

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de
Microbiologie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Activités antibactérienne et
antifongique de certaines huiles
essentielles**

Présenté par :
ALILOUCHE Yasmine et AIT HATRIT Massiva

Soutenu le : 20/09/2021

Devant le jury composé de :

Mr. NABTI El-Hafid
Mme. BENSIDHOUM Leila
Mr. BENSALIM Karim

Professeur
MCB
MAA

Président
Promotrice
Examineur

Année universitaire 2020/2021

Dédicaces

Du plus profond de mon cœur, je dédie ce travail à :

Mes Chers parents,

Mon père Mustapha et ma mère Samia, pour tous leurs amours, leurs tendresses et les moments de bonheur et de joie qu'ils apportent dans ma vie, et ceux qui ont toujours été à mes côtés pour me soutenir et encouragé. Puisse dieu le tout puissant leur accorder santé, bonheur et longue vie.

Mes deux chers sœurs Sylia et Sarah

Qui sont les meilleurs des sœurs, qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont aidé et soutenue, que Dieu les garde et leur accorde beaucoup de succès et de bonheur.

Ma chère grand-mère, le pilier de la famille.

À la mémoire de mes grands-parents.

À toute ma famille, mes chers amis et tous ceux qui comptent pour moi.

À Mon binôme Massiva, pour sa compréhension.

Yasmine

Dédicaces

À ma très chère mère Fatiha

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ta bienveillance me guide, ton affection me couvre et ta présence à mes côtés a toujours été source de force pour affronter les différents obstacles.

À mon très cher père Mohand

Merci d'avoir toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

À mes grande sœurs Lahna et Kahina

Source de bonté, de généricité, et de bienveillance, je remercie également leurs maris Hamid et Rachid pour leurs gentillesse et leur aide si précieuse.

À ma petite sœur Farah, qui est source de courage, et de force.

À mon frère Said, source d'espoir et de motivation.

À ma nièce Dilia, source de joie et de bonheur.

À mon amie d'enfance qui a toujours été là pour moi.

Et je remercie mon binôme Yasmine, qui a toujours su me comprendre.

Massiva

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage d'accomplir ce travail.

Un vif remerciement va à notre promotrice Madame BENSIDHOUM Leila, pour son aide, sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses judicieux conseils.

Nous remercions infiniment Mr. NABTI El-Hafid, d'avoir mis à notre disposition son laboratoire avec les moyens nécessaires pour la réalisation de notre travail. Et d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance,

Nous remercions Mr. BENSAID Karim d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont également à Mr ADJAOUD Abdenour et Mr ABBACI Hocine, pour leurs précieuses aides et pour leurs nombreux conseils pratiques dans le domaine des huiles essentielles.

On tient à remercier toutes l'équipe de Biomasse et Environnement du Laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables, Pour leur hospitalité et leur gentillesse.

Nous remercions nos familles pour leurs aides, leurs soutiens et leurs encouragements durant nos études.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Merci.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : Structures histologiques de quelques appareils sécréteurs..... | 3 |
| Figure 02 : Différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles..... | 4 |
| Figure 03 : <i>Daucus carota</i> ssp <i>carota</i> | 13 |
| Figure 04 : <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 14 |
| Figure 05 : Diapositif d'extraction du type Clevenger..... | 15 |
| Figure 06 : Préparation de la suspension bactérienne..... | 16 |
| Figure 07 : Etape de la réalisation de l'aromatogramme | 17 |
| Figure 08 : Test de la détermination de la CMI sur microplaque..... | 19 |
| Figure 09 : Préparation de la suspension sporale | 20 |
| Figure 10 : Activité de DMSO (témoin négatif) sur les souches bactériennes | 21 |
| Figure 11 : Témoins positifs (Amoxicilline et Ampicilline)...../..... | 21 |
| Figure 12 : Résultats des témoins négatifs des différentes souches fongiques testées avec le DMSO..... | 22 |
| Figure 13 : Résultats des témoins positifs des différentes souches fongiques testées avec deux antifongiques : Actidione cycloheximide et commerciale..... | 22 |
| Figure 14 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l'HE1 | 24 |
| Figure 15 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l'HE2..... | 26 |
| Figure 16 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l'HE3..... | 28 |
| Figure 17 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l'HE4..... | 31 |
| Figure 18 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition des quatre champignons par l'HE1..... | 35 |
| Figure 19 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition des quatre champignons par l'HE2..... | 36 |
| Figure 20 : Histogramme des diamètres moyens de zone d'inhibition des quatre champignons par l'HE4..... | 38 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Les principaux composants des huiles essentielles, leurs propriétés et leurs toxicités..... | 5 |
| Tableau 02 : Activité antibactérienne de l'HE1 (tige de <i>Daucus carota</i>) | 23 |
| Tableau 03 : Activité antibactérienne de l'HE2 (feuilles de <i>Daucus carota</i>). | 25 |
| Tableau 04 : Activité antibactérienne de l'HE3 (Ombelles de <i>Daucus carota</i>) | 27 |
| Tableau 05 : Activité antibactérienne de l'HE4 (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) | 30 |
| Tableau 06 : Nature de l'activité des huiles essentielles à la dilution D=1/2..... | 33 |
| Tableau 07 : Concentration minimale inhibitrice des quatre HE exprimée en %..... | 34 |
| Tableau 08 : Activité antifongique des HE sur les quatre champignons..... | 39 |
| Tableau 09 : Résultats de la nature de l'activité obtenus pour les souches fongiques ayant présentées des zones d'inhibitions, après environ 15jours d'incubation à 27°C..... | 40 |
| Tableau 10 : Nature de l'activité des huiles essentielles | 41 |

Liste des tableaux dans les annexes

Tableau I : Moyennes des diamètres des zones d'inhibition des souches bactériennes.

Tableau II : Moyennes des diamètres des zones d'inhibition des souches fongiques.

Liste des abréviations

BN : Bouillon nutritif

CMI : Concentration minimale inhibitrice.

DMSO : Diméthylsulfoxyde

GN : Gélose nutritive

HE : Huile Essentielle

MH : Mueller Hinton

PDA : Potato dextrose agar

SNC: Système nerveux central

Glossaire

- **Action désclérosante** : Action qui freinent les proliférations conjonctives anormales (cicatrices, chéloïdes, cellulite etc.).
- **Allergène** : Substance, une particule ou un corps organique qui entraîne une réaction allergique.
- **Analgésique** : Substance qui prévient ou diminue la sensation de douleur.
- **Antispasmodique** : Substance qui vise à combattre des spasmes, c'est-à-dire des contractures ou des crampes, souvent douloureux.
- **Carminatif** : Substance qui favorise la diminution de la génération de gaz et flatuosités dans le tube digestif et diminue la flatulence et les coliques.
- **Chémotype** : désigne, à l'intérieur d'une même espèce, les groupes d'individus qui diffèrent par la présence ou l'absence d'une ou plusieurs substances chimiques sans qu'il y ait de différences macroscopiques ou microscopiques entre eux.
- **Cholagogue** : Une substance cholagogue a pour effet de faciliter l'évacuation de la bile vers l'intestin en provoquant une chasse biliaire à partir de la vésicule qui se vide en se contractant.
- **Cholérétiques** : Substances qui stimulent la production de la bile par le foie.
- **Décongestionnant** : Substance qui sert à diminuer la congestion d'un organe.
- **Dermocaustiques** : Substance ayant la faculté à provoquer des irritations voire des brûlures au niveau de la peau et des muqueuses.
- **Écotype** : Variété d'une espèce (généralement végétale) génétiquement adaptée à un milieu particulier qu'elle occupe naturellement, mais conservant ses adaptations héréditaires lorsqu'elle se développe dans un milieu différent.
- **Eupeptique** : Produit susceptible d'exciter les fonctions digestives et d'améliorer la digestion.
- **Expectorant** : Substance qui facilite l'expectoration, c'est-à-dire le rejet des produits formés dans les voies respiratoires (crachats).
- **Hormon-like** : Substance molécules pouvant mimer l'action de différentes hormones de l'organisme, fréquemment utilisées dans le cadre d'une régulation hormonale.
- **Immunomodulant** : Substance qui régule les dysfonctionnements du système

immunitaire.

- **Positivant et négativant** : On parle de la somme moléculaire de l'HE qui lui confère un côté positivant ou négativant (c'est-à-dire que l'huile prend ou donne des électrons).
- **Litholytique** : Terme désignant les substances ayant la capacité de dissoudre les calculs biliaires.
- **Lymphotonique** : Affections congestives du système veineux, lymphatique et prostatique.
- **Abortif** : Substance capable provoquer un avortement.
- **Mucolytiques** : Substances qui permettent de fluidifier le mucus et favoriser son élimination.
- **Neurotonique** : Relatif à la neurotonie, qui signifie un trouble du système neurovégétatif se traduisant par des réactions nerveuses exagérées par rapport à la stimulation.
- **Sédatifs** : Substance qui calment l'anxiété ou la tension nerveuse et qui favorisent l'endormissement.
- **Stomachique** : Se dit d'un médicament qui favorise le fonctionnement normal de l'estomac.
- **Tonique** : Substance qui stimule l'activité de l'organisme.

Sommaire :

Listes des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations
Glossaire
Introduction..... 1

Partie Bibliographique

I. Généralités sur les huiles essentielles **Erreur ! Signet non défini.**
I.1. Définition **Erreur ! Signet non défini.**
I.2. Rôle des huiles essentielles dans la plante **Erreur ! Signet non défini.**
II. Mode d'extraction des huiles essentielles..... **Erreur ! Signet non défini.**
III. Composition des huiles essentielles 5
IV. Les facteurs influençant la composition chimique des HE **Erreur ! Signet non défini.**
V. Les propriétés des Huiles essentielles **Erreur ! Signet non défini.**
V.1. Propriétés antibactérienne **Erreur ! Signet non défini.**
V.2. Propriétés antifongique..... 8
V.3. Propriétés Antihistaminique **Erreur ! Signet non défini.**
V.4. Propriétés digestive **Erreur ! Signet non défini.**
V.5. Propriétés anti-oxydantes 9
V.6. Propriétés anti-inflammatoires 9
VI. Toxicité des huiles essentielles 9
VII. Domaines d'utilisation..... 10
VII.1. Cosmétologie et parfumerie..... 10
VII.2. Industrie alimentaire 10
VII.3. Pharmacie 11
VII.4. Agriculture **Erreur ! Signet non défini.**1
VII. Action synergique des huiles essentielles.....11

Matériel et méthodes

1. Matériels..... 13
1.1. Matériel végétal..... 13

| | |
|--|----|
| 1.1.1. <i>Daucus carota</i> ssp <i>carota</i> | 13 |
| 1.1.2. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 14 |
| 1.2. Souches microbiennes | 14 |
| 1.2.1. Souches bactériennes | 14 |
| 1.2.2. Souches fongiques..... | 14 |
| 2. Méthodes | 15 |
| 2.1. Extraction des HE..... | 15 |
| 2.2. Activité antimicrobiennes des huiles essentielles | 16 |
| 2.2.1. Activité antibactérienne..... | 16 |
| 2.2.1.1. Préparation de la suspension bactérienne..... | 16 |
| 2.2.1.2. Test d'activité antibactérienne..... | 16 |
| 2.2.1.3. Détermination de la nature de l'activité (bactériostatique ou bactéricide) :..... | 18 |
| 2.2.1.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)..... | 18 |
| 2.2.2. Activité antifongique | 19 |
| 2.2.2.1. Préparation de la suspension sporale..... | 19 |
| 2.2.2.2. Test d'activité antifongique..... | 20 |
| 2.2.2.3. Détermination de la nature de l'activité | 20 |

Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| 1. Activité antimicrobienne des huiles essentielles | 21 |
| 1.1. Activité antibactérienne..... | 23 |
| 1.1.1. Activité antibactérienne de l'HE1 (Tige de <i>Daucus carota</i>)..... | 23 |
| 1.1.2. Activité antibactérienne de l'HE2 (Feuilles de <i>Daucus carota</i>)..... | 25 |
| 1.1.3. Activité antibactérienne de l'HE3 (Ombelles de <i>Daucus carota</i>)..... | 27 |
| 1.1.4. Activité antibactérienne de l'HE4 (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)..... | 30 |
| 1.1.5. La nature de l'activité antibactérienne | 32 |
| 1.1.6. Détermination des CMI..... | 33 |
| 1.2. Activité antifongique..... | 35 |
| 1.2.1. Activité antifongique de l'HE1 (Tige de <i>Daucus carota</i>)..... | 35 |
| 1.2.2. Activité antifongique de l'HE2 (Feuilles de <i>Daucus carota</i>)..... | 36 |
| 1.2.3. Activité antifongique de l'HE3 (Ombelles de <i>Daucus carota</i>)..... | 37 |
| 1.2.4. Activité antifongique de l'HE4 (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)..... | 38 |
| 1.2.5. La nature de l'activité antifongique..... | 40 |

| | |
|----------------------------------|----|
| Conclusion..... | 43 |
| Références bibliographiques..... | 45 |
| Annexes | |

Introduction

Introduction

Le monde végétal a toujours été pour l'homme une source non seulement nutritive mais aussi thérapeutique. L'histoire des peuples montre que les plantes ont toujours occupées une place importante en médecine, en cosmétique dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. (Chouitah, 2012)

Les plantes aromatiques et médicinales représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et efficace grâce aux principes actifs qu'elles contiennent et parmi eux les huiles essentielles. (Cheni, 2016). Ces derniers se sont avérées être des sources de composés bioactifs, avec un large éventail d'effets thérapeutiques, activités antioxydantes, antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires et chimio-préventives du cancer. (Blejan et al, 2021)

L'utilisation des huiles essentielles s'est développée jusqu'à devenir depuis plus d'une vingtaine d'années, une sérieuse alternative à la médecine des antibiotiques dans les pathologies infectieuses. En effet, de nombreuses bactéries sont devenues résistantes aux antibiotiques à large spectre de l'arsenal pharmaceutique. Il s'avère donc nécessaire de chercher une autre opportunité qui prendra la relève dans les traitements antiinfectieux. (Chebaibi et al, 2016)

De plus, Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent de nombreux avantages dans le domaine agricole et la protection de cultures, en effet les HEs couvrent un large spectre d'activités contre plusieurs organismes phytopatogènes. Les huiles essentielles ne persistent pas longtemps dans le milieu, en raison de leurs fortes volatilités et elles ne produisent pas ou produisent peu de résidus toxiques, et de ce fait elles ne polluent pas le sol et les eaux souterraines et ne présente pas de danger pour les mammifères et les organismes non cibles. Elles peuvent donc être classées comme pesticides à faible risque (Alonso-Gato et al, 2021).

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diversifiée. Un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales y poussent spontanément. (Fenghour et al, 2021)

Ce présent travail s'inscrit dans ce contexte et a donc pour objectif d'étudier *in vitro* le pouvoir antibactérien et antifongique de quatre huiles essentielles extraites à partir de deux plantes aromatiques : *Daucus carota* ssp. *carota* et *Eucalyptus camadulensis* vis-à-vis de quatre souches bactériennes et de quatre champignons phytopatogènes. Nous allons premièrement procéder à l'évaluation de l'activité antibactérienne et antifongique de ces huiles essentielles, par la suite, on va définir la nature des activités à savoir bactériostatique / fongistatique ou bactéricide / fongicide et nous allons enfin terminer par la détermination des valeurs des CMI des différentes huiles testées.

Partie Bibliographique

I. Généralités sur les huiles essentielles

I.1. Définition

Les huiles essentielles (HE) sont des composés aromatiques volatils, synthétisés par les plantes aromatiques. Ce sont des métabolites secondaires utilisés habituellement pour combattre les infections et les parasites (Koroch et al, 2007). Elles sont présentes dans les différentes parties de la plante, où elles représentent l'odeur caractéristique de celle-ci, on les retrouve dans les racines, fruits, bois, bourgeons, herbes, écorces, feuilles, brindilles, rhizomes, graines, fleurs (Chraïbi et al, 2021). Les HE sont stockés dans des structures histologiques spécialisées (figure 1) telles que les cellules sécrétrices, les cavités, les canaux, les poches, les glandes et les poils sécréteurs (Bakkali et al, 2008).



Figure 01 : Structures histologiques de quelques appareils sécréteurs (Svoboda et Svoboda, 2000)

I.2. Rôle de l'huile essentielle dans la plante

Les HE interviennent dans la pollinisation grâce à leur odeur. Ainsi, elles contribuent à l'attraction ou à la répulsion des prédateurs (herbivores, insectes...). Par les propriétés toxiques et inappétentes des substances qu'elles contiennent, les HE peuvent paralyser les muscles masticateurs des agresseurs. Leur pouvoir antimicrobien leur permet d'inhiber la croissance des bactéries et des champignons phytopathogènes. Les HE évitent également la dessiccation de la plante en la protégeant des pertes excessives d'eau par évaporation. Leurs composants réagissent comme donneurs d'hydrogène dans les réactions d'oxydoréductions (Ouis, 2015), Malgré que les huiles essentielles soient des produits du métabolisme secondaire, les composants volatils auraient un rôle mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante (Randrianarivelo. 2010).

II. Mode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des HE de la matière végétale passe par trois étapes essentielles, et cela, quelle que soit la méthode d'extraction. Le procédé débute par la destruction des parois des structures renfermant les HE suivie de la libération de ces dernières et en fin leur séparation des autres constituants. L'extraction peut être réalisée au moyen de plusieurs procédés, parmi eux : l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau ; l'Hydrodistillation ; l'expression à froid ; l'extraction par solvant organique ; l'extraction assistée par micro-onde et l'extraction par fluide à l'état supercritique (Boukhatem *et al*, 2019).

Toutefois, le choix de la technique dépend de la matière première tel que son état d'origine, ses caractéristiques ainsi que le rendement que l'on souhaite avoir. (Attanasio, 2018). L'hydrodistillation est la méthode la plus indiquée et les autres méthodes restent d'un emploi limité.

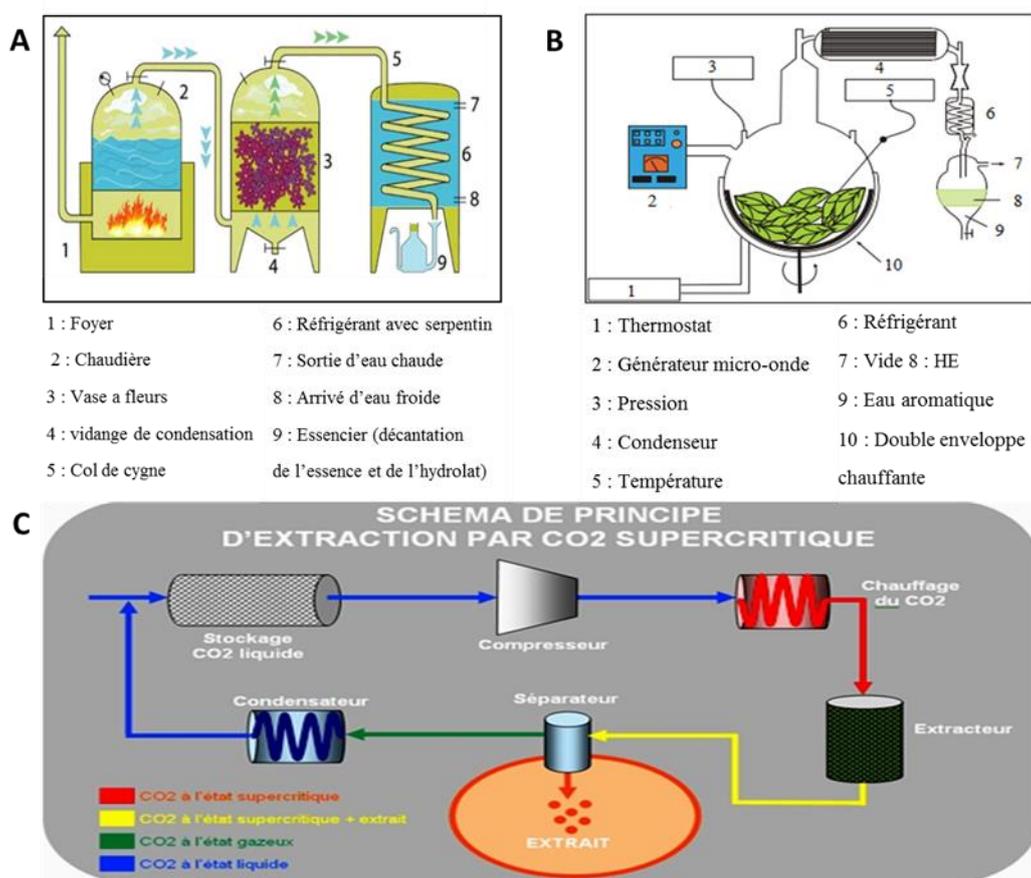


Figure 02 : Différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles

A : Distillation par entraînement à la vapeur (Poirot, 2016) ; B : Hydrodistillation assistée par micro-ondes (Lucchesi, 2005) ; C : Extraction au CO2 supercritique (Jouault, 2012).

III. Composition des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles peut dépendre de plusieurs facteurs : le climat, l'altitude, la nature du sol et son pH, la période de récolte et la technique de séchage et d'extraction (Atailia et Djahoudi, 2015). Les HE sont constitués de deux fractions l'une est volatile, constitue 90 à 95% de l'huile essentielle, elle comprend les terpènes et les composés aromatiques et l'autre non volatile représente 5 à 10% de l'huile essentielle et contient des acides gras, des stérols, des caroténoïdes, des flavonoïdes... (De Castro et al, 1999).

Tableau 1 : Les principaux composants des huiles essentielles, leurs propriétés et leurs toxicités (Koziol, 2015).

| Composant chimique | Propriété | Toxicité |
|---|--|--|
| Alcools mono-terpéniques | <ul style="list-style-type: none"> - Antibactériens - Antifongiques - Antiviraux - Antiparasitaires - Toniques généraux pour l'organisme - Stimulants du système immunitaire - Neurotoniques | -Non toxique à doses physiologiques et thérapeutiques |
| Alcools sesquiterpéniques | <ul style="list-style-type: none"> - Décongestionnants veineux et lymphatiques - Hormon-like (oestrogen-like) - Médiocres anti-infectieux - Positivants | <ul style="list-style-type: none"> -Peu toxique -Il faut faire attention à l'activité oestrogen-like de certaines huiles essentielles dans le cas de pathologies hormonodépendantes |
| Phénols simples et phénols méthyl-éthers | <ul style="list-style-type: none"> -Antifongiques -Antibactériens et antiviraux - Antiparasitaires - Stomachiques - Tonifiants à dose faible -Antispasmodiques neurotropes et musculotropes | <ul style="list-style-type: none"> - hépatotoxiques (déconseillé par voie orale) - induit une fonte des réserves lipidiques en étant à une dose forte et prolongée. - certaines molécules sont abortives et neurotoxiques |
| Aldéhydes aromatiques | <ul style="list-style-type: none"> - Antibactériens - Antiviraux très puissants - Antifongiques - Antiparasitaires - Immunomodulants - Toniques généraux - Stimulants des contractions utérines | <ul style="list-style-type: none"> - très dermocaustiques et hépatotoxiques - peut être allergisant |
| | <ul style="list-style-type: none"> -Négativants - Anti-inflammatoires - Antiseptiques des voies respiratoires - Hypotenseurs | |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Les aldéhydes terpéniques | <ul style="list-style-type: none"> - Calmants et sédatifs - Stomachiques et eupeptiques - Antibactériens - Antifongiques - Antiviraux - Litholytiques biliaires et rénaux - Stimulent les fonctions hépatiques - Odeur citronnée (répulsif à moustiques) | -dermocaustiques ou sensibilisants |
| Cétones | <ul style="list-style-type: none"> - Négativantes - Pouvoir cicatrisant et régénérant du tissu cutané et muqueux - Action désclérosante - Anti-hématome - Mucolytiques et fluidifiantes - Cholagogues et cholérétiques - Lipolytiques - Antiparasitaires - Antifongiques - Antivirales - Action sur le SNC | - neurotoxiques et abortives |
| Coumarines | <ul style="list-style-type: none"> - Négativantes - Anticoagulantes - Sédatives nerveuses - Anticonvulsivantes - Hypotensives - Spasmolytiques - Hépatostimulantes | - photosensibilisantes |
| Esters | <ul style="list-style-type: none"> - Antispasmodiques - Antalgiques - Anti-inflammatoires - Hypotenseurs - Calmants, sédatifs - Négativants | - pas de toxicité aux doses physiologiques |
| Lactones | <ul style="list-style-type: none"> - Mucolytiques, expectorantes - Cholagogues, cholérétiques - Hépatostimulantes - Antifongiques - Antiparasitaires - Positivantes - Antispasmodiques - Immunostimulant - Anticoagulant | - risque d'allergie cutanée - neurotoxiques |
| Oxydes terpéniques | <ul style="list-style-type: none"> - Expectorants - Mucolytiques - Décongestionnants respiratoires - Antibactérien - Antiviraux - Antifongiques - Antiparasitaires | -peu toxique |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| | - Toniques circulatoires - Immunomodulants - Positivants | |
| Monoterpènes | - Décongestionnants - Expectorants - Lymphotoniques - Toniques et stimulants généraux - Assainissant de l'atmosphère - Cortison-like | -dermocautiques et certains sont néphrotoxiques |
| Sesquiterpènes | - Anti-inflammatoires - Décongestionnants veineux et lymphatiques - Hypotenseurs - Calmants - Antiallergiques - Négativants | -non toxique |

IV. Les facteurs influençant la composition chimique des HE

La composition chimique, la concentration des composants individuels et le rendement des HE dépendent de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques.

Les conditions internes de la plante comprennent la génétique (espèce, écotype et chémotype), la population végétale, l'origine et le type de la plante, les différentes parties de la plante, le stade de développement ou la période d'échantillonnage saisonnière. La physiologie de la plante entière et l'état de développement des tissus de synthèse et les processus métaboliques sont particulièrement importants.

Les facteurs externes comprennent les facteurs environnementaux (conditions climatiques et habitat, date de semis et variations d'engrais), les conditions de culture (température, humidité, rayonnement, vent, propriétés du sol, situation géographique, la période et les méthodes de récolte) et les techniques post-récolte (méthodes de séchage et d'extraction, temps de distillation, conditions d'analyse, etc.).

Il est bien admis que les facteurs ontogéniques, génétiques, morphogénétiques et environnementaux affectent fortement la biosynthèse, l'accumulation et la distribution des métabolites secondaires (Moghaddam et Mehdizadeh, 2017)

Les nombreux facteurs pouvant influencer la composition chimique d'une HE devrait sensibiliser à l'intérêt de bien les connaître pour pouvoir ainsi envisager la possibilité de les contrôler (Deschepper, 2017).

V. Les propriétés des Huiles essentielles

IV.1. Propriétés antibactériennes

L'action des huiles essentielles s'exerce sur un large spectre de bactéries, y compris celles qui sont résistantes aux antibiotiques. Les molécules aromatiques comme les phénols, les aldéhydes, les cétones, les alcools et enfin les éthers ont le coefficient antibactérien le plus élevé. Généralement l'action de l'essence (HE) se passe en trois étapes :

- a) Attaque de l'HE sur la paroi bactérienne induisant à l'augmentation de la perméabilité suivie par la perte des constituants cellulaires.
- b) Acidification de l'intérieur de la cellule conduisant ainsi au blocage de la production de l'énergie cellulaire et de la synthèse des composants de structure
- c) Destruction du matériel génétique de la bactérie (Ouis, 2015)

IV.2. Propriété antifongique

De nombreux types d'HE obtenus à partir de différentes plantes ont présenté d'intenses propriétés antifongiques. L'activité antimicrobienne ou antifongique de l'huile essentielle peut être causée par les propriétés des terpènes / terpénoïdes, qui en raison de leur nature hautement lipophile et de leur faible poids moléculaire sont capables de perturber la membrane cellulaire, de provoquer la mort cellulaire ou d'inhiber la sporulation et la germination de champignons. (Nazzaro *et al*, 2017).

Deux revues récentes sur les mécanismes d'action des métabolites secondaires, y compris les HE et les extraits de plantes (obtenus par extraction par solvant organique), ont souligné six mécanismes différents concernant les propriétés antifongiques (Raveau *et al*, 2020).

- Inhiber la formation de la paroi cellulaire des champignons ;
- Perturber la membrane cellulaire en inhibant la synthèse d'ergostérol ;
- Affecter les mitochondries fongiques en inhibant le transport d'électrons mitochondriaux ;
- Inhiber la division cellulaire ;
- Interférer avec la synthèse d'ARN ou d'ADN et/ou inhiber la synthèse des protéines ;
- Inhibition des pompes à efflux.

IV.3. Propriétés Antihistaminiques

Certaines HE empêchent la libération de l'histamine responsable des réactions allergiques en inhibant la synthèse des leucotriènes. Parmi elles on retrouve, l'HE de basilic tropical qui soulage certains symptômes liés à une réaction allergique (Vangelder, 2017)

IV.4. Propriétés digestives

Les plantes aromatiques, riche en HE, sont anciennement utilisées comme épices pour leurs différentes vertus : digestives, cholérétiques et cholagogues, eupeptiques et carminatives, hépato-stimulantes et hépato-protectrice (Lobstein et Malaquin-Pavan, 2018).

IV.5. Propriétés anti-oxydantes

Les antioxydants sont des substances qui peuvent inhiber ou ralentir l'oxydation d'un substrat. Ils interviennent par la prévention de la formation des radicaux libres ou bien ils participent à leur élimination. (Guillouty, 2016). Les HE présentent un pouvoir antioxydant très marqué grâce à ces constituants actifs tel que l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Les résultats déjà publiés révèlent que les huiles essentielles sont une bonne source d'antioxydants naturel. (Randriaanarivelo, 2010)

IV.6. Propriétés anti-inflammatoires

Les huiles essentielles jouent un rôle important dans le traitement de l'inflammation. Parmi ces HE on retrouve la Gaulthérie odorante qui est très utilisée dans le traitement des douleurs musculaires, les tendinites... (Vangelder, 2017).

VI. Toxicité des huiles essentielles

Bien que les huiles essentielles soient naturelles, elles ne sont pas pour autant dénuées de toxicité. En effet, pour certaines, la dose létale est même très basse, ou alors les effets secondaires sont très importants (Koziol, 2015).

a) Réaction allergique

Certaines huiles essentielles sont connues pour être allergisantes. Leur potentiel sensibilisant peut parfois être attribué à des constituants ayant été identifiés comme des allergènes (Uter et *al*, 2010).

b) Crise d'asthme

Des molécules contenues dans certaines huiles essentielles peuvent déclencher des crises d'asthmes, il faut donc les utiliser avec prudence chez les personnes asthmatiques (Koziol, 2015).

c) Dermocausticité

Des composés comme les phénols, les aldéhydes ainsi que les phénols méthyl-éthers peuvent être très agressifs pour la peau. Cette dermocausticité va d'une activité irritante à une activité nécrosante qui détruit l'intégralité des cellules (Attanasio, 2018).

d) Photosensibilité

Une réaction de la peau au soleil peut être provoqué par certaines molécules présentes dans des huiles essentielles qui appartiennent principalement à la famille des coumarines (Attanasio, 2018).

VII. Domaines d'utilisations

Du fait de leurs multiples propriétés, les HE sont devenues une matière d'importance économique considérable avec un marché en constante croissance. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers domaines industriels tel qu'en pharmacie par leurs pouvoirs antiseptique, analgésique, antispasmodique, apéritif, antidiabétique, etc., en alimentation par leur activité anti-oxydante et leur effet aromatisant, en cosmétique et en parfumerie par leur propriété odoriférante (Ouis, 2015).

VII.1. Cosmétologie et parfumerie

En raison de leurs propriétés odoriférantes, les HE sont recherchées dans l'industrie cosmétiques et des parfums. Effectivement l'industrie des cosmétiques, parfums et savonneries est le plus gros consommateur de ces huiles. Il constitue 60 % de la demande totale en substances naturelles (Bessah et El-Hadi, 2015 ; Ouis, 2015).

VII.2. Industrie alimentaire

Les HE sont utilisées pour rehausser le goût des aliments et leur conservation grâce aux effets antimicrobiens et antioxydants de certains de leurs constituants. L'industrie des huiles essentielles s'est développée suite à l'intérêt accru de la population pour les produits de santé naturels. En effet les agents naturels présents dans les HE réduisent ou remplacent les agents de conservation chimiques ou synthétiques qui ont des effets néfastes sur la santé (Bessah et El-Hadi, 2015).

VII.3. Pharmacie

Les huiles essentielles peuvent avoir un intérêt médicamenteux, surtout dans le domaine des antiseptiques. Elles sont également employées afin d'aromatiser des formulations médicamenteuses qui sont destinées à administrer par voie orale. Les plantes aromatiques sont aussi utilisées à l'état brut, en particulier pour les préparations d'infusion (menthe, mélisse, verveine, fleurs d'oranger, etc.) et sous la forme de préparations galéniques simples. (Randrianarivelo, 2010).

VII.4. Agriculture

L'exploitation des huiles essentielles dans la protection des plantes n'est encore que dans ses débuts (Bendali et al, 2019).

Les HE sont testés sur de multiples cibles en protection des cultures : les micro-organismes (champignons et bactéries), les insectes, les adventices et aussi en protection des semences. (Furet et Bellenot, 2013).

Un nombre important d'HE a montré une activité intéressante d'un point de vue agricole, contre un large spectre de micro-organismes *in vitro* et *in planta* et contre les mauvaises herbes et plantes bioindicateurs (Raveau et al, 2020). En effet, Plus de 140 publications démontrent les activités antifongiques des HE, surtout en traitement post-récolte contre des maladies de conservation. (Andrивon, 2019).

L'utilisation des HE comme moyen de lutte contre les bactérioses des cultures constitue un enjeu important, vue le manque de moyen existant contre ces bactérioses (Andrивon, 2019).

VIII. Action synergique des huiles essentielles

Il a été révélé que la combinaison de certaines huiles particulières produisait une synergie résultant des activités combinées de deux ou plusieurs constituants des huiles essentielles (Chouhan et al, 2017).

L'interaction entre les composés antimicrobiens dans une combinaison peut avoir trois résultats différents, synergiques, additifs ou antagonistes. La synergie se produit lorsqu'un mélange de deux composés antimicrobiens à une activité antimicrobienne supérieure à la somme des composants individuels. Un effet additif est obtenu lorsque la combinaison d'antimicrobiens à un effet combiné égal à la somme des composés individuels. L'antagonisme se produit lorsqu'un mélange de composés antimicrobiens à un effet combiné

moins que lorsque les composés sont appliqués séparément (Hyldgaard et al, 2012). Boutkhal et al (2011) ont indiqué que la combinaison des HEs de *Seriphidium herba-alba* et *Dysphania ambrosioides* a montré un effet synergique vis-à-vis de *Streptococcus agalactiae*

Partie pratique

I-Matériel et méthodes

La partie expérimentale a été effectuée au Laboratoire de Maitrise des Energies Renouvelables, équipe de Biomasse et Environnement. Les expériences ont été menées durant une période de 3 mois (Avril-Juin 2021). Le but principal de ce travail est d'étudier l'activité antibactérienne et antifongique de quatre huiles essentielles (HE) et de déterminer les concentrations minimales inhibitrices et bactéricides. L'étude est effectuée sur des microorganismes phytopathogènes, quatre espèces bactériennes et quatre espèces fongiques.

1. Matériels

1.1. Matériel végétal

1.1.1. *Daucus carota ssp carota*

Classification botanique (Botineau, 2010)

Règne : *Plantae*

Phylum : *Tracheophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : *Araliales*

Famille : *Apiaceae*

Genre : *Daucus*

Espèce : *Daucus carota*

Sous espèce : *Daucus carota ssp carota*

Nom commun : *Carotte sauvage*



Figure 03 : *Daucus carota ssp carota*

Cette plante, pousse spontanément en Algérie au bord des routes, collines, prairies sablonneuses et rocheuses, rivages et montagnes (Mohammedi et al, 2015). Ce genre a une racine pivotante et mince, des feuilles de 2 à 3 pennées, des tiges velues, des bractées pennées sous les ombelles et des fruits épineux (Chizzola, 2010).

Parmi les quatre HE à tester, trois sont extraite de la plante *Daucus carota ssp carota* : (H1) à partir de la tige, (H2) à partir des feuilles et (H3) à partir des ombelles.

1.1.2. *Eucalyptus camaldulensis*

Classification botanique (Mehani et al, 2014)

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Angiospermes*

Classe : *Eudicots*

Ordre : *Myrtales*

Famille : *Myrtaceae*

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus camaldulensis*



Figure 04 : *Eucalyptus camaldulensis*

C'est l'arbre exotique le plus répandu en Algérie. Il convient à tous les sols profonds de plaines, les lits d'oueds, les terres non salées et sans calcaires (Laadel, 2014). Le diamètre de la tige peut atteindre environ 1-2 m, son écorce est lisse. Les feuilles adultes sont de 8 à 30 Cm de longueurs et de 0,7 à 4,2 cm de largeur, vertes ou gris-vert et les fleurs sont blanches (Thomson et al, 2018).

L'huile 4 (H4) utilisée dans ce travail a été extraite à partir des feuilles d'*Eucalyptus camadulensis*.

1.2. Souches microbiennes

Pour étudier l'activité antibactérienne et antifongique des HE des plantes aromatiques citées précédemment, quatre souches bactériennes à Gram négatif et quatre champignons sont utilisés :

1.2.1. Souches bactériennes

- *Pectobacterium atrosepticum* (17) ;
- *Pectobacterium carotovorum* (PCc) ;
- *Dickeya dadantii* (Dd) ;
- *Dickeya solani* (Ds)

1.2.2. Souche fongiques

- *Aspergillus niger* ;
- *Aspergillus flavipes* ;

- *Fusarium sp.* ;
- *Penicillium sp.*

2. Méthodes

2.1 Extraction des HE

La méthode utilisée pour l'extraction des huiles essentielles du végétal est l'hydrodistillation avec un système de type Clevenger (Figure 4). Celle-ci consiste à mettre 100g du végétal coupé dans un ballon en verre et le recouvrir d'eau distillée. A l'aide d'un chauffe ballon, le mélange est porté à ébullition et les vapeurs chargées d'huile qui se dégagent passent à travers le serpentin de refroidissement en verre où aura lieu la condensation. L'huile obtenue est récupérée, ensuite traitée par un déshydratant afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans l'huile. Enfin, l'huile obtenue est conservée dans des flacons opaques bien scellés à une température basse (4°C). L'opération d'extraction dure quatre heures à partir du début de l'ébullition.

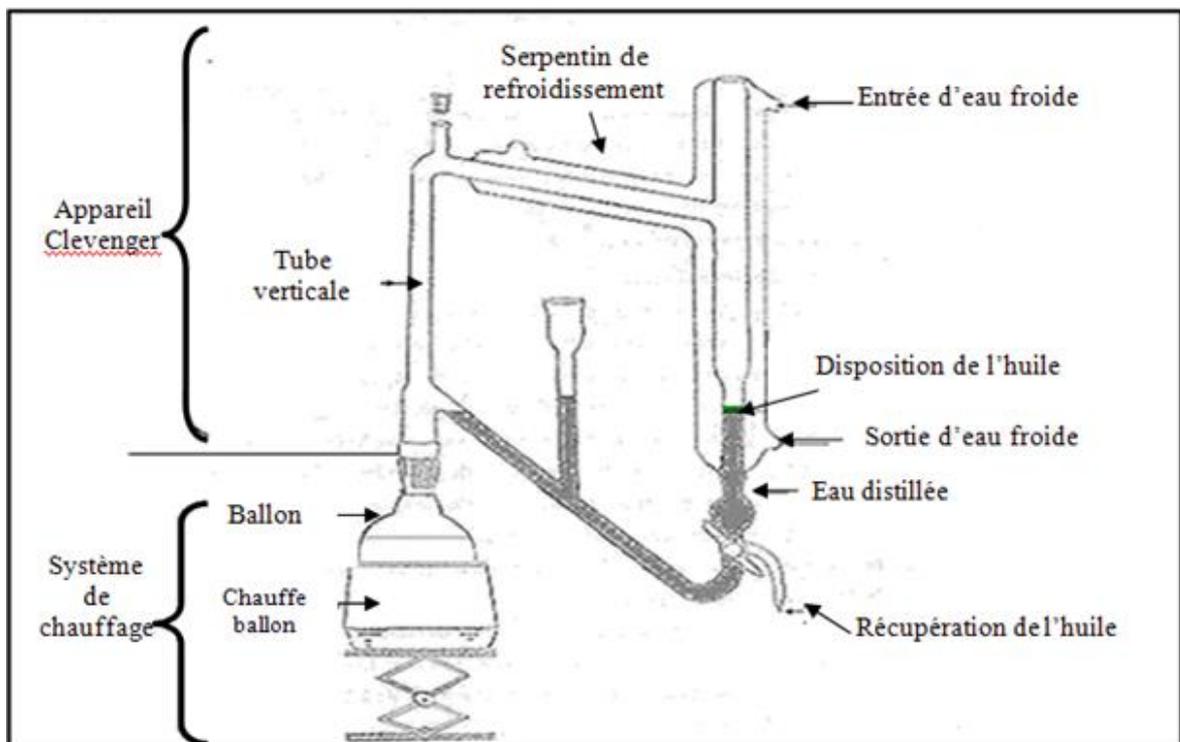


Figure 05. Dispositif d'extraction du type Clevenger (Laouer, 2004).

2.2. Activité antimicrobiennes des huiles essentielles

2.2.1. Activité antibactérienne

2.2.1.1. Préparation de la suspension bactérienne

Les bactéries à tester sontensemencées sur des boites de Petri contenant la gélose nutritive (GN) et incubées pendant 24h à 28°C, afin d’obtenir une culture jeune. A partir de ces boites, on prélève quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques et on les introduit dans 10ml de bouillon nutritif BN (Annexe I). La suspension bactérienne est bien homogénéisée au Vortex, et la densité optique de la solution est mesurée et ajustée afin d’obtenir une culture bactérienne de 0.5 McFarland équivalent de 10^8 UFC/ml.

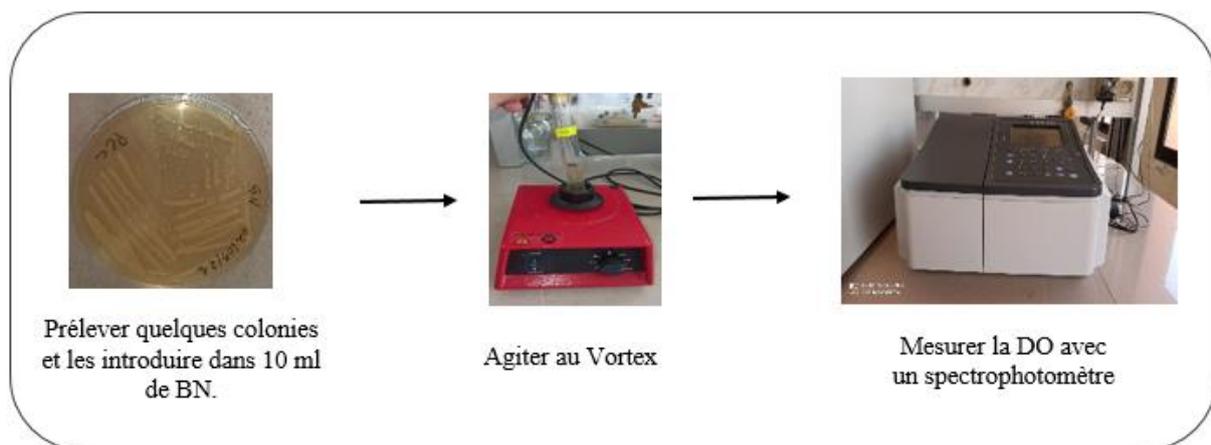


Figure 06 : Préparation des suspensions bactériennes

2.2.1.2. Test d’activité antibactérienne :

La méthode de diffusion sur agar est utilisée pour l’évaluation de l’activité antibactérienne des quatre HE. Le test est réalisé comme suit (Laouer, 2004) :

- Des boîtes de Petri de 9 cm de diamètre, remplies de gélose Muller–Hinton sontensemencées par écouvillonnage à partir de suspension bactérienne standardisée (10^8 ufc/ml).
- Par la suite, des disques de papiers chromatographiques de 6 mm de diamètre, préalablement stérilisés sont déposés à la surface de la géloseensemencée.

- 10 μl de l'huile essentielle diluée dans du DMSO (1/2, 1/5, 1/10 (v/v)) sont déposés sur chaque disque (Chaque boîte comporte trois dépôts d'HE de concentration similaire afin de garantir les mêmes conditions expérimentales).
- Afin de valider les résultats, des boîtes de contrôle sont préparées :
 - **Témoin positif** : par dépôt des disques d'antibiotiques (Ampicilline 10 μg) dans des boîtes déjà ensemencées avec la suspension bactérienne standardisée.
 - **Témoin négatif** : par dépôt des disques de papiers chromatographiques imprégnés de 10 μl de DMSO dans des boîtes déjà ensemencées avec la suspension bactérienne standardisée.
- Chaque test a été réalisé en duplicata afin de s'assurer de la fiabilité des résultats.
- Les boîtes sont laissées environ 2h à température basse pour permettre la diffusion des HE.
- Après incubation à 28°C pendant 24h, les diamètres des zones d'inhibition sont mesurés.

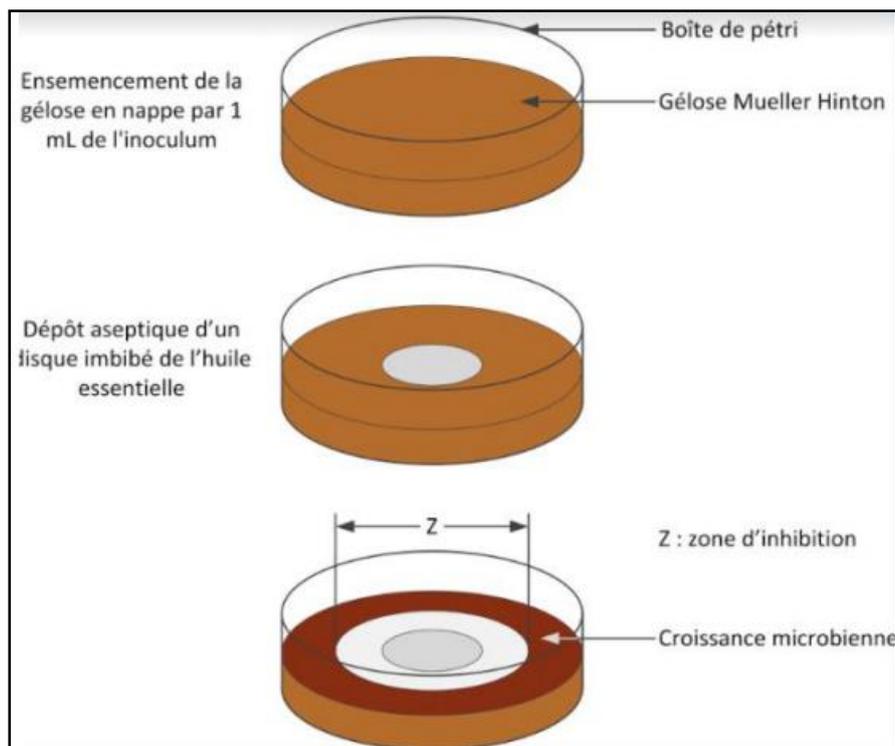


Figure 07 : Etape de la réalisation de l'aromatogramme (Soulet, 2017)

2.2.1.3. Détermination de la nature de l'activité (bactériostatique ou bactéricide) :

Dans le but de déterminer si les HE testées ont un effet bactériostatique ou bactéricide, des prélèvements effectués dans les zones d'inhibition sont transférés dans des eppendorfs contenant 1ml de bouillon nutritif, les tubes sont incubés pendant 24h à 28°C.

L'apparition d'un trouble indique un effet bactériostatique tandis que l'absence du trouble indique un effet bactéricide.

2.2.1.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est définie comme étant la plus faible concentration de l'HE, pour laquelle la croissance bactérienne est inhibée. La méthode utilisée pour la détermination des CMI (Bassole et *al*, 2003), elle consiste à inoculer, par un inoculum standardisé, une gamme de concentration décroissante en HE. Après l'incubation, l'observation de la gamme permet la détermination des CMI.

- Dissoudre les HE à tester dans des micro-tubes stériles contenant du DMSO afin d'obtenir la dilution 1/2.
- Remplir les puits des microplaques de 96 puits par 150 µl de Bouillon nutritif inoculé avec 10⁸ UFC/ml de cultures jeunes de bactéries.
- Transférer 50 µl de la dilution 1/2 dans les puits de la troisième ligne verticale de la microplaque
- À partir de ces puits, prélever 50 µl et l'introduire dans les puits de la quatrième ligne verticale et compléter les autres puits de la même manière.

Afin de valider ces résultats, les puits de la première ligne verticale de la microplaque sont utilisés comme témoins.

Après 24h d'incubation à 28°C, la CMI de chaque HE est déterminée. La CMI correspond au premier puits de la gamme de concentration, dépourvu de toute croissance bactérienne.

Remarque :

Chaque microplaque est utilisée pour le test d'une HE sur deux souches. Les puits des trois premières lignes horizontales de la microplaque sont utilisés pour tester la première souche

(une ligne verticale correspond à une répétition) et les trois dernières lignes pour l'autre souche. Deux lignes horizontales sont laissées vides, afin d'éviter tout risque de contamination entre les deux souches. Ci-dessous une image illustrant les différentes étapes du test.

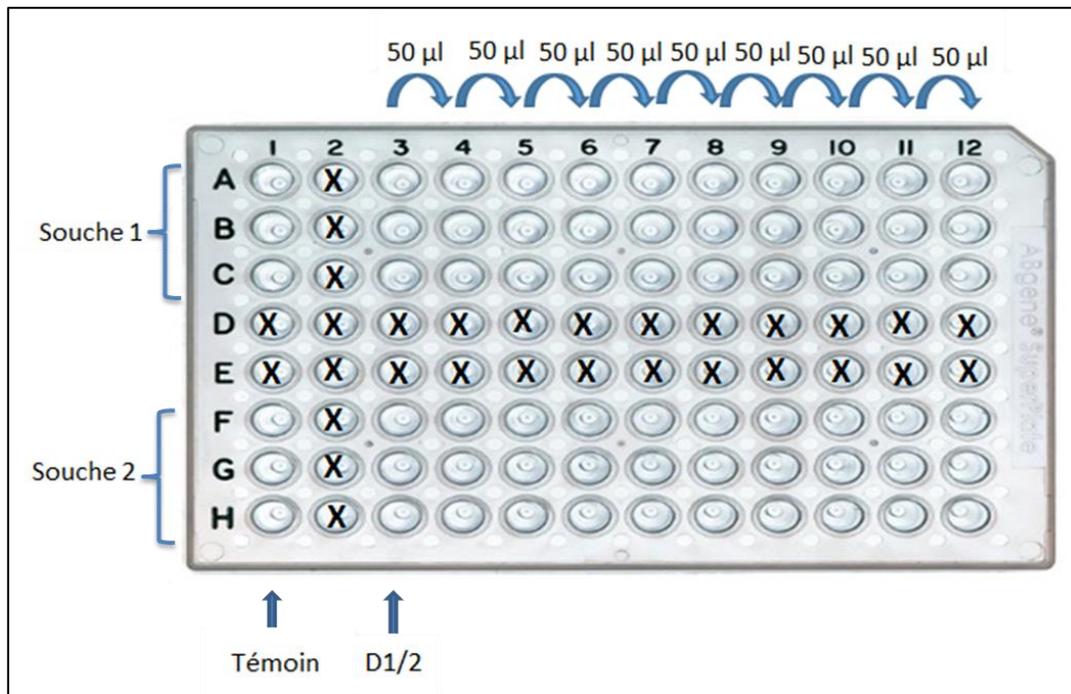


Figure 08 : test de détermination de la CMI sur microplaque

1 : Témoin (BN inoculé avec 10^6 UFC/ml de la culture bactérienne)

3 : 150µl de BN inoculé avec 10^6 UFC/ml de la culture bactérienne + 50 µl de la dilution D1/2 de HE

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 : 150µl de BN inoculé avec 10^6 UFC/ml de la culture bactérienne + 50 µl prélevé du puits de la colonne précédente.

2.2.2. L'activité antifongique

2.2.2.1. Préparation de la suspension sporale

La suspension sporale (10^7 spore/ml) est préparée dans l'eau physiologique, à partir s'une culture fongique agée de 7 jours. Ci-dessous, une image illustrant les étapes de la préparation de la suspension.

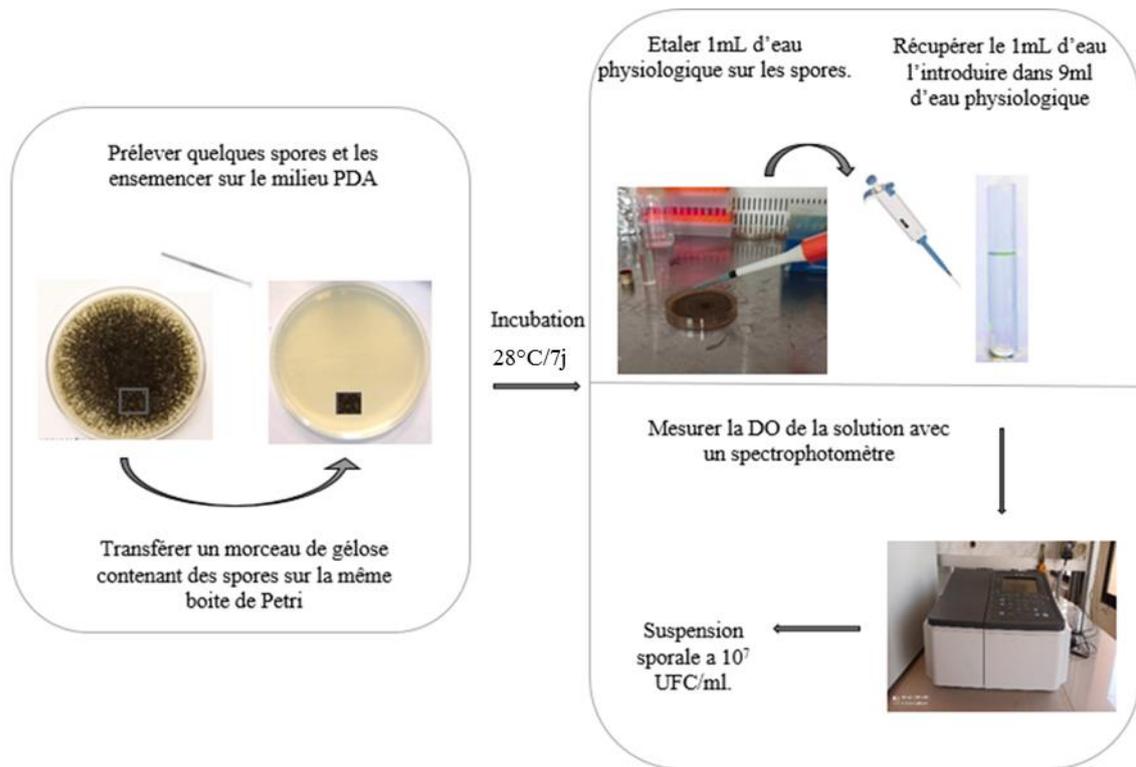


Figure 09 : Préparation de la suspension sporale.

2.2.2.2. Test d'activité antifongique :

La technique utilisée pour la déterminer de l'activité antifongique des HE est la même que celle utilisée pour l'évaluation de l'activité antibactérienne, il s'agit de la méthode de diffusion sur agar, cependant quelques changements sont apportés :

- Le milieu de culture utilisé est PDA (annexe I)
- La suspension sporale est standardisée à (10^7 spore/ml).
- Le témoin positif est préparé par dépôt des disques imprégné de 10 μ l de deux antifongiques (Actidione cycloheximide et un antifongique commerciale)
- La lecture des résultats est faite après incubation à 25°C pendant 72h en mesurant les diamètres des zones d'inhibition autour de chaque disque

2.2.2.3. Détermination de la nature de l'activité

Dans le but de déterminer la nature de l'activité des HE testées (fongicide ou fongistatique), toutes les boîtes ayant des zones d'inhibitions après la réalisation du test d'activité, sont laissés dans l'étuve à 25°C pendant une période allant jusqu'à 15 jours ou plus.

Si le champignon reprend sa croissance dans les zones d'inhibition, cela indique que l'HE a une activité fongistatique. Dans le cas contraire, l'activité est dite fongicide.

Résultats et discussion

1. Activité antimicrobienne des huiles essentielles

- La sensibilité des germes aux différentes HES

Selon **Ponce et al, (2003)** cette sensibilité peut être estimée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (D) selon l'échelle suivante :

- Non sensible (-) : $d \leq 8$ mm
- Sensible (+) : $9 \text{ mm} \leq d \leq 14$ mm
- Très sensible (++) : $15 \text{ mm} \leq d \leq 19$ mm
- Extrêmement sensible (+++) : $d \geq 20$ mm

- Les témoins négatifs et positifs

Les résultats des témoins négatifs (DMSO) de l'activité antibactérienne et antifongiques sont présentés dans les figures suivantes.

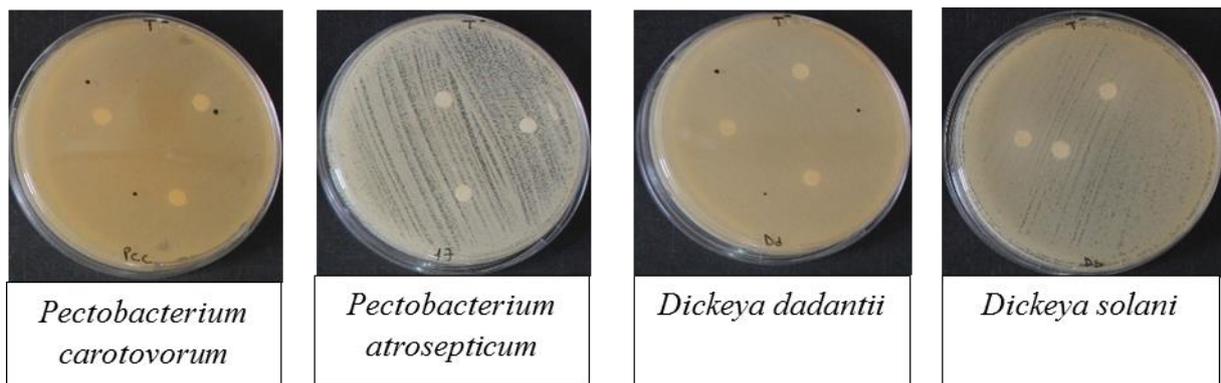


Figure 10 : Activité de DMSO (témoin négatif) sur les souches bactériennes

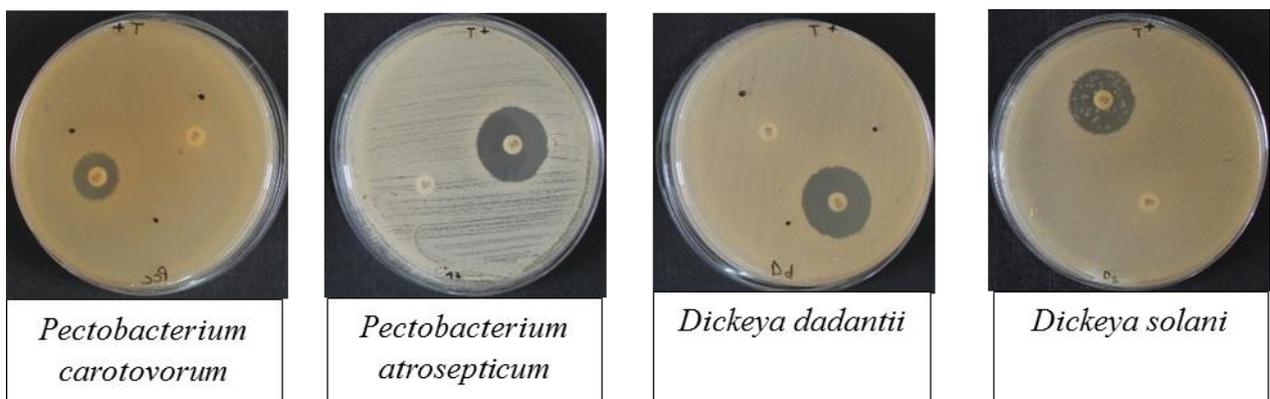


Figure 11 : Témoins positifs (Amoxicilline et Ampicilline)

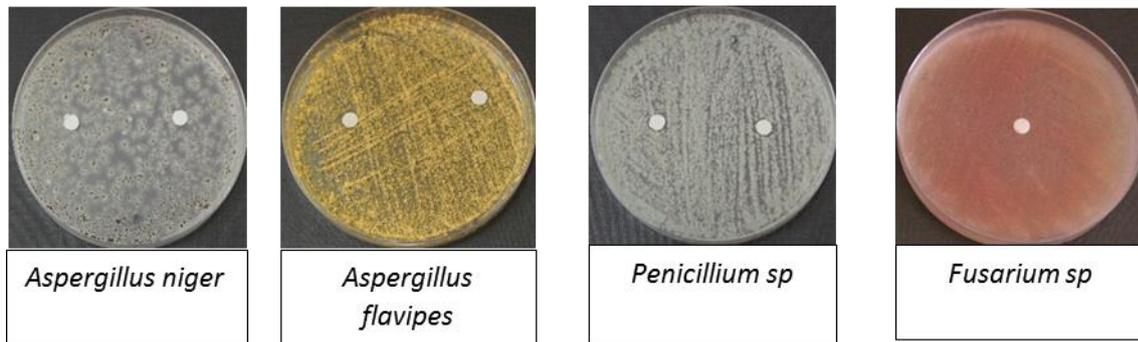


Figure 12 : résultats des témoins négatifs des différentes souches fongiques testées avec le DMSO

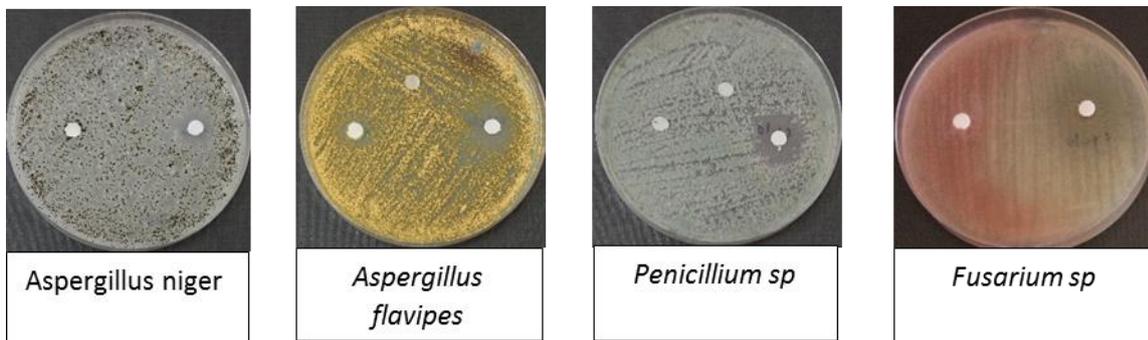


Figure 13 : résultats des témoins positifs des différentes souches fongiques testées avec deux antifongiques : Actidione cycloheximide et commerciale.

Les résultats obtenus montrent que le DMSO (fig. 10 et 12) n'a pas d'effet antibactérien ou antifongique sur les souches testées.

L'antibiogramme consiste à déterminer la sensibilité ou la résistance d'une bactérie aux antibiotiques (Jehl et *al*, 2015). Les résultats obtenus montrent que les quatre souches bactériennes sont sensibles à l'Amoxicilline contrairement à l'Ampicilline auxquels les souches bactériennes semblent être résistantes (fig. 11).

Les résultats obtenus montrent que l'Actidione cycloheximide a une activité antifongique contre les quatre champignons, contrairement à l'antifongique commercial qui n'a présenté aucune activité *vis-à-vis* de ces champignons (fig. 13).

1.1. Activité antibactérienne

1.1.1. Activité antibactérienne de l'HE1 (tige de *Daucus carota*)

L'activité antibactérienne pour les différentes concentrations en HE1 (D=1/2, D=1/5, D=1/10) et les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre souches bactériennes sont présentés respectivement dans le tableau et la figure 14:

Tableau 02 : Activité antibactérienne de l'HE1 (tige de *Daucus carota*)

| Souches bactériennes | D = 1/2 | D = 1/5 | D = 1/10 |
|--|---|--|---|
| <i>Pectobacterium carotovorum</i> Pcc |  |  |  |
| <i>Pectobacterium atrosepticum</i> 17 |  |  |  |
| <i>Dickeya dadantii</i> Dd |  |  |  |
| <i>Dickeya solani</i> Ds |  |  |  |

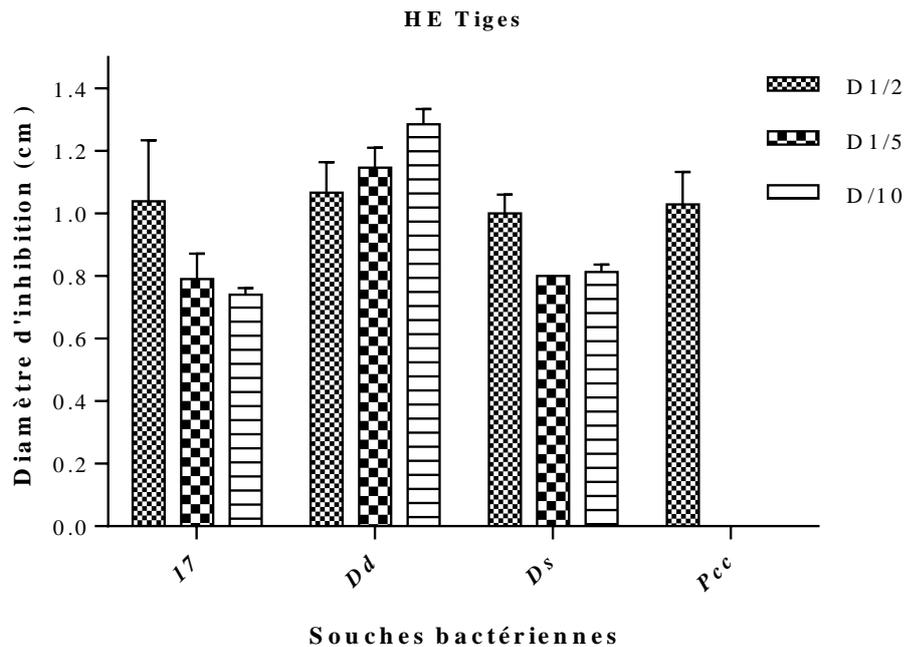


Figure 14 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l'HE1

17 : *Pectobacterium atrosepticum* ; Dd : *Dickeya dadantii* ; Ds : *Dickeya solani* ; Pcc : *Pectobacterium carotovorum*

D'après les résultats obtenus, la dilution $D=1/2$ de l'HE1 a montré une activité antibactérienne contre toutes les souches bactériennes testées avec des diamètres allant de $1 \pm 0,061\text{cm}$ jusqu'à $1,08 \pm 0,098\text{cm}$. Concernant la dilution $D=1/5$, l'activité antibactérienne est observée uniquement chez la souche Dd avec un diamètre moyen de $1,11 \pm 0,064\text{cm}$, une absence de l'activité antibactérienne est notée chez les trois souches restantes. La dilution $D=1/10$ s'est avéré active sur la souche Dd avec un diamètre moyen de $1,28 \pm 0,049\text{cm}$. La souche Ds est peu sensible et présente un diamètre moyen de $0,85 \pm 0,025\text{cm}$, quant à la souche 17 et Pcc, elles sont non sensibles.

En analysant le graphe, on remarque que l'activité de l'HE1 est proportionnelle à la dilution pour la souche 17, ceci pourrait être expliqué par la présence de plus de composés actifs avec l'accroissement du volume d'huile essentielle (Touaibia, 2015).

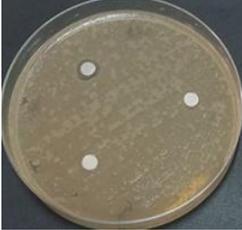
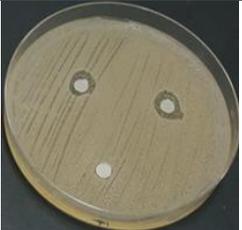
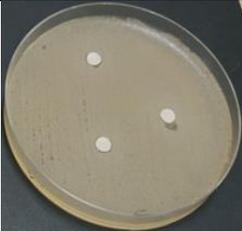
Cette activité est inversement proportionnelle à la dilution pour la souche Dd, et ceci pourrait être dû à la concentration des composés actifs minoritaires, qui, présent en faible quantité engendre un effet antibactérien plus élevé contre cette bactérie.

Les souches Ds et Pcc ne sont sensibles qu'à la D1/2, ceci laisse croire que la présence des composés actifs en grande quantité est nécessaire pour exercer l'activité antibactérienne.

1.1.2. Activité antibactérienne de l'HE2 (feuilles de *Daucus carota*)

L'activité antibactérienne pour les différentes concentrations en HE2 (D=1/2, D=1/5, D=1/10) et les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre souches bactériennes sont présentés respectivement dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau 03 : Activité antibactérienne de l'HE2 (feuilles de *Daucus carota*).

| Souches bactériennes | D = 1/2 | D = 1/5 | D = 1/10 |
|---|---|--|---|
| <i>Pectobacterium carotovorum</i> <i>Pcc</i> |  |  |  |
| <i>Pectobacterium atrosepticum</i> <i>17</i> |  |  |  |
| <i>Dickeya dadantii</i> <i>Dd</i> |  |  |  |
| <i>Dickeya solani</i> <i>Ds</i> |  |  |  |

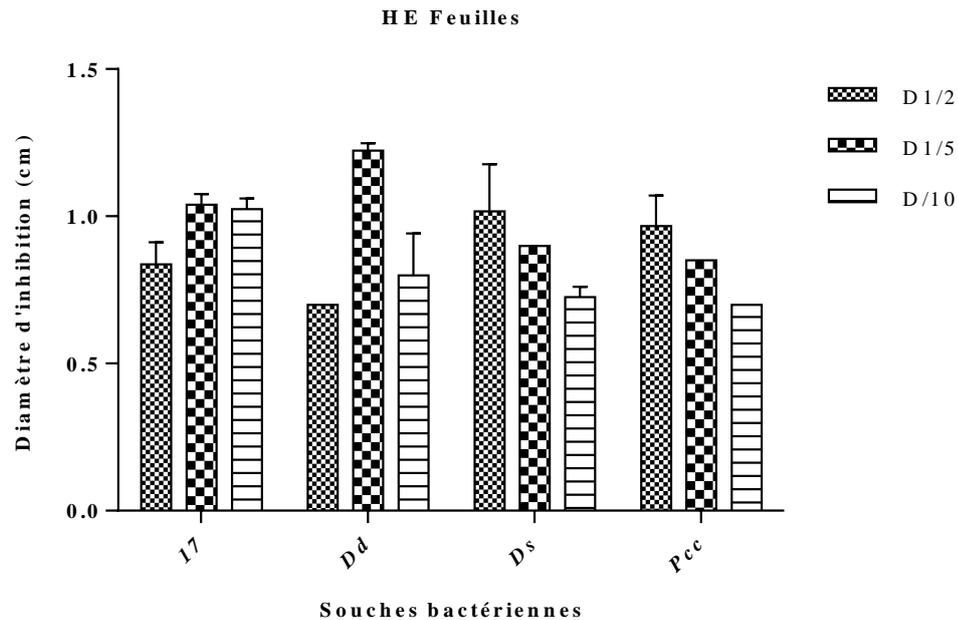


Figure 15 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d’inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l’HE2

17 : *Pectobacterium atrosepticum* ; Dd : *Dickeya dadantii* ; Ds : *Dickeya solani* ; Pcc : *Pectobacterium carotovorum*

La dilution $D=1/2$ présente une activité sur les deux souches Ds et Pcc avec un diamètre moyen d’environ $1 \pm 0,132\text{cm}$. La souche 17 est peu sensible avec un diamètre moyen de $0,83 \pm 0,075\text{cm}$. Concernant la souche Dd, elle semble résistante et présente un diamètre moyen de $0,7\text{cm}$.

Pour la dilution $D=1/5$, l’activité antibactérienne est observée chez les trois souches 17, Dd et Ds avec des diamètres de $d=1,04 \pm 0,036\text{cm}$, $d= 1,28 \pm 0,025\text{cm}$ et $d= 0,9\text{cm}$ respectivement, la souche Pcc quant à elle est peu sensible à cette dilution ($d=0,85\text{cm}$).

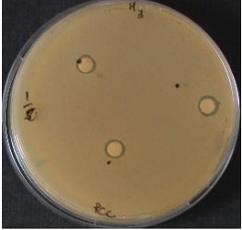
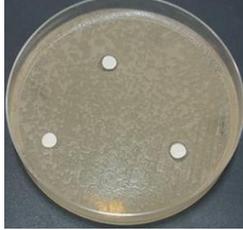
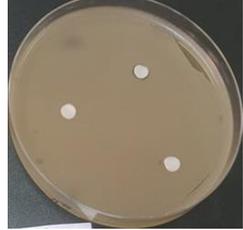
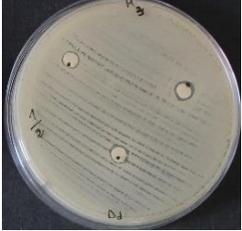
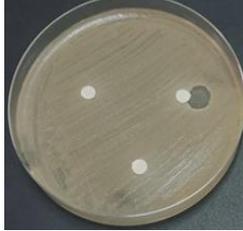
La dilution $D=1/10$, elle a une action antibactérienne uniquement contre la souche 17 ($d=1,02 \pm 0,035\text{cm}$). Les trois autres souches Dd, Ds et Pcc ne sont pas sensibles à cette dilution et présentent des diamètres moyens de : $d=0,8 \pm 0,141\text{cm}$, $d=0,72 \pm 0,035\text{cm}$ et $d=0,7\text{cm}$ respectivement.

L’activité antibactérienne de cette huile est proportionnelle à la dilution pour les deux souches Ds et Pcc et non proportionnelle pour les deux autres souches 17 et Dd.

1.1.3. Activité antibactérienne de l'HE3 (Ombelles de *Daucus carota*)

L'activité antibactérienne pour les différentes concentrations en HE3 (D=1/2, D=1/5, D=1/10) et les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre souches bactériennes sont présentés respectivement dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau 04 : Activité antibactérienne de l'HE3 (Ombelles de *Daucus carota*)

| Souches bactériennes | D = 1/2 | D = 1/5 | D = 1/10 |
|---|---|--|---|
| <i>Pectobacterium carotovorum</i> <i>Pcc</i> |  |  |  |
| <i>Pectobacterium atrosepticum</i> <i>17</i> |  |  |  |
| <i>Dickeya dadantii</i> <i>Dd</i> |  |  |  |
| <i>Dickeya solani</i> <i>Ds</i> |  |  |  |

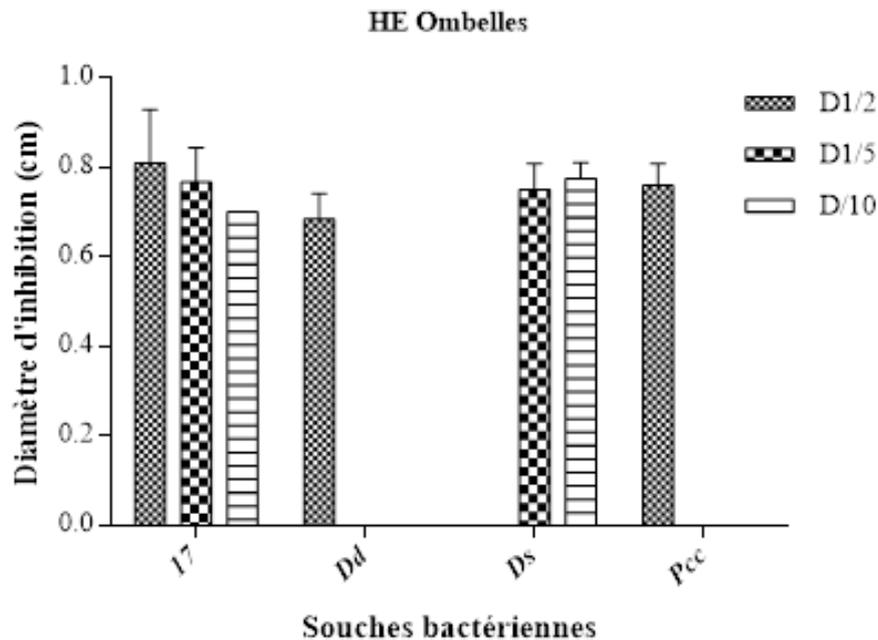


Figure 16 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d’inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l’HE3

17 : *Pectobacterium atrosepticum* ; Dd : *Dickeya dadantii* ; Ds : *Dickeya solani* ; Pcc: *Pectobacterium carotovorum*

D’après ces résultats, et en se basant sur l’échelle d’estimation établie par Ponce et al, (2003), on peut dire que l’HE3 n’a pas d’effet antibactérien car les diamètres moyens de zones d’inhibition obtenus avec les quatre souches 17, Dd, Ds et Pcc sont inférieure a 0,8cm.

Néanmoins, on remarque sur le graphe que les diamètres moyens de zone d’inhibition obtenus avec la souche 17 sont proportionnels à la dilution. Pour les souches Dd et Pcc un diamètre moyen de zone d’inhibition d’environ $d=0,77 \pm 0,305\text{cm}$ a été noté uniquement avec la dilution $D=1/2$. Et enfin pour la souche Ds, aucune zone d’inhibition n’a été obtenu avec la $D=1/2$ tandis que pour les dilutions $D=1/5$ et $D=1/10$, des zones d’inhibitions sont observées avec un diamètre allant jusqu’à $d=0,77 \pm 0,035\text{cm}$.

L’activité antibactérienne de cette huile essentielle pourrait être due à sa richesse en composés actifs, en effet d’après Tabti et al (2012), l’HE des tiges/feuilles de *Daucus carota* ssp *carota* combinées est composée d’un pourcentage élevé de monoterpènes (95,9%) tel que le α -pinène (26,0%), le sabinène (14,0%), β -pinène (11,2%), limonène (13,0%), myrcène (10,0%), terpinène-4-ol (4,9%) et p-cymène (4,4 %).

Dans une étude menée par (Sasmakov et al, 2017), il a été montré que l'HE des feuilles de *Daucus carota* ssp *carota*, possède également une activité antibactérienne contre les bactéries Gram positives testés dans leur travail à savoir : *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus*.

Contrairement à ce qui est trouvé dans cette étude, selon Staniszewska et al (2014), L'huile d'ombelles matures de carotte sauvage était plus active que les huiles essentielles des autres parties. Cela est peut être liée à la composition chimiques des huiles, Vu que cette dernière est influencée par plusieurs paramètres (région de collecte, climat, conditions de récolte et de stockage, nature de sol, degré de maturité de la plante, les pratiques culturales, les méthodes d'extraction, etc.). Les souches testées peuvent également être à l'origine de cette différence par leur sensibilité ou résistance.

Selon une étude faite par Alves-Silva et al (2016), sur l'huile essentielle obtenue à partir d'ombelles de *D. carota* ssp. *carota* collectée à Serra da Lousã, Coimbra (Portugal), il a été rapporté que l'huile était significativement plus efficace contre les bactéries Gram-positives.

Staniszewska et al (2014), dans une étude sur les huiles essentielles de carottes sauvages (*D. carota* ssp. *Carota*), leur composition chimique et leur activité antimicrobienne, ont également rapporté l'efficacité de ces huiles contre les souches de bactéries gram-positives (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*).

Les différences observées entre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives sont principalement dues à leur structure de paroi cellulaire distincte, car la paroi cellulaire des bactéries Gram-négatives est beaucoup plus complexe comprenant une membrane externe composée de chaînes de polysaccharides hydrophiles qui agissent comme une barrière pour les huiles essentielles hydrophobes (Alves-Silva et al, 2016).

Dans une autre étude faite par Rokbeni et al (2013), basée sur la Variation de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles des populations naturelles de *Daucus carota* L. tunisien (*Apiaceae*), il a été rapporté que toutes les huiles essentielles testées présentaient des degrés d'inhibition similaires contre les bactéries Gram-négatives (*Escherichia coli* et *Salmonella typhimurium*) et Gram positives (*Staphylococcus aureus*) ainsi que contre la levure *Candida albicans*.

La différence dans l'activité des huiles essentielles sur les Gram positifs et les Gram négatifs fait apparaitre plusieurs hypothèses. Dorman et Deans (2000) suggèrent que les Gram positifs sont plus résistants aux huiles essentielles que les Gram négatifs, ce qui est en

opposition avec les études effectuées par Calsamiglia et al (2007) qui rapportent que les huiles essentielles sont plus actives sur les Gram positifs que sur les Gram négatifs. Burt en 2004 propose qu'elle soit en relation avec la composition chimique de l'huile essentielle.

Dans cette investigation, on ne peut tirer de conclusion sur ce sujet, vu que toutes les souches testées sont des Gram négatif.

1.1.4. Activité antibactérienne de l'HE4 (*Eucalyptus camaldulensis*)

L'activité antibactérienne pour les différentes concentrations en HE4 (D=1/2, D=1/5, D=1/10) et les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre souches bactériennes sont présentés respectivement dans le tableau et le graphe suivants :

Tableau 05 : Activité antibactérienne de l'HE4 (*Eucalyptus camaldulensis*)

| Souches bactériennes | D = 1/2 | D = 1/5 | D = 1/10 |
|--|---|--|---|
| <i>Pectobacterium carotovorum</i> Pcc |  |  |  |
| <i>Pectobacterium atrosepticum</i> 17 |  |  |  |
| <i>Dickeya dadantii</i> Dd |  |  |  |
| <i>Dickeya solani</i> Ds |  |  |  |

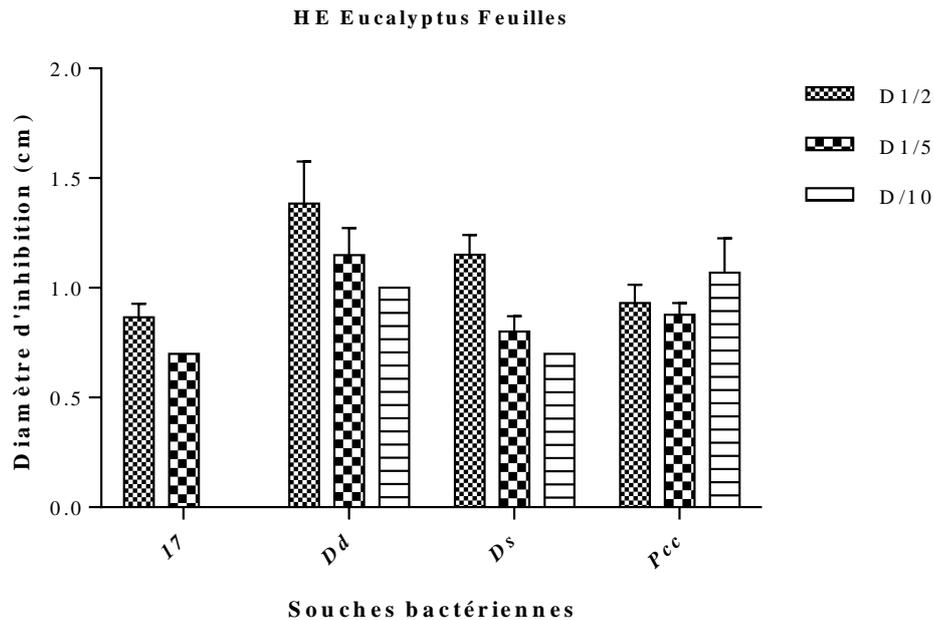


Figure 17 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d’inhibition présentés par les quatre souches bactériennes contre l’HE4

17 : *Pectobacterium atrosepticum* ; Dd : *Dickeya dadantii* ; Ds : *Dickeya solani* ; Pcc: *Pectobacterium carotovorum*

D’après les résultats obtenus, on remarque que l’HE4 à la dilution $D=1/2$ a une activité bactérienne contre les quatre souches avec des diamètres moyens d’inhibitions de $1,38 \pm 0,191\text{cm}$ pour Dd ; $1,15 \pm 0,091\text{cm}$ pour Ds et $0,93 \pm 0,084\text{cm}$ pour Pcc, on note cependant que la souche 17 et peu sensible comparé aux autres souches avec un diamètre moyen de $0,86 \pm 0,061\text{cm}$.

Pour ce qui est de la dilution $D=1/5$, l’activité antibactérienne est observée chez la souche Dd qui présente un diamètre moyen de $1,15 \pm 0,122\text{cm}$, la souche Pcc est peu sensible et présente un diamètre moyen de $0,87 \pm 0,053\text{cm}$. Concernant la souche Ds et 17, elles semblent être résistantes et présentent des diamètres de $0,8 \pm 0,07\text{cm}$ et $0,7\text{cm}$ respectivement.

Aucune zone d’inhibition n’a été observée chez la souche 17 avec la dilution $D= 1/10$. Pour la souche Ds, le diamètre moyen mesuré est égale à $0,7\text{cm}$, elle est donc résistante à cette dilution. Les souches Dd et Pcc semblent être sensibles à cette dilution avec des diamètres moyens de zone d’inhibition de 1cm et $1,07 \pm 0,157\text{cm}$ respectivement.

L’activité antibactérienne observée est proportionnelle à la dilution pour toutes les souches à l’exception de la souche Pcc.

L'HE d'Eucalyptus est largement utilisée comme agent antibactérien. Son action antimicrobienne dépend principalement de ses constituants chimiques. Son composant majeur est le terpène 1, 8-cinéole (Liaqat et Asgar, 2021). Ce composé pourrait augmenter la perméabilité de la membrane bactérienne, facilitant ainsi la pénétration d'autres composés qui ciblent la respiration bactérienne ou l'expression de gènes impliqués dans la formation de biofilms microbiens (Blejan et al, 2021). D'après Talha et al (2021), l'*E. camaldulensis* est une source potentielle de composés antimicrobiens agissant contre diverses bactéries : espèces à Gram positif et à Gram négatif.

Des résultats similaires à ceux obtenus dans notre étude ont été rapportés dans l'étude dirigée par Mehani et Segni (2014) ou elle montre que l'HE des feuilles de l'*Eucalyptus camaldulensis*, présente une activité antibiotique contre des souches bactériennes pathogènes.

D'après Benali et Raho Ghalem (2014), L'activité antimicrobienne de l'HE de feuilles d'Eucalyptus peut être attribuée à la présence de concentration élevée en 1,8-cinéole (15%-78%). Dans une étude faite par Ghanmi et al (2011) il a été rapporté que le 1,8-cinéole (42,30 %) est le constituant majoritaire de l'huile essentielle des feuilles d'*E. camaldulensis* récolté au nord du Maroc. Des études faites sur l'activité antimicrobienne de 1,8-cinéole, indiquent des effets à large spectre sur les bactéries à Gram positives et négatives (Talha et al, 2021).

L'étude effectuée par Benali et Raho Ghalem (2008) menée sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles de feuilles d'*Eucalyptus globulus* et d'*Eucalyptus camaldulensis* confirme les propriétés antimicrobiennes de ces HE qui ont montré une inhibition de croissance significative de *S. aureus* et *E.coli*.

Dans une autre recherche menée par Fenghour et al (2021), étudiant l'effet antibactérien des huiles essentielles de deux plantes *Eucalyptus camaldulensis* et *Artemisia herba alba* sur certaines souches bactériennes.les résultats ont confirmé les propriétés antibactériennes de ces deux HE, en effet elles ont montré une inhibition de croissance significative de *S. aureus*, *S. saprophyticus*, *E. coli*, *K. pneumonia* et *P. mirabilis*.

1.1.5. La nature de l'activité antibactérienne

Les résultats obtenus sur la nature de l'activité des HE testées à l'égard des quatre souches ayant présentées des zones d'inhibition après la réalisation de l'aromatogramme, sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 06 : Nature de l'activité des huiles essentielles à la dilution D=1/2.

| Huiles | souches | Observation | Type d'activité |
|------------|---------|-----------------------|------------------|
| HE1 | Pcc | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | 17 | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Dd | Absence de trouble | Bactéricide |
| | Ds | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| HE2 | PCc | Absence de trouble | Bactéricide |
| | 17 | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Dd | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Ds | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| HE3 | PCc | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | 17 | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Dd | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Ds | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| HE4 | PCc | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | 17 | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Dd | Apparition de trouble | Bactériostatique |
| | Ds | Apparition de trouble | Bactériostatique |

D'après ces résultats, les quatre HE ont un effet bactériostatique à l'égard des quatre souches testées qui sont à Gram négatifs, à l'exception de HE 1 et HE2 qui ont un effet Bactéricide sur les souches Dd et Pcc respectivement.

Plusieurs études dont celles faites par Cosentino et *al* (1999), Trombetta et *al* (2005) et Nazzaro et *al* (2013), ont démontré que les HE sont plus actifs sur les bactéries Gram positives que sur les bactéries Gram négatives. Iazzourene (2015) a également rapporté que les HEs de *Daucus carota ssp carota* ont démontré un effet inhibiteur plus fort contre les bactéries Gram positives (*Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*) que sur les bactéries Gram négatives (*Escherichia coli*). Des résultats différents sont obtenus par Haddouchi et Benmansour (2008), ou ils ont trouvé une exception avec l'HE de *Thymus fantanesii* qui est bactériostatique contre les bactéries Gram positives et bactéricide contre les bactéries Gram négatives.

1.1.5. Détermination des CMI

Les résultats de la détermination des concentrations minimales inhibitrices sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 07: Concentration minimale inhibitrice des quatre HE exprimée en %

| HE | Souches | 12,5% | 3,125% | 0,78% | 0,195% | 4,8.10 ⁻² % | 1,2.10 ⁻² % | 3.10 ⁻³ % | 7,5.10 ⁻⁴ % | 1,9.10 ⁻⁴ % | 4,75.10 ⁻⁵ % |
|-----|---------|-------|--------|-------|--------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| HE1 | 17 | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Pcc | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Ds | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| HE2 | 17 | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Pcc | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Ds | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| HE3 | 17 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Dd | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| HE4 | 17 | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| | Pcc | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Dd | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| | Ds | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |

- : Absence de croissance ; + : Présence de croissance

D'après ces résultats, on constate que les valeurs des CMI obtenues varient en fonction des souches testées et des HE utilisés.

Concernant l'HE1, la CMI des deux souches 17 et Ds est $\geq 3,125\%$, tandis que celle de la souche Pcc est $\geq 12,5\%$.

Les CMI obtenues avec l'HE2 diffèrent d'une souche à une autre, sur la souche 17, la CMI est $\geq 12,5\%$ proche de celle obtenue sur la souche Pcc où la CMI est $> 12,5\%$. Concernant la souche Ds la CMI est un peu plus faible $\geq 3,125\%$.

L'HE3 présente une CMI $\geq 12,5\%$ sur la souche Dd et une CMI $> 12,5\%$ sur la souche 17.

L'HE4 a donné des valeurs plus intéressantes en inhibant deux souches à des concentrations plus faibles que celles obtenues avec les autres huiles. La CMI des deux souches 17 et Dd est $\geq 0,78\%$ tandis que celles des souches Ds et Pcc sont $\geq 3,125\%$ et $\geq 12,5\%$ respectivement.

Dans l'étude réalisée par Snene et *al* (2020), il a été révélé que l'huile essentielle de *Daucus carota* ssp *hispidus* agit contre *Enterococcus faecalis* avec une valeur de CMB de 5 mg/ml, tandis que *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* s'avèrent être plus résistante et la CMB obtenue est de 10 mg/ml.

D'après nos résultats, on peut conclure que l'activité antimicrobienne des HE dépend non seulement de la composition de chaque huile et de la concentration des composés actifs, mais également de l'espèce bactérienne sur laquelle elles sont testées.

1.2. Activité antifongique

1.2.1. Activité antifongique de l'HE1 (tige de *Daucus carota*)

Les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre champignons sont présentés le graphe suivant:

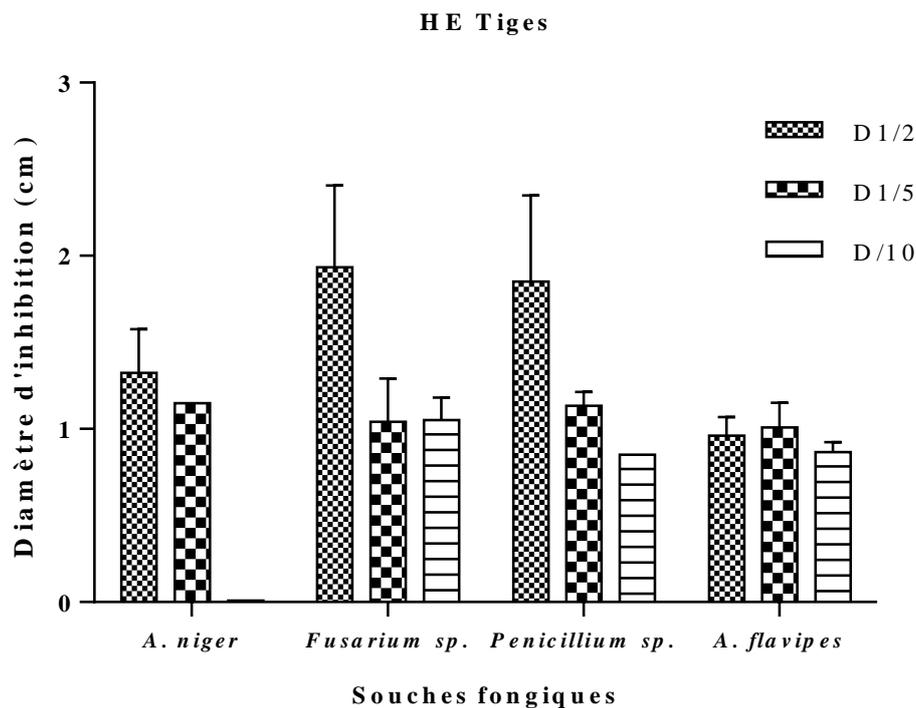


Figure 18 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d'inhibition des quatre champignons par l'HE1

La dilution D=1/2 de l'HE1 montre une activité antifongique contre les deux champignons *Fusarium sp* et *Penicillium sp* avec un diamètre moyen d'environ $1,9 \pm 0,485$ cm. On note également une activité *vis-à-vis* des autres champignons avec des diamètres moyens de $1,32 \pm 0,250$ cm et de $0,96 \pm 0,108$ cm pour *A. niger* et *A. flavipes* respectivement.

Tous les champignons testés semblent être sensible à l'HE1 a dilution D=1/5, en présentant des diamètres moyens de zones d'inhibition d'environ $d=1,08 \pm 0,158$ cm.

A la dilution D=1/10, *A. niger* résiste et ne montre aucune zone d'inhibition contrairement aux autres champignons qui sont un peu sensibles et manifestent des zones d'inhibitions avec des diamètres moyens de $1,05 \pm 0,132$ cm, $0,85$ cm et $0,86 \pm 0,058$ cm pour *Fusarium sp*, *Penicillium sp* et *A. flavipes* respectivement.

1.2.2. Activité antifongique de l'HE2 (feuilles de *Daucus carota*)

Les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre champignons sont présentés le graphe suivant:

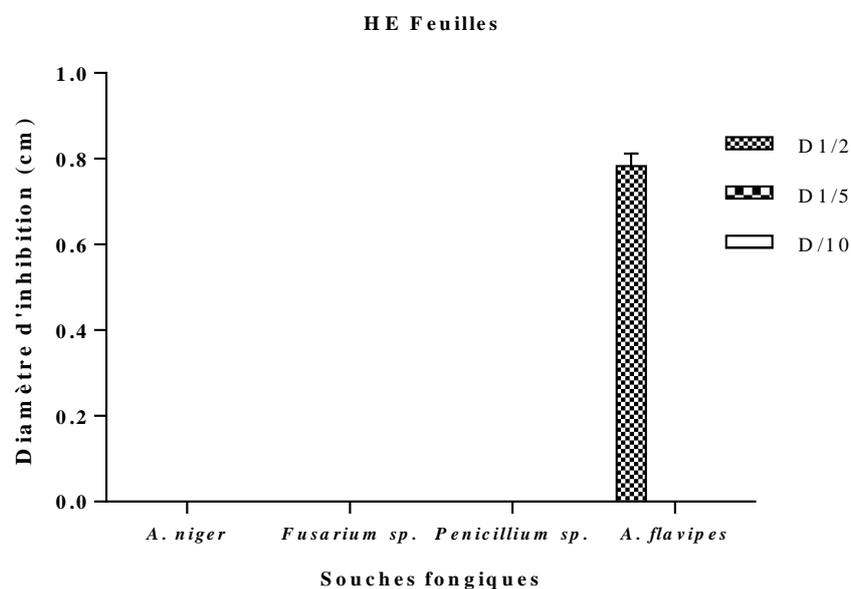


Figure 19 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre champignons contre l'HE2

Les trois dilutions de L'HE2, ne présente aucune activité *vis-à-vis* des souches fongiques testées. Cependant on note une faible activité de l'HE2 avec la dilution D1/2 contre *Aspergillus flavipes*.

1.2.3. Activité antifongique de l'HE3 (ombelles de *Daucus carota*) :

Les résultats obtenus dans cette partie ont montré que l'huile essentielle des ombelles de *Daucus carota* avec les trois dilutions, ne présente aucune activité antifongique *vis-à-vis* de tous les champignons testés.

Concernant la forte activité antifongique remarquée avec les huiles essentielles des tiges HE1, elle pourrait être attribuée à la sensibilité des espèces fongiques testées et également à la présence en grande quantité de composés actifs. Tabti et *al*, (2012), en analysant la composition chimique des huiles essentielles des feuilles et tiges de *Daucus carota ssp carota*, ont rapporté la richesse de ces huiles en composés actifs qui sont à l'origine de l'activité biologique de ces huiles. Dans une étude récente, Park et *al* (2021) ont affirmé que le α -pinène présent dans la composition des huiles essentielles de *Daucus carota ssp carota*, a une excellente activité antifongique, ce qui explique les résultats obtenus.

Concernant les huiles essentielles de feuilles et des ombelles, l'absence de l'activité observée dans notre étude, est peut être liée à la composition chimique, on suggère que les composés actifs responsable de l'activité des huiles des tiges sont absents ou présents en faible quantité dans les huiles des feuilles et des ombelles. Ce résultat peut être également expliqué par la résistance des espèces fongiques testées aux composés actifs des HE de feuilles et des ombelles et leur sensibilité à ceux présent dans les HE des tiges.

Dans une étude menée par (Sasmakov et *al*, 2017) sur l'activité antimicrobienne de l'HE des feuilles de *Daucus carota ssp. carota*, il a été rapporté que cette HE n'a aucune activité antifongique *vis-à-vis* de *Candida albicans*. Alves-silva et *al*, (2016) ont trouvé, que l'huile essentielle des ombelles de *Daucus carota ssp carota* collectée a Serra da Lousa, Coimbra (Portugal) a une faible activité contre *Aspergillus ssp*.

Maxia et *al* (2009), dans leurs travaux sur la caractérisation chimique et l'activité biologique des huiles essentielles extraites d'ombelles de *Daucus carota L. ssp carota* poussant à l'état sauvage sur la côte méditerranéenne et sur la côte atlantique ont montré que ces huiles essentielles présentaient différents degrés d'inhibition contre tous les champignons étudiés.

Comparé à nos résultats, cette différence pourrait être due à la composition des deux huiles essentielles qui diffère en qualité et en quantité de composés actifs du fait de la différence de

la région de collecte, la différence du climat, des conditions de récolte et de stockage ..., qui affectent la composition de l'HE.

Par ailleurs, des études faites par Cosentino et al, (1999), rapportent que des effets synergiques ou antagonistes entre certains composants peuvent également affecter l'activité antimicrobienne observée des huiles

1.2.4. Activité antifongique de l'HE4 (*Eucalyptus camaldulensis*)

Les diamètres moyens des zones d'inhibitions mesurées pour les quatre champignons sont présentés le graphe suivant:

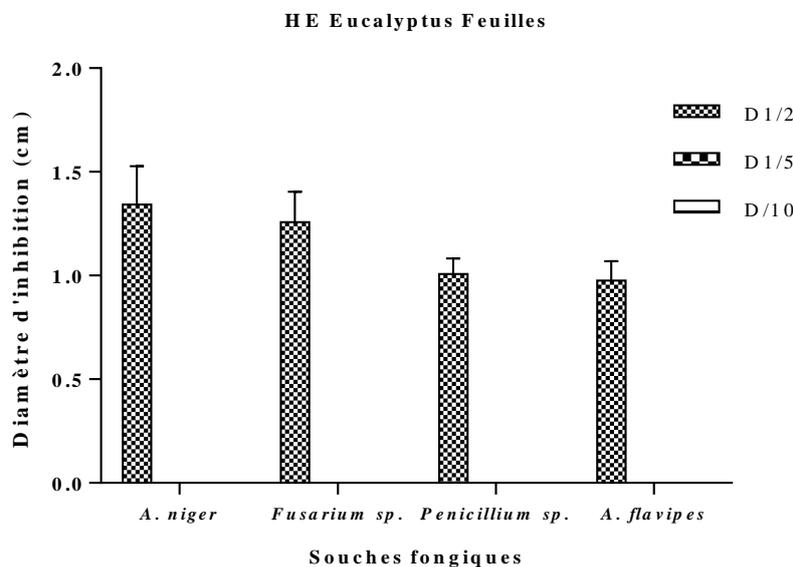


Figure 20 : Diagramme en barre des diamètres moyens de zone d'inhibition présentés par les quatre champignons contre l'HE4

D'après ces résultats, on peut constater que tous les champignons testés sont sensibles l'HE4 à la dilution D1/2, contrairement aux autres dilutions, D1/5 et D1/10, où on remarque aucune activité antifongique. Ceci pourrait être expliqué par l'efficacité de l'HE4 à des concentrations élevées en composés actifs et, à la résistance des souches fongiques à des concentrations plus faibles en ces derniers.

En effet, d'après Benali et Raho Ghalem (2014), l'activité antimicrobienne de l'HE de feuilles d'eucalyptus peut être attribuée à la présence de concentration élevée en 1,8-cinéole (15%-78%).

Les résultats du présent travail concordent avec l'étude menée par Gakuubi et *al*, (2017), sur l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, contre *Fusarium* spp. Il a été montré que l'huile essentielle d'*E.camaldulensis* présente une activité dépendante de la concentration contre les champignons testés. Dans l'ensemble, à mesure que la concentration de l'huile essentielle augmentait, l'activité contre les champignons testés augmentait.

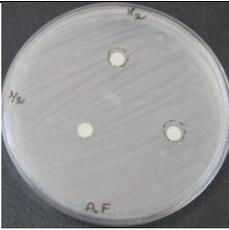
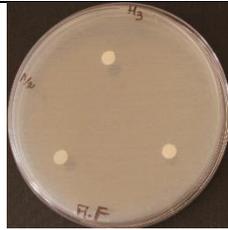
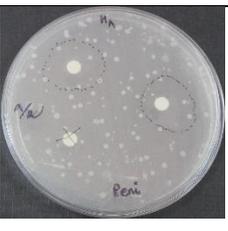
Abo Elgat et *al* (2020) ont rapporté que les huiles essentielles de l'*Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus aurantium* et *Citrus sinensis*, possèdent des propriétés antifongiques prometteuses contre *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. terreus* et *Fusarium culmorum*.

D'après Knezevic et Sabo (2019) Les extraits de feuilles d'*E. camaldulensis* et ces HE ont un potentiel comme agents antifongiques. Ils sont capables d'agir comme un agent antifongique modéré contre les moisissures domestiques, les champignons de la pourriture du bois et champignons phytopathogènes.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus* est riche en composés bioactifs qui lui confèrent des propriétés antifongiques et antibactériennes. Ces principaux composants sont 1, 8 cinéole qui a des propriétés médicinales très fortes, et d'autres composants chimiques majeurs comme le limonène, l' α pinène, le P-Cymène, le Terpène-1-ol, le Globulol (Darji et *al*, 2021).

Ci-dessous les différentes activités obtenues avec les D $\frac{1}{2}$ des quatre huiles sur les espèces fongiques testées

Tableau 08 : Activité antifongique des HE sur les quatre champignons

| Champignons | HE1 | HE2 | HE3 | HE4 |
|-----------------------------|---|---|--|---|
| <i>Aspergillus niger</i> |  |  |  |  |
| <i>Aspergillus flavipes</i> |  |  |  |  |
| <i>Penicillium sp</i> |  |  |  |  |
| <i>Fusarium sp</i> |  |  |  |  |

1.2.5. La nature de l'activité antifongique

Toutes les boîtes comportant les champignons ayant présenté des zones d'inhibition (+) ont été remises à l'étuve à 25°C, pendant environ 15 jours, afin d'évaluer la nature de l'activité de l'HE testée à savoir fongicide ou fongistatique.

Dans le tableau ci-dessous sont présentées les images des HE ayant donné une activité fongicide

Tableau 09 : Résultats de la nature de l'activité obtenus pour les souches fongiques ayant présentées des zones d'inhibitions, après environ 15 jours d'incubation à 27°C.

| Huile essentielle | Champignons | Dilution | |
|-------------------|-----------------------------|----------|---|
| HE1 | <i>Aspergillus Niger</i> | D1/2 |  |
| | <i>Aspergillus flavipes</i> | D1/2 |  |
| | | D1/5 |  |
| | <i>Penicillium sp</i> | D1/2 |  |
| HE2 | <i>Apergillus flavipes</i> | D1/2 |  |
| HE4 | <i>Penicillium sp</i> | D1/2 |  |

D'après ces résultats, on peut conclure que l'activité de ces HE aux dilutions montrées sur le tableau vis-à-vis de ces champignons est une activité fongicide, car même après les avoir

incubés durant 15 jours à T= 27°C, la zone d'inhibition persiste et aucune croissance n'est observée dans ces zone.

Le reste des boites incubées, ont cependant présenté une croissance dans la zone d'inhibition, on constate alors que l'activité des HE vis-à-vis de ces champignons est fongistatique.

Tableau 10 : Nature de l'activité des huiles essentielles.

| Huile essentielle | Champignons | D1/2 | D1/5 | D1/10 |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| HE1 | <i>Aspergillus niger</i> | Fongicide | Fongistatique | / |
| | <i>Aspergillus flavipes</i> | Fongicide | Fongicide | Fongistatique |
| | <i>Penicillium sp</i> | Fongicide | Fongistatique | Fongistatique |
| | <i>Fusarium sp</i> | Fongistatique | Fongistatique | Fongistatique |
| HE2 | <i>Aspergillus flavipes</i> | Fongicide | / | / |
| HE4 | <i>Aspergillus niger</i> | Fongicide | / | / |
| | <i>Aspergillus flavipes</i> | Fongicide | / | / |
| | <i>Penicillium sp</i> | Fongicide | / | / |
| | <i>Fusarium sp</i> | Fongistatique | / | / |

Conclusion

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'étudier l'activité antibactérienne et antifongique de quatre huiles essentielles provenant de deux plantes aromatiques : *Daucus carota* ssp *carota* (HE1: tiges, HE2: feuilles, HE3: ombelles) et *Eucalyptus camadulensis* (HE4 : feuilles), obtenues par hydrodistillation et testées à différentes concentrations, *vis-à-vis* de quatre souches bactériennes et de quatre souches fongiques phytopathogènes.

Les résultats de l'aromatogramme ont montré que les deux huiles essentielles HE1 et HE4 présentent une activité antibactérienne et antifongique importante à l'égard de toutes les souches microbiennes testées. La sensibilité de ces dernières dépend de la concentration en huile essentielles utilisée et varie d'une souche à une autre. En revanche, l'HE2 et l'HE3 se sont avérées moins actives sur les souches bactériennes et inactives sur les souches fongiques testées.

Les valeurs des CMI sont comprises entre 0,78% et 12,5%. Les résultats indiquent que l'HE1 et l'HE2 ont une activité bactéricide *vis-à-vis* de deux souches bactériennes (Dd et Pcc), tandis qu'elles ont une activité bactériostatique sur le reste des souches, l'HE3 et l'HE4 ont montré une activité bactériostatique envers toutes les souches bactériennes testées. Concernant les souches fongiques, l'activité observée des HE est fongicide envers certains champignons et fongistatique envers d'autres.

Ce travail a prouvé que l'huile essentielle de la tige de *Daucus carota* ssp *carota* et celle des feuilles de *Eucalyptus camadulensis* peuvent être utilisées comme agents antibactériens dans plusieurs domaines comme l'industrie agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique.

Cependant, des études complémentaires seront nécessaires afin de :

- S'assurer de l'efficacité des huiles essentielles en effectuant d'autres essais ;
- De continuer les tests sur la CMI des champignons ;
- De tester les huiles sur une large gamme de souches microbiennes notamment sur des bactéries et champignons homopathogènes ;
- D'étudier d'autres activités biologiques (antioxydante, antivirale, anti-inflammatoire, insecticide, antiparasitaire,...) de ces huiles essentielles ;
- Tester l'efficacité de ces huiles essentielles dans la protection des cultures *in vivo*.
- Application réelle sur le terrain ;

- Etablir la composition chimique des huiles essentielles ainsi que l'effet de leurs principaux composants.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abo Elgat WAA, Kordy AM, Böhm M, Erny R, Abdel-Megeed Aet Salem MZM. (2020). *Eucalyptus camaldulensis*, *Citrus aurantium*, and *Citrus sinensis* Essential Oils as Antifungal Activity against *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, and *Fusarium culmorum*. 8, 2-16p.

Alonso-Gato M, Astray G, Mejuto JC. Simal-Gandara J. (2021). Essential Oils as Antimicrobials in Crop Protection. *Antibiotics*. 10(34). 1-12p.

Alves-Silva JM, Zurarte M, Cavaleiro C, Cruz MT, Cardoso SM et Salgueiro L. (2016). New Claims for Wild Carrot (*Daucus carota* subsp. *carota*) Essential Oil. *Hindawi. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 16, 10p.

Andrivon D, Bardin M, Bertrand C, Brun L, Daire X, Fabre F, Gary C, Montarry J, Nicot P, Reignault P, Tamm L et Savini I. (2019). Peut-on se passer du cuivre en protection des cultures biologiques ? Éditions Quæ. 126 p.

Attanasio D. (2018). Toxicité des huiles essentielles chez les enfants. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Toulouse III, Faculté des sciences pharmaceutiques. 109p.

Atilia I et Djahoudi A. (2015). Composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle de géranium rosat (*Pelargonium graveolens* L'Hér.) cultivé en Algérie. *Lavoisier*. 13, 156-162p.

B

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D et Idaomar M (2008). Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*. 46, 446–475p.

Bassole IHN, Quattara AS, Nebie R, Quattara C A.At., Kabore ZI, et Traore SA (2003). Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippia multiflora* from Burkina Faso. *Phytochemistry*. 62, 209–212p.

Benali M et Raho Ghalem B (2014). Antibacterial activity of essential oil of North West Algerian *Eucalyptus camaldulensis* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Coastal Life Medicine*. 2(10), 799-804p.

Benali M et Raho Ghalem B (2008). Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2 (10), 211-215p.

Bendali A, Oulebsir C, El Hadi D et Djazouli ZD. (2019). Impact de la formulation sur le potentiel antifongique de l'huile essentielle du Biagaradier *Citrus aurantium* L. *Revue Agrobiologia*. 9(2), 1677-1693p.

Bessah R et El-Hadi B. (2015). La filière des huiles essentielles Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des Energies Renouvelables*. 18, 513–528p.

Blejan EI, Popa DE, Costea T, Cioaca A, Olariu L, Ghica M, Georgescu M, Stancov G et Arsene AL. (2021). The in vitro antimicrobial activity of some essential oil from aromatic plants. *Farmacia*. 69(2), 290-298p.

Boukhatem MN, Ferhat A et Kameli A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature. *Revue Agrobiologia*. Département de Biologie et Physiologie Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. 9(2),1653-1659p.

Boutkhal S, El Idrissi M, Chakir S, Derraz M, Amechrouq A, Chbicheb A. (2011). Antibacterial and antifungal activity of extracts and essential oils of *Seriphidium herba-alba* (Asso) Soják and their combination effects with the essential oils of *Dysphania ambrosioides* (L) Mosyakin & Clemants, *Acta Bota. Gal*. 158(4). 425-433.

Botineau M. (2010). *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*, Tec & Doc, Paris, 1335 p.

Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*. 94, 223-253p.

C

Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret A et Fandiño I. (2007). The Use of Essential Oils in Ruminants as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop*. Grantville (PA). 87-100p.

Chebaibi A, Marouf Z, Rhazi-Filali F, Fahim M et Ed-Dra A. (2016). Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au Maroc. *Phytothérapie*. 14. 355-362

Chenni M. (2016). Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic « *Ocimum basilicum* L. » extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse de doctorat en science. Université d'Oran 1 Ahmed BenBella, Faculté des sciences exactes et appliquées. 166p.

Chizzola R. (2010). Composition of the Essential Oil from *Daucus carota* ssp. *carota* Growing Wild in Vienna. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 13(1), 12–19p.

Chouhan S, Sharma K et Guleria S. (2017). Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines*. 4(58). 1-21p.

Chouitah O. (2012). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Glycyrrhiza glabra*. Thèse de doctorat en Es-sciences. Université d'Oran, Faculté des sciences. 130p.

Chraibi M, Fadil M, Farah A, Lebrazi S et Fikri-Benbrahim K. (2021). Antimicrobial combined action of *Mentha pulegium*, *Ormenis mixta* and *Mentha piperita* essential oils against *S. aureus*, *E. coli* and *C. tropicalis*: Application of mixture design methodology. Elsevier. 145p.

Cosentino S, Tuberoso CIG, Pisano B, Satta M, Mascial V, Arzedi E et Palmas F. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. The Society for Applied Microbiology, *Letters in Applied Microbiology*. 29, 130–135p.

D

Darji DR, Sapra P, Archana Dr et Mankad U. (2021). Bioactivity of Eucalyptus essential oil. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*. 5(12). 103-106p.

De Clerck C, Dal Maso S, Parisi O, Dresen F, Zhiri A et Jijakli MH. (2020). Screening of Antifungal and Antibacterial Activity of 90 Commercial Essential Oils against 10 Pathogens of Agronomical Importance. *Foods* 9(1418), 1-11p.

Deschepper R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Marseille. Faculté de pharmacie. 160p.

De Castro MDL, Carmona MMJ et Pérez VP. (1999). Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. *Trends in analytical chemistry*. 18(11).708-716p.

Dorman HJD et Deans SG. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*. 88, 308–316p.

Duval L. (2012). Les huiles essentielles à l'officine. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Rouen. Faculté des sciences pharmaceutiques.153p.

F

Fenghour H, Bouabida H, Dris D et Houhamdi M. (2021). Antibacterial effect of essential oils of two plants *Eucalyptus camaldulensis* and *Artemisia herba alba* on some bacterial strains. *Biosystems Diversity*. 29(2), 73–77p.

Furet A et Bellenot D. (2013). Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploration. Institut technique interprofessionnel des plantes médicinales, aromatiques et industrielles (ITEIPMAI). 1-7p.

G

Ghanmi M, Hmiri S, Rahouti M, Habibi Z, Satrani B et El Ajjouri M. (2011). Évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus camadulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration de pommes en conservation. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 80, 824 – 836p.

Gakuubi MM, Mania AW et Wagacha JM. (2017). Antifungal Activity of Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against Selected *Fusarium spp.* Hindawi. *International Journal of Microbiology*. 7p.

Goudjil MB, Segni L, Zighmi S et Bencheikh S. (2015). Influence du séchage sur le rendement de l'extraction des huiles essentielles de *Mentha piperita*. 5ème Séminaire Maghrébin sur les Sciences et les Technologies du Séchage (SMSTS'2015) Ouargla (Algérie).

Guillouty A. (2016). Plantes Médicinales et Antioxydants. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Toulouse III Paul Sabatier, Faculté des Sciences Pharmaceutiques. 101p.

H

Haddouchi F et Benmansour A. (2008). Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application a deux plantes aromatiques. Les technologies de laboratoire. 8. 20-27p.

Hyldgaard M, Mygind T et Meyer RL. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*. 3. 1-24p.

I

Iazzourene G. (2015). Composition chimique et activité biologique d'extraits du myrte (*Myrtus communis* L.), de la carotte sauvage (*Daucus carota* L. subsp. *carota*) et de la menthe à feuilles rondes (*Mentha rotundifolia* L.). Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach – Alger. 145p.

J

Jehl F, Chabaud A et Grillon A (2015). L'antibiogramme : diamètres ou CMI ? *EL SEVIER MASSON, Journal des anti-infectieux*. 133, 15p.

Jouault S. (2012). La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine, Faculté de pharmacie. 142p.

K

Knezevic P et Sabo VA. (2019). Antimicrobial activity of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. plant extracts and essential oils. *ELSEVIER*. 132. 413–429p.

Koroch AR, Juliani HR et Zygadlo JA. (2007). Bioactivity of Essential Oils and Their Components. In: Berger RG. (Ed.), *Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Edition: Springer, Germany. 87-115p.

Koziol N. (2015). Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Lorraine, Faculté de pharmacie. 117p.

L

Laadel N. (2014). Impact de la faune entomologique sur le dépérissement de *Eucalyptus camaldulensis* dans les régions de Sétif et Bordj Bouarreridj. Thèse de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif. 119p.

Laouer H. (2004) -Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état en écologie végétale, Université Ferhat Abbas, Faculté des sciences, Sétif, 146p.

Liaqat I et Asgar A. (2021). Antimicrobial potential of eucalyptus oil and lemongrass oil alone and in combination against clinical bacteria in planktonic and biofilm mode. World journal of biology and biotechnology. 6(2), 21-26p.

Lobstein A et Malaquin-Pavan E. (2018). Aromathérapie scientifique : préconisations pour la pratique clinique, l'enseignement et la recherche. Aromathérapie scientifique en milieux de soins, version longue, 1-177p.

Lucchesi M-E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en sciences. Université de la Reunion, Faculté des Sciences et Technologies. 143p.

M

Maxia A, Marongiu B, Piras A, Porcedda S, Tuveri E, Gonçalves M J, Cavaleiro C et Salgueiro L. (2009). Caractérisation chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus carota* L. subsp. *carota* poussant à l'état sauvage sur la côte méditerranéenne et sur la côte atlantique. Fitoterapia. ELSEVIER. 80, 57–6pp.

Mehani M et Segni L. (2014). Effet antimicrobien des huiles essentielles de la plante *Eucalyptus camadulensis* sur certaines bactéries pathogènes. Annales des Sciences et Technologie. 6(1), 84-88p.

Moghaddam M et Mehdizadeh L. (2017). Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. Elsevier. 379-419p.

Mohammedi H, Mecherara-Idjeri S, Foudil-Cherif Y et Hassani A. (2015) Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from Algerian *Daucus Carota* L. subsp. *carota* Aerial Parts, Journal of Essential Oil Bearing Plants. 18(4), 873-883p.

N

Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R et De Feo V. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals* (Basel). 10(4), 86p.

Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R et De Feo V. (2013). Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria. *Pharmaceuticals*. 6,1451-1474p.

O

Ouis N. (2015). Étude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat en Chimie Organique, université d'Oron, Algérie, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées. 233p.

P

Park BB, An JY et Park SU. (2021). Recent studies on pinene and its biological and pharmacological activities. *EXCLI Journal*. 20, 812-818p.

Poirot M. (2016). Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie. Thèse de doctorat en Pharmacie, université de Lorraine, Faculté de Pharmacie. 87p.

Ponce AG, Fritz R, del Valle CE et Roura SI. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie*. 36, 679-684p.

R

Randrianarivelo R. (2010). Etude de l'activité antimicrobienne d'une plante endémique de Madagascar : « *Cinnamosma fragrans* » Alternative aux antibiotiques en Crevetticulture. Thèse de doctorat en Sciences de la Vie, Université d'Antananarivo, Faculté de Biochimie (Biotechnologie-Microbiologie) 179p.

Raveau R, Fontaine J et Lounès-Hadj Sahraoui A. (2020). Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds. *Foods*. 9(365),1-31p.

Rokbeni N, M'rabet Y, Dziri S, Chaabane H, Jemli M, Fernandez X et Boulila A. (2013). Variation of the Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of

Natural Populations of Tunisian *Daucus carota* L. (*Apiaceae*). Chemistry and Biodiversity. 10 (12), 2278-2290p.

S

Samadi M, Abidin Z Z, Yunus R, Awang Biak D R, Yoshida H et Lok EH. (2017). Assessing the kinetic model of hydro-distillation and chemical composition of *Aquilaria malaccensis* leaves essential oil. Chinese Journal of Chemical Engineering, 25(2), 216–222p.

Sangwan NS, Farooqi AHA, Shabih F et Sangwan RS. (2001). Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation. 34, 3-21p.

Sasmakov SA, Asilbekova DT, Bobakulov KhM, Abdurakhmanov JM, Azimova ShS, Abdullaev ND et Sagdullaev Sh. (2017). Composition and antimicrobial activity of essential oils from *Daucus carota* L. subsp. *carota*, growing in Uzbekistan. American Journal of Essential Oils and Natural Products. 5(4), 09-13p.

Snene A, El Moknib R, Mahdhid A, K. Joshie R, Hammamia S. (2020). Comparative study of essential oils composition and in vitro antibacterial effects of two subspecies of *Daucus carota* growing in Tunisia. South African Journal of Botany 130. 366-370p.

Staniszewska M, Kula J, Wiczorkiewicz M et Kusewicz D. (2014). Les huiles essentielles de carottes sauvages, composition chimique et activité antimicrobienne. Journal of Essential Oil Research. 17(5), 579-583p.

Soulet M. (2017). Les pathologies buccales : conseils et alternatives en aromathérapie Enquête au sein des officines du Poitou Charentes. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Poitiers, Faculté de Médecine et de Pharmacie. 121p.

Svoboda KP et Svoboda TG. (2000). Secretory structures of aromatic and medicinal plants. A review and Atlas of micrographs. Edition: Microscopix Publications. 61p.

T

Tabti B, Meliani N, Dib M.A, Bendiabdellah A, Djabou N, Chikhi I et Allali H. (2012). Evaluation of antioxidant activity of essential oil and extracts from Algerian *Daucus carota* L. aerial parts. The Global Journal of Pharmaceutical Research. 1(5),1121-1129p.

Talhaa MH, Alnomanib Y et Mirforughi SA. (2021). *Eucalyptus camaldulensis* efficiency for application against microbial infections. Medical Microbiology.32, 1–5p.

Thomson L, Doran J et Clarke B. (2018). Trees for life in Oceania: conservation and utilisation of genetic diversity. ACIAR Monograph No. 201. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 278 p.

Touaibia M. (2015). Composition chimique et activité anti-fongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. sur milieu de laboratoire et sur les fruits du fraisier. Nature & Technology. B- Sciences Agronomiques et Biologiques. 66-72p.

Trombetta D, Castelli F, Grazia Sarpietro M, Venuti V, Cristani M, Daniel C, Saija A, Mazzanti G et Bisignano G. (2005). Mechanisms of Antibacterial Action of Three Monoterpenes. American Society for Microbiology. 49(6), 2474–2478p.

U

Uter W, Schmidt E, Geier J, Lessmann H, Schnuch A et Frosch P. (2010). Contact allergy to essential oils: current patch test results (2000–2008) from the Information Network of Departments of Dermatology (IVDK). Contact Dermatitis. 63(5), 277-283p.

V

Vangelder V. (2017). L'aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineure chez l'adulte a l'Officine. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Lille 2, Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques. 145p.

Annexes

Annexe 01 : Composition des solutions et milieux de culture utilisés :

➤ Eau physiologique stérile

Composition en g/l

-Chlorure de sodium (NaCl)9g

-Eau distillée1000ml

pH=7

Stérilisation à 121°C/15min

➤ Bouillon nutritif (Liofilchem srl)

Composition en g/l

-Extrait de bœuf.....1g

-Extrait de levure.....2g

-Peptone.....5g

-Chlorure de sodium.....5g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C = 6,8 ± 0,2.

Stérilisation à 120°C/15 min

➤ Gélose nutritive (BIOKAR)

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone 5,0 g

- Extrait de viande 1,0 g

- Extrait de levure 2,0 g

- Chlorure de sodium 5,0 g

- Agar agar bactériologique 12,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C : 7,4 ± 0,2

➤ Gélose Müller Hinton (MH) (BIOKAR)

Composition en g/L

-Hydrolysate acide de caséine.....17,5g

- Infusion de viande.....2g
- Amidon soluble.....1,5g
- Agar agar bactériologique..... 17g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C = 7,3 ± 0,2.

Stérilisation à 120°C/15 min

➤ Gélose dextrose à la pomme de terre (PDA) (BIOCHEM)

Composition en g/L

- Filtrat de pomme de terre.....200g
- Dextrose.....15g
- Agar.....20g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C = 5,6 ± 0,2

Stérilisation à 120°C/15 min

Annexe 02 : Tableaux

Tableau I : Moyennes des diamètres des zones d'inhibition des souches bactériennes

| Souches Huiles | | 17 | Dd | Ds | Pcc |
|-------------------|------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Huile 1 | 1/2 | 1,04 ±0,195 | 1,08 ±0,098 | 1 ±0,061 | 1,03 ±0,104 |
| | 1/5 | 0,79 ±0,082 | 1,11 ±0,064 | 0,8 | 0 |
| | 1/10 | 0,71 ±0,022 | 1,28 ±0,049 | 0,81 ±0,025 | 0 |
| Huile 2 | ½ | 0,83 ±0,075 | 0,7 | 1,01 ±0,161 | 0,96 ±0,104 |
| | 1/5 | 1,04 ±0,036 | 1,28 ±0,025 | 0,9 | 0,85 |
| | 1/10 | 1,02 ±0,035 | 0,8 ±0,141 | 0,72 ±0,035 | 0,7 |
| Huile 3 | ½ | 0,80 ±0,120 | 0,68 ±0,058 | 0 | 0,75 ±0,049 |
| | 1/5 | 0,76 ±0,076 | 0 | 0,75 ±0,058 | 0 |
| | 1/10 | 0,7 | 0 | 0,77 ±0,035 | 0 |
| Huile 4 | ½ | 0,86 ±0,061 | 1,38 ±0,191 | 1,15 ±0,091 | 0,93 ±0,084 |
| | 1/5 | 0,7 | 1,15 ±0,122 | 0,8 ±0,707 | 0,87 ±0,532 |
| | 1/10 | 0 | 1 | 0,7 | 1,07 ±0,157 |

Tableau II : Moyennes des diamètres des zones d'inhibition des souches fongiques

| Souches Huiles | | <i>A. niger</i> | <i>Fusarium sp</i> | <i>Penicillium sp</i> | <i>A.flavipes</i> |
|-------------------|------|-----------------|------------------------|---------------------------|-------------------|
| Huile 1 | 1/2 | 1,32 ±0,250 | 1,93 ±0,473 | 1,85±0,498 | 0,96 ±0,108 |
| | 1/5 | 1,15 ±0 | 1,04 ±0,250 | 1,13 ±0,081 | 1 ±0,143 |
| | 1/10 | 0 | 1,05 ±0,132 | 0,85 ±0 | 0,86 ±0,058 |
| Huile 2 | ½ | 0 | 0 | 0 | 0,78 ±0,029 |
| | 1/5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Huile 3 | ½ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Huile 4 | ½ | 1,34 ±0,185 | 1,25 ±0,119 | 1 ±0,913 | 0,97 ±0,094 |
| | 1/5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1/10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Résumé

Ce travail avait pour but d'évaluer l'activité antibactérienne et antifongique de trois huiles essentielles extraites de différentes parties de *Daucus carota ssp carota* (tiges, ombelles et feuilles) ainsi que l'huile essentielle des feuilles de l'*Eucalyptus camadulensis* à de différentes concentrations. L'expériences sont réalisée sur quatre souches bactériennes et quatre champignons phytopathogènes. Les résultats obtenus ont révélé que l'HE des tiges de *Daucus carota ssp carota* ainsi que l'HE des feuilles de l'*Eucalyptus camadulensis* possèdent un pouvoir antibactérien et antifongique intéressant *vis-à-vis* de toutes les souches bactériennes et fongiques testées. L'inhibition de la croissance varie en fonction de la souche testée ainsi que de la concentration de l'HE utilisée. Les valeurs des CMI varient entre 0,78% et 12,5%, elle dépendent de l'HE utilisée ainsi que des souches testées.

Mots clés : Huiles essentielles ; *Daucus carota*; *Eucalyptus camadulensis* ; Activité antimicrobienne.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the antibacterial and antifungal activity of three essential oils extracted from different parts of *Daucus carota ssp carota* (stems, umbels and leaves) and the essential oil of the leaves of *Eucalyptus camadulensis* at different concentrations. The experiments were carried out on four phytopathogenic bacterial strains and four fungi. The obtained data showed that the EO of the stems of *Daucus carota ssp carota* as well as the EO of the leaves of *Eucalyptus camadulensis* have an interesting antibacterial and antifungal activity against all bacterial and fungal strains. The growth inhibition varies according to the tested strains and the concentration of the EO. Different MIC values were noted ($0.78\% \leq \text{CMI} \leq 12.5\%$), they depend on the used EO and the strains tested.

Keywords: Essential oils; *Daucus carota* ; *Eucalyptus camaldulensis*; Antimicrobial activity