

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies et Agro- Écologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master académique en Sciences Agronomiques

Filière : sciences agronomiques

Option : Phytopharmacie et Protection Des Végétaux

Thème :

**Activité antifongique des huiles essentielles de deux espèces
d'*Eucalyptus***

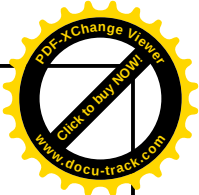
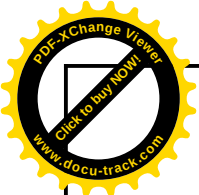
Présenté par :

MOUSSAOUI MERIEM et ALI MAROUA

Soutenu devant le jury:

Mme BABA AISSA. K	MAA/USDB1	Présidente
Mme CHAICHI. W	MCA/USDB1	Examinatrice
Mme KHADDAR. R	MCB/USDB1	Promotrice
Mme SADDEK. D	DR/INPV (Station de Boufarik)	Co-Promotrice

Année Universitaire : 2024_2025



Remerciements

*Avant tout nous remercions Dieu « **Allah** », le tout puissant, qui nous a donné la force, le courage, la volonté, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail*

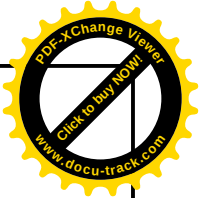
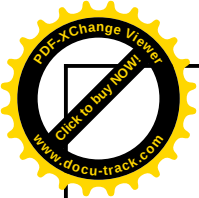
*Nous tenons à remercier vivement notre promotrice Mme **KHADDAR, R** pour la proposition du thème et pour le suivi de ce travail, pour ses conseils durant la période de la réalisation de ce travail. Nous sommes très honorées par son accompagnement et son aide. Nous lui exprimons notre gratitude pour nous avoir donné l'occasion de bénéficier de son immense expérience et ses fructueux conseils, tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à notre Co-promotrice Mme **SADDEK, D** pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils précieux tout au long de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Mme **BABA AISSA, K** Pour avoir accepté de présider le jury et juger notre travail, ainsi qu'à Mme **CHAICHI, W** qui nous a fait l'honneur de faire partie du jury et d'accepter d'examiner notre travail.*

*Nos sincères remerciements à Madame **Ababsia Amel**, Directrice du SRPV de Boufariq, pour son accueil et pour nous avoir offert l'opportunité d'effectuer notre stage au sein de son établissement.*

Enfin, nous tenons à remercier énormément tous les enseignants de la spécialité phytopharmacie et protection des végétaux



Dédicace

Je dédie ce travail à

*À Mes chères parents **Fadila** et **Mohamed**, qui m'ont éclairés mon chemin et m'ont encouragé toute au long de mes études.*

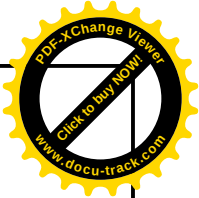
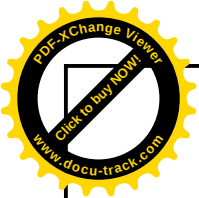
Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir donné la force d'avancer, même dans les moments difficiles.

*À Mes sœurs **Bohra** et **Nabila** et Mes frères **Nabil**, **Hicham** et **Hcen***

*Ma copine, mon binome, ma collègue **Meriem**, parce que nous nous sommes toujours soutenus et avons été sincères dans notre travail.*

*À tous mes amies surtout **Fedoua** et **Ilham**.*

Maroua



Dédicace

En tout premier lieu, je remercie Allah, le tout puissant de m'avoir donné la patience et la volonté pour dépasser tous les difficultés

Je dédie ce modeste travail :

Aux être les plus les plus chers, Mes parents :

À mon cher père ABD EL KADER :

Tu as toujours été pour moi un exemple d'honnêteté, de respect et de travail. Grâce à toi, j'ai appris la valeur de l'effort, de la patience et du sens des responsabilités. Ton amour et ton soutien m'ont portée tout au long de mon parcours. Ce mémoire est aussi le tien, car il est le fruit de tes sacrifices et de ta générosité. Merci pour tout, papa. Je t'aime et je prie Dieu de te garder en bonne santé et de t'accorder bonheur et sérénité.

À ma très chère maman LEILA :

Que ce travail soit un hommage aux immenses sacrifices que tu t'es imposée pour assurer mon bien-être. Je prie Dieu Tout-Puissant de préserver ton sourire, de t'accorder une bonne santé et une longue vie, afin que je puisse te combler de tout mon amour.

A mes sœurs : OUASSILA et FARIDA

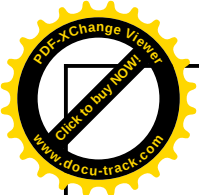
A mon frère : ISMAIL

A ma meilleure amie, ma moitié Ninaëlle merci pour ton amour, ton soutien moral, ta patience, tes mots encourageants et ton amitié sincère tout au long de ce parcours.

A Ma Copine, mon binome MAROUA avec qui j'ai partagé cette aventure...merci pour ta patience, ton sérieux,

A mes amies: Aya, RANIA, ILHAM, AMINA, NOUREL HOUDA

MERJEM

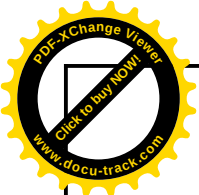


Résumé :

Activité antifongique des huiles essentielles de deux espèces d'Eucalyptus

L'objectif de notre étude vise à évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles (HE) de deux espèces d'Eucalyptus à savoir : *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus leucoxylon*, contre deux souches fongiques phytopathogènes : *Sclerotinia* sp et *Pestalotiopsis* sp. La collecte des feuilles d'Eucalyptus des deux espèces a été effectuée dans deux stations des deux espèces au niveau la forêt de Bâinem (Alger), au mois de mars 2025. L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation au laboratoire Bio Extra -pamal à Oued Alleug (Blida). Des biofongicides ont été formulés à base de ces huiles essentielles à cinq concentrations différentes (5%, 10%, 25%, 50% et 75%) en utilisant le Tween 80 comme adjuvant. Les tests antifongiques ont été effectués in vitro à l'aide de deux méthodes : la méthode des puits (doses pures) et la méthode de contact direct (différentes concentrations). Deux espèces de champignon phytopathogène ont été ciblées: *Pestalotiopsis* sp et *Sclerotinia* sp. Le rendement d'extraction obtenu des HE d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus leucoxylon* était respectivement 0,16% de 0,14%. Les résultats obtenus ont montré que l'HE de *E. camaldulensis* était spécifiquement efficace contre *Pestalotiopsis* sp, en revanche celle d'*E. Leucoxylon* avait une efficacité meilleure vis à vis *Sclerotinia* sp aux doses pures. La concentration minimale inhibitrice a été déterminée à 50% pour l'huile essentielle d'Eucalyptus camaldulensis contre *Pestalotiopsis spp* inhibant la sporulation, la germination et la croissance mycélienne. Pour *Eucalyptus leucoxylon*, la dose 75% a montré une efficacité contre *Sclerotinia* sp en inhibant les mêmes paramètres physiologique. Ces résultats confirment que les HE des Eucalyptus représentent une alternative naturelle prometteuse aux fongicides chimiques dans la lutte contre les champignons phytopathogènes.

Mots clés : Huiles essentielles, effet fongicide Eucalyptus, *Sclerotinia* sp *Pestalotiopsis* sp.



Abstract :

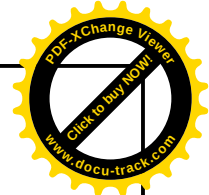
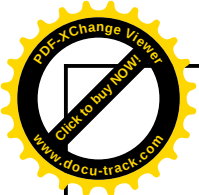
The objective of our study is to evaluate the antifungal activity of essential oils (EO) from two species of *Eucalyptus* namely: *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus leucoxylon*, against two phytopathogenic fungal strains: *Sclerotinia* sp and *Pestalotiopsis* sp. The collection of *Eucalyptus* leaves from both species was carried out at two stations in the Baïnem forest (Algiers), in March 2025. The extraction of essential oils was carried out by hydrodistillation at the Bio Extra -pamal laboratory in Oued Alleug (Blida). Biofungicides have been formulated based on these essential oils in five different concentrations (5%, 10%, 25%, 50% and 75%) using Tween 80 as an adjuvant. Antifungal tests were performed in vitro using two methods: the well method (pure doses) and the direct contact method (different concentrations). Two species of phytopathogenic fungus were targeted: *Pestalotiopsis* sp and *Sclerotinia* sp. The extraction yield obtained from the EO of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus leucoxylon* was 0.16% and 0.14%, respectively. The results obtained showed that the HE of *E. camaldulensis* was specifically effective against *Pestalotiopsis* sp, whereas that of *E. Leucoxylon* had a better efficiency towards *Sclerotinia* sp at pure doses. The minimum inhibitory concentration was determined to be 50% for *Eucalyptus camaldulensis* essential oil against *Pestalotiopsis* sp. inhibiting sporulation, germination and mycelial growth. For *Eucalyptus leucoxylon*, the 75% dose showed efficacy against *Sclerotinia* sp by inhibiting the same physiological parameters. These results confirm that *Eucalyptus* HE represent a promising natural alternative to chemical fungicides in the fight against phytopathogenic fungi.

Keywords: Essential oils, fungicidal effect, *Eucalyptus*, *Sclerotinia* sp, *Pestalotiopsis* sp.

ملخص:

هدف دراستنا هو تقييم النشاط المضاد للفطريات للزيوت العطرية (EO) لنوعين من أشجار الكينا، وهما: *Eucalyptus leucoxylon* و *Eucalyptus camaldulensis*، ضد سلالتين فطريتين ممرضتين للنبات: *Pestalotiopsis spp.* و *Sclerotinia spp.* تم جمع أوراق الكينا من النوعين في محطتين لهما في غابة باينام (الجزائر العاصمة)، في مارس 2025. تم استخلاص الزيوت العطرية بالتقطير المائي في مختبر Bio Extra-pamal في وادي العلايق (البلدية). تم تحضير مبيدات فطرية حيوية بناءً على هذه الزيوت العطرية بخمسة تركيزات مختلفة (5%، 10%، 25%، 50% و 75%) باستخدام Tween 80 كمادة مساعدة. أُجريت اختبارات مضادة للفطريات في المختبر باستخدام طريقتين: طريقة البئر (بجرعات مركزة) وطريقة التلامس المباشر (بتركيزات مختلفة). استُهدف نوعان من الفطريات الممرضة للنباتات: *Pestalotiopsis spp.* و *Sclerotinia spp.* بلغت نسبة الاستخلاص من الزيوت العطرية لأشجار *Eucalyptus leucoxylon* و *Eucalyptus camaldulensis* 0.14% و 0.16% على التوالي. أظهرت النتائج أن الزيت العطري لأشجار *Eucalyptus camaldulensis* كان فعالاً بشكل خاص ضد *Pestalotiopsis spp.* بينما كان لزيت *E. leucoxylon* فعالية أفضل ضد فطريات *Sclerotinia spp.* عند الجرعات المركزة. حُدد الحد الأدنى للتركيز المثبط عند 50% للزيت العطري لأشجار *Eucalyptus camaldulensis* ضد *Pestalotiopsis spp.*، مما أدى إلى تثبيط التبروغ والإنبات ونمو الفطريات. بالنسبة لزيت *Eucalyptus leucoxylon*، أظهرت الجرعة 75% فعالية ضد فطريات *Sclerotinia spp.*، وذلك بتثبيطها نفس المعايير الفسيولوجية. تؤكد هذه النتائج أن زيت الكينا العطري يمثل بديلاً طبيعياً واعداً لمبيدات الفطريات الكيميائية في مكافحة الفطريات المسببة للأمراض النباتية.

كلمات المفتاح: الزيوت العطرية، تأثير مبيد للفطريات، الأوكالبتوس، *Pestalotiopsis* *Sclerotinia spp.* spp



Liste des abréviations

AFNOR : association française de normalisation

CMI: Concentration minimale inhibitrice

E. camaldulensis : *Eucalyptus camaldulensis*

E. leucoxylon : *Eucalyptus leucoxylon*

GLM : General Linear Model.

HE: Huile essentielle.

Ic : Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

Ig : Pourcentage d'inhibition de la germination des spores.

INRF : Institut National de Recherche Forestière

Is : Pourcentage d'inhibition de la sporulation

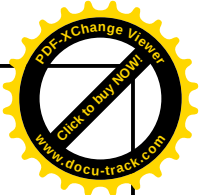
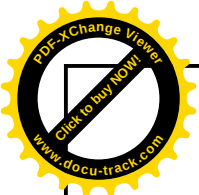
MAE : microwave - assisted extraction

MSs : métabolites secondaires

PT : *Pestalotiopsis spp.*

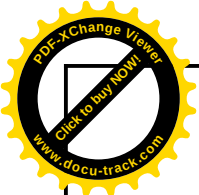
Scl : *Sclerotenia spp.*

SRPV : Station régionale de protection des végétaux.



Liste des tableaux

01	Classification de l' <i>Eucalyptus</i>	12
02	La classification générale des champignons phytopathogènes et leurs caractéristiques.....	16
03	Matériel non biologique et produits de laboratoire.....	22
04	Concentrations testées pour l'évaluation de l'activité antifongique.....	27



Liste des figures

01	Schéma du montage de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	8
02	Schéma du montage de l'extraction par hydrodistillation.....	9
03	Répartition globale des plantations d' <i>Eucalyptus</i> spp.....	11
04	Morphologie de l'eucalyptus 1:arbre, 2 fleur, 3 fruit.....	13
05	Distribution géographique d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> dans le monde.....	15
06	Fleur et cône d' <i>E. Leucoxylon</i>	15
07	Localisation de la forêt Baïnem.....	20
08	Souche fongique de <i>Sclerotinia</i> sp.....	21
09	Souche fongique de <i>Pestalotiopsis</i> sp.....	22
10	Matériel non biologique utilisé dans laboratoire.....	23
11	Feuilles et rameaux d' <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	24
12	Arbre d' <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	24
13	Feuilles et rameaux d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	24
14	Arbre d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	24
15	Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation de type alambic.....	25
16	Phase de séparation par décantation.....	26
17	HE d' <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	26
18	HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	26
19	Préparation du milieu PDA.....	27
20	Rendement des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	32
21	Inhibition de la croissance mycélienne des huiles essentielles pures sur la croissance de deux champignons.....	33
22	Croissance mycélienne des deux souches après traitement par les extraits pures des HE des <i>Eucalyptus</i> spp.....	33
23	Inhibition de la croissance mycélienne de <i>Pestalotiopsis</i> sp par différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	34
24	Inhibition de la croissance mycélienne de <i>Sclerotinia</i> sp par différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	35
25	Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en fonction de la dose.....	36
26	Effet de différentes doses des HES sur le taux d'inhibition de croissance mycélienne avec un intervalle de confiance 95%.....	36
27	Taux d'inhibition de sporulation et germination chez les deux souches fongiques.....	37
28	Effet de la souche et des paramètres physiologiques sur le taux d'inhibition.....	37

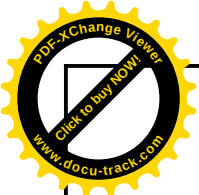
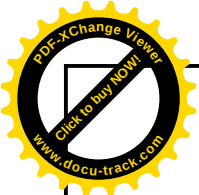
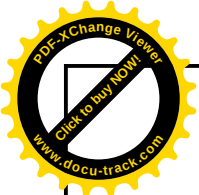


Table de matières

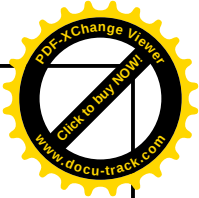
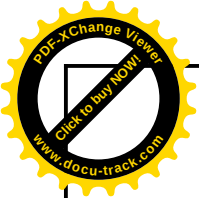
Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
INTRODUCTION	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
1. Les métabolites secondaires et les huiles essentielles	4
1.1. Les métabolites secondaires	4
1.1.1. Définition des métabolites secondaire	4
1.1.2. Classification des métabolites secondaires	4
1.1.2.1. Les terpénoïdes	4
1.1.2.2. Les alcaloïdes	5
1.1.2.3. Les composés phénoliques	5
1.2. Les huiles essentielles	5
1.2.1. Définition des huiles essentielles	5
1.2.2. Composition chimique	6
1.2.2.1. Les terpénoïdes	6
1.2.3. Utilisation des huiles essentielles	7
1.2.3.1. Utilisation pharmaceutique	7
1.2.3.2. Dans l'industrie alimentaire	7
1.2.3.3. Parfumerie et cosmétologie	7
1.2.3.4. En agriculture	7
1.2.4. Méthodes d'extraction	8
1.2.4.1. Distillation par entraînement à la vapeur	8
1.2.4.2. Extraction par CO2 supercritique	8
1.2.4.3. Extraction assistée par expression à froid	9
1.2.4.4. Hydrodistillation	9
1.2.4.5. Extraction par micro-ondes	10



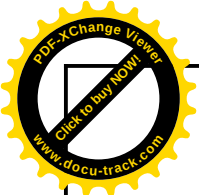
2. Généralités sur l'<i>Eucalyptus</i>	10
2.1. Historique et origine	10
2.2. Répartition géographique	10
2.2.1 Répartition géographique des eucalyptus dans le monde	10
2.2.2. Répartition géographique des eucalyptus en Algérie	11
2.3. Classification	12
2.4. Description morphologique	12
2.5. Importance	13
2.5.1. Economique	13
2.5.2. Ecologique	13
2.6. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn	14
2.7. <i>Eucalyptus leucoxylon</i> F.Muell	15
3. Les champignons pathogènes	16
3.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes	16
3.2. Classification des champignons phytopathogènes	16
3.3. Dégât et symptômes causés par les champignons phytopathogènes	17
Chapitre II : Matériel et Méthode	19
1. Objectif	20
2. Présentation de zone de prélèvement	20
3. Matériel utilisé	21
3.1. Matériel biologique	21
3.1.1. Matériel végétal	21
3.1.2. Matériel fongique	21
3.2. Matériel non biologique	22
3.2.1. Sur terrain	22
3.2.2. Au laboratoire	22
4. Méthode de travail	23
4.1. Prélèvement des organes végétaux	23
4.2. Extraction des huiles essentielles (HEs)	25
4.2.1. Méthode d'extraction	25
4.2.2. Calcul du rendement	26
5. Evaluation de l'activité antifongique	26



5.1. Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar)	27
5.2. Préparation des concentrations de l'HE	27
5.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antifongique.....	28
5.3.1. Diffusion sur milieu solide par la technique des puits.....	28
5.3.2. Méthode d'étalement (contact directe).....	28
5.4. Evaluation de la croissance mycélienne.....	28
5.5. Evaluation de la sporulation	29
5.6. Evaluation de la germination	29
6. Analyse statistique	30
Chapitre III : Résultats et discussion	31
1. Résultats	32
1.1. Rendement de l'extraction des huiles essentielles des deux espèces d'Eucalyptus	32
1.2. Activité antifongique des huiles essentielles d'Eucalyptus	32
1.2.1. Effet des Huiles essentielles pures des deux espèces sur la croissance mycélienne des deux souches fongique.....	32
1.2.2. Détermination des Doses inhibitrice de la croissance mycélienne.....	34
1.2.3. Effet de la dose des Huiles essentielles (HE) sur la croissance mycélienne	35
1.2.4. Effet des doses inhibitrices des HE sur la sporulation et la germination...	36
2. Discussion	38
Conclusion	41
Annexe	43
Références bibliographiques	45



Introduction



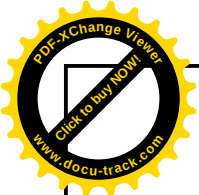
Introduction

Les fongicides sont utilisés pour lutter contre les maladies fongiques des plantes en tuant ou en empêchant la croissance des champignons ciblés. Ils attaquent et endommagent les membranes cellulaires ou perturbent la production d'énergie, entraînant la mort des cellules fongiques. Les fongicides sont donc des composés toxiques utilisés en pulvérisation dans les champs agricoles pour gérer les pertes de récoltes dues aux maladies fongiques (Rohit et *al.*, 2023).

Cependant, malgré leurs efficacité, les fongicides présentent de nombreux effets néfastes pour l'environnement et la santé humaine. Leur usage prolongé engendre une contamination des sols, des ressources hydriques et de l'atmosphère, menaçant ainsi la biodiversité. Chez l'être humain, une exposition chronique aux fongicides peut engendrer des maladies graves telles que des cancers, des perturbations hormonales, des affections respiratoires comme l'asthme (Pimentel, 2005).

Pour éliminer ou du moins diminuer ces impacts défavorables. Il est nécessaire d'utiliser d'autres alternatives de contrôle efficaces telles que l'utilisation de biopesticides ou de pesticides botaniques (Maris et *al.*, 2022). Les biopesticides offrent de nombreux bénéfices et s'avèrent être une alternative très prometteuse. Ils sont élaborés à partir d'organismes vivants tels que les animaux et les plantes, et divers micro-organismes (bactéries, champignons, virus). Etant Biodégradables, Ils ne laissent aucune trace toxique dans l'environnement, peuvent être moins coûteux que les pesticides chimiques de synthèse lorsqu'ils sont produits localement et peuvent être plus efficaces à long terme (Koranga et *al.*, 2021). Certains biopesticides sont élaborés à partir d'extraits de plantes, tandis que d'autres à base d'huiles essentielles (Lahlaïli et *al.*, 2023), notamment celles de plantes aromatiques et médicinales reconnue par leur propriétés antioxydants, antibactériennes et antifongiques (Tintino et *al.*, 2024).

Parmi ces plantes, l'*Eucalyptus* représente l'un des principaux genres de la famille *Myrtaceae*, originaire d'Australie et cultivé dans le monde entier (Barbosa et *al.*, 2016), ce genre comprend grands arbres magnifiques et persistants au feuillage aromatique, riche en glandes contenant à huile essentielles. Il constitue ainsi une



source précieuse d'huile d'eucalyptus, largement utilisée dans les domaines pharmaceutique, de la parfumerie et de l'industrie (Batish et *al.*, 2008).

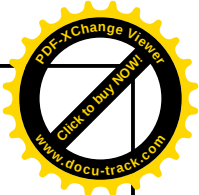
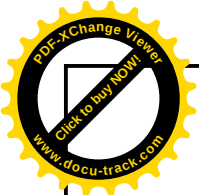
Le genre *Eucalyptus* comprend plusieurs espèces qui sont cultivées en Algérie. Parmi elles, *Eucalyptus globulus* qu'est l'espèce la plus utilisée et la plus exploitée dans les recherches scientifiques. En Algérie. Dans ce contexte, nous avons sélectionné deux autres espèces à savoir *Eucalyptus leucoxylon* et *Eucalyptus camaldulensis* pour valoriser les huiles essentielles de ces deux espèces en tant que fongicide biologique.

L'objectif de ce travail consiste donc à évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles d'*E.camaldulensis* et *E. leucoxylon* sur deux souches fongiques phytopathogène sur les différents paramètres physiologique.

Cependant la problématique suivante est posée: Les huiles essentielles d'*Eucalyptus leucoxylon* et *Eucalyptus camaldulensis* pourraient-elles représenter une alternative efficace et écologique aux fongicides chimiques dans la lutte contre les champignons phytopathogènes des plantes ?

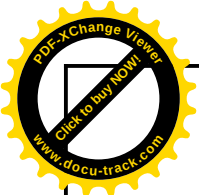
Afin de répondre à cette problématique posée, deux hypothèses ont été formulées :

- Est-ce que l'efficacité antifongique varie selon l'espèce d'*Eucalyptus* utilisée ?
- Est-ce que l'activité antifongique augmente avec la concentration de l'huile essentielle ??



Chapitre I

Synthèse bibliographique



1. Métabolites secondaires et les huiles essentielles

1.1. Métabolites secondaires

1.1.1. Définition

Les métabolites dits secondaires (MS) sont des composés biosynthétisés naturellement par les plantes mais qui ne participent pas directement au métabolisme végétal (Guillaume et Charrouf, 2005). Ils jouent un rôle dans l'interaction de la cellule (organisme) avec son environnement, assurant la continuité de l'existence de l'organisme dans ses écosystèmes. Cependant, ces métabolites ne sont pas indispensables à la vie d'une cellule (organisme) (Pagare et *al.*, 2015 ; Singh et *al.*, 2023). Le rôle principale des MSs est la protection des plantes contre les stress, tant biotiques (ennemies naturels des plantes comme les bactéries, les champignons, insectes...etc.) qu'abiotiques (température plus élevée et Humidité et d'autre stress physique) (Wink, 2010 et Pagare et *al.* 2015).

1.1.2. Classification des métabolites secondaires

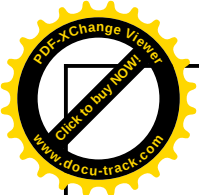
Les métabolites secondaires peuvent être classés en fonction de leur structure chimique, de leur solubilité dans divers solvants ou de la voie métabolique par laquelle ils sont synthétisés. Ils sont généralement classés selon leurs voies biosynthétiques (Tiwari et Rana, 2015).

Selon Kabera et *al.*, (2014), on distingue trois grandes catégories de métabolites secondaires :

- Les terpénoïdes.
- Les alcaloïdes.
- Les composés phénoliques.

1.1.2.1. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes, également désignés sous le nom de terpènes, constituent l'une des plus importantes familles de composés chimiques trouvés dans les produits d'origine végétale et se caractérisent par une diversité structurelle remarquable. Ces terpènes représentent les constituants naturels les plus courants, présentant une large gamme de



variations structurales incluant tant des hydrocarbures linéaires que des structures carbocycliques (Jasim et *al.*, 2023).

1.1.2.2. Les alcaloïdes

Le nom des alcaloïdes dérive de « alcalin » et il était utilisé pour décrire toute base. Ce sont des composés organiques hétérocycliques (Shoker, 2020). Les alcaloïdes contiennent essentiellement des atomes d'azote basiques. Ce groupe inclut également plusieurs composés présentant des propriétés neutres et faiblement acides. Ils font partie des substances végétales les plus diversifiées, efficaces et d'importance thérapeutiques (Roy, 2017).

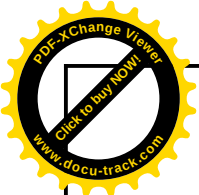
1.1.2.3. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent l'une des principales catégories les plus variées des MSs des plantes qui renferment, dans leurs structures, au moins un cycle aromatique et un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils peuvent être classés en deux catégories distinctes : la première regroupe des composés solubles tels que les flavonoïdes et les phénylpropanoïdes, tandis que la deuxième comprend des composés insolubles comme les lignines et les tanins condensés (Shoker, 2020).

2. Les huiles essentielles

2.1. Définition

Les huiles essentielles (HEs) sont des composés organiques naturels complexes de structures organiques très variées. Le terme « huiles » vient de leur propriété de se solubiliser dans les graisses. Le terme « essentielles » désigne l'odeur dégagée par la plante productrice (Bouyahya et *al.*, 2018). sont généralement des composés aromatiques et volatils provenant de différentes parties des plantes, comme les fleurs, les feuilles, les racines, l'écorce et les graines (Souza, S.D). Les huiles essentielles ne peuvent pas être dissoutes dans l'eau, mais elles peuvent être dissoutes dans les huiles végétales et la plupart des solvants organiques, comme l'alcool et l'éther. Elles ont la capacité de s'oxyder rapidement et de se dissoudre sous l'influence de la lumière (Bouyahya et *al.*, 2018) .



AFNOR, (2000) a donné une définition précise et officielle de l'huile essentielle, qui est comme suit : « produit obtenu à partir d'une matière première naturelle d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe de fruits de citrus (agrumes), soit par distillation sèche, après séparation de l'éventuelle phase aqueuse par des procédés physiques n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».

2.2. Composition chimique

Les HEs peuvent comprendre un mélange de plus de 300 composés. Chimiquement, ces composés appartiennent à plusieurs classes chimiques, telles que les amines, les alcools, les phénols, les éthers et les composés carbonylés tels que les aldéhydes, les cétones, les amides et les esters. Les constituants chimiques des huiles essentielles comprennent les terpènes et les phénylpropanoïdes (Vora et *al.*, 2024).

2.2.1. Les terpénoïdes

C'est le groupe le plus important, près de 3 000 terpènes ont été décrits dans la littérature. Les terpènes sont des composés organiques qui se composent d'une multiplicité de cinq atomes de carbone, avec une formule générale $(C_5H_8)_n$.

Il comprend des monoterpènes, des sesquiterpènes, des diterpènes (Bouyahya et *al.*, 2018) :

a. Monoterpènes

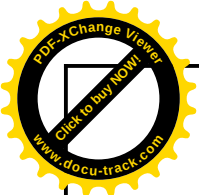
Les monoterpènes (C_{10}) comprennent deux unités isoprène obtenues à partir de fleurs diverses, les fruits et les feuilles. Les monoterpènes sont reconnus comme des éléments essentiels dans les huiles essentielles et parfums. Ils sont les membres les plus aromatiques de la famille des terpènes (Floares et *al.*, 2023).

b. Diterpènes

Ils contiennent 20 atomes de carbone, sont constitués de quatre unités d'isoprène et leur formule chimique est $C_{20}H_{32}$ (Floares et *al.*, 2023).

c. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont des composés qui se composent de trois unités d'isoprène, possédant la formule moléculaire $C_{15}H_{24}$ (Wang et *al.*, 2018)



2.3. L'utilisation des huiles essentielles

On recense actuellement environ 3 000 huiles essentielles, dont 300 présentent un intérêt commercial important, notamment pour les industries pharmaceutique, agronomique, alimentaire, sanitaire, cosmétique et de la parfumerie (Bakkali et *al.*, 2008).

2.3.1. Utilisation pharmaceutique

Les principales propriétés pharmacologiques connues chez certaines HE utilisées on thérapeutique sont les propriétés antiseptiques et antifongiques. De nombreux médicaments exploitent cette propriété antiseptique, particulièrement pour la purification de l'air atmosphérique dans le marché. L'actuelle tendance serait l'utilisation dans les établissements de santé (hôpitaux, cliniques) ainsi que dans les foyers individuels en diffusant de l'huile essentielle dans l'air (Kaloustianet Hadji-Minaglou, 2012).

2.3.2. Dans l'industrie alimentaire

Grâce aux effets antimicrobiennes et antioxydants de certains de leurs constituants, les HE sont utilisées pour rehausser le goût des aliments, et les conservations. Ces agents naturels viennent réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques qui présentent des effets néfastes sur la santé. En effet, l'utilisation des antioxydants synthétiques tels que l'hydroxytoluène butiné (BHT), ainsi que l'hydroxyanisole butilé (BHA) est suspectée à long terme d'effets mutagènes et cancérigènes (Bessah et Benyoussef, 2015).

2.3.3. Parfumerie et cosmétologie

Les huiles essentielles sont utilisées dans les parfums, les shampoings, les dentifrices, les savons, les produits détergent ainsi que dans les crèmes et les gèles (Medjber et Djoudi, 1995 ; Rhayour, 2002 ; Marouf et Tremblin, 2009).

2.3.4. En agriculture

Les huiles essentielles apparaissent comme une alternative naturelle prometteuse pour la protection des cultures, en agissant efficacement contre les insectes, les adventices et les champignons phytopathogènes (Dayan et *al.*, 2009).

2.4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles qui ont progressé de la fabrication artisanale à la production industrielle grâce à l'utilisation de techniques constamment améliorées en fonction des avancées scientifiques. Ces méthodes peuvent varier en fonction de la plante ou un organe de plante (Fourmentin et Kfoury, 2024)

2.4.1. Distillation par entraînement à la vapeur

C'est la méthode la plus couramment utilisée, mais elle n'est pas adaptée à l'extraction des huiles essentielles contenant des composés sensibles notamment hydrolysables (Fourmentin et Kfoury, 2024). Ce processus consiste à faire passer de la vapeur à travers la matière première, ce qui libère les huiles essentielles présentes dans les cellules végétales. La vapeur transporte ces huiles vers un condenseur, où elles sont refroidies et transformées à nouveau en liquide, séparant ainsi l'eau de l'huile (Souza s.d).

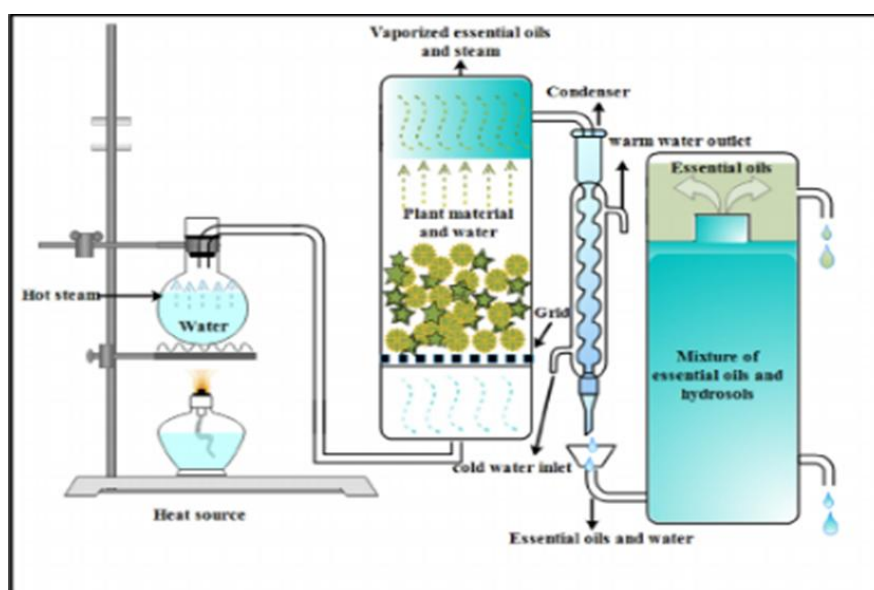


Figure 01 : Schéma du montage de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau. (Khan *et al.*, 2023).

2.4.2. Extraction par CO₂ supercritique

L'extraction au fluide supercritique est une technologie multifonctionnelle qui permet la production des arômes et des parfums sur mesure, car la sélectivité du

fluide supercritique peut être ajustée en définissant les conditions de fonctionnement de la pression et de la température (Gomes et *al.*, 2007).

Dans cette technique, le CO₂ supercritique est le fluide principal utilisé. Il est employé au-delà de ses points critiques physiques, à savoir une température 31°C et une pression de 74 bars (Fleurence, 2021). A l'état supercritique, le CO₂ n'est ni liquide ni gazeux, ce qui lui donne une capacité d'extraction exceptionnelle, ajustable à souhait en manipulant la température d'utilisation (Peron, 1992).

2.4.3. Extraction par expression à froid

Selon Hamid et *al.* (2011), cette méthode est employée pour l'extraction d'huiles d'agrumes comme la bergamote, le raisin, le citron, la lime, entre autres. Les fruits à extraire sont roulés sur une auge dotée de saillies acérées qui pénètrent les écorces, perçant ainsi les petites poches renfermant l'huile essentielle. On presse le fruit entier pour obtenir du jus, qui est par la suite séparé de la pulpe grâce à la centrifugation.

2.4.4. Hydrodistillation

Cette technique traditionnelle sert à obtenir les huiles essentielles à partir de matériaux végétaux tels que les fleurs ou le bois (Khan et *al.*, 2023). Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau et l'ensemble est porté à ébullition (Figure 2) (Boukhatem et *al.*, 2019). La libération de composés bioactifs des tissus végétaux dépend principalement de l'action de la vapeur et de l'eau chaude. Lorsque le mélange d'eau et d'huile est transféré du condenseur au séparateur, l'huile et les substances bioactives se détachent spontanément de l'eau (Khan et *al.*, 2023).

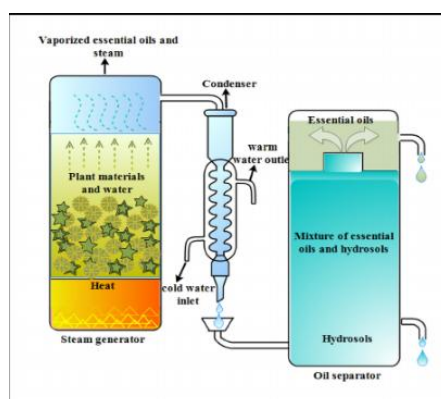
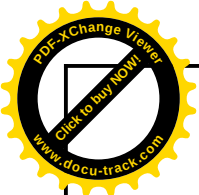


Figure 02 : Schéma du montage de l'extraction par hydrodistillation (Khan et *al.*, 2023).



2.4.5. Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes (MAE) est une méthode d'extraction non conventionnelle rapide et efficace, développée pour extraire des analytes de matrices solides (Kaufmann et Christen, 2002). Dans ce processus, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une chambre hermétique où la pression est progressivement diminuée. Les composés volatils sont transportés par la vapeur d'eau qui se forme à partir de l'eau que possède la plante. On les récupère ensuite en utilisant les méthodes traditionnelles de condensation, refroidissement et décantation (Zenasni, 2014).

2. Généralités sur l'Eucalyptus

2.1. Historique et origine

L'histoire des eucalyptus est toujours reliée aux voyages des navigateurs anglais et surtout Capitaine James Cook (1768-1771) en Nouvelle Zélande (Brooker, 2002). Le genre Eucalyptus a été étudié pour la première fois par un savant français (Chevalier, 1952). Le nom « eucalyptus » provient de deux mots grecs, « eu » signifiant “bien” et “kalyptos” signifiant “couvert”, l'opercule, ou couvercle, du fruit (Kommedahl, 1963).

Les eucalyptus sont généralement considérés comme des arbres emblématiques de l'Australie. En effet, la plupart des nombreuses espèces et sous-espèces d'eucalyptus sont typiques de l'Australie et des îles adjacentes. Cependant, plusieurs espèces poussent à l'état sauvage sur la grande île de Nouvelle-Guinée, au nord de l'Australie, tandis que d'autres se trouvent dans les îles orientales de l'archipel Indonésien, telles que Timor, les petites îles de la Sonde, Flores et Wetar (FAO, 1982).

Les eucalyptus ont été introduits en Algérie entre 1854 et 1860 ; diverses espèces ont produit d'excellentes performances dans les zones subhumides et semi-arides du pays, surtout en dessous de 800 mètres d'altitude, et dans des régions qui reçoivent plus de 400 mm de pluie par an. En 1965, on estimait que les surfaces cultivées s'étendaient sur 28200 hectares (FAO, 1982).

2.2. Répartition géographique

2.2.1 Répartition géographique des eucalyptus dans le monde

Eucalyptus est le genre de feuillus le plus planté au monde, sa croissance rapide et son adaptation aux climats tropical, aride et semi-aride sont les principales raisons de son expansion. Sur les 187 millions d'hectares de plantations forestière mises en place dans le monde entier en 2000, L'Eucalyptus présente 10 % En termes de composition, suivant *Pinus spp.* (20%). Cet arbre couvre plus de 19 million hectares avec un taux de croissance estimé de 35 m³/hectare /an (FAO, 2005; Albaugh et *al.*, 2013). Les plantations d'Eucalyptus sont réparties principalement en Inde, au Brésil, en Afrique.

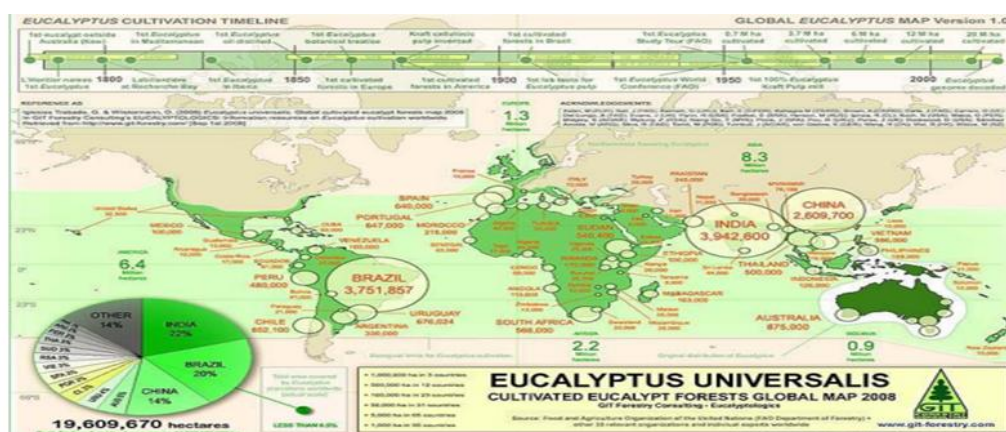


Figure 03 : Répartition globale des plantations d'*Eucalyptus spp* (Git-forestry, 2025).

2.2.2. Répartition géographique des eucalyptus en Algérie

Selon FAO, (2012); Meddouar et Elderriji, (2012), le reboisement d'eucalyptus représente un taux de 2 % avec une superficie de 29355 hectares répartie dans différentes wilaya du Nord (El taraf, Skikda, Jijel, Bejaia, Annaba, Tizi Ouzou, et les wilayas Tlemcen, Tissemsilt, Sidi Bel Abbes, Tipaza, Bouira et Guelma.

L'espèce provenant semble être l'*E.camadulensis* mais d'autres espèces furent introduites dans des placettes d'essais notamment à Reghaia, Bouchaoui et El Alia, dans la région d'Alger (Nait Achour, 2012). Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'Eucalyptus ont concernés notamment l'Est (El Kala, Annaba, Skikda), le centre (Tizi-Ouzou, Bainem) et l'ouest Mostaganem afin de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers (Foudil-Cherif, 1991). Les espèces *E.globulus*, *E.camadulensis*, *E.gomphocephala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (Russell et Culter, 2008).

3. Classification:

Le genre *Eucalyptus* est une angiosperme dicotylédone de la famille des Myrtacées. La principale classification est celle de (Pryor et Johnson, 1971) qui définit sept sous-genres (Corymbia, Blakella, Eudesmia, Gaubaca, Idiogenes, Monocalyptus et Symphyomyrtus). Plus récemment, les sous-genres Corymbia et Blakella ont été formellement séparés du reste des Eucalyptus et placés dans un nouveau genre Corymbia (Hill et Johnson, 1995). Dans la nouvelle classification établie par le groupe des angiospermes (AGPIII, 2009), l'Eucalyptus est classé comme suit (tableau 01)

Tableau 01: Classification de l'*Eucalyptus*.

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Trachebionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Famille	<i>Myrtaceae</i>
Genre	<i>Eucalyptus</i>

4. Description morphologique

- L'eucalyptus est un arbre de 30 à 35 m, jusqu'à 100 m dans son milieu naturel (Goetz et Ghedira, 2012).
- L'écorce des arbres varient d'une apparence fibreuse à écailleuse, L'écorce de nombreuses espèces est lisse et s'exfolie ou se détache par plaques (Potts et Pederick, 2000).
- Les feuilles sont: persistantes, coriaces, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux: les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, opposées, sessiles, ovales, bleu-blanc et cireuses, avec un vrai limbe nervuré. Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, falciformes, longues de 12 à 30 cm, étroites, pointues, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées, alternes et pendantes verticalement (Goetz et Ghedira, 2012).

- Les fleurs sont dépourvu de pétale et ont des étamines proéminentes, elles sont recouvertes par un opercule qui protège les étamines.
- Le fruit est une capsule lignifiée qui est mûre au bout d'un an. Elle contient des graines en général petites qui sont dispersées par le vent (Potts et Pederick, 2000).



Figure 04: Morphologie de l'eucalyptus 1:arbre, 2 fleur, 3 fruit (CABI, 2025).

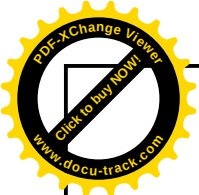
5. Importance d'eucalyptus

5.1. Importance économique

L'Eucalyptus est l'un des arbres les plus répandus dans le monde. Son grand intérêt économique est dû à leur croissance rapide, leur grande capacité d'adaptation à divers sols et climats, et la polyvalence notable de leur bois (Kirch et *al.*, 2011). De plus, l'Eucalyptus est parmi les plantes les plus riches en huiles essentielles (Ben Marzoug et *al.*, 2011). En raison de leur abondance et de leur variété, les forêts d'eucalyptus et les terres boisées fournissent une énorme ressource de bois de feuillu (Boland et *al.*, 2006).

5.2. Importance écologique

Eucalyptus est parmi les arbres les plus répandu dans le monde. Il pousse bien même sur un sol pauvre et pousse plus vite par rapport à la plupart des espèces d'arbres indigènes (Bayle, 2019). En Algérie, où l'arboriste français Madon a vécu pendant une période, les eucalyptus ont été largement utilisés pour l'amélioration des conditions de santé lors de la lutte contre le paludisme (Ilseven et Baştaş, 2018).



De nombreuses espèces se développent dans les terrains marécageux qu'elles assainissent, car leur transpiration abondante entraîne le pompage intense de l'eau du sol. Cette particularité qui a valu d'abord à ces arbres leur succès mondial, et à partir de là, les plantations de cet arbres ont été effectuée pour lutter contre le paludisme (Brosse 2010).

6. *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh., 1832)

Eucalyptus camaldulensis est un arbre originaire d'Australie également connu sous les noms du gommier rouge. C'est l'une des espèces d'*Eucalyptus* les plus largement répandues. Elle est également considérée comme l'un des arbres les plus plantés au monde, avec environ 5 millions d'hectares cultivés (Sabo et Knezevic, 2019 ; Sánchez-Loredo et *al.*, 2024)

C'est un arbre très variable selon les conditions de son milieu. Il peut atteindre 30 à 40 mètres de hauteur dans les régions humides, ou rester bas et étalé (moins de 10 mètres) dans les zones arides. Le tronc peut atteindre plus de 2 mètres de diamètre.

- Écorce : lisse et de couleur blanche, grise, vert jaunâtre, vert gris ou rose gris.
- Feuilles : sont longues et étroites, en forme de lance (lancéolée), avec une pointe fine. Elles mesurent entre 8 et 30 cm de long, et entre 0,7 et 4,2 cm de large. Elles sont vertes ou gris-vert, avec la même couleur sur les deux faces.
- Le pétiole (petite tige qui relie la feuille à la branche) mesure entre 1,2 et 1,5 cm.
- Fleurs : sont regroupées en petites inflorescences simples à l'aisselle des feuilles. Chaque groupe contient de 7 à 13 fleurs, sont blanches.
- Fruits : Les fruits sont en forme de petite capsule hémisphérique ou ovoïde, de 5 à 8 mm de long et de large, avec un disque bien marqué et 3 à 5 valves qui dépassent (Arnold et Luo, 2018).

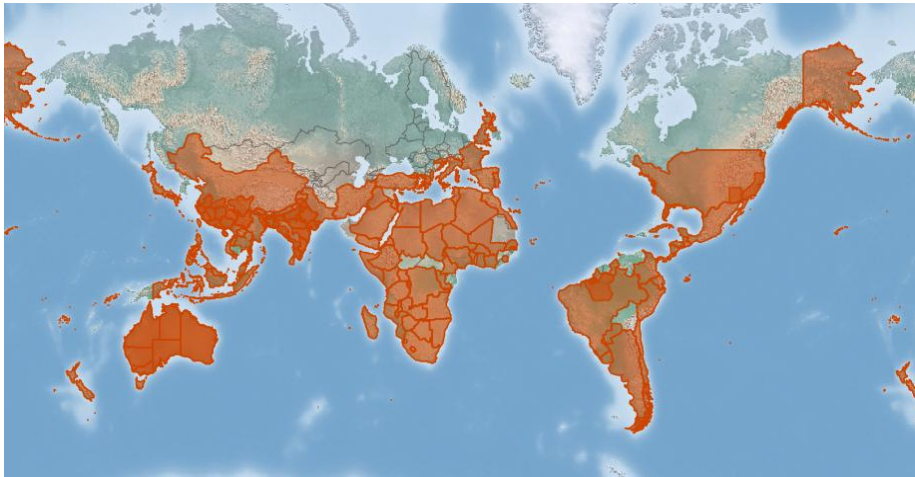


Figure 05: Distribution géographique d'*Eucalyptus camadulensis* dans le monde (CABI, 2025).

7. *Eucalyptus leucoxylon* F. Muell 1855:

Eucalyptus Leucoxylon, originaire de l'Australie méridionale (Gildemeister et Hoffmann, 1900), est appelée communément yellow gum, bleu gum ou white gum (en anglais) (Boland et McDonald, 2006). C'est une espèce botanique qui se divise en plusieurs sous-espèces, est localisé dans le sud de l'Australie-Méridionale ainsi que dans les régions centrales et occidentales de l'État de Victoria (Brooker, 2002). C'est un arbre de 10 à 16 m de hauteur et d'un diamètre de 0,6 m. Il a une écorce rugueuse et base lisse est tachetée de stries blanches, jaunes, grises et bleues (Boland et *al.*, 2006). Les feuilles sont pétiolées, avec un limbe lancéolé à coloration bleu-vert (Rule, 1998). Les fleurs sont de couleur blanche et rouge (Kinney, 1895). Les fruits sont semi-ovales, légèrement rétrécis à l'ouverture, les valves de la capsule restent incluses à l'intérieur (Maiden, 1914). Le bois qu'il propose est inégalable, même comparé à d'autres, pour sa force, sa dureté et la simplicité de sa manipulation (De Noter, R.1912).

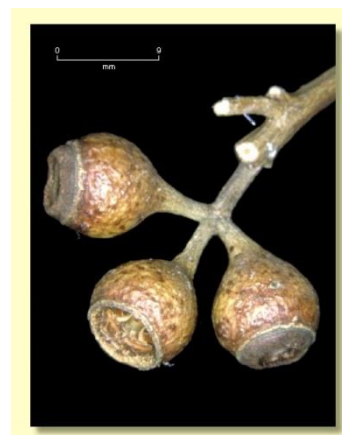
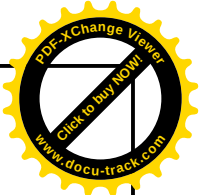
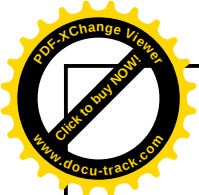


Figure 06: Fleur et cône d'*E. Leucoxylon* (CABI, 2025)



3. Les champignons phytopathogènes

3.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes

Les champignons est un groupe très hétérogène dont la caractéristique commune essentielle est la nutrition hétérotrophe par absorption, qui peut se manifester sous forme de parasitisme, de saprophytisme ou de symbiose. (Suty, 2010). Les champignons phytopathogènes sont l'un des principaux organismes pathogènes qui affectent les plantes. Etant responsables de pertes importantes en agricultures (Fernández-Acero et *al.*, 2007). Également, appelés telluriques, ils constituent un groupe d'organismes microscopiques hétérotrophes, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées (khanaoui et *al.*, 2024). Les maladies des plantes résultent de la production de toxines par les champignons phytopathogènes. Ces toxines affectent les chloroplastes, les mitochondries et la membrane cellulaire de l'hôte, provoquant une altération et la dégradation du métabolisme. De plus, les toxines interfèrent avec la synthèse des protéines et des acides nucléiques, ce qui entraîne des troubles physiologiques, la mort cellulaire et finalement la mort de la plante hôte (Behera, 2023).

3.2. Classification des champignons phytopathogènes

La classification phylogénétique des champignons a connu une profonde transformation au cours des deux dernières décennies, grâce aux avancées en biologie moléculaire, notamment l'analyse des séquences d'ADN ribosomique, de gènes codant pour des protéines spécifiques, et dans certains cas, de génomes complets. Sur les 50 classes, 5 regroupent la grande majorité des espèces phytopathogènes (Oliver, 2024).

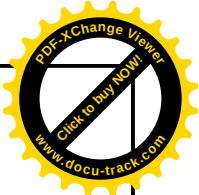
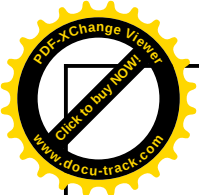
Tableau 02 : La classification générale des champignons phytopathogènes et leurs caractéristiques.

Division (phylum)	Les principaux caractéristiques	Les références
Ascomycota	Mycélium cloisonné (septé) Reproduction sexuée avec des spores appelées ascospores Reproduction asexuée avec des spores conidies Spores non flagellées	(Corbaz, 1983)
Basidiomycota	Mycélium cloisonné (septé), filamenteux Reproduction sexuée avec des basidiospores Spores non flagellées	(Canard et Senequier Crozet, 2016)
Chytridiomycota	Reproduction sexuée et asexuée Spores flagellées	(Willey et <i>al.</i> , 2018).
Deuteromycota	Pas de reproduction sexuée. Mycélium siphonné (non cloisonné). Spores non flagellées.	(khanaoui et <i>al.</i> , 2024)
Zygomycota	Comprend 2 classes : Trichomycètes et zygomycètes Reproduction : Sexuée par des zygospores Asexuée par des spores conidies	(Lennartsson, 2012)

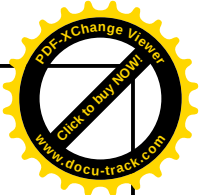
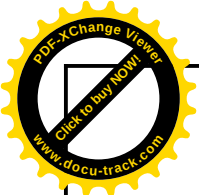
3.3. Dégâts et symptômes causés par les champignons phytopathogènes

Les champignons provoquent des symptômes cutanés ou généraux sur leurs hôtes, et ces symptômes peuvent apparaître séparément, simultanément ou se succéder. En général, ils provoquent une nécrose locale ou générale des tissus végétaux, et ils entraînent souvent une croissance réduite (retard de croissance des organes végétaux ou de plantes entières). Quelques champignons provoquent une croissance excessive de plantes infectées ou de parties de plantes. Selon Agrios (2005), Les symptômes nécrotiques les plus courants sont les suivants:

- Taches foliaires** : Taches localisées sur les feuilles de l'hôte, constituées de cellules mortes et affaissées.
- Brûlure** : Brunissement général et extrêmement rapide accompagné de la mort des feuilles, des branches et des organes floraux.
- Chancre** : Lésion nécrotique localisée sur une tige ou sur un organe d'une plante.



- Dépérissement** : Nécrose étendue des rameaux commençant à leurs pointes et avançant vers leurs bases.
- Pourriture des racines** : Désintégration ou décomposition d'une partie ou de la totalité du système racinaire d'une plante.
- Fonte des semis** : Mort rapide et effondrement des semis jeunes.
- Pourriture basale de la tige** : Désintégration de la partie inférieure de la tige.
- Pourriture molle et nourriture sèche** : Macération et délitage des fruits, racines, bulbes, tubercules et feuilles charnues.
- Anthraxnose** : Lésion nécrotique et enfoncée ressemblant à un ulcère sur la tige, la feuille, le fruit ou la fleur de la plante hôte.
- Gale** : Lésions localisées sur les fruits, les feuilles, les tubercules, etc. de l'hôte, généralement légèrement surélevées ou enfoncées et fissurées, donnant un aspect galeux
- Déclin** : Perte progressive de vigueur ; plantes poussant mal ; feuilles petites, cassantes, jaunâtres ou rouges ; présence d'une certaine défoliation et d'un dépérissement



Chapitre II :

Matériel et Méthode

1. Objectif

L'objectif de notre étude consiste à évaluer l'activité fongicide des huiles essentielle de deux espèces d'Eucalyptus à savoir *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus Leucoxylon*, sur la croissance mycélienne la germination et la sporulation de deux souches de champignon phytopathogène à savoir : *Sclerotinia spp*, *Pestalotiopsis spp*.

2. Présentation de zone de prélèvement

Le prélèvement du matériel végétal utilisé dans l'extraction a été effectué au niveau d'un milieu naturel qui est la forêt de Baïnem. Cette dernière s'étend sur environ 504 hectares au sein de la commune de Bains Romains (El Hammamet). La forêt de Bainem se compose d'un ensemble de collines dont l'altitude varie entre 80 et 500 mètres, formant les contreforts occidentaux du massif de Bouzaréah. Son sous-sol est constitué de micaschistes, des roches métamorphiques, recouverts à l'ouest de formations argileuses et de sables rouges d'origine pliocène. Les sols qui en résultent, à tendance acide, abritent une végétation naturelle composée principalement de chêne-liège, chêne kermès, pin d'Alep et oléastre. En 1956, la forêt de Baïnem a été presque entièrement détruite par un incendie. Elle a ensuite été reboisée, principalement avec des Eucalyptus, mais aussi avec des pins et des frênes. Un arboretum de 50 hectares y a été créé pour introduire diverses espèces exotiques comme l'eucalyptus, le pin, le chêne, le cèdre, etc. (Meziane,2004)



Figure 07: Localisation de la forêt Baïnem (Google Earth, 2025).

3. Matériel utilisé :

3.1. Matériel biologique :

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est composé d'un matériel végétal représenté par deux espèces d'*Eucalyptus* et un matériel fongique.

3.1.1. Matériel végétal :

Dans le cadre de notre travail, nous avons utilisé deux (02) espèces d'*Eucalyptus* à savoir : *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus leucoxylon*, plus précisément les rameaux et les feuilles frais pour l'extraction des huiles essentielles. L'utilisation de matériel végétal frais a permis de préserver au mieux les composés actifs présents dans les plantes.

3.1.2. Matériel fongique :

Nous avons utilisé deux souches de champignon phytopathogènes à savoir : *Sclerotinia* sp, *Pestalotiopsis* sp. Le premier champignon fourni par la Mycothèque de la SRPV de Boufarik, il a été isolé à partir des plantes de tomate cultivées sous serre à Staoueli (Alger). Cependant, le deuxième est un champignon phytopathogène des arbres forestiers fourni par l'INRF, il a été isolé à partir de cyprès vert de la forêt du 19 juin Bouzaréah, 2023 par Aouali S., (attachée de recherche au niveau de l'INRF).

Sclerotinia spp : est un champignon pathogène, responsable de l'une des maladies les plus destructives affectant les tomates. Il peut se développer dans les serres ou en plein champ affectant principalement les tiges, les feuilles et les fruits (Zhou et *al.*, 2022).

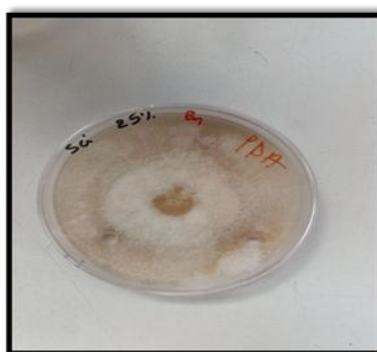


Figure08 : Souche fongique de *Sclerotinia* sp (Photo originale, 2025)

Pestalotiopsis spp : est généralement retrouvé comme champignon endophyte chez les plantes des forêts tropicales. Ce champignon a été isolé en tant qu'agent pathogène des feuilles et des tiges de plantes tropicales d'importance économique telles que les palmiers, les pins et les néfliers et un grand nombre de plantes ornementales (Li et al., 2001).



Figure09: Souche fongique de *Pestalotiopsis sp* (Photo originale, 2025)

3.2. Matériel non biologique :

3.2.1. Sur terrain :

- Sachets en plastique pour recueillir les organes végétaux.
- Ciseaux pour couper les branches.

3.2.2. Au laboratoire

Le matériel utilisé au niveau de laboratoire est rapporté sur le tableau 03

Tableau 03 : Matériel non biologique et produits de laboratoire.

Verreries et autres	Appareillage	Réactifs et solutions
1-Bécher 2-Eprouvette graduée 3-Micropipette 4-Pipette pasteur 5-Boîte pétri 6-Entonnoir 7-Flacon ombré	8-Agitateur magnétique 9-Plaque chauffante 10-Balance électronique 11-Bec benzène 12- Autoclave 13-Étuve 14-Hydro distillation	15-Agar poudre 16-Glucose poudre 17-Tween 80 18-Eau distillée



Figure 10: Matériel non biologique utilisé dans laboratoire (Originale, 2025).

4. Méthode de travail :

4.1. Prélèvement des organes végétaux :

Nous avons effectué un prélèvement de feuilles et de rameaux de deux espèces eucalyptus au mois de mars 2025 à niveaux de deux plantations d'Eucalyptus (*E. camaldulensis* et *E. leucoxylon*) à la forêt de Bainem. Les arbres, à partir desquels nous avons prélevé les organes végétaux utilisés pour l'extraction des huiles essentielles, ont été sélectionnés de manière aléatoire. La quantité prélevée a été de 14 kg pour *E. leucoxylon* et 6 kg pour *E. camaldulensis*.



Figure 11 : Feuilles et rameaux d'*E. leucoxylon* (Photo originale, 2025)



Figure 12: Arbre d'*Eucalyptus leucoxylon* (photo originale, 2025).



Figure 13 : Feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* (Originale, 2025).



Figure 14 : Arbre d'*Eucalyptus camaldulensis* (Originale, 2025).

4.2. Extraction des huiles essentielles (HEs) :

4.2.1. Méthode d'extraction :

Les huiles essentielles ont été extraites à partir des feuilles et des rameaux des deux espèces d'Eucalyptus, en utilisant la méthode d'hydrodistillation. L'opération a été réalisée chez BIO-EXTRAPMAL, une entreprise située à Oued El Alleug, dans la wilaya de Blida. Cette méthode consiste tout d'abord à placer la matière végétale fraîche dans l'eau, généralement sur un plateau perforé situé dans la partie supérieure de la cuve d'un alambic remplie d'eau, en utilisant en moyenne 1kg de plante pour 2 litres d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition pendant environ deux heures. La vapeur d'eau ainsi générée monte et entre en contact avec la matière végétale, absorbant ses composés aromatiques. Elle est par la suite orientée vers un serpentin refroidi, où elle se condense lorsqu'elle entre en contact avec le froid et devient un liquide aromatisé. Ce liquide, composé d'eau et d'huile essentielle, est alors récupéré dans un essencier.



Figure 15: Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation de type alambic (originale, 2025).

Le liquide obtenu a transférée dans une ampoule à décantation, où il se sépare en deux phases :

- Phase aqueuse (hydrolat).
- Phase organique (huile).

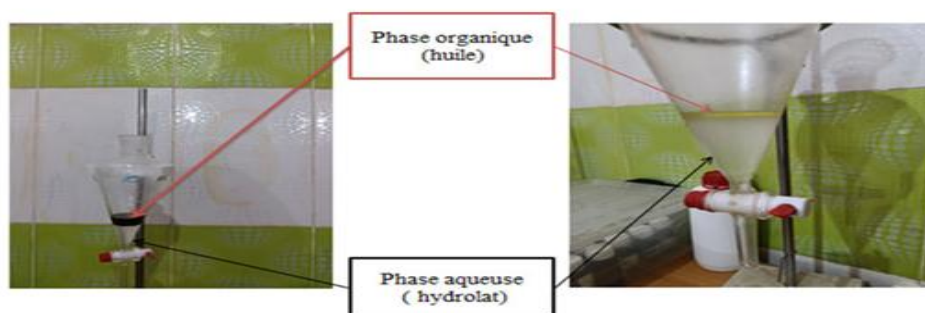


Figure 16 : Phase de séparation par décantation (originale, 2025).

Enfin, les huiles essentielles sont conservées dans des flacons ambrés afin de les protéger de la lumière.



Figure17 : HE d'*Eucalyptus leucoxylon* (Originale, 2025).



Figure18: HE d'*Eucalyptus camaldulensis* (Originale, 2025).

4.2.2. Calcul du rendement:

Le rendement en huile essentielle (RHE) exprimé en (%) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle (MHE) en (g) obtenue et la masse de matière végétale fraîche (MF) en (g). Il est calculé par l'équation suivante (Amara et *al.*, 2019) :

$$\text{RHE (\%)} = \text{MHE} / \text{MF} \times 100$$

Ou :

R : Rendement en huile essentielle (%).

MHE: masse de l'huile essentielle en gramme (g)

MF : masse du matériel végétal fraîche en gramme (g)

5. Evaluation de l'activité antifongique:

5.1. Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) :

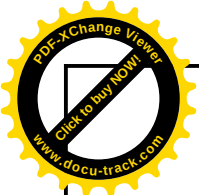
L'infusion de pomme de terre a été préparée en faisant bouillir dans l'eau 200 g de pommes de terre coupées (lavées mais non pelées) dans de l'eau pendant une 30min à 1h. Ensuite, il faut laisser reposer le mélange ou le filtrer à l'aide d'un coton à fromage. On procède ensuite à la dilution en ajoutant de l'eau distillée pour atteindre un volume total d'un litre. Ensuite, on incorpore 20 g de glucose et 30g d'agar en poudre, suivi d'une stérilisation par autoclave à 120°C pendant une durée de 20 minutes (Saddek et *al.*, 2021) (**Figure 19**) (voir l'annexe).

5.2. Préparation des concentrations de l'HE:

Pour évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* (EC) et d'*Eucalyptus leucoxylon* (EL), différentes concentrations ont été préparées en utilisant le solvant Tween 80 comme émulsifiant (Boukhatem et *al.*, 2014). Les concentrations testées étaient de 75% , 50 %, 25 %, 10 % et 5 %, obtenues en mélangeant des volumes précis d'extrait d'huile essentielle avec le Tween 80. Un témoin contenant uniquement le solvant (Tween 80) a également été utilisé pour comparer les résultats. La même méthode a été appliquée pour les deux huiles.

Tableau 04 : Concentrations testées pour l'évaluation de l'activité antifongique

Dilutions	Concentrations	Quantités
Première dilution	5%	50µl HE+950µl Tween80
Deuxième dilution	10%	100µl HE+900µl Tween80
Troisième dilution	25%	250µl HE+750µl Tween80
Quatrième dilution	50%	500µl HE+500µl Tween80
Cinquième dilution	75%	750µl HE+250µl Tween80
Sixième dilution	100%	1000µl HE+0µl Tween80



5.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antifongique :

Deux méthodes ont été utilisées : la méthode des puits avec les huiles essentielles pures et la méthode de l'étalement direct sur milieu solide pour tester différentes concentrations. Ces deux techniques ont permis de comparer l'efficacité des huiles essentielles à l'état pur et dilué.

5.3.1. Diffusion sur milieu solide par la technique des puits :

La méthode de diffusion en puits d'agar est largement utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des plantes ou des extraits microbiens. De manière similaire à la procédure utilisée dans la méthode de diffusion sur disque, la surface de la plaque d'agar est inoculée en étalant un volume d'inoculum microbien sur toute la surface de l'agar. Ensuite, un trou d'un diamètre de 6 à 8 mm est percé à l'aide d'une pipette pasteur stérile, et un volume 50µL de l'agent antimicrobien ou de la solution d'extrait à la concentration souhaitée est introduit dans le puits. Les plaques d'agar sont ensuite incubées dans des conditions appropriées température 28°C±2 (Balouri et *al.*, 2016).

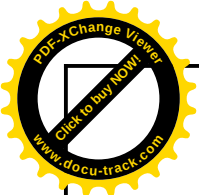
5.3.2. Méthode d'étalement (contact directe) :

Cette méthode consiste à déposer 100ul de chaque concentration d'huile essentielle sur la surface de milieu PDA qui a été coulé et solidifié à l'aide d'une micropipette. Puis réaliser un râteau à l'aide d'une pipette Pasteur et étaler la goutte sur toute la boîte, ensuite placer un disque de mycélium au centre de la boîte. Finalement chaque boîte de pétri a été fermée à l'aide de para film pour prévenir la contamination. (Mohammadi et *al* ; 2015).

5.4. Evaluation de la croissance mycélienne :

La croissance mycélienne des isolats des *Sclerotinia sp* et *Pestalotiopsis sp* a été étudiée à différentes concentrations pour déterminer la concentration de croissance optimale des isolats de *Sclerotinia spp* et *Pestalotiopsis spp*. Dans ce sens, un disque de 5 mm de diamètre d'une croissance active de la culture de chaque isolat a été inoculé au centre d'une boîte de Pétri contenant le milieu PDA et incubé séparément à des concentrations respectives de 5%.10%,25%,50%, 75% et 100%.

Pour chaque concentration, le diamètre de la colonie a été déterminé selon les deux directions perpendiculaires (Sakhr, 2009 ; Suresh et *al.*, 2010).



La formule suivante est utilisée pour calculer le taux d'inhibition de la croissance du mycélium des champignons testés "I_c" (Serghat et *al.*, 2004):

$$I_c (\%) = (D_0 - D_c) / D_0 \times 100$$

Ou :

I_c : pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

D₀ : la croissance diamétrale du témoin.

D_c : la croissance diamétrale du champignon en présence d'une concentration (c) du fongicide.

5.5. Evaluation de la sporulation :

La sporulation de chaque colonie fongique a été déterminée et exprimée en concentration de spores. Pour cela 5 ml d'eau distillée stérile ont été rajouté à chaque boîte de Pétri contenant les colonies de *Sclerotinia spp* et de *Pestalotiopsis spp* cultivées sur un milieu PDA à une température de 28 °C. Cette dernière a ensuite été raclee, puis la quantification des spores a été réalisée à l'aide d'un hémacytomètre (cellule de Malassez) (Suresh et *al.*, 2010).

$$I_s = (N_0 - N_c) / N_0 \times 100$$

Ou :

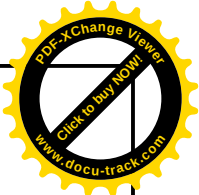
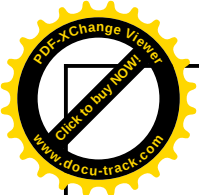
I_s : pourcentage d'inhibition de la sporulation.

N₀ : étant le nombre moyen de spores estimé chez le témoin.

N_c : le nombre moyen de spores estimé en présence du fongicide.

5.6. Evaluation de la germination :

L'évaluation des spores, qu'elles soient germées ou non, se fait par observation au microscope. On considère qu'une spore est germée lorsque la longueur du tube de germination excède son diamètre le plus petit (Serghat et *al.*, 2004).



Le pourcentage d'inhibition de la germination des spores "Ig" est déterminé selon la formule suivante (Serghat et *al.*, 2004):

$$Ig = (N0 - Nc) / N0 \times 100$$

Ou :

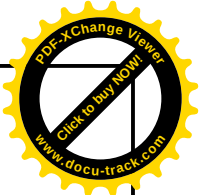
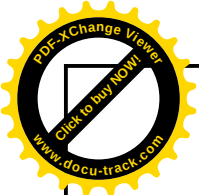
Ig : pourcentage d'inhibition de la germination des spores.

N0 : le nombre de spores ayant germé dans le milieu de culture sans fongicide.

Nc : le nombre de spores germées en présence d'une concentration (c) du fongicide.

6. Analyse statistique :

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab version 21, en utilisant le test ANOVA ONE WAY et le Modèle Linéaire Général (GLM) pour déterminer la variance.



Chapitre III :

Résultats et discussion

1. Résultats :

1.1. Rendement de l'extraction des huiles essentielles des deux espèces d'Eucalyptus :

D'après les résultats de rendement d'extraction présentés dans la figure (20), nous constatons que les rendements des espèces *E. camaldulensis* et *E. leucoxylon* sont proches, avec respectivement 0,16% et 0,14%. Toutefois le rendement d'*E. Camaldulensis* présente un rendement légèrement supérieur à celui d'*E. Leucoxylon*.

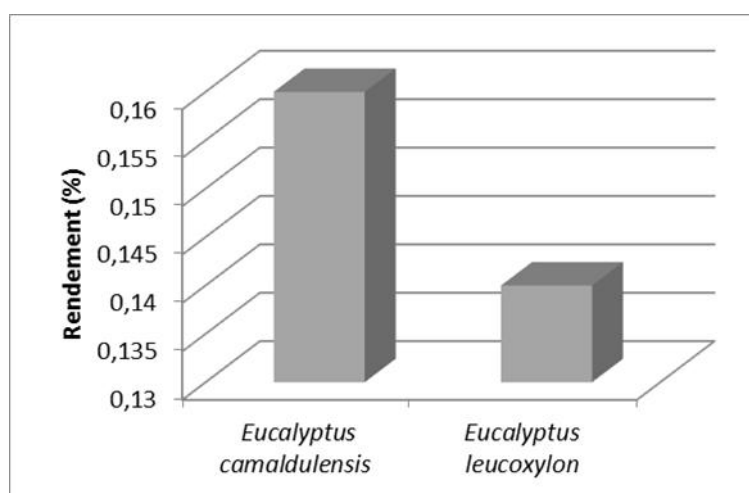


Figure 20 : Rendement des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus leucoxylon*.

1.2. Activité antifongique des huiles essentielles d'*Eucalyptus spp* :

1.2.1. Effet des Huiles essentielles pures des deux espèces sur la croissance mycélienne des deux souches fongique :

Dans cette étape, les huiles essentielles obtenues à partir des deux espèces d'Eucalyptus ont été testées à l'état pur afin d'évaluer leur effet antifongique sur deux champignons : *Sclerotinia sp.* et *Pestalotiopsis sp.* Les tests ont été réalisés selon la méthode de puits sur milieu solide (PDA).

Les résultats montrent que l'huile essentielle d'Eucalyptus leucoxylon particulièrement efficace contre *Sclerotinia spp.* A l'inverse, l'huile d'Eucalyptus camaldulensis s'est révélée plus active contre *Pestalotiopsis spp* (Figure 21).

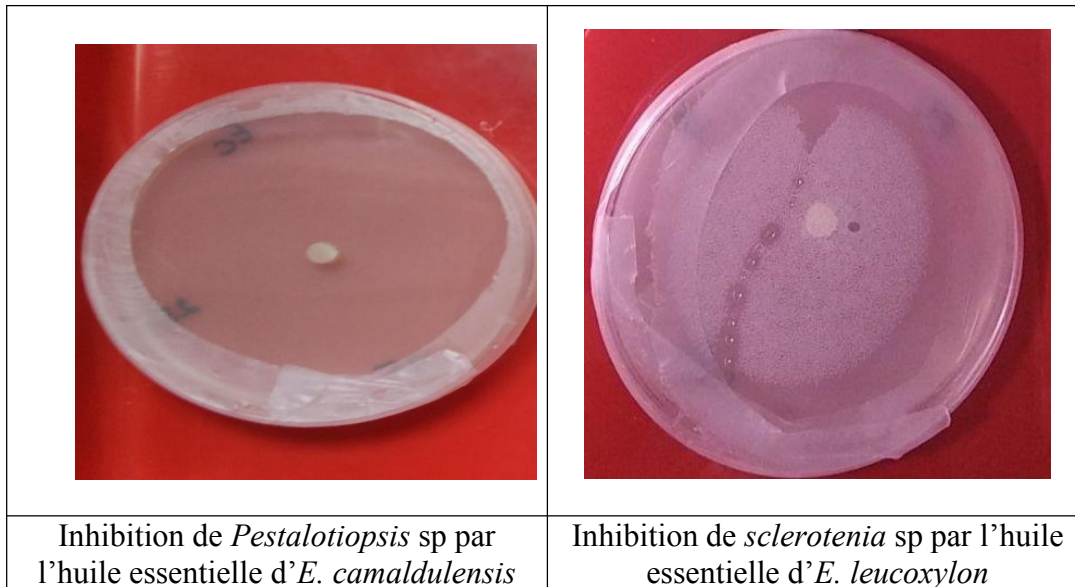


Figure 21: Inhibition de la croissance mycélienne des huiles essentielles pures sur la croissance de deux champignons (**photo originale, 2025**).

Nous avons constaté que l'effet des extraits purs après quatre (04) jours du traitement était différentiel. En effet, La croissance mycélienne de *sclerotinia* traité par *E. leucoxylon* a été plus faible par rapport au témoin et celle traitée par *E. camaldulensis*. Cependant la croissance mycélienne de *Pestalotiopsis* sp traitée par *E. camaldulensis* était plus faible par rapport aux autres. Nous avons observé une nette croissance chez les témoins après (07) jours contrairement chez les autres souches (**Figure 22**).

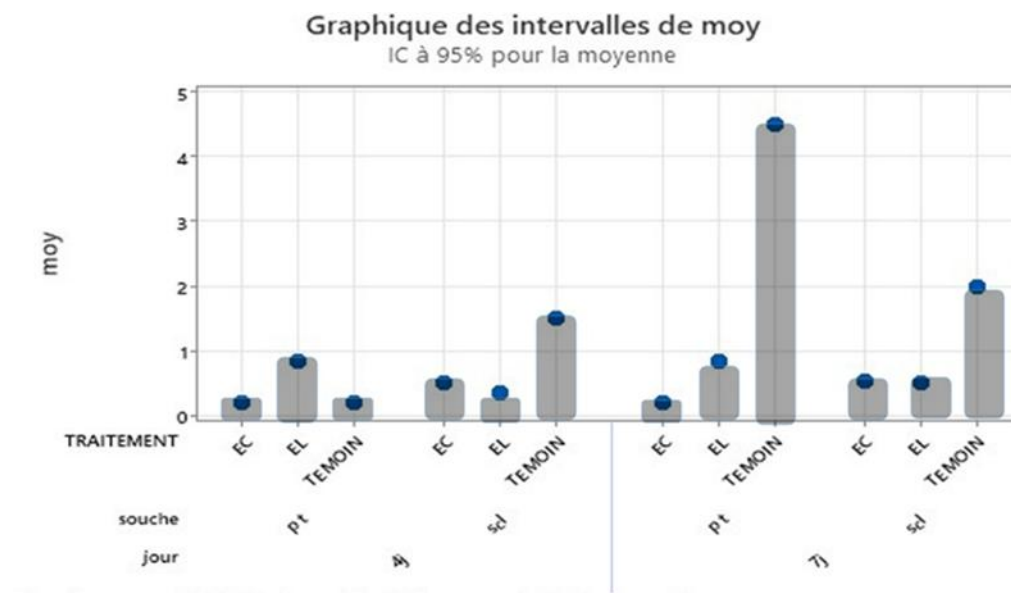


Figure 22 : Croissance mycélienne des deux souches après traitement par les extraits purs des huiles essentielles des *Eucalyptus* spp.

1.2.2. Détermination des Doses inhibitrice de la croissance mycélienne :

L'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* s'est montrée efficace contre *Pestalotiopsis spp* ce qui nous a amenés à tester différentes concentrations (5 %, 10 %, 25 %, 50 % et 75 %) pour mieux évaluer son activité antifongique. Les résultats ont permis d'identifier la concentration de 50 % comme la concentration minimale inhibitrice, à partir de laquelle aucune croissance du champignon n'a été observé (Figure 23).

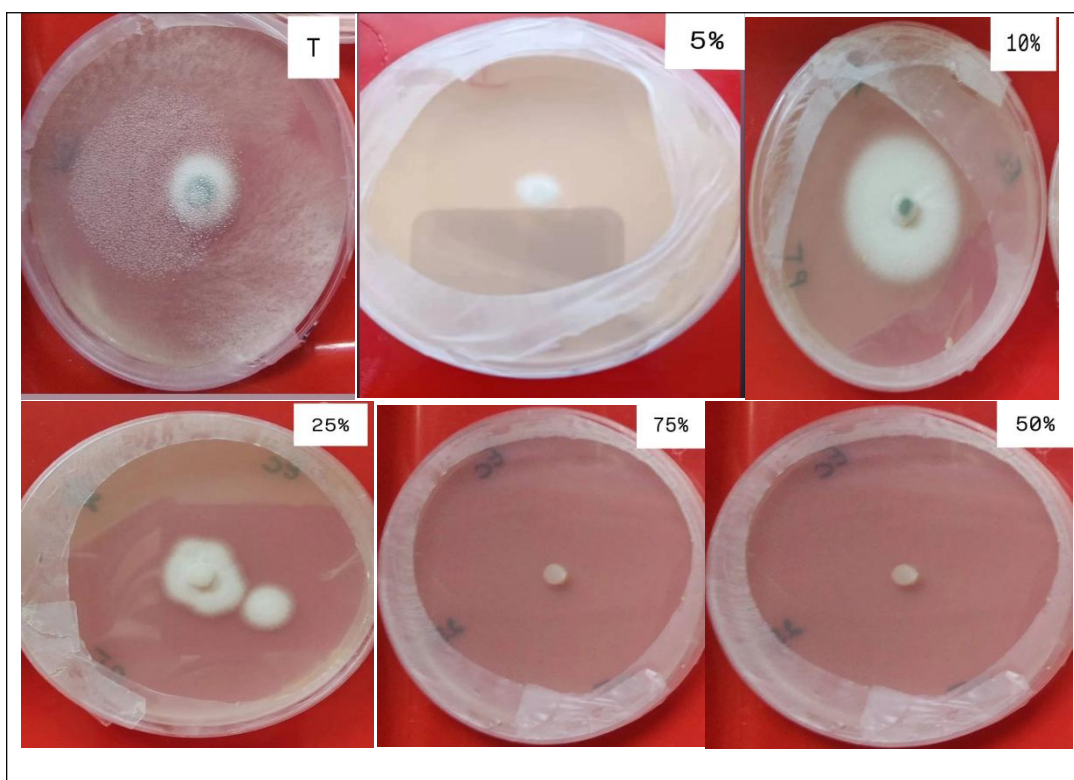


Figure 23: Inhibition de la croissance mycélienne de *Pestalotiopsis sp* par différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* (photo originale, 2025)

L'huile essentielle d'*Eucalyptus leucoxylon* a montré une efficacité contre *Sclerotinia sp* ce qui nous a conduits à évaluer différentes concentrations (5 %, 10 %, 25 %, 50 % et 75 %) afin d'analyser plus précisément son activité antifongique. Les résultats obtenus ont révélé que la concentration de 75 % constitue la concentration minimale inhibitrice (CMI), à partir de laquelle aucune croissance mycélienne du champignon n'a été observée (Figure 24).

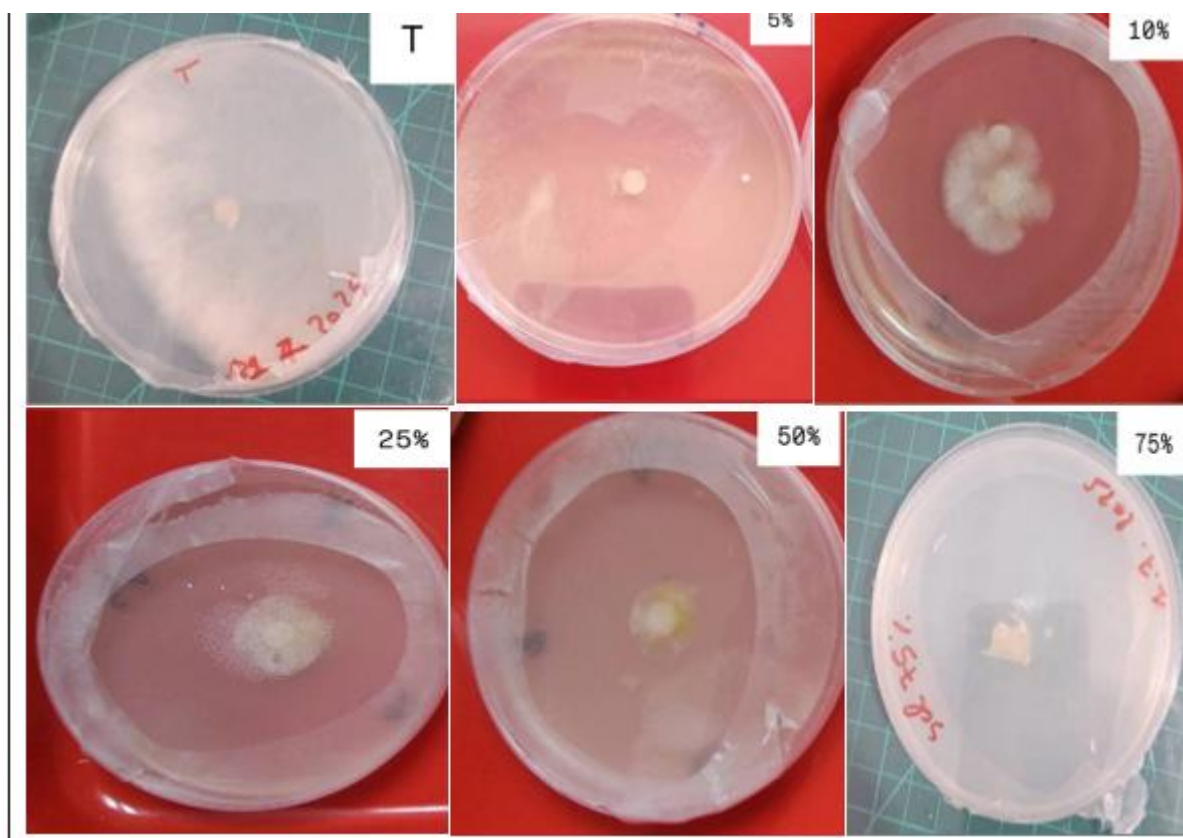


Figure 24: Inhibition de la croissance mycélienne de *Sclerotinia* sp par différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Eucalyptus leucoxylon* (photo originale, 2025).

1.2.3. Effet de la dose des Huiles essentielles (HE) sur la croissance mycélienne :

Après le traitement fongicide à base des HE sur les deux souches, nous avons remarqué que le taux d'inhibition augmente proportionnellement à la concentration, une augmentation de dose entraîne une augmentation du taux d'inhibition. En effet, à la dose 05%, le taux d'inhibition est nul pour les deux souches. A 10%, il dépasse 50% chez la souche *Pestalotiopsis*. Tandis que il reste inférieur à 20% chez *Sclerotinia*.chez cette dernière, le taux d'inhibition maximal est atteint à la dose 75%. En revanche, pour *Pestalotiopsis* l'inhibition la plus élevée est observé à 50% ou le taux atteint 93.75%. Le test de comparaison Turkey, appliqué aux taux d'inhibition pour les doses utilisées des HEs (**Figure 25**), classe l'effet des doses en deux groupes A et B. En effet, la dose 75% (Moy=0,9375), est classé dans le groupe A, taux significativement plus élevé pour les autres. Dose 50% (Moy=0,77), groupe A pas significativement différent de Dose 75% mais supérieur des autres. Le groupe contient la dose Témoins et Dose 5% et dose 10% ou le taux d'inhibition est le plus faible sans différence entre elles. La Dose 25% est statistiquement proche des deux groupes A et

B. L'analyse du Modèle linéaire généralisé Modèle Linéaire Généralisé (GLM) appliqué sur l'effet de dose a montré une différence hautement significative ($P=0,006<0,01$) (Figure 26).

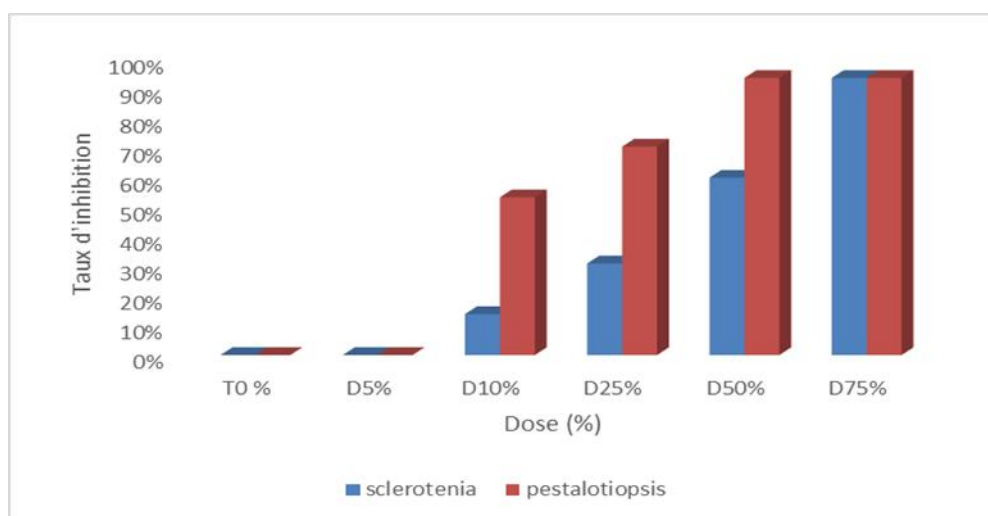


Figure 25: Taux d'inhibition de la croissance mycélienne en fonction de la dose.

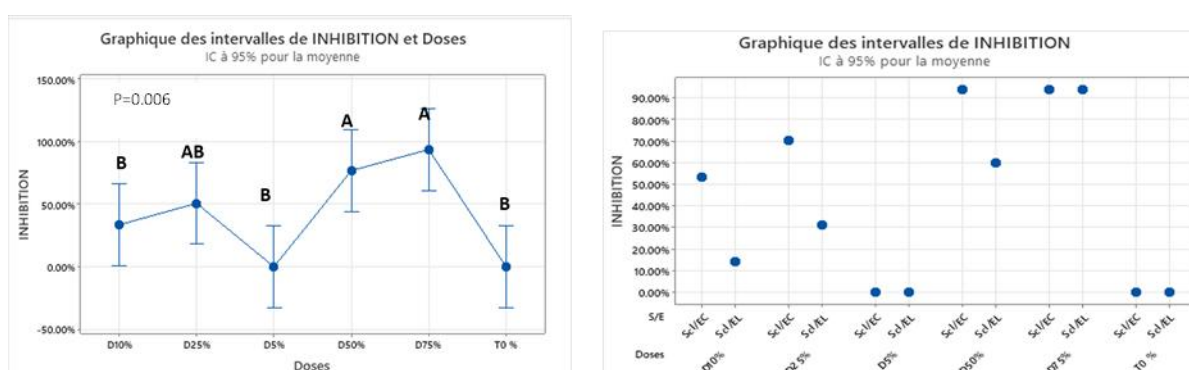


Figure 26 : Effet de différentes doses des HEs sur le taux d'inhibition de croissance mycélienne avec un intervalle de confiance 95%.

1.2.4. Effet des doses inhibitrices des HE sur la sporulation et la germination :

Les résultats relatifs à l'inhibition de la sporulation et la germination après traitement par les doses inhibitrices des croissances mycélienne (75% de l'HE de *E. leucoxylon* pour *Sclerotinia* sp et 50% de l'HE de *E. camaldulensis* pour *Pestalotiopsis* sp.) montrent des taux d'inhibition extrêmement élevée. En effet une inhibition totale (100%) de la germination chez les deux souches fongique et la sporulation de *Sclerotinia* sp a été observée et une inhibition presque totale de *Pestalotiopsis* sp. (98,9%) (Figure 27).

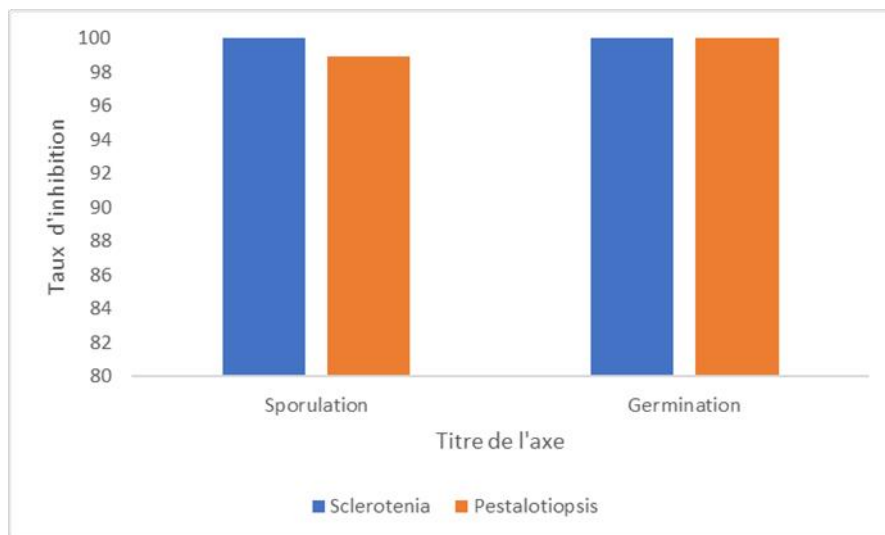


Figure 27 : Taux d'inhibition de sporulation et germination chez les deux souches fongiques %.

Le taux d'inhibition ne varie pas significativement entre les deux paramètres germination et de sporulation et germination ($p=0,5>0,05$). Le traitement a donc une efficacité semblable pour les deux stades fongique (Figure). Nous avons aussi constaté qu'aucune différence significatif entre les deux souches *Pestalotiopsis* sp et *Sclerotenia* sp en termes d'inhibition ($p=0,43>0,05$). Ce qui signifie que l'effet de dose inhibitrice est similaire quel que soit la souche (**Figure 28**).

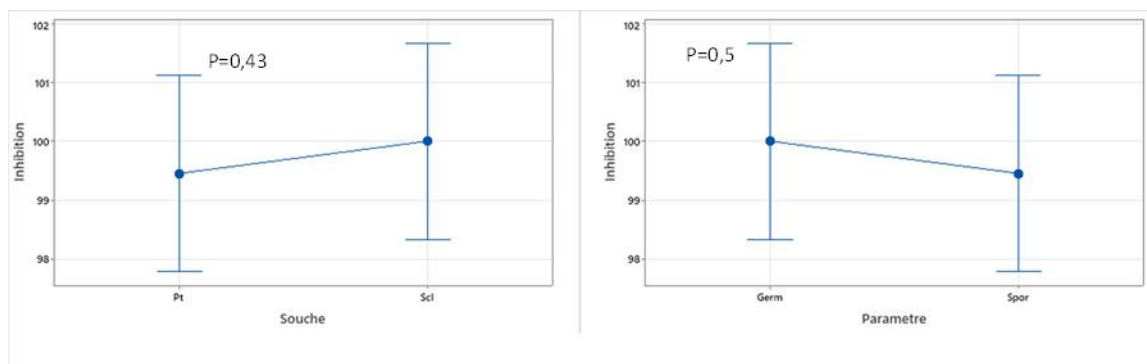
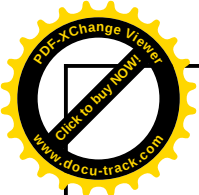


Figure 28: Effet de la souche et des paramètres physiologiques sur le taux d'inhibition%.



2. Discussion :

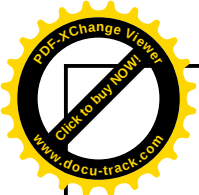
Notre étude visant à évaluer l'activité fongicide de deux espèces d'Eucalyptus sur deux souches fongiques a produits des résultats méritant d'être discutés.

- Les résultats des rendements de l'extraction des huiles essentielle semblent être faibles par rapports aux études réalisées dans le même contexte. En effet Messabhia et Bouacha, (2024) ont rapporté un rendement de 0,13 % des Huiles essentielles d'E. *Camaldulensis*, légèrement inférieur au nôtre, mais obtenu à partir de matière sèche.

D'autres études indiquent des rendements nettement plus élevées des huiles essentielles de la même espèce. Hammana et Necib (2021), ont obtenu 0.8% (méthodes d'extraction par hydrodistillation + matière sèche). Selon Cherit (2023), rendement a été 0.26% par méthode hydrodistillation de type de cleverger + des feuilles fraîches. L'huile essentielle extraite des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*, récoltées dans cinq localités du littoral monténégrin, a été analysée. Le rendement en huile variait de 0,63 % jusqu'à 1,59 % (Dordevic et *al.*, 2013). En ce qui concerne, *E. leucoxylon*, Peu d'études ont été réalisée sur lui, pour comparer le rendement de notre étude. En Iran, un rendement d'huile essentielle plus élevée (1,39%) que le nôtre a été obtenu par une étude réalisée en Iran par Sefidkhon et *al.*, (2007).

Les faibles rendements de notre extraction des huiles essentielles peut être expliqué par la méthode d'extraction utilisés, la période de récolte, l'environnement, le stade phénologique de la plante....etc. ce qui a été confirmé par plusieurs études (Elaissi et *al.*, 2010; Mann et *al.*, 2012 ; Sareriya et *al.*, 2024).

Les résultats obtenus sur l'effet inhibiteur de croissance mycélienne ont montré que la souche *Sclerotenia* sp était plus sensible aux extraits purs d'E. *Leucoxylon* tandis que E. *camaldulensis* n'avait aucun effet sur cette souche. A l'inverse de la seconde souche *Pestalotiopsis* sp, c'est l'extrait d'E. *camaldulensis* qui avait l'effet inhibiteur. Cela signifie que les deux extraits ont montré une efficacité antifongique sélective, ayant un effet sur une souche et inefficace sur l'autre. Ce qui nous conduit à expliquer cela, par la suggestion de plusieurs hypothèses parmi elles:



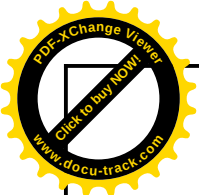
- Composition différentes des huiles essentielles des deux espèces d'Eucalyptus : chaque espèce d'*Eucalyptus* possède des composants bioactifs spécifiques qui pourraient agir différemment.
- Sensibilité, tolérance et résistances de quelques souches : chaque souche à ses caractéristiques biologiques (Perméabilité membranaire, production des toxines et d'enzymes...etc) ce qui est traduit par une variation de sensibilité et de résistance aux composés chimiques présent dans les extraits.
- Mécanisme d'adaptation : chaque souche pourrait avoir des mécanismes spécifiques de désintoxication de certains composés chimiques.

Plusieurs études confirment que la composition chimique des Eucalyptus est différente d'une espèce à l'autre, présentant une efficacité variable selon la souche fongique. En effet, Ayed et *al.*, (2023), dont l'étude portant sur l'effet fongicide des huiles essentielles de huit (08) espèce d'Eucalyptus sur quatre (04) souches fongique, confirment que le taux d'inhibition de croissance mycélienne varie en fonction de l'espèce d'Eucalyptus. Selon Baptista et *al.*, (2015), 1,8-cinéole s'est avéré être le composant prédominant des Eucalyptus, et a un effet anti-fongique important, mais son effet varie en fonction de la souche.

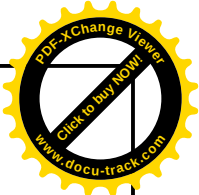
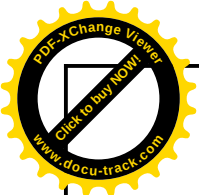
Selon Gakuubi et *al.*, (2017), Les composés les plus abondants identifiés dans l'HE étaient le 1,8-cinéole (16,2 %), l' α -pinène (15,6 %), l' α -phellandrène (10,0 %) et le p-cymène (8,1 %). Ces composantes chimiques ont eu un effet antifongique efficace contre *Fusarium* spp.

L'analyse des résultats montre que le taux d'inhibition mycélienne augmente avec l'augmentation de la concentration testée. En effet les doses minimales d'inhibition de *Sclerotinia* spp et *Pestalotiopsis* spp étaient respectivement à 75% et 50%. Diánez et *al.*, (2018), Ont testé cinq doses de 12 huiles essentielles sur huit (08) souches fongiques, et ont montré que ces huiles ont une activité antifongique vis-à-vis de ces souches en fonction de la concentration. Fontana et *al.*, (2020), dans leurs études ont montré un effet linéaire inverse dose-concentration, où l'inhibition de croissance mycélienne de *Sclerotinia sclerotiorum* augmente avec la dose.

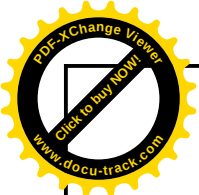
Le taux d'inhibition de la sporulation et la germination étaient totale (100%) ce qui prouve, l'activité anti-fongique efficace des HE des Eucalyptus. Cette efficacité est



attribuée à leur richesse en composés bioactifs tels que 8 cinéole (eucalyptol), l' α pinène et le limonène qui altèrent la perméabilité membranaire, perturbent les fonctions enzymatiques et induisent un déséquilibre oxydatif au sein de la cellule fongique (Boukhatem et *al.*, 2014 ; Gakuubi et *al.*, 2017). Ayed et *al.* (2023), ont montré que l'effet inhibiteur des HE de huit (08) espèce d'*Eucalyptus* variant selon la souche fongique ciblé, indiquant une spécificité d'action liée à la composition chimique des HE.



Conclusion



Conclusion

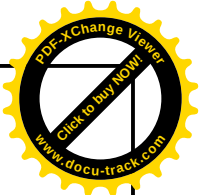
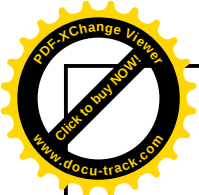
Le travail réalisé dans le cadre de cette étude a permis d'évaluer l'activité fongicide des HE des Eucalyptus (*E. camaldulensis* et *E. leucoxylon*) contre deux souches fongique phytopathogènes : *Pestalotiopsis* sp. et *Sclerotenia* sp.

L'étude de l'activité antifongique a montré une efficacité variable en fonction de l'espèce d'eucalyptus et du champignon ciblé. L'huile d'Eucalyptus camaldulensis à la concentration "50%" a exercé une forte inhibition de croissance mycélienne de *Pestalotiopsis* sp. , accompagnée d'une inhibition totale de la sporulation et de la germination.

En parallèle, l'huile d'Eucalyptus leucoxylon a montré une activité marquée contre *sclerotinia* sp à la concentration de "75%", entraînant une diminution significative du développement mycélien, ainsi qu'une inhibition complète de la sporulation et de la germination.

Les résultats obtenus corroborent les études antérieures sur le potentiel fongicide des HE des Eucalyptus, particulièrement par leur capacité à inhiber la sporulation et la germination grâce à leur richesse en composant bioactifs. Toutefois, leur effet sur la croissance mycélienne est dépendant à la concentration utilisée et de la sensibilité et mécanisme d'adaptions et résistance de la souche.

Il seraient intéressant d'approfondir les recherches en étudiant les composants chimiques de ces deux espèces d'Eucalyptus afin de d'identifier les molécules bioactif responsable sur cette activité antifongique et expliquer la sélectivité observé vis-à-vis des souches fongiques .

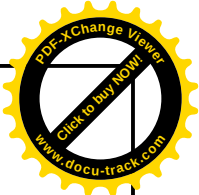
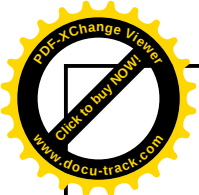


Annexe

5.1. Préparation du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) :



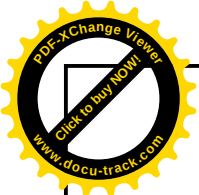
Figure 20 : Préparation du milieu PDA (Photo originale, 2025).



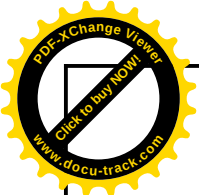
Références bibliographiques

Références bibliographiques

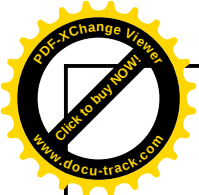
1. AFNOR, 2000 : Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome 1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles.
2. Agrios, G. (2005) *Plant Pathology*. (5 ed) Elsevier Academic Press, 948p.
3. Amara, N., Benrima, A., Anba, C., Belkhir, H. (2019). *Activité antimicrobienne de l'huile essentielle des fruits du pistachier lentisque* (*Pistacia lentiscus* L.). *Revue Agrobiologia*, 9(2), 1669–1676.
4. APG III (2009). *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants*: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
5. Arnold, R. J., Luo, J. (2018) - *Eucalyptus camaldulensis*. In L. Thomson, J. Doran, B. Clarke (Éds.), *Trees for life in Oceania: Conservation and utilisation of genetic diversity* (pp. 94–99). ACIAR., pp. 94–99.
6. Ayed, A., Polito, F., Mighri, H., Souihi, M., Caputo, L., Hamrouni, L., Amri, I., Nazzaro, F., De Feo, V., Hirsch, A. M., amp ; Mabrouk, Y. (2023). Chemical Composition of Essential Oils from Eight Tunisian Eucalyptus Species and Their Antifungal and Herbicidal Activities. *Plants*, 12(17), 3068. <https://doi.org/10.3390/plants12173068>.
7. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
8. Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>.
9. Baptista, E. B., Zimmermann-Franco, D. C., Lataliza, A. a. B., & Raposo, N. R. B. (2015). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Eucalyptus smithii* against dermatophytes. *Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical*, 48(6), 746–752. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0188-2015>.



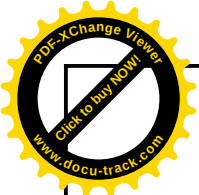
10. Barbosa, L. C. A., Filomeno, C. A., Teixeira, R. R. (2016). Chemical variability and biological activities of Eucalyptus spp. essential oils. *Molecules*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/molecules21121671>.
11. Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., Kaur, S. (2008). *Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. Forest Ecology and Management*, 256(12), 2166–2174. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.008>.
12. Bayle, G. K. (2019). *Ecological and social impacts of eucalyptus tree plantation on the environment. Journal of Biodiversity, Conservation and Bioresource Management*, 5(1), 93–104. <https://doi.org/10.3329/jbcbm.v5i1.42189>.
13. Behera, A., 2023 - Fungal metabolites as anticancer agent and their agricultural applications. In H. I. Mohamed & K. A. Abd-Elsalam (Eds.), *Fungal secondary metabolites: Synthesis and applications in agroecosystem*, Elsevier, pp.259-274.
14. Ben Marzoug, H. N., Romdhane, M., Lebrihi, A., Mathieu, F., Couderc, F., Abderraba, M., Khouja, M. L., Bouajila, J. (2011). Eucalyptus oleosa essential oils: Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of the oils from different plant parts (stems, leaves, flowers and fruits). *Molecules*, 16(2), 1695–1709. <https://doi.org/10.3390/molecules16021695>.
15. Bessah R. et Benyoussef. E.H., (2015). La filière des huiles essentielles État de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des énergies renouvelables*. 18 (3) : 513 – 528.
16. Boland D.J., Brooker M.I.H., Chippendale GH. (2006). *Forest trees of Australia*, CSIRO publishing, 736p.
17. Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., Kebir, H. T. (2014). *Lemongrass (Cymbopogon citratus) essential oil as potent anti-inflammatory and antifungal drugs. Libyan Journal of Medicine*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.3402/ljm.v9.25431>.
18. Bouyahya, A., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2018). *Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. Phytothérapie*, 16, 254-267. <https://doi.org/10.1007/s10298-016>.
19. Brooker, I. (2002) - Botany of the Eucalyptus. In J. J. W. Coppen (Ed.) *Genus Eucalyptus*. Taylor & Francis, 3-35. <https://doi.org/10.4324/9780203219430>.



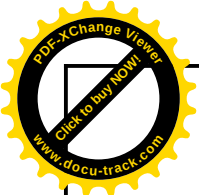
20. Brooker, I. (2002). Botany of Eucalyptus, in: Eucalyptus: The genus Eucalyptus. CRC Press, Floride, U.S.A, Coppen, J.J.W. (Ed), 3-35p.
21. Brosse J. (2010). Larousse des arbres, (Ed 02), Larousse, 591p.
22. Canard B. et Senequier-Crozet A. (2016). Les champignons endophytes : impact sur les écosystèmes et production de molécules d'intérêt thérapeutiques. Thèse de doctorat, Université de Grenoble Alpes. France. 103p.
23. Cherit, C. (2023). Extraction des huiles essentielles d'Eucalyptus camaldulensis et évaluation de leurs pouvoir antimicrobien [Mémoire de Master), Université de Tissemsilt. Université de Tissemsilt, 98p.
24. Chevalier Auguste. (1952). Travaux français sur le genre Eucalyptus, In : Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 32^o année, bulletin n°353-354, Mars-avril.105-112p.
25. Corbaz, R. (1983). *Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes*. Presses polytechniques et universitaires romandes.286p.
26. Dayan F., Cantrell C.L., et DUKE S.O., (2009). Natural products in corp protection Bioorganic & medicinal chemistry, 17(12), 4022-4034.
27. De Noter, R. (1912). *Les Eucalyptus : culture-exploitation, industrie, propriétés médicinales*. A. Challamel, 119p.
28. Diánez, F., Santos, M., Parra, C., Navarro, M., Blanco, R., & Gea, F. (2018). Screening of antifungal activity of 12 essential oils against eight pathogenic fungi of vegetables and mushroom. Letters in Applied Microbiology, 67(4), 400–410. <https://doi.org/10.1111/lam.13053>.
29. Đorđević, S., Ristić, M., Živković, J. (2013). Essential oil composition of Eucalyptus camaldulensis Dehn. from five localities in the coastal area of Montenegro. Natural Product Communications, 8(5), 715–718.
30. Elaissi, A., Medini, H., Marzouki, H., Khouja, M. L., Lynene, F., Chemli, R., et amp ; Harzallah-Skhiri, F. (2010b). Variation in Volatile Leaf Oils of Twelve Eucalyptus Species Harvested from Hajeb Layoun Arboreta (Tunisia). Chemistry amp; Biodiversity, 7(3), 705–716. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900169>.
31. .FAO. (1982). Les Eucalyptus dans le reboisement, Collection Fao, Forêt, n°11, 783p.
32. . FAO. (2000). FOSA Document national de prospective-L 'Algérie.



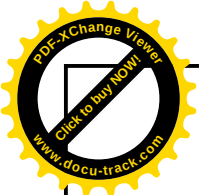
33. FAO. (2005). L'état des ressources génétiques forestières mondiales : Rapport national – Algérie (58 p)
34. .FAO. (2012). L'état des ressources génétiques forestières mondiales – Rapport national : Algérie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
35. Fernández-Acero, F. J., Carbú, M., Garrido, C., Vallejo, I., Cantoral, J. M. (2007). Proteomic advances in phytopathogenic fungi. *Current Proteomics*, 4(2), 79–88.
36. .Fleurence, J. (2021). Les microalgues : De l'aliment du futur à l'usine cellulaire. ISTE Editions Limited.184p.
37. Floares, D., Pluștea, L., Dinulescu, C., Alexa, E., Radulov, I. (2023). Secondary métabolites in plants: Structure, biosynthesis, bioactive properties. *Research Journal of Agricultural Science*, 55(2), 57-71.
38. Fontana, D. C., Schmidt, D., Kulczynski, S. M., Caron, B. O., Pretto, M. M., Mariotto, A. B., Santos, J. D., & Holz, E. (2020). Fungicidal potential of essential oils in control of *Fusarium* spp. and *Sclerotinia sclerotiorum*. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 87. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000612019>.
39. Foudil-Cherif. Y. (1991). *Étude comparative des huiles essentielles algériennes d'Eucalyptus globulus labill.net camadulensis*, thèse magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.
40. Fourmentin, S., Kfoury, M. (2024). Les huiles essentielles : renaissance d'ingrédients naturels et durables / Essential oils : the renaissance of Natural and sustainable ingredients. *Technologie et innovation*, 24(9), 1–21. <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2024.1059>.
41. Gakuubi, M. M., Maina, A. W., amp ; Wagacha, J. M. (2017). Antifungal Activity of Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against Selected *Fusarium* spp. *International Journal of Microbiology*, 2017, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/8761610>.
42. Gildemeister, E., Hoffmann, F. (1900). Les huiles essentielles. Leipzig, Allemagne : F. A. Brockhaus, 866p.



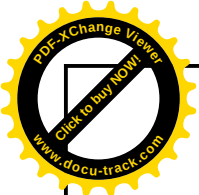
43. Goetz P. Ghedira K. (2012). *Phytothérapie infectieuse*, Springer Verlag, France, Paris, P 272.
44. Gomes, P. B., Mata, V. G., Rodrigues, A. E. (2007). Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *Journal of Supercritical Fluids*, 41(1), 50-60.
45. Guillaume, D., Charrouf, Z. (2005). Saponines et métabolites secondaires de l'arganier (*Argania spinosa*). *Cahiers Agricultures*, 14(6), 509–516.
46. Hamid, A. A., Aiyelaagbe, O. O., Usman, L. A. (2011). Essential oils: Its medicinal and pharmacological uses. *International Journal of Current Research*, 3(2), 086–098.
47. Hammana, S., Necib, S. (2021). Étude de l'effet antifongique des huiles essentielles de trois plantes : *Eucalyptus camaldulensis*, *Rosmarinus officinalis* et *Ruta graveolens* (Mémoire de Master), Université Larbi Tébessi – Tébessa, Algérie, 90p.
48. Harzallah-Skhiri, F. (2010b). Variation in Volatile Leaf Oils of Twelve *Eucalyptus*
49. Henry R.J. (2011). *Eucalyptus*, in *Wild crop relatives: Genomi and Breeding resources: Forest tree*, Kole C (Ed.): 65-76.
50. Hill KD et Johnson LAS. (1995). Systematic studies in the eucalypts. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopen* 6, 185-504p.
51. Ilseven, S., Baştaş, M. (2018). The place of eucalyptus within the vegetation of Mesaoria Plain (Cyprus) and the views of vegetation geography lecturers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 3381–3388. <https://doi.org/10.29333/ejmste/91828>.
52. Jasim, I. R., Alwattar, M. T., Yaqub, H. M. (2023). Terpenoids as natural allelopathic compounds in plants. *Rafidain Journal of Science*, 32(4), 106–116. <https://doi.org/10.33899/rjs.2023.181268>.
53. Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., He, X. (2014). Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377-392.
54. Kaloustian J. et Hadji-Minaglou F., (2012). *La connaissance des huiles essentielles qualilogie et aromathérapie Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*, Springer-Verlag France, Paris, p : 6, 16.



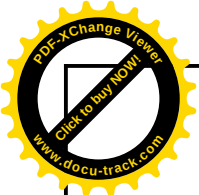
55. Kaufmann, B., & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: Microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. *Phytochemical Analysis*, 13(3), 105–113. <https://doi.org/10.1002/pca.631>.
56. Khan, S., Abdo, A. A. A., Shu, Y., Zhang, Z., Liang, T. (2023). The extraction and impact of essential oils on bioactive films and food preservation, with emphasis on antioxidant and antibacterial activities—A review. *Foods*, 12(22), 1-29. <https://doi.org/10.3390/foods12224169>.
57. Khanoui, Y., Khouder, R., Limoumi, H. (2024). *Étude de l'antagonisme bactérien contre les champignons phytopathogènes : Analyse potentiel des mécanismes impliqués dans le biocontrôle*. Mémoire de master, Université Constantine 1 Frères Mentouri. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Microbiologie, 73p.
58. Kinney, A. (1895). *Eucalyptus*. B. R. Baumgardt & Company, 298p.
59. Kirch, R., Astarita, L. V., Santarém, E. R., Pasquali, G. (2011). Eucalyptus transgenic plants: From genetic transformation protocols to biosafety analysis [Poster presentation]. *BMC Proceedings*, 5(Suppl 7), 179. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S7-P179>.
60. Kommedahl, T. (1963). Eucalypts of Australia. *Journal of the Minnesota Academy of Science*. Vol.31 No.1, 55-59.
61. Koranga, V., Kubindama, G., Fungu-Mabola, J. C., Sulu, A., Kasekere, G., Matamabi, A., Ndhlovu, J. (2021). Utilisation des biopesticides pour une agriculture durable en République Démocratique du Congo (Synthèse bibliographique). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, (Numéro Spécial 02), 53–67.
62. Lahlaïli, R., El Hamsi, H., Medouni-Ben Jemâa, J., El Barkai, E. A. (2022). Editorial: The use of plant extracts and essential oils as biopesticides. *Frontiers in Plant Science*, 4, 5-7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1221160>.
63. Lennartsson R.P. (2012). *Zygomycètes and cellulose residuals: hydrolysis, cultivation and applications*. Thèse de doctorat, Université de Borås, Suède.82p.
64. Li, J. Y., Harper, J. K., Grant, D. M., Oka Tombe, B., Bashyal, B., Hess, W. M., Strobel, G. A. (2001). Ambuic acid, a highly functionalized cyclohexenone with antifungal activity from *Pestalotiopsis* spp. and



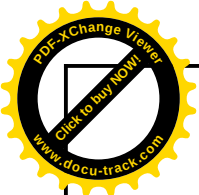
- Monochaetia sp. Phytochemistry, 56(5), 463–468.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00465-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00465-9).
65. Maiden, J. H. (1914). A critical revision of the genus Eucalyptus (Vol. 2), 450p.
66. Mann, T. S., Babu, G. K., Guleria, S., & Singh, B. (2012). Variation in the volatile oil composition of Eucalyptus citriodora produced by hydrodistillation and supercritical fluid extraction techniques. Natural Product Research, 27(7), 675–679. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.682996>.
67. Maris, P., Utami, D. S., Marwoto, O., Tarigan, N. (2022). Why Eucalyptus citriodora potential as biopesticide? Jurnal Ilmiah Agrineca, 22(2), 16-25. <https://doi.org/10.36728/afp.v22i2.2008>.
68. Marouf A. et Tremblin G., (2009), abrégé de chimie appliquée, edit., EDP sciences, coll. Grenobles sciences.
69. Meddouar.S., et Elderriji, 2012- Bilan des feux de forêts en Algérie : Analyse spatio-temporelle et cartographe de risque (Periode 1985-2010), Article de recherche, rev. Sécheresse, Algérie, vol.23, pp : 133-141
70. Medjber N. et Djoudi M., (1995), Étude des huiles essentielles d'orange, essai de valorisation, Th. Ing., ENSA (ex. INA), El-harrache.
71. Messabhia, A. M., & Bouacha, M. R. (2024). Activité antibactérienne des huiles essentielles d'Eucalyptus camaldulensis Dehnh. (Mémoire de Master), Université Constantine 1 Frères Mentouri, Algérie, 83p.
72. Meziane, H. (2004). Protection des sites sensibles naturels : Rapport de troisième phase – Éléments de plan de gestion pour la zone littorale (Rapport technique). Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'Aménagement Côtier (PAC).76p.
73. Mohammadi, A., Hashemi, M., Hosseini, S. M. (2015). Comparison of antifungal activities of various essential oils on Phytophthora drechsleri, the causal agent of fruit decay. Iranian Journal of Microbiology, 7(1), 31–37.
74. Nait Achour K (2012). *Étude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'Eucalyptus poussant dans la région de Tizi-Ouzou*. Mémoire de Magister, Algérie.
75. Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., Bansal, Y. K. (2015). Secondary metabolites of plants and their role: Overview. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy, 9(3), 293–304.



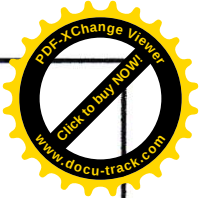
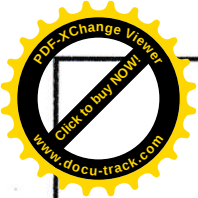
76. Oliver, R. P (2024). Agrios' plant pathology (6^e ed.) Academic Press.856p.
77. Peron, L., Richard, H. (1992) Epices et aromates, techniques et documentations Lavoisier. In Bouras, M. (2019). Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques (Thèse de doctorat), Université Badji Mokhtar-Annaba.184p.
78. Potts, B.M. et Pederick, C.A. (2000). Morphology, phylogeny, origin and distribution and genetic diversity of Eucalyptus, in: Diseases and Pathogens of Eucalyptus. C.S.I.R.O Publishing, Collingwood, Austalie, Keane, P.J., Kile, G.A. & Podjer, F.D. (Eds.), pp. 11-34.
79. Pryor, L.D., Johnson, L.A.S. (1971). A classification of the Eucalypts, September 12, Australian National University, Canberra.
80. Rhayour K., (2002), Étude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur Esherichia coli, Bacillus subtilis et sur Mycobacterium phlei et Mycobacterium fortuitum. Th. Doct. Univ. Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès, Maroc.
81. Rohit, J. V., Mehta, V. N., Patel, A. B., Tabasum, H. (2023). Carbon dots-based fluorescence spectrometry for pesticides sensing. In Carbon Dots in Analytical Chemistry: Detection and Imaging. Elsevier, 97-108. <https://doi.org/10.1016/8978-0-323-98350-10002-7>.
82. Roy, A. (2017). A review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants. IJPB, 3(2), 1-9.
83. Rule, K. (1998). A new, rare Victorian subspecies of Eucalyptus leucoxylon F. Muell. Muelleria, 11, 133–136.
84. Russell.T et Culter.C, 2008- L'Encyclopédie des arbres mondiaux, Ed. Hachette livre. Paris. P 255.
85. SADDEK D., 2021 : Évaluation de l'activité antagoniste des souches algériennes de Trichoderma spp pour le contrôle des maladies fongiques de la tomate "la pourriture grise causée par Botrytis cinerea ». This. Doc.univ. Blida 1,113p.
86. Sakhr A. (2009). Estimation du potentiel de résistance de Botrytis cinerea à des biofongicides. Thèse. Doc ; Univ. Avignon et des pays de Vaucluse, France, 212p.



87. Sánchez-Loredo, E., Sepúlveda, L., Wong-Paz, J. E., Palomo-Ligas, L., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar, C. N., & Ascacio-Valdés, J. A. (2024). Ellagitannins from *Eucalyptus camaldulensis* and their potential use in the food industry. *Exploratory Foods Foodomics*, 2, 83–100. <https://doi.org/10.37349/eff.2024.00027>.
88. Sareriya, K. J., Vanzara, P. B., amp ; Maiti, S. (2024). Optimization of *Eucalyptus* essential oil extraction by applying response surface methodology in traditional distillation and its adaption to solar thermal process. *Sustainable Energy Research*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40807-024-00118-y>
89. Sefidkon, F., Abbasi, K., Khaniki, G. B. (2007). Seasonal variation in volatile oil of *Eucalyptus* species in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 19(2), 182–184. <https://doi.org/10.1080/10412905.2007.9699247>.
90. Serghat, S., Mouria, A., Ouazzani Touhami, A., Badoc, A., Douira, A. (2004). Effet de quelques fongicides sur le développement in vitro de *Pyricularia grisea* et *Helminthosporium oryzae*. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 143, 7–18.
91. Shoker, R. M. H. (2020). A review article: The importance of the major groups of plants secondary metabolism phenols, alkaloids, and terpenes. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 7(5), 354-358. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.47>.
92. Singh, N. K., Baranwal, J., Pati, S., Barse, B., Khan, R. H., Kumar, A. (2023). Application of plant products in the synthesis and functionalisation of biopolymers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 237, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124174>.
93. Souza, M. (s.d) Cours sur la manipulation des herbes et la production d'elixir. Gavea, 89p.
94. Souza, M. (s.d.). Cours de Sabory : Artisan aux huiles essentielles. Gavea, 101p.
95. Suresh, P., Mamta, S. G., Krishna, K., Shivram, L., Naga, M. U. (2010). Characterization of *Botrytis cinerea* isolates from chickpea: DNA polymorphisms, cultural, morphological and virulence characteristics. *African Journal of Biotechnology*, 9(46), 7961–7967.
96. Suty, L. (2010). La lutte biologique : Vers de nouveaux équilibres écologiques. Éditions Quae, 323p.



97. Tintino, S. R., Oliveira-Tintino, C. D. de M., de Almeida, R. S., de Araújo, A. C. J., Freitas, P. R., Coutinho, H. D. M., De Azevedo, F. R., da Silva, L. E. (2024 - Biological application of Brazilian aromatic plants. In G. Owens, M. K. A. Ansari, M. Ahmad (Eds.), *Plants as medicine and aromatics: Uses of botanicals* (pp. xxx–xxx). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781040104958>.
98. Tiwari, R., Rana, C. S. (2015). Plant secondary metabolites: A review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(5), 661-670.
99. Vora, L. K., Gholap, A. D., Hatvate, N. T., Naren, P., Khan, S., Chavda, V. P., Balar, P. C., Gandhi, J., Khatri, D. K. (2024). Essential oils for clinical aromatherapy: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 330, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118180>.
100. Wang, J.-H., Luan, F., He, X.-D., Wang, Y., & Li, M.-X. (2018). Traditional uses and pharmacological properties of *Clerodendrum* phytochemicals. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 8(1), 24-38. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.06.001>.
101. Willey, J. M., Sherwood, L. M., Woolverton, C. J. (2018). *Microbiologie de Prescott* (5e éd. ; J. Coyette, J.-P. Joselou R. Perraud, Trad.). De Boeck Supérieur.
102. Wink, M. (2010). Introduction: Biochemistry, physiology, and ecological functions of secondary metabolites. In *Annual Plant Reviews*, 40, 1–19. <https://doi.org/10.1002/9781444320503.ch1>.
103. Zenasni Leila. (2014) Thèse de doctorat : Étude du polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth gu genre *Nepta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Université Mohammed-Agdal, Rebat. Maroc.
104. Zhou, Y., Chen, J., Ma, J., Han, X., Chen, B., Li, G., Xiong, Z., Huang, F. (2022). Early warning and diagnostic visualization of *Sclerotinia* infected tomato based on hyperspectral imaging. *Scientific Reports*, 12, Article 21140. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23326-2>



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies et Agro- Écologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master académique en Sciences Agronomiques

Filière : sciences agronomiques

Option : Phytopharmacie et Protection Des Végétaux

Thème :

**Activité antifongique des huiles essentielles de deux espèces
d'*Eucalyptus***

Présenté par :

MOUSSAOUI MERIEM et ALI MAROUA

Soutenu devant le jury:

Mme BABA AISSA. K	MAA/USDB1	Présidente
Mme CHAICHI. W	MCA/USDB1	Examinatrice
Mme KHADDAR. R	MCB/USDB1	Promotrice
Mme SADDEK. D	DR/INPV (Station de Boufarik)	Co-Promotrice

Année Universitaire : 2024_2025