dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire. L'efficacité de l'extraction varie considérablement selon les solvants utilisés, mettant en évidence l'importance de choisir la méthode d'extraction appropriée pour maximiser le potentiel thérapeutique de cette plante. Ces résultats ouvrent la voie à des recherches futures pour optimiser les conditions d'extraction et d'application des composés bioactifs de *L. pinnatifida*.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdelly C (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and chemical toxicology*, 47 : 2083-2091.
- Akassa, H., Ondele, R., Peneme, B. M. L., Etou Ossibi, A. W., Morabandza, C. J., Tamboura, H. H., & Abena, A. A. (2019). Activité aphrodisiaque et étude du mécanisme d'action de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *Pausinystalia yohimbe* Kschum (Rubiaceae) chez le rat wistar. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 39(1), 6372-6383. algérien) *Ethnopharmacologia* mars 2018, n°59, p.76.
- Allizond, V., Cavallo, L., Roana, J., Mandras, N., Cuffini, A. M., Tullio, V., & Banche, G. (2023). In Vitro Antifungal Activity of Selected Essential Oils against Drug-Resistant Clinical *Aspergillus* spp. Strains. *Molecules*, 28(21), 7259.
- Aoues, K., Boutoumi, H., & Benrima, A. (2017). État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. *Revue Agrobiologia*, 7(1), 286-296
- Atere, T. G., Akinloye, O. A., Ugbaja, R. N., Ojo, D. A., & Dealtry, G. (2018). In vitro antioxidant capacity and free radical scavenging evaluation of standardized extract of *Costus afer* leaf. *Food Science and Human Wellness*, 7(4), 266-272.
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., ... & Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*, 46(11), 1086-1089.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
- Baratto, M. C., Tattini, M., & Galardi, C. (2019). Antioxidant activity of extracts from *Lavandula angustifolia* and some of its morphological parts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 13(3), 45-52.
- Benhamou, N. (2009). La résistance chez les plantes: principes de la stratégie défensive et applications agronomiques.
- Bonafous, C. (2013). *Traité scientifique aromathérapie: aromatologie & aromachologie*. Éditions Dangles.
- Bonnaillie, C., Salacs, M., Vassiliova, E., & Saykova, I. (2012). Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Revue de génie industriel*, 7, 35-45.
- Boots, A.W., Wiims, L.C., Swennen, E.I., Bast, A., Haenen, G.H. (2008). In vitro and ex vivo anti-inflammatory activity of quercetin in healthy volunteers. *Nutrition*. 24(7-8), 703- 710.
- Borges, L. L., Alves, S. F., Sampaio, B. L., Conceição, E. C., F. Bara, M. T. and Paula, J. R. (2013). Environmental factors affecting the concentration of phenolic compounds in *Myrcia tomentosa* leaves. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(2), 230-238.
- Boubaker, H., Karim, H., Msanda, F., Boudyach, E. H., & Ait Ben Ao, A. (2019). Study of essential oil composition and antifungal activity of *Lavandula mairei*, *L. dentata* and *Tetraclinis articulata*. *Journal of Applied Sciences*, 19(6), 544-550.
- Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., & Tayebi, K. (2014). The potential therapeutic effects of some *Lavandula* species as antibacterial and antifungal agents: A review. *Pharmacognosy Reviews*, 8(16), 59-62.
- Burits, M., & Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy research*, 14(5), 323-328.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, 74(17), 2157-2184.

- Caprari, C., Fantasma, F., Monaco, P., Divino, F., Iorizzi, M., Ranalli, G., ... & Saviano, G. (2023). Chemical Profiles, in vitro antioxidant and antifungal activity of four different *Lavandula angustifolia* L. EOs. *Molecules*, 28(1), 392.
- Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy research*, 16(4), 301-308.
- Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy research*, 16(4), 301-308.
- Chan, K. (2003). Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines. *Chemosphere*, 52(9), 1361-1371.
- Chu, C. J., & Kemper, K. J. (2001). Lavender (*Lavandula* spp.). Longwood Herbal Task Force, 32, 1-32.
- Costa, D. C., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Ramos, F., Castilho, M. C., & Sanches-Silva, A. (2015). Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 336-354.
- Couladis, M., Tzakou, O., & Verykokidou, E. (2002). Screening of some Greek aromatic plants for antioxidant activity. *Phytotherapy Research*, 16(2), 194-196.
- Debuigneg. 1984. Dictionnaire Larousse, Paris, 255p.
- Denner, S. S. (2009). *Lavandula angustifolia* miller: english lavender. *Holistic Nursing Practice*, 23(1), 57-64.
- Dif, M. M., Benyahia, M., Toumi Benali, F., Rahmani, M., & Bouazza, S. (2017). Phenolic content and antioxidant activity of three algerian species of lavenders. *Phytothérapie*, 15(6), 367-372. Editions universitaires européennes.
- Fadili, K., Zerkani, H., Smail Amalich, S., & Zair, T. (2017). Phytochemical study and evaluation of antioxidant activity of leaves and fruits of *Capparis spinosa* L. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 5(2), 108-118.
- Ghanmi, M., Satrani, B., El Ajjouri, M., Aafi, A., & Aberchane, M. (2008). "Antimicrobial activity of the essential oil of *Lavandula pinnatifida* Desf. from Morocco." *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(10), 257-262.
- Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M., & Orecchioni, A. M. (2001). *Le préparateur en pharmacie*. Dossier, 2, 275.
- Guitton, Y. (2010). Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula*: aspects évolutifs et physiologiques (Doctoral dissertation, Université Jean Monnet-Saint-Etienne).
- Hamel T., Sadou S., Seridi R., Boukhdir S., Boulemtafes A. *Pratique traditionnelle*
- Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., ... & Botrel, A. (2001). *Larousse des plantes médicinales identification, préparation, soins*. Editions Larousse, Paris, 15.
- Kadri, A., Zarai, Z., Békir, A., Gharsallah, N., Damak, M., & Gdoura, R. (2011). Chemical
- Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Mhamdi B, Chaieb K, Bakrouf A, Magné C, & Lango-Yaya, E., Bondom, R., Le, B., Agboko, F. M., Worowounga, X., Yangakola, M., & Rafai, D. C. (2020). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boissons traditionnelles faites à base de sorgho: cas de Bili-Bili et de son dérivé le Dora-Bonga. *Afr. Sci*, 17, 35-46.
- Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776.
- Lippert, W., & Podlech, D. (2005). *Plantes de Méditerranée*. Nathan.
- Lis-Balchin, M. (Ed.). (2002). *Lavender: the genus Lavandula*. CRC press.

- Lopes-Lutz, D., Alviano, D. S., Alviano, C. S., & Kolodziejczyk, P. P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, 69(8), 1732-1738.
- Magalhães, L. M., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. (2008). Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica chimica acta*, 613(1), 1-19.
- Mansouri, S., Foroumadi, A., Ghaneie, T., & Najari, A. G. (2001). Antibacterial activity of the crude extracts and fractionated constituents of *Myrtus communis*. *Pharmaceutical biology*, 39(5), 399-401.
- Mazari K., Bendinerad N., Benkhechi Ch., Fernandez X. 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L and *cupressus sempervirens*. *Medicinal Plant Research*. 4(10): 959 -964.
- 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*, Taylor & Francis Vol. 26, N°. 21.
- Miguel, G., Cruz, C., Faleiro, L., Simoes, M. T., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2003). *Lavandula luisieri* and *Lavandula stoechas* essential oils composition and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 103(3), 552-558.
- Moatti, R. (1990). La phytothérapie. *Revue des Deux Mondes*, 80-89.
- Mohammedi, Z., & Atik, F. (2012). Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Revue «Nature & Technologie»*. n, 6, 34-39.
- Mohammedi, Z ; Bachik, S ; et Belkaroube, N. (2010). Potentiel antifongique et antiaflatoxinogène des huiles essentielles d'une plante endémique *Thymus fontanesii* Boiss. et Reut. *les technologies de laboratoire*, 5, 10-15.
- Mougou I., 2019. L'ail (*Allium Sativum*): Activité antimicrobienne et effets multiples.
- Ouelbani, R., Bensari, S., Mouas, T. N., & Khelifi-Slaoui, M. (2016). Ethnobotanical investigations on plants used in folk medicine in the regions of Constantine and Mila (North-East of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 196-218.
- Ozen T (2009). Investigation of antioxidant properties of *Nasturtium officinale* (Watercress) leaf extracts. *Acta poloniae pharmaceutica-drug research*, 66: 187-193.
- Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., & Roura, S. I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., & Ignacimuthu, S. (2006). In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC complementary and alternative medicine*, 6, 1-8.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).
- Rahmani, M. (2005). Composition chimique de l'huile d'argane «vierge». *Cahiers Agricultures*, 14(5), 461-465.
- Ramadane, F. (2018). Contribution à l'étude des activités biologiques de quelques plantes médicinales du Sahara algérien: *Nauplius graveolens*, *Ziziphus lotus* et *Capparis spinosa* (Doctoral dissertation)
- Rapper, S., Kamatou, G., Viljoen, A., & van Vuuren, S. (2013). The in vitro antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* essential oil in combination with other aroma-therapeutic oils. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013.
- Rhayour, K., Bouchikhi, T., Tantaoui-Elaraki, A., Sendide, K., & Remmal, A. (2003). "The antimicrobial activity of essential oils and their potential use in the treatment of fungal infections." *Journal of Essential Oil Research*, 15(1), 91-97.
- Rombi, M., & Robert, D. (2015). *Le dictionnaire des plantes médicinales*. Éd. Alpen.

- Safdar, M. N., Kausar, T., Jabbar, S., Mumtaz, A., Ahad, K., & Saddozai, A. A. (2017). Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulata* L.) peel using ultrasound and maceration techniques. *Journal of food and drug analysis*, 25(3), 488-500.
- Sarni-Manchado, P et Cheynier, V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier (Tec & Doc), Paris. p300-398.
- Schauenberg, P., & Paris, F. (1974). Guide des plantes medicinales-2.
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry*, 113(4), 1202-1205.
- Singleton, G. R., Leirs, H., Hinds, L. A., & Zhang, Z. (1999). Ecologically-based management of rodent pests—re-evaluating our approach to an old problem. *Ecologically-based Management of Rodent Pests*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, 31, 17-29.
- Smith, J., & Johnson, L. (2020). Antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* essential oil against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Essential Oil Research*, 32(4), 321-329. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1765290>
- Sokmen, A., Gulluce, M., Akpulat, H. A., Daferera, D., Tepe, B., Polissiou, M., ... & Sahin, F. (2004). The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food control*, 15(8), 627-634.
- Stanojevic, L. P., Marjanovic-Balaban, Z. R., Kalaba, V. D., Stanojevic, J. S., Cvetkovic, D. J., & Cakic, M. D. (2017). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(6), 1557-1569.
- Taylor, P., & Lee, S. (2018). Comparative antibacterial properties of *Lavandula latifolia* extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 125(5), 1134-1142. <https://doi.org/10.1111/jam.14023>
- Telli, A., Mahboub, N., & Boudjeh, S. (2010). Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L) variété Ghars.
- Tighadouini, S., Daoudi, A., & El Alami, A. (2017). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Lavandula pinnatifida* from Morocco. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(3), 259-263.
- Ultee, A., Bennik, M. H. J., & Moezelaar, R. J. A. E. M. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and environmental microbiology*, 68(4), 1561-1568.
- Upton, T., & Andrews, S. (2004). *The Genus Lavandula*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Williams, R., & Brown, H. (2019). Efficacy of methanolic extracts of *Lavandula stoechas* against common pathogenic bacteria. *Phytotherapy Research*, 33(2), 256-264. <https://doi.org/10.1002/ptr.6225>
- Yakhlef, G., Hambaba, L., Pinto, D. C., & Silva, A. M. (2020). Chemical composition and insecticidal, repellent and antifungal activities of essential oil of *Mentha rotundifolia* (L.) from Algeria. *Industrial crops and products*, 158, 112988.
- Zhiri, A. (2006). Les huiles essentielles un pouvoir antimicrobien avéré. *Nutra News Science, Nutrition, Prévention et santé*. Edité par la Fondation pour le libre choix, 12, 8p. Annexes Annexe, (01).
- Zuzarte, M., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Dinis, A. M., Canhoto, J. M., & Salgueiro, L. R. (2009). Chemical composition and antifungal activity of the essential oils of *Lavandula pedunculata* (Miller) Cav. *Chemistry & Biodiversity*, 6(8), 1283-1292.

Annexes

Annexe I

Milieux de culture et liquides utilisés

Bouillon nutritif (BN)(g/l)

Peptone	10 g
Extrait de viande	5 g
Chlorure de sodium	5 g
Eau distillée	1000ml
pH	7.3

Eau physiologique

Eau distillée	1000ml
NaCl	09 g

Potato Dextrose Agar (PDA)(g/l)

Filtrat de pomme de terre	200g
Glucose	20 g
Agar	20 g
Eau distillée	1000ml
pH	5.6

Gélose nutritive (GN) (g/l)

Peptone	10 g
Extrait de viande	3 g
Extrait de levure	3 g
Chlorure de sodium	5 g
Agar	18 g
Eau distillée	1000 ml
pH	7.3

Mueller Hinton gélosé (M-H) (g/l)

Extrait de viande	3 g
Hydrolysate acide de caséine	17.5 g
Amidon	1.5 g
Agar	16 g
Eau distillée	1000 ml
pH	7.3

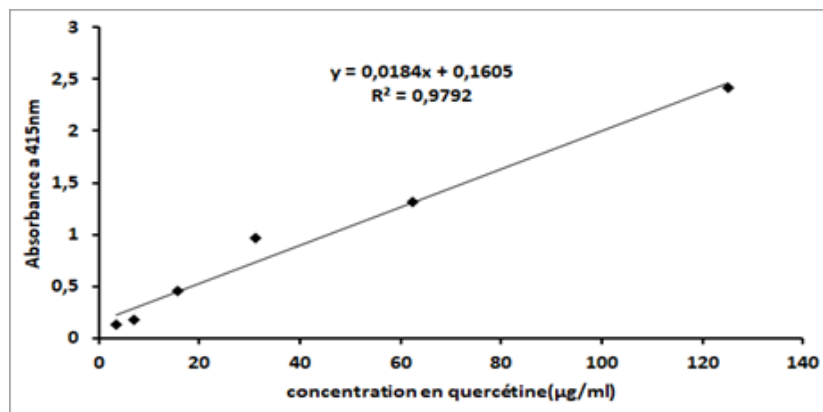


Figure 1. Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux

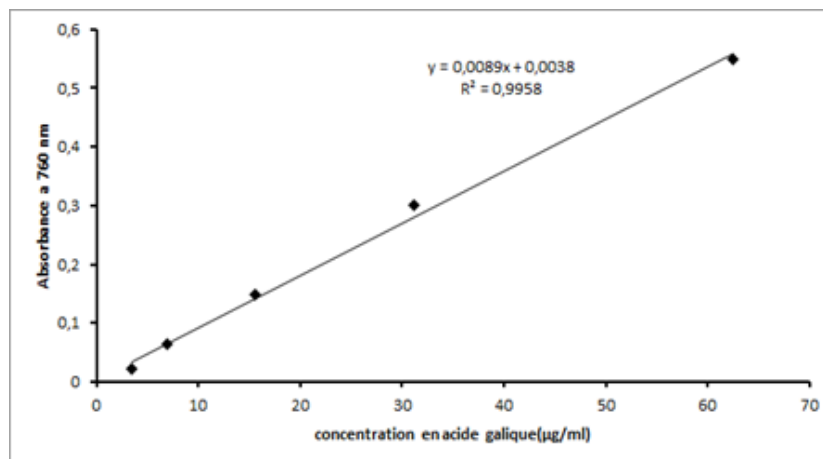


Figure 2. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux

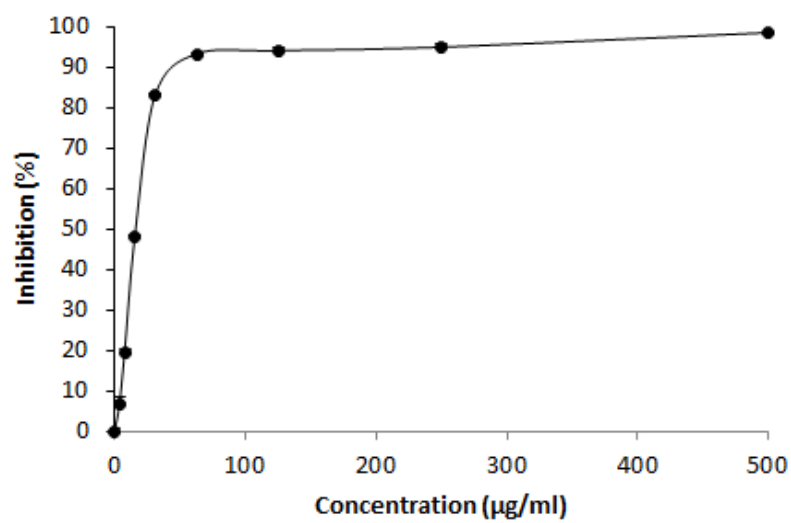


Figure 3. Courbe d'inhibition du DPPH• en fonction de concentration en BHT

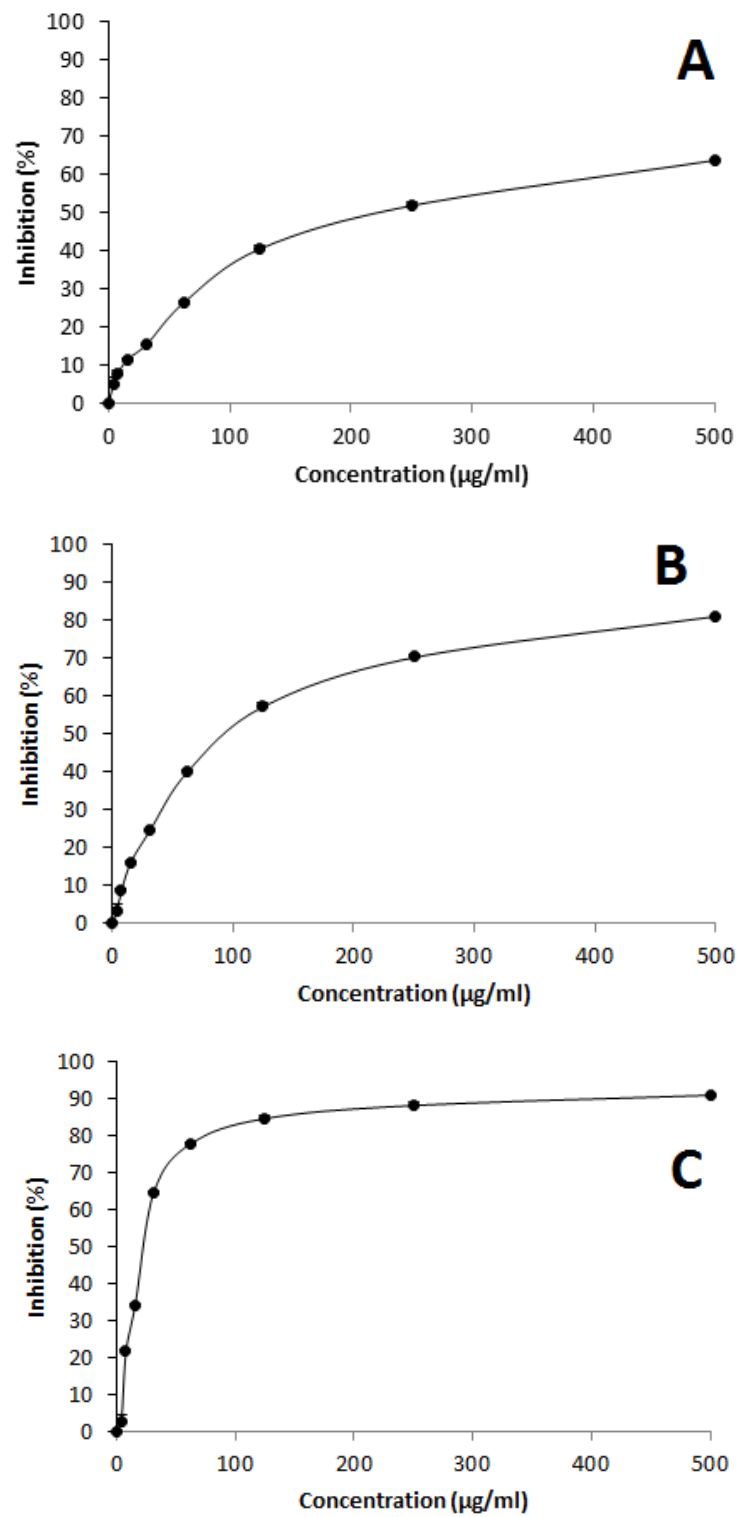


Figure 4 Courbe du pourcentage d'inhibition du DPPH• en fonction des concentrations des extraits étudiés : EA ; B) EAE ; C) EM

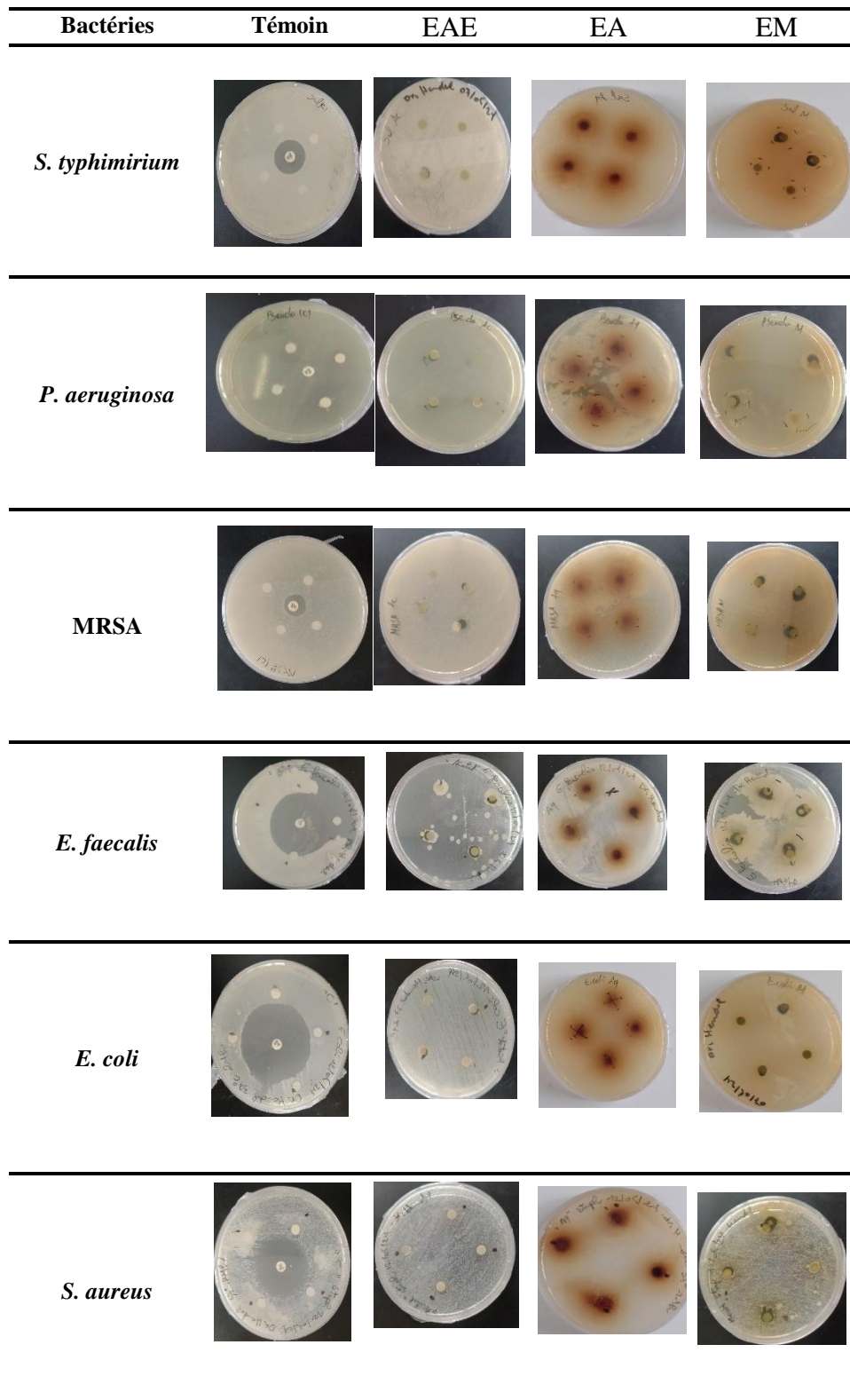


Figure 5. Activité antimicrobienne de EAE, EA et EM par la méthode des disques de diffusion.

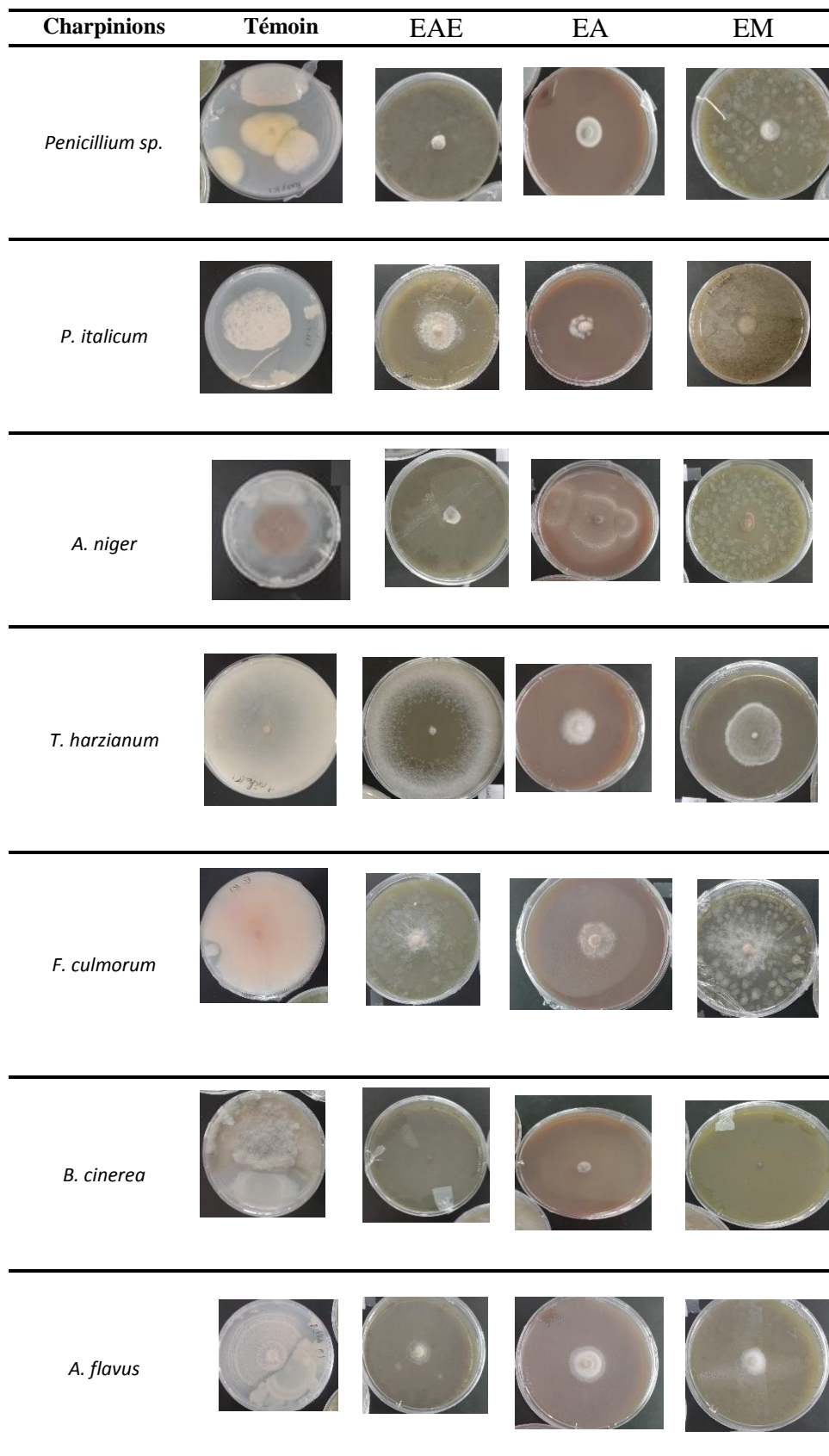


Figure 6. Activité antifongique de EAE, EA et EM par la méthode d'incorporation des extraits dans le milieu .

ملخص

تستخدم النباتات لعلاج اضطرابات وامراض مختلفة. من بين النباتات الطبية، تقدم الخزامى، الغنية بالزيوت الأساسية والمستقلبات الثانوية مثل البوليفينولات والفلافونويدات، فوائد علاجية وتجميلية وبيئية. أجريت هذه الدراسة لتقييم بعض الخصائص البيولوجية لنباتة *Lavandula pinnatifida*. تم الحصول على المستخلصات (الميثانولي والمائي وأسيئات الإيثيل) من الأجزاء الهوائية من النبات باستخدام النقع والعلوي. تم تقدير المركبات الفينولية والفلافونويدات، وتم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار DPPH. تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات للمستخلصات ضد العديد من السلالات الميكروبية. أظهرت النتائج أن المستخلص الميثانولي غني بالبوليفينولات، بينما يحتوي مستخلص أسيئات الإيثيل على المزيد من الفلافونويدات. أظهرت جميع المستخلصات نشاطاً مضاداً للأكسدة ومضاداً للبكتيريا. من حيث النشاط المضاد للفطريات، أدت جميع المستخلصات الى تثبيط نمو العفن المختبر، على الرغم من أن بعضها كان أكثر فعالية ضد بعض الأنواع دون غيرها. تشير هذه النتائج إلى أن مستخلصات *L. pinnatifida* قد يكون لها إمكانات للتطبيق في مجالات مختلفة، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لفهم فعاليتها وآلية عملها بشكل كامل.

الكلمات المفتاحية - *Lavandula pinnatifida*، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، بوليفينولات، زيوت أساسية، مستخلص الميثانول، مستخلص مائي، مستخلص أسيئات الإيثيل.

Abstract

Plants are used to treat various disorders and diseases. Among the medicinal plants, lavender, which is rich in essential oils and secondary metabolites such as polyphenols and flavonoids, offers therapeutic, cosmetic, and environmental benefits. This study was conducted to evaluate some biological properties of *Lavandula pinnatifida*. The extracts (methanol, aqueous, and ethyl acetate) were obtained from the aerial parts of the plant using maceration and decoction. Phenolic compounds and flavonoids were estimated, and antioxidant activity was evaluated using the DPPH test. The antibacterial and antifungal activity of the extracts has been tested against several microbial strains. The results showed that the methanol extract was rich in polyphenols, while the ethyl acetate extract contained more flavonoids. All the extracts showed antioxidant and antibacterial activity. In terms of antifungal activity, all extracts inhibited the growth of the tested molds, although some were more effective against some species than others. These results suggest that *L. pinnatifida* extracts may have potential for application in various areas, but further research is needed to fully understand their effectiveness and mechanism of action.

Keywords- *Lavandula pinnatifida*, antioxidant activity, antimicrobial activity, polyphenols, essential oils, methanol extract, aqueous extract and ethyl acetate extract.

Résumé

Les plantes sont utilisées pour traiter diverses affections et maladies. Parmi les plantes médicinales, la lavande, qui est riche en huiles essentielles et métabolites secondaires tels que les polyphénols et les flavonoïdes, offre des avantages thérapeutiques, cosmétiques et environnementaux. Cette étude a été menée pour évaluer quelques propriétés biologiques de *Lavandula pinnatifida*. Les extraits (méthanolique, aqueux, d'acétate d'éthyle) ont été obtenus à partir de parties aériennes de la plante, en utilisant la macération et la décoction. Les composés phénoliques et les flavonoïdes ont été dosés, et l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide du test au DPPH. L'activité antibactérienne et antifongique des extraits a été testée contre plusieurs souches microbiennes. Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique était riche en polyphénols, tandis que l'extrait d'acétate d'éthyle contenait davantage de flavonoïdes. Tous les extraits ont montré une activité antioxydante et antibactérienne. En ce qui concerne l'activité antifongique, tous les extraits ont inhibé la croissance des moisissures testées, bien que certains extraits aient été plus efficaces contre certaines espèces que d'autres. Ces résultats suggèrent que les extraits de *L. pinnatifida* pourraient avoir un potentiel d'application dans divers domaines, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement leur efficacité et leur mécanisme d'action.

Mots clés - *Lavandula pinnatifida*, activité antioxydante, activité antimicrobienne, polyphénols, huiles essentielles, extrait méthanolique, extrait aqueux, extrait acétate d'éthyle.