



République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abbes Laghrou Khenchela

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : **Biologie**

Option : **Microbiologie appliquée**

Thème

**Etude de l'activité antibactérienne de quelques
huiles essentielles extraites de plantes médicinales**

Réalisé par

Hadia Kob

Abir Bensidhoum

Insaf Benghellab

Devant le jury composé de :

Président : Sana FERROUDJ MCA Univ. Abbes Laghrou - Khenchela

Examineur : Massinissa YAHIA MCB Univ. Abbes Laghrou - Khenchela

Promoteur : Anis BERTELLA MCB Univ. Abbes Laghrou - Khenchela

Année universitaire

2021/2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Et d'une façon toute particulière, nous remercions nos chers parents pour leur patience et le bonheur qui nous ont apporté.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promoteur Dr. Anis BERTELLA, nous lui somme reconnaissantes tout particulièrement pour la confiance qu'il nous avoir témoignée et les conseils qui nous a donné.

Nous remercions Dr Massinissa YAHIA de nous avoir honorées, par l'examination et l'évaluation de ce travail.

Nous remercions Dr. Sana FERROUDJ d'avoir honorer ce jury en le président, pour enrichir et perfectionner notre mémoire.

Nous n'oublierions pas de remercier tout le staff du laboratoire de l'université Abbès Laghrour Khenchela, pour l'aide précieuse qu'il nous apporté durant la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de travail.

Dédicace

Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a aidé à faire ce travail

Je dédie ce mémoire :

A l'homme de ma vie, ma source de joie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, Mon père.

A la lumière de mes jours, la flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A mes exemples de courage et de générosité , mes très chers frères et sœurs : Adel , Bilel , Zaid , Hasna , Radja et Raouia

A mon très cher fiancé qui m'a soutenu et qui a été toujours présent à mes cotés : Islam

A mes petits anges : Imraan ,Jed , Nouhh, Maria , et Issa

Aux personnes qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études, mes aimables amies : Insaf , Hiba , Sirine , Hadia

A mon encadrant Dr. Anis BERTELLA .

À toutes les personnes qui je porte dans mon cœur.

Abir

Dédicace

Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a aidé à faire ce travail

Je dédie ce mémoire :

Mon cher père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour ses Sacrifices, ses conseils et ses encouragements.

La lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour ses sacrifices et son soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

A mes exemples de courage et de générosité, mes très chers frères et sœurs :Sara et Amir.

A mon cher mari : Younes

A mes petits anges : lyad, walid , Aila, taim et jouri.

Aux personnes qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études, mes aimables amies : Abir, Imen, Sara, Hadia , sakina , manel.

A mon encadrant Dr. Anis BERTELLA. .

À toutes les personnes qui je porte dans mon cœur.

Insaf

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

Mon cher père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour ses Sacrifices, ses conseils et ses encouragements.

La lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie, ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour ses sacrifice et son soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

A mes exemples de courage et de générosité, mes très chers frères et ma sœur : Achraf , Bilel , Ahmed et Maroua

A mes petits anges : Tasnim et Ranim.

Aux personnes qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, mes aimables amies : Imen, Hanin , Ahlem, Zohra , Abir , Insaf

A mon encadrant Dr. Anis BERTELLA.

À toutes les personnes qui je porte dans mon cœur.

Hadia

Résumé

Ce travail est une contribution à la valorisation des plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle en Algérie, et vise à étudier l'activité antibactérienne des huiles essentielles obtenues à partir de l'espèce *Schinus molle* des deux régions Khenchela et Batna.

Les huiles essentielles ont été testées seules et en combinaison sur six souches bactériennes, par la méthode de diffusion sur disque et la méthode de microatmosphère, ainsi que la détermination de concentration minimale inhibitrice (CMI) en milieu liquide et bactéricide en milieu solide (CMB).

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles seules par la méthode de diffusion sur disque a montré un effet remarquable de l'huile de *Schinus molle* collectée à Khenchela et *Schinus molle* de la région de Batna sur *Staphylococcus aureus* traduite par un diamètre de la zone d'inhibition de 37 mm et 15mm, respectivement. Cependant une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 187,5 µl/ml a été enregistrée sur cette souche pour les deux huiles. Alors l'huile de *Schinus molle* de la région de Batna a présenté une faible concentration minimale inhibitrice et bactéricide sur la souche *Escherichia coli* qui est de 93,75 µl/ml.

La combinaison des huiles des deux régions (Batna et Khenchela) a montré que ce mélange a une activité très significative sur *Staphylococcus aureus* par une zone d'inhibition de 25 mm, et une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 187,5µl/ml. A la lumière des résultats obtenus on confirme que les extraits du *Schinus molle* présentent des activités antibactériennes modérées sur les germes pathogènes testés.

Mots clés : activité antibactérienne, *Schinus molle*, huile essentielle, Mélange d'huile essentielle.

ملخص

يعد هذا العمل مساهمة في تبيين النباتات الطبية المستخدمة في الطب الجزائري التقليدي، ويهدف إلى دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت العطرية التي تم الحصول عليها من النبات الطبي من نوع *Schinus molle* من منطقتي خنشلة وباتنة.

تم اختبار الزيوت الأساسية بمفردها وعلى شكل مزيج من كلتا الزيوت على ست سلالات بكتيرية، بتقنية الانتشار عن طريق القرص وطريقة microatmosphère، وكذلك تحديد الحد الأدنى من التركيز المثبط (MIC) في الوسط السائل والمبيد للجراثيم في الوسط الصلب (CMB).

أظهر تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية بمفردها بواسطة طريقة الانتشار باستعمال القرص تأثيرا ملحوظا لزيوت *Schinus molle* المقتطفة بمنطقة خنشلة وزيت *Schinus molle* لمدينة باتنة على سلالة *Staphylococcus aureus* حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 37 مم و 15 مم، على التوالي. كما، تم تسجيل الحد الأدنى من التركيز المثبط (MIC) مقدار 187.5 ميكرو لتر / مل على هذه السلالة.

كما بين الزيت الأساسي *Schinus molle* لباتنة تركيز أدنى منخفض مثبط و قاتل على سلالة *Staphylococcus aureus* حيث بلغ 93.75 ميكرو لتر / مل.

أظهر مزيج الزيوت أن هذا الخليط له نشاط كبير جدا على سلالة *Staphylococcus aureus*، حيث بلغت منطقة تثبيط 25 مم، وتركيز مثبط أدنى (MIC 187.5 ميكرو لتر / مل).

على ضوء النتائج التي تم الحصول عليها، تم التأكيد على أن الزيت الأساسي المستخلص من *Schinus molle* أظهر أنشطة معتدلة مضادة للبكتيريا على الجراثيم المسببة للأمراض التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية: نشاط مضاد للبكتيريا، *Schinus molle*، زيوت أساسية، مزيج من الزيوت.

Abstract

This work is a contribution to the valorization of medicinal plants used in Algerian traditional medicine, and it aims to study the antibacterial activity of essential oils obtained from the medicinal plant of the species *Schinus molle* from two different regions of Khenchela and Batna.

The essential oils were tested alone and in combination against six bacterial strains, by the disc diffusion method and the microatmosphere method, as well as the determination of minimum inhibitory concentration (MIC) in broth and bactericidal in agar (CMB).

The Evaluation of the antibacterial activity of essential alone oils by the disc diffusion method showed a remarkable effect of *Schinus molle* oil obtained from Khenchela and *Schinus molle* oil collected in Batna on *Staphylococcus aureus* expressed by an inhibition zone diameter of 37 mm and 15 mm, respectively. However, a minimum inhibitory concentration (MIC) of 187.5 µl/ml has been recorded on this strain.

However, *Schinus molle* essential oil obtained from Batna has a low inhibitory and bactericidal minimum concentration of 93.75 µl/ml on the *Escherichia coli* strain .

The combination of oils showed that this mixture has a very significant activity on *Staphylococcus aureus* with an inhibition zone of 25 mm, and a minimum inhibitory concentration (MIC) of 187.5µl/ml.

In the light of the results obtained, it is confirmed that the essential oil of *Schinus molle* has a moderate antibacterial activity on the pathogenic germs tested.

Key words : Antibacterial activity, *Schinus molle* , essential oils, blend of essential oils.

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Symboles et abréviations

Introduction

Synthèse Bibliographique

Chapitre 1: Bactéries pathogènes et plantes médicinales

1. Généralité sur les bactéries.	03
1.2. Rôle des microorganismes dans les maladies.	03
1.3. La résistance bactérienne aux antibiotiques.	04
1.4. Mécanismes de résistance aux antibiotiques.	05
1.4.1. Mécanismes d'inactivations enzymatiques de l'antibiotique.	06
1.4.2. Modification de la pénétration des antibiotiques.	06
1.4.3. Résistance due aux mécanismes d'efflux actifs.	06
1.4.4. Résistance par modification ou substitution de cible.	06
1.5. Types de résistance bactérienne.	07
1.5.1. La résistance naturelle.	07
1.5.2. La résistance acquise.	07
1.6. Plantes médicinales.	07
1.6.1. Définition.	07
1.6.2. Utilisation des plantes médicinales.	07
1.6.3. Classement des plantes médicinales en fonction de leurs effets thérapeutiques.	08
1.6.4. Les précautions d'emploi des plantes médicinales.	08
1.7. Monographie des plantes étudiées.	09
1.7.1. <i>Schinus molle</i> .	09
1.7.1.1. Historique.	09
1.7.1.2. Origine.	09
1.7.1.3. Description.	10
1.7.1.4. Nomenclature.	11
1.7.1.5. Position systématique.	11

1.7.1.6. Composition chimique.	12
1.7.1.7. Usages traditionnels.	13
1.7.1.8. Propriétés médicinales et activités biologiques.	13
1.7.1.8.1. Propriétés insecticides de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> .	14

Chapitre II : Les huiles essentielles

2. Les huiles essentielles.	15
2.1. Historique.	15
2.2. Définition.	15
2.3. Répartition et localisation.	16
2.4. Caractéristiques et propriétés physicochimiques.	16
2.5. Composition chimique des huiles essentielles.	16
2.5.1. Les terpènes.	16
2.5.1.2. Les Monoterpènes.	17
2.5.1.3. Sesquiterpènes.	17
2.5.2. Composés aromatiques.	17
2.5.3. Composés d'origines diverses.	18
2.6. Extraction des huiles essentielles.	18
2.6.1. Extraction par hydrodistillation.	18
2.6.2. Entrainement à la vapeur d'eau.	19
2.6.3. Extraction par micro-ondes.	19
2.6.4. L'expression à froid.	20
2.6.5. Extraction au CO ₂ supercritique.	20
2.7. Rôle physiologiques des huiles essentielles.	21
2.8. Activités biologiques.	21
2.8.1. Activité antimicrobienne.	21
2.8.1.1. Activité antibactérienne.	21
2.8.1.2. Activité antifongique.	22
2.8.1.3. Activité antivirale.	22
2.8.1.4. Activité anti protozoaire.	22
2.8.2. Activité anti-oxydante.	23
2.8.3. Activité anti-inflammatoire.	23
2.9. Les méthodes d'analyse des huiles essentielles.	23
2.10. Toxicité des huiles essentielles.	24

2.11. Facteurs déterminants le degré d'activité des huiles essentielles.	24
2.11.1. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne.	25
2.11.2. Activité liée à la composition chimique.	25
2.11.3. Le type des microorganismes cibles.	25
2.12. Mode d'action des huiles essentielles.	25
2.13. Domaines d'utilisation des huiles essentielles.	26
2.14. Conservation des huiles essentielles.	27

Partie Expérimentale

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

1.Préparation du matériel végétal.	28
2.L'extraction de l'huile essentielle.	29
3.Rendement en huile essentielle.	30
4.Etude de l'activité antibactérienne.	31
4.1. Les souches bactériennes testées.	31
4.2. Préparation des milieux de culture.	31
4.2.1. Préparation de la gélose Mueller-Hinton (MH).	31
4.2.2. Préparation de la gélose nutritive (GN).	32
4.2.3. Préparation de bouillon nutritif.	33
4.2.4. Préparation de l'eau physiologique.	33
4.3. Repiquage des souches bactériennes.	34
4.4. Préparation de la suspension bactérienne.	34
4.5. Préparation des disques.	35
4.6.Préparation du mélange d'huile essentielle.	36
4.7.Méthode de diffusion par disque.	36
4.8. Méthode de microatmosphère.	37
4.9.Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).	38
4.9.1 La méthode de microdilution.	39
4.9.2 Détermination concentration minimale bactéricide (CMB).	41

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Résultats.	44
1.1. Rendement.	44
1.2. Activité antibactérienne.	44
1.2.1. Méthode de diffusion sur disque.	44

1.2.1.1. Les Huiles essentielles seules.	45
1.2.1.2. Les Huiles essentielles en combinaison.	46
1.2.2. Méthode de microatmosphère.	47
1.2.3. Détermination de la CMI et CMB.	49
2. Discussion.	52
Conclusion et perspectives.	55
Références bibliographiques.	57

Liste des tableaux

Tableau 01	Position systématique de <i>Schinus molle</i> .	12
Tableau 02	Le rendement des huiles essentielles de <i>Schinus molle</i> .	44
Tableau 03	Diamètres des zones d'inhibitions des Bactéries testées vis-à-vis des huiles essentielles.	45
Tableau 04	Résultats de l'aromatogramme des trois HEs testées sur cinq souches bactériennes.	48
Tableau 05	Concentrations minimales inhibitrice (CMI) et bactéricide (CMB) des huiles essentielles.	50

Liste des figures

Figure 01 : Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques.	06
Figure 02 : <i>Schinus molle</i> .	10
Figure 03 : Les différentes parties d'Arbre de <i>Schinus molle</i> .	11
Figure 04 : Appareillage utilisé pour l'hydro distillation.	19
Figure 05 : Entraînement à la vapeur d'eau.	19
Figure 06 : Extraction assisté par micro-ondes.	20
Figure 07 : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne.	26
Figure 08 : Carte géographique de la wilaya de Khenchela et Batna.	28
Figure 09 : Préparation du matériel végétal.	29
Figure 10 : Le montage d'hydrodistillation par le Clevenger (original).	30
Figure11 : Les étapes de la préparation de la gélose Mueller-Hinton (MH).	32
Figure12 : La préparation de la gélose nutritive (GN).	32
Figure13 : Préparation de bouillon nutritif.	33
Figure14 : Eau physiologique préparée.	33
Figure15 : Repiquage des souches bactériennes testées.	34
Figure16 : Préparation de la suspension.	35
Figure17 : Les six suspensions bactériennes préparées.	35
Figure 18 : La technique de préparation des disque.	36
Figure 19 : La méthode de diffusion par disque.	37
Figure 20 : La méthode de microatmosphère .	38
Figure 21 : Les dilutions de l'huile essentielle.	40
Figure 22 : La technique de Micro dilution par microplaque.	41
Figure 23 : La détermination de la CMB des cinq souches en présence des différentes huiles essentielles.	42
Figure 24 : La détermination de la concentration minimale inhibitrice et	

bactéricide.	43
Figure 25 : Le rendement des huiles essentielles de <i>Schinus molle</i> .	44
Figure 26 : Effet de l'huile essentielle SM _B sur la croissance des bactéries.	46
Figure 27: Effet de mélange des huiles essentielles sur la croissance des bactéries.	47
Figure 28: Zones d'inhibition par méthode de microatmosphère.	48
Figure 29: La lecture de la concentration minimale inhibitrice.	49
Figure 30: La lecture de concentration minimale bactéricide des huiles essentielles.	49

Symboles et abréviations

% : pourcent.

°C: degré Celsius.

BN : Bouillon nutritif.

CMB :Concentration minimale inhibitrice.

CMI : Concentration minimale bactéricide.

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse.

CO₂ : Dioxyde de Carbone.

E.Coli :Escherichia Coli.

GN : Gélose nutritive.

h : heure.

He : Huile essentielle.

Hes : Huiles essentielles.

HSV : Virus de l'Herpes Simplex.

Ir : indicateur de rétention.

Kg: kilogramme.

L :Litre.

µl :Microlitre.

m :mètre.

MEV : Masse de matériel végétal.

mg: milligramme.

MHB : Bouillon Muller Hinton.

MHE : Masse d'huile essentielle.

MHS :Gélose Muller Hinton.

ml : millilitre.

mm: millimètre.

mn : minute.

nm : nanomètre.

NACL : Chlorure de sodium.

P : Pression.

RHE :Rendement en huile essentielle.

Rdt :Rendement en Huile Essentielle.

SM : Spectrométrie de Masse.

SM : *Schinus Molle*.

SM_B : *Schinus Molle* de Batna.

SM_{KH} : *Schinus Molle* de Khenchela.

SM_M : *Schinus Molle* de mélange.

T° : Température.

TTC :Chlorure de Triphényltétrazolium.

UFC :Unité Formant Colonie.

V/V :Volume par Volume.

α: alpha.

β: béta.

γ: gamma.

δ: delta.

Introduction

Introduction :

Depuis l'aube de l'humanité, les plantes ont permis à l'homme non seulement de se nourrir, se vêtir, se loger, se chauffer, se parfumer...mais aussi de maintenir son équilibre, soulager ses souffrances, soigner les maladies qui nuisent à sa santé (**zerrouk, 2019**), elles sont considérées comme une source importante en médecine traditionnelle et de médicaments qui sont efficaces dans le traitement des maladies (**Bako et al, 2005 ; Borokini et Omotayo, 2012**). Les plantes sont des éléments vitaux de la diversité biologique et qui servent essentiellement au bien être humain (**Mpondo et al, 2012 ; Laghouiter et al, 2015**) grâce à leurs grandes potentialités métaboliques de substances dites secondaires.

Par ailleurs, les plantes aromatiques et médicinales jouent un rôle économique considérable dans le secteur des industries de l'agroalimentaire, de la parfumerie, des cosmétiques et de la pharmacie (**Bruneton, 2013**), et selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 80 % des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire (**Agisho et al, 2014**). Des avantages économiques considérables dans le développement de cette médecine et dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies (**Muthu et al, 2006**). Par conséquent, le métabolisme secondaire des plantes produit des substances volatiles appelées les huiles essentielles.

Les huiles essentielles ont une composition chimique très complexe : elles contiennent deux ou trois composants principaux, principalement des terpènes, des terpénoïdes et des phénylpropanoïdes. Les principaux composants des huiles essentielles représentent environ 70% de sa composition mais le reste contient de nombreux autres composés tels que des acides gras, des oxydes et des dérivés soufrés (**Stringaro et al, 2018**). Ces composants sont utilisés dans plusieurs domaines industriels et médicaux et ils ont un grand potentiel en tant qu'agents antimicrobiens (**Dorman et al, 2000**).

Parmi leur multiples activités biologiques, on note l'activité antibactérienne qui est en relation directe avec leur composition et la concentration en composés volatils, le type de microorganismes cibles, les conditions et les méthodes de traitement (**Baydar et al, 2004**), cette activité a été décrite depuis plusieurs siècles (**Begamboula et al, 2003**), Dans ces dernières années, plusieurs huiles essentielles et leurs constituants ont été étudiés pour leurs propriétés antibactériennes contre les bactéries et les champignons

Introduction

(Vasinauskienė et al, 2006), notamment avec l'apparition de la résistance bactérienne aux antibiotiques.

De ce fait nous nous sommes intéressés à l'étude de l'activité antibactérienne de l'espèce *Schinus molle*, cette plante appartenant à la famille des Anacardiaceae et elle a été collectée dans deux régions de l'Algérie (Khenchela et Batna), l'étude du pouvoir antibactérien a été réalisée par la technique de diffusion par disque, la méthode microatmosphère ainsi que la méthode de microdultion en milieu liquide.

Ce présent travail est réparti en deux grandes parties, la partie bibliographique constituée de deux chapitres, dont le premier regroupe tous les informations sur les aspects botaniques, biologiques et chimiques qui sont spécifiques à la famille (Anacardiaceae), le genre *Schinus* et de l'espèce (*Schinus molle* L). Alors que :

Le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur les huiles essentielles, ainsi qu'un résumé sur la biosynthèse des monoterpènes et des sesquiterpènes, les composés chimiques et plus particulièrement l'huiles essentielle et leurs propriétés biologiques (antibactérienne, antifongique).

Quant à la deuxième partie qui est la partie expérimentale, elle regroupe en premier lieu un chapitre contenant le matériel et les méthodes adoptées dans notre étude, ainsi qu'un deuxième chapitre qui englobe l'ensemble des résultats obtenus avec une interprétation et discussion.

Chapitre I :

Bactéries Pathogènes Et

Plantes Médicinales

1. Généralités sur les bactéries

Les bactéries sont des microorganismes vivants doués de métabolisme et capable de se multiplier et de se diviser au dépens de substances nutritives. Ce sont des organismes procaryotes (dépourvus de noyau), leur diamètre habituel est d'environ 1µm, et leur forme est variable. Elles sont ubiquistes et présentent dans tous les types de biotopes rencontrés sur terre et peuvent être isolées du sol, des eaux douces, marines ou saumâtres, de l'air...

L'étude des bactéries est indispensable pour lutter contre les maladies, puisque les bactéries sont la cause de quelques maladies graves, ainsi que de multiples affections bénignes. La prévention et le contrôle de ces maladies dépendent en grande partie des efforts des bactériologistes, tant en médecine humaine qu'en médecine vétérinaire ou en agriculture. Malgré leurs importance, la plupart des bactéries ne sont pas pathogènes et ne présentent que peu ou pas de danger et beaucoup s'avèrent indéniablement utiles à l'homme, Certaines d'entre elles produisent les antibiotiques qui ont révolutionné la thérapeutique, tandis que d'autres sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour la fabrication du beurre, du fromage et du yaourt. En revanche il y'a d'autres qui sont pathogènes et représentent un danger pour la santé (**Singleton, 1999**).

1.2.Rôle des microorganismes dans les maladies

Pasteur s'est intéressé près à la bière et au vin avariés et a montré que c'était dû à la croissance de microorganismes indésirables responsables de la fermentation. Il était un terme spécial et significatif pour le processus de dommages causés par ces bactéries, qui appelez-les "maladies du vin et de la bière". Il a envisagé la possibilité de microbes devenir un vecteur de maladies infectieuses dans les organismes supérieurs.

De plus, certains résultats de la recherche soutiennent déjà cette hypothèse. Dès 1813, certaines études ont montré que les champignons sont responsables des maladies du blé et du seigle. En 1836 l'italien Bassi a indiqué qu'une maladie du ver à soie est causée par un champignon. Dans quelques années plus tard, Schonlein a déterminé que certaines maladies de la peau humaine étaient de nature fongique. En 1845, Berkeley prouva que la maladie de la pomme de terre était causée par un champignon (**Stanier, 1966**).

Malgré cette information, peu de médecins sont disposés à prescrire l'origine microbienne des principales maladies infectieuses humaines, et encore moins ceux qui croient que les organismes sont aussi petits et trompeusement simples que les bactéries qui peuvent être un facteur pathologique (**Stanier, 1966**). Mais par l'expérience de Pasteur et Koch, vers la même époque en 1876 sur la maladie anthrax, il est largement admis qu'il existe un lien de causalité entre les microorganismes et les maladies données. Ce travail sur le charbon ouvre soudain des portes de l'âge d'or de la bactériologie médicale. Alors Koch a concentré son énergie sur l'isolement, la culture et la caractérisation de pathogènes spécifiques des principales maladies infectieuses de l'homme. Lorsque Pasteur se tourna aussitôt vers l'analyse expérimentale de l'infection, guérison et immunité (**Messadié, 1995 ; Stanier, 1966**).

L'infection est la conséquence du développement des microorganismes pathogènes dans un organisme sain (bactéries, parasites, virus...). C'est le résultat déséquilibre entre les bactéries et les hôtes, soit d'une diminution des défenses du sujet (congénitale ou acquise), soit d'un accroissement de virulence de germes (**Khiati, 1998 ; Pocidalo, 1989**).

Il existe des milliers d'espèces mais seulement des centaines qui infectent l'homme et l'animal (hôte), ils peuvent induire des maladies qui causent des signes anormaux comme la fièvre. Mais il faut distinguer les agents pathogènes, qui déclenchent régulièrement une maladie chez des individus aux défenses immunitaires normales (dits opportunistes) et les individus aux défenses immunitaires altérées (**Leclerc, 1995**).



Louis Pasteur

Robert Koch

1.3.La résistance bactérienne aux antibiotiques

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la résistance bactérienne aux antibiotiques est devenue comme une évolution inéluctable (Meyer et al, 2004), elle est apparue rapidement après leur introduction dans le traitement des infections bactériennes (Philippon, 2008 ; Arnaud et al, 2012) et pose des graves problèmes dans le domaine médical où 99 % des souches isolées présentent des résistances (Meyer et al, 2004). Cette résistance est un facteur de complication majeur dans le traitement des infections bactériennes. Parmi les bactéries multi résistantes, le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (SARM) et les entérobactéries productrices de β -lactamases à spectre étendu (ESBLE) sont les plus préoccupantes en raison de leur pouvoir pathogène élevé et leur implication épidémiologique en milieu hospitalier et communautaire (Philippon, 2008; Arnaud et al, 2012).

La résistance aux antibiotiques chez les bactéries est définie comme étant une inefficacité de l'action des antibiotiques envers les espèces bactériennes qui sont naturellement sensibles, c'est-à-dire, pas d'effet thérapeutique en cas de traitement systémique aux doses habituelles (Walsh, 2003 ; Waglechner, 2017).

1.4.Mécanismes de résistance aux antibiotiques

En ce qui concerne la résistance des bactéries aux antibiotiques, on note plusieurs mécanismes qui sont en cause, (Figure 1). Dans certains cas, la structure de la cible d'antibiotique est modifiée, une diminution de l'affinité à l'antibiotique, alors que dans d'autres cas, c'est la surexpression d'un gène cible, en augmentant ainsi sa production en dépassant potentiellement le pouvoir d'action de l'antibiotique. Certains des mécanismes, la résistance aux médicaments signifie une exposition réduite aux cibles bactériennes par la réduction de la perméabilité membranaire (par exemple la modification de la structure des porines ou réduction de leur nombre), ou en réalisant des pompes à efflux qui libèrent les antibiotiques hors de la bactérie. Finalement, certaines bactéries agissent directement sur les antibiotiques, en utilisant des enzymes pour les inhiber, Comme la bêta-lactamase ou la carbapénémase (Courvalin, 2008 ; Davies, 2010).

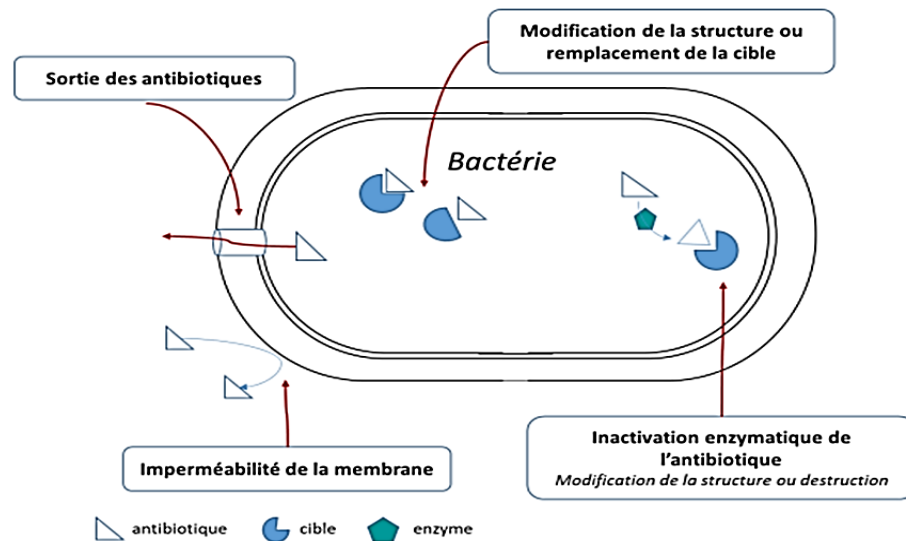


Figure 1. Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques (Marion, 2020).

1.4.1. Mécanismes d'inactivations enzymatiques de l'antibiotique

Ce mécanisme est le plus courant et concerne toutes les grandes classes d'antibiotiques. Les enzymes produites par les bactéries inactivent les antibiotiques en les modifiant ou en les hydrolysant (Vega et Gore, 2014).

1.4.2. Modification de la pénétration des antibiotiques

Cette résistance concerne principalement les bactéries à Gram négatif et se traduit par une diminution du nombre d'antibiotiques atteignant leurs cibles (Singh et al, 2016).

1.4.3. Résistance due aux mécanismes d'efflux actifs

C'est un système actif basé sur la présence de protéines spécifiques qui agissent comme des pompes pour expulser les molécules nocives pour les bactéries, y compris les antibiotiques, une fois qu'elles pénètrent dans la cellule bactérienne, cela entraîne une réduction du nombre d'antibiotiques atteignant leurs cibles (Cattoir, 2004).

1.4.4. Résistance par modification ou substitution de cible

Une fois à l'intérieur de la bactérie, les antibiotiques doivent souvent se lier à leurs cibles pour être efficaces, si cette cible est modifiée, cela peut entraîner une reconnaissance réduite des antibiotiques et une efficacité très diminuée. La résistance acquise des bactéries s'étend souvent à toute la famille des antibiotiques. Ce mécanisme

a été observé avec de nombreux antibiotiques et de nombreuses bactéries (**Hughes et Andersson, 2017**).

1.5. Types de résistance bactérienne

1.5.1. La résistance naturelle

La résistance naturelle à un antibiotique donné est une caractéristique qui existe dans toutes les souches d'une même espèce, ainsi les bacilles à Gram négatif sont naturellement résistants aux antibiotiques hydrophobes car ces molécules traversent difficilement la membrane externe de leurs parois. Les mycoplasmes, bactéries sans parois, sont naturellement résistants aux bêta-lactamines car le mode d'action de cette famille d'antibiotiques est d'inhiber la synthèse du peptidoglycane (**Wellington et al, 2013**).

1.5.2. La résistance acquise

La résistance bactérienne acquise aux antibiotiques est un phénomène qui se produit dans les souches d'une espèce donnée qui sont généralement sensibles à cet antibiotique. C'est l'acquisition de facteurs héréditaires qui a conduit à une sensibilité réduite à sa molécule inhibitrice. Par conséquent, cela peut se faire par mutation chromosomique ou en acquérant un gène transféré d'un autre micro-organisme (**Hershberg, 2017**).

1.6. Plantes médicinales

1.6.1. Définition

Les plantes médicinales sont des plantes à activité pharmacologique thérapeutique. Cette activité est due à la présence d'un certain nombre de substances actives. Elles sont utilisées en pharmacie humaine et vétérinaire, en cosmétologie, ainsi que dans la préparation des boissons (**Naghibi, 2005 ; Babulka, 2007**).

1.6.2. Utilisation des plantes médicinales

Depuis longtemps, les plantes n'ont été utilisées dans la nature que sous forme de tisanes ou poudre. Alors que beaucoup d'entre eux sont maintenant disponibles sous forme de capsules, mais il y a aussi plusieurs méthodes pour se servir du pouvoir thérapeutique des plantes (**Chabrier, 2010**).

Les plantes médicinales peuvent être utilisées seules ou en mélange, mais plusieurs précautions sont à prendre lors de chaque prise, on parle ainsi de bonnes pratiques pharmaceutiques qui sont établies. Parmi les paramètres à respecter, on note le nombre de plantes à prendre, les différentes associations possibles d'une part, et d'une autre on parle aussi des facteurs liés au patient traité, à savoir son âge et son état de santé générale (Chabrier, 2010).

1.6.3. Classement des plantes médicinales en fonction de leurs effets thérapeutiques

Les plantes médicinales dans le monde sont classées selon leurs effets thérapeutiques en plusieurs catégories :(Zarroug, 2010).

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| ✓ Antibactérien. | ✓ Calmant. |
| ✓ Amincissant. | ✓ Compléments nutritionnels. |
| ✓ Antidépresseur. | ✓ Dépuratif. |
| ✓ Anti inflammatoire. | ✓ Désintoxiquant. |
| ✓ Antioxydant. | ✓ Diurétique. |
| ✓ Antiseptique. | ✓ Hypnotique. |
| ✓ Antirhumatismal. | ✓ Laxatif. |
| ✓ Antispasmodique. | ✓ Narcotique. |
| ✓ Antistress. | ✓ Relaxant. |
| ✓ Anxiolytique. | ✓ Sédatif. |
| ✓ Apéritif. | ✓ Somnifère. |
| ✓ Aphrodisiaque. | ✓ Stimulant. |
| ✓ Astringent. | ✓ Tonique (medicherb.net) |

1.6.4. Les précautions d'emploi des plantes médicinales

Prendre un médicament de la nature ne signifie pas agir de manière imprudente et seules les bonnes connaissances peuvent guider l'action et produire l'efficacité recherchée. En effet, toutes les plantes ne sont pas nocives si on respecte les doses et les conditions d'utilisation. Un exemple est celui de la sauge ou de l'absinthe qui sont riches en bêta-thuyone, qui sont un médicament à des doses normales, mais peuvent

provoquer de grave intoxications en cas de prise à des doses élevées (**Bellakhdar, 2006**).

1.7. Monographie des plantes étudiées

1.7.1. Schinus molle

1.7.1.1. Historique

Schinus molle est connu depuis des temps très anciens dans les Andes péruviennes, où il s'appelle "molle", se prononce "moyé", ça sert comme carburant, comme barrière dans les champs et les pâturages, sa résine servait à embaumer les rois incas.

Le nom de l'arbre "*Schinus molle*" vient du mot grec "Schinus" indiquant lentisque car l'arbre produit de la sève (liquide qui peut être extrait des tissus végétaux), similaire à la résine des lentisques, et térébinthacée (plante angiosperme formant une famille qui comprend des arbres et des arbustes lactescents et résineux) (**Bullard, 2001**).

1.7.1.2. Origine

Schinus molle est un arbre à feuilles aromatiques appartenant à la famille des Anacardiacees ou térébinthacées. Il constitue une importante famille de plantes angiospermes dicotylédones, et regroupe approximativement 60 genres et 500 espèces (**Bonnier, 1990**).

Schinus molle est un arbre originaire d'Amérique du Sud, introduit dans la plupart des régions tropicales et sub-tropicales (**Olafsson et al, 1997**).

Cette espèce est utilisée traditionnellement comme plante médicinale (cardiotonique, antihémorragique et antiseptique (**Taylor, 2005**), puisque elle présente un effet antifongique (**Quiroga et al, 2001**), antioxydant, et antimicrobien (**Abid, 2008**).

Il se trouve dans les Andes et pousse en Pérou depuis le niveau de la mer jusqu'à 3500 m, dans les terrains secs et les terrains sableux. Il se plaît principalement dans les parties basses des vallées, formant partie du maquis. On l'observe également sur les berges des rivières de la côte et de la sierra. Introduit un peu partout dans le monde, il habite dans les régions tropicales ou chaudes. Il est considéré comme invasif dans certains pays, notamment aux Etats-Unis (Californie, Hawaï), en Afrique du Sud et en Australie. Sur

la côte méditerranéenne, et entre autres dans le sud de la France, il est planté en tant qu'ornemental pour son élégant feuillage (**Walter et al, 2016**).



Figure.02 : *Schinus molle* (Bullard, 2001).

1.7.1.3.Description

Schinus molle est un arbre persistant à tronc de 5 à 10 m de hauteur, ramure arrondie, les feuilles sont vertes de 2 à 6 cm de longueur (**Belot, 1978**).

Ses feuilles sont persistantes, alternes, composées de nombreux folioles (7 à 13 paires), sont étroitement lancéolées, distantes et libérant en froissement une odeur de poivre (**Walter, 2016**).

La floraison estivale du *Schinus molle* s'exprime sous la forme de panicules blanchâtres qui se transforment en petites fleurs régulières, bisexuées (**Bullard, 2001**).

Ses fruits apparaissent au mois de juin jusqu'à et donnent de petites drupes (fruits) sphériques, de teinte rouge corail à mésocarpe charnu. Toutes les parties de la plante ont une odeur poivrée très prononcées et contiennent une quantité importante en huile essentielles à caractère épicée et aromatique. (**Image03**) (**Bullard, 2001**).

Les graines sont mûres lorsque les fruits sont devenus rouges, 2 à 4 mm de diamètre, ronde, brun-noir, sillonnée une fois sèche. Il y a 30 000 à 40 000 graines par kg ; les fruits sont récoltés directement sur l'arbre (Jøker et al, 2002).



Figure 03 : Les différentes parties d'Arbre de *Schinus molle*

A : les feuilles ; B : les fleurs ; C : les fruits ; D : les grains (Kasimala, 2012).

1.7.1.4. Nomenclature

Le *Schinus molle* ou le faux poivrier (en France) est issu du grec "Schinus" signifiant "lentisque", désignant aussi des autres termes en anglais : California pepper, peruvien mastic, peruvien pepper .Ainsi que les Américains l'appellent "qundoberbere" qui indiqué en arabe "felfel kazib ".(Ibrahim et Al -Naser, 2014).

Appellation populaire en Algérie : Chedjerat el felfel (Baba, 2000).

1.7.1.5. Position systématique

D'après (Quezel et Santa, 1963), la systématique de *Schinus molle* est la suivante :

Tableau 01 : Position systématique de *Schinus Molle*.

Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Dialypétales ou Rosidées
Ordre	Térébintales ou sapindales
Famille	Anacardiacees ou térébinthacées
Genre	Schinus
Espèce	<i>Schinus molle</i> (L)

1.7.1.6. Composition chimique

L'analyse photochimique montre que les poivriers contiennent des composés aromatiques présents sous forme de tanins, d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de saponines, de stéroïdes et de nombreux huiles essentielles dont certaines peuvent avoir des effets allélopathiques (**Dikshit, 1986 ; Materechera et Hae, 2008**).

Les extraits de plantes et les huiles essentielles peuvent être dérivés de diverses parties de l'arbre : feuilles, fruits mûrs et non mûrs. L'huile essentielle des feuilles se compose de 24 éléments, principalement deltacadinène (11,28%) et Alpha-cadinol (10,77%) Germacrène D (20,77 %) et Betaceryophyllène (13,48 %) (**Deveci et al, 2010**).

La composition chimique peut varier selon la saison et la région de collecte du matériel végétal (**Abdel-sattar, 2010**). Les Principaux constituants identifiés dans l'huile essentielle de *Schinus molle* de la région de Resistencia, étaient α -pinène (11,5%), β -pinène (14,71%), le limonène(9,17%), α -ocimène (3,1%), Germacrène D (3,6 %), γ -cadinene (6,9%), δ -cadinene (4,9%) et épibicyclosquiphellandrène (18,6 %), Cependant, La composition de ces huiles diffère en ses principales composantes par rapport aux données communiquées par d'autres sources, telles que Ligurie (Italie), dont l'ingrédient principal est l'alpha-phellandrène (30%) et élémol (13,25 %) (**Maffei et Chialvo, 1990**), Uruguay 30 % Bicclogermacreno (**Menendez et al, 1996**), 40 % de

limonène dans le sud du Brésil (État de Rio) (**Barroso et al, 2011**) et Santa Fe (Argentine), le composant principal est le limonène (40 %) (**Chamorro et al, 2012 ; Guala et al, 2009**).

1.7.1.7. Usages traditionnels

Schinus molle est traditionnellement utilisé en Éthiopie pour repousser les mouches domestiques. (**Abdel-Sattar et al, 2010**).

L'une des utilisations les plus importantes du fruit est la fabrication d'une boisson fermentée consommée dans les semailles, les récoltes et même dans les fêtes religieuses (**Walter et al, 2016**).

S. molle est largement utilisé comme plante ornementale, tandis que ces fruits et ces grains utilisés comme substitut de poivre, sa résine en tant que mastic et son bois pour le chauffage et le charbon. Il est cultivé pour la conservation et l'amélioration des sols, les brise-vent, l'ombre et l'ornement (**Jøker et al, 2002**).

Autres propriétés médicinales connues est son utilisation comme un astringent, un balsamique, diurétique, expectorant, mastication, purgatif, parasiticide, les affections stomacales, tonique et vulnérable. Il est connu pour traiter notamment l'aménorrhée, la bronchite, la gingivite, la gonorrhée, la goutte, la tuberculose, tumeur, ulcère, urétrite, verrue, les blessures et les maladies génito-urinaires et vénériennes (**Orwa et al, 2009**).

1.7.1.8. Propriétés médicinales et activités biologiques

Schinus molle a diverses utilisations thérapeutiques, et il est utilisé dans la médecine populaire depuis l'Antiquité comme analgésique, antifongique, antinéoplasique, antispasmodique, diurétique, antiseptique topique et dans le traitement de l'hypertension, des plaies, des infections bactériennes et de l'asthme. Des études pharmacologiques ont montré diverses propriétés telles qu'une activité sédatrice, anti-inflammatoire, antibactérienne contre *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus pyogenes*, des propriétés répulsives et insecticides. L'activité biologique des huiles volatiles, par exemple, antibactérienne, antifongique, cytotoxique, est également décrite. De plus, en raison de leurs propriétés antibactériennes et antioxydantes, les huiles volatiles sont utilisées comme adjuvants dans diverses applications alimentaires, ou comme agents antiparasitaires chez les bovins et l'apiculture (**Machado et al, 2018**).

1.7.1.8.1. Propriétés insecticides de l'huile essentielle du *Schinus molle*

Schinus molle a une grande importance ethnobotanique car il a été utilisé dans plusieurs régions du Pérou pour lutter contre les ravageurs des cultures. De même, l'extrait et l'huile essentielle de *Schinus molle* se sont avérés avoir des propriétés répulsives. Rodriguez et Egusquiza ont évalué l'effet des pesticides sur la mortalité des larves de pyrale de tubercule. Deveci et al ont démontré que les huiles essentielles dérivées des feuilles de faux poivrier se sont avérées plus efficaces dans les activités antimicrobiennes et répulsives que celles dérivées des fruits (**Rodríguez et al, 2003**).

Les pesticides naturels issus de *Schinus molle* et autres arbres contribuent à limiter les épidémies et les famines à notre époque en raison de leurs effets de plus en plus ciblés sur des mécanismes biologiques spécifiques (**Dikshit, 1986 ; Rodríguez et al, 2003**).

Chapitre II:

Les huiles essentielles

2. Les huiles essentielles

2.1. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C., les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premiers temps (**Baser et Buchbauer, 2010**), tout d'abord leur utilisation avait commencé dans l'Orient et le Moyen Orient et par la suite au nord de l'Afrique et en Europe (**Lardry et Haberkorn, 2007**).

Les Égyptiens, les Grecs et les Romains utilisaient une variété de matières premières (les plantes et leurs dérivés), notamment les huiles essentielles dans différents domaines : parfums, médecine, cérémonies religieuses, coutumes Païens, nourriture, etc. (**Besombes, 2008**). L'étape de civilisation byzantine a permis l'établissement de bases de distillation et, avec la civilisation arabe, les huiles essentielles sont devenues l'un des principaux produits de marketing international. Ainsi, pendant un millier d'années environ, Avicenne, médecin et scientifique persan, qui définit précisément le processus de distillation à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent des producteurs de divers extraits aromatiques (**Baser et Buchbauer, 2010**).

2.2. Définition

Plusieurs définitions des huiles essentielles sont disponibles et se convergent sur le fait que les huiles essentielles, généralement appelé "essence", sont des substances d'une composition très complexe, constitués de composants volatils odorants contenus dans les plantes. Elles se distinguent des huiles végétales (huile d'olive, etc.) et des graisses végétales par leur volatilité et leur composition chimique (**Balz, 1986**).

Alors selon la pharmacopée européenne (**Afssaps, 2008**), la définition officielle d'une huile essentielle est : «Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition».

2.3. Répartition et localisation

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. existe, environ 17500 espèces aromatiques. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont répartis dans un nombre limité de familles telles que les Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées (**Bruneton, 1999**).

Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme cellulaire dit "secondaire". La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans un organe sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées qui selon l'espèce botanique peuvent être des cellules sécrétrices, des poches sécrétrices, des poils sécréteurs ou des canaux sécréteurs (**Samate, 2002**).

2.4. Caractéristiques et propriétés physicochimiques

A température ordinaire, on trouve généralement les huiles essentielles incolore ou de couleur jaune pâle à l'état liquide. Toutes les huiles essentielles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles "*fixes*", odorantes et inflammables et leur densité est le plus souvent inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart devient la lumière polarisée (optiquement active), solubles dans les solvants organiques usuels et elles sont liposolubles. (**Bruneton, 2008**).

2.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de plusieurs composés chimiques (**Carson et Hammer, 2011**), elles peuvent renfermer plus de 300 composés différents. Ces composants volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes c'est-à-dire dérivés de l'isoprène et non du benzène, et des composés oxygénés (alcools, esters, aldéhydes, cétones,) (**Grand, 2007**). Ces composants appartiennent à deux groupes différents: les composés terpéniques et les composés aromatiques dérivées du phénylpropane (**Bruneton, 1999**).

2.5.1. Les terpènes

Les huiles essentielles sont composées de nombreux terpénoïdes, généralement les composés les plus volatils à faible poids moléculaire. Ces composants sont dérivés de l'isoprène, de formule générale $(C_5H_8)_n$, également appelés isoprénoïdes ou terpénoïdes (**Baser et Buchbauer, 2010**). Les terpénoïdes sont classés selon le nombre d'unités d'isoprène dans une série de structures homologues: les hémiterpènes (C_5H_8) , les monoterpènes $(C_5H_8)_2$, les sesquiterpènes $(C_5H_8)_3$, et moins fréquemment les diterpènes $(C_5H_8)_4$, les triterpènes $(C_5H_8)_6$ et tétraterpènes (C_5H_8) .

2.5.1.2. Les Monoterpènes

Les monoterpènes sont volatils et peuvent être entraînés dans la vapeur d'eau, souvent avec une odeur agréable, ils sont constitués par le couplage de deux unités isopréniques (C_{10}) (**Bakkali et al, 2008**) être présentant la plupart des ingrédients des HEs, parfois plus de 90 %. Ils peuvent être acyclique (myrcène, ocymène), monocyclique (terpinène, p-cimène) ou bicyclique (pinène, sabinène). Ces terpènes sont attachés à un certain nombre de substances fonctionnelles chimiques: alcools (géraniol, menthol), aldéhydes (géraniol, citronellal, sinensal), cétones (carvone, menthone, β -vétinone) et esters (acétate de géranyle, acétate de linalyle, acétate de cédryle, acétate α -terpinyle) (**Bruneton, 1999 ; Hernandez Ochoa, 2005**).

2.5.1.3. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes ont une structure très diversifiée (C_{15}) : les carbures, les alcools et les cétones sont les plus courants (**Bruneton, 2008**), ils forment le deuxième groupe des composés des huiles essentielles le plus courant, après les monoterpènes. Ils sont composés de trois unités d'isoprène et en leur donnant la formule moléculaire $C_{15}H_{24}$, (**Croteau et al, 2000**). Les sesquiterpènes peuvent être acycliques (farnésol), monocycliques (humulène, α -zingibèrene) ou encore polycycliques (matricine, artéannuine). Et peut également contenir des fonctions alcools (farnésol, carotol, patchoulol), des cétones (ex. nootkatone), des aldéhydes (sinensals), des esters (acétate de cédrile) (**Bruneton, 1999**).

2.5.2. Composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles (**Kunle et okogum, 2003**). Sont en majorité des dérivés du

phenylpropane (C₆-C₃). Ils représentent un mélange de différents aldéhydes, cétones, alcools, ester et autres, ils confèrent un goût et une odeur caractéristique aux huiles essentielles (**Chacou et Bassou, 2007**).

2.5.3. Composés d'origines diverses

Ce sont les produits de la conversion de molécules non volatiles généralement de faible poids moléculaire. Il en est de même pour les huiles essentielles lorsqu'ils sont entraînés par la vapeur d'eau, constitués de chaîne linéaire ou ramifiée, saturé ou non avec des fonctions différentes (**Chacou et Bassou, 2007**).

2.6. Extraction des huiles essentielles

Les méthodes d'extraction des extraits de plantes sont différentes. Cette diversité est due à la variété des matériaux et la sensibilité de certains composés présents dans les huiles essentielles. Le choix de la méthode la plus adaptée se fait en fonction des propriétés du matériel végétal. (**Lucchesi, 2005**).

2.6.1. Extraction par hydrodistillation

L'hydrodistillation est une méthode simple et ancienne, elle se fait dans un appareil appelé Clevenger. La matière végétale est immergée directement dans un ballon rempli d'eau, sous l'influence de la température, qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE se sépare de l'hydrolat par différence de densité. Cependant, les cellules végétales sécrètent leur contenu, dont les huiles essentielles surnagent au-dessus de l'hydrolat (l'HE est plus légère que l'eau), et qui seront récupérées par décantation (**Lucchesi, 2005**).

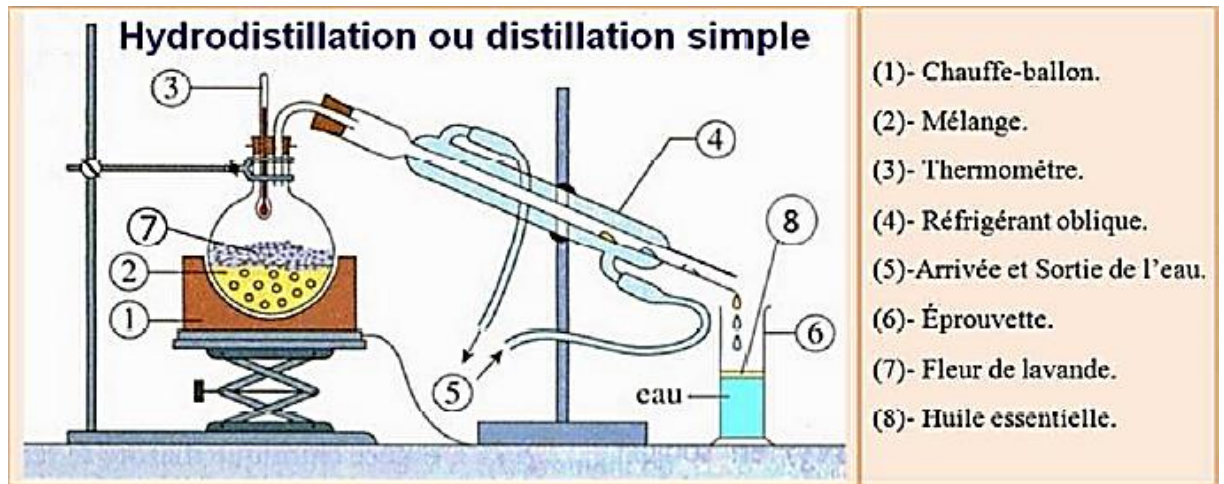


Figure 04 : Appareillage utilisé pour l'hydro distillation (Bourrel, 1993).

2.6.2. Entraînement à la vapeur d'eau

C'est le procédé le plus utilisé pour obtenir les huiles essentielles (Touaibia et Benyad, 2016). Le matériel végétal est en contact avec une vapeur directe, produite dans l'équipement, ou par la vapeur indirecte produite à l'extérieur et conduite vers ce dernier, le tout se passe sous pression (<0,1 bar), Les vapeurs saturées de composés volatils sont condensées puis décantées pour récupérer l'huile essentielle (Lahlou, 2004).

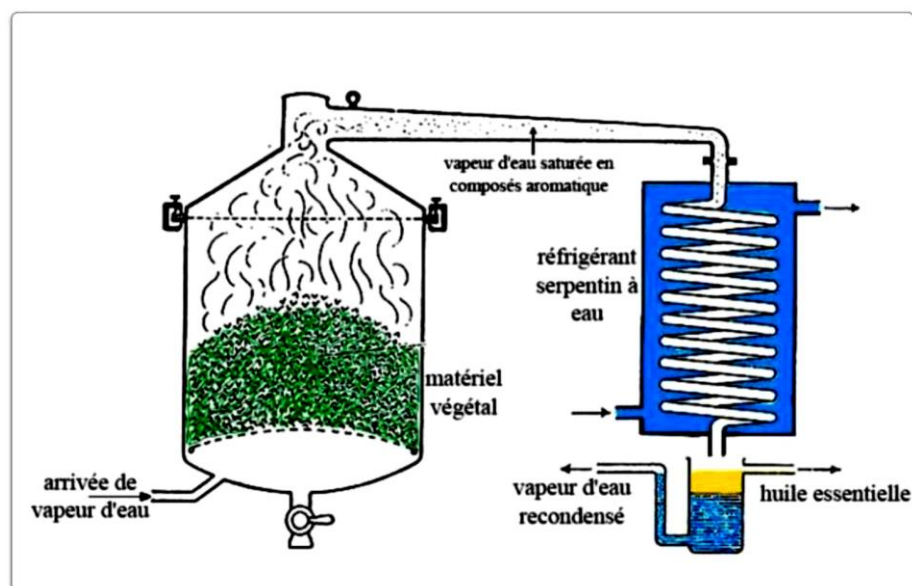


Figure 05 : Entraînement à la vapeur d'eau. (Lahlou, 2004).

2.6.3. Extraction par micro-ondes

Cette technique combine le chauffage par micro-ondes et la distillation atmosphérique (**Figure 06**), cette méthode est basée sur un principe relativement simple, la méthode consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur à micro-ondes sans ajout de solvants organiques ni d'eau. Le chauffage de l'eau contenue dans la plante permet la rupture des glandes qui contiennent l'huile essentielle et cette étape libère des huiles essentielles, qui sont ensuite entraînées par la vapeur d'eau. Le système de refroidissement extérieur permet la condensation du distillat, composé d'eau et d'huile essentielle, qui peuvent ensuite être facilement séparés par simple décantation (**Lucchesi et al, 2004**).

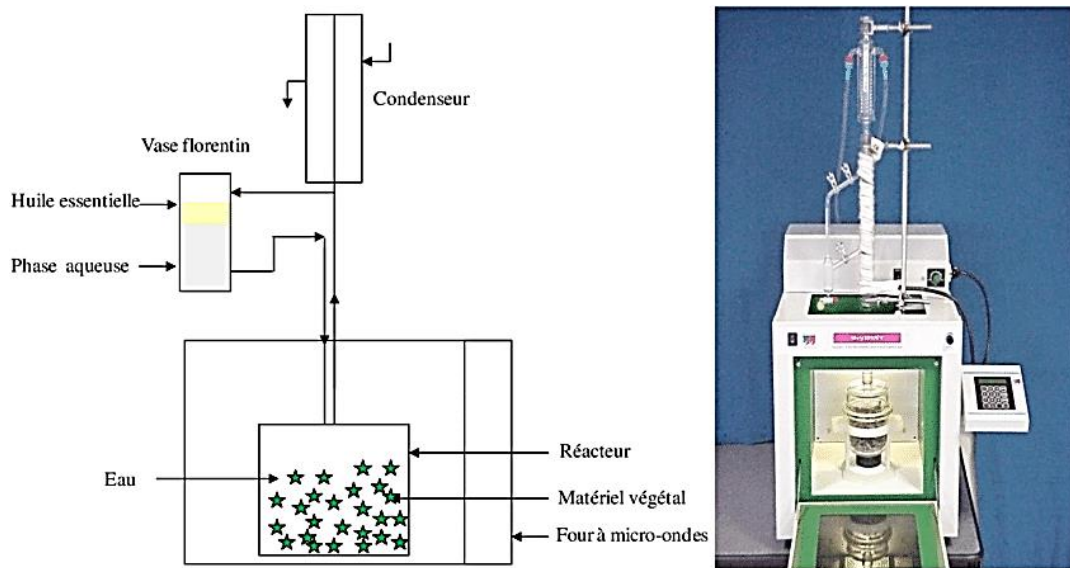


Figure 06: Extraction assistée par micro-ondes (Lucchesi et al, 2004).

2.6.4. L'expression à froid

L'extraction à froid est une extraction sans chauffage, couramment utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes tels que le citron, l'orange, la mandarine, etc. Son principe est de rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation. (**Chaintreau et al, 2003**).

2.6.5. Extraction au CO₂ supercritique

Le dioxyde de carbone présente de multiples avantages qui en ont fait de lui le fluide le plus utilisé. Il est peu coûteux, non toxique, ininflammable et chimiquement inerte. (**Oakes et al, 2001**). Sa température critique et sa pression critique sont facilement accessibles, au-delà du point critique ($P = 73.8$ bars, $T^{\circ} = 31.3$ C°), le CO₂ possède les

propriétés intermédiaires de combiner les caractéristiques des gaz et des liquides ce qui lui confère un bon pouvoir d'extraction (**Poichon, 2008**).

2.7. Rôle physiologiques des huiles essentielles

De nombreuses plantes produisent des huiles essentielles sous forme de métabolites secondaire, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (**Rai et al, 2003**).

Alors que certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, la pollinisation est favorisée. D'autres voient l'huile comme une source énergétique, favorise certaines réactions chimiques, garde les plantes humides dans les climats désertiques (**Belaiche, 1979**).

2.8. Activités biologiques

Les huiles essentielles sont considérés comme des métabolites secondaires des plantes, et les présentent plusieurs activités biologiques spécifiques (**Pichersky et al, 2006 ; Gershenzon et Dudareva, 2007 ; Vickers et al, 2009**). Parmi ces activités biologiques, les huiles essentielles ont montré une variété de propriétés thérapeutiques et médicinales, comme l'activité antibactérienne (**Lima, 1992 ; Elgayyar et al, 2001**), anti-inflammatoire, (**Vazquez et al, 1996 ; Park et al, 1998**), anticarcinogène (**Aruna et Sivaramakrishnan, 1996**), analgésique, antioxydante, antithrombotique (**Carson et Hammer, 2011**) et insecticide (**Konstantopoulou et al, 1992 ; Karpouhtsis et al, 1998**).

2.8.1. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne comprend l'activité contre les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires (**Jirovetz et al, 2006**), qui est généralement associée aux principaux composés contenus dans les huiles essentielles, tels que les monoterpènes, les sesquiterpènes et les non terpènes, tels que le phénylpropane qui sont généralement des composés antimicrobiens (**Carson et Hammer, 2011**).

2.8.1.1. Activité antibactérienne

En 1881, Delacroix démontre pour la première fois l'effet des huiles essentielles sur les bactéries (**Boyle, 1955**). Depuis, de nombreuses huiles ont été définies comme des substances antibactériennes (**Burt, 2004**). Leur spectre d'action est très large car ils combattent une grande variété de bactéries, y compris celles qui sont résistantes aux antibiotiques. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (**Kalemba et Kunicka, 2003**). Les huiles essentielles agissent à la fois sur les bactéries Gram positives et Gram négatives.

Les méthodes utilisées pour évaluer cette activité sont généralement des techniques de diffusion, de dilution ou de bio autographie (**Rios et al, 1988**).

2.8.1.2. Activité antifongique

Les huiles essentielles et leurs constituants présentent également une activité antifongique, de plus en plus décrite. Un large éventail de pathogènes fongiques humains, animaux et agricoles ont montré une sensibilité significative aux huiles essentielles *in vitro*, ce qui a accru l'intérêt pour leurs applications thérapeutiques ou industrielles. Parmi les pathogènes humains et animaux cibles, les levures du genre *Candida* et les dermatophytes telles que *Epidermophyton*, *Microsporum* et *Trichophyton* ont suscité le plus grand intérêt (**Hammer et al, 1996 ; Hammer et al, 1999 ; Yu et al, 2004 Preuss et al, 2005**).

2.8.1.3. Activité antivirale

Au fil des ans, il y a eu très peu de données sur l'activité antivirale des huiles essentielles et de leurs constituants par rapport à d'autres activités biologiques telles que l'activité antibactérienne et antifongique. Récemment, plusieurs publications ont décrit l'activité antivirale *in vitro* de diverses huiles essentielles. La plupart de ces études se sont concentrées sur les virus de la grippe et de l'herpès simplex (HSV 1 et 2) (**Carson et Hammer, 2011**), et les huiles essentielles ont même été utilisées pour traiter les virus de l'herpès simplex (HSV types 1 et 2), qui causent certaines des infections virales les plus courants chez l'homme.

2.8.1.4. Activité anti protozoaire

Plusieurs huiles essentielles ont été jusqu'à présent testées sur les protozoaires, certaines d'entre elles ont prouvé une activité anti protozoaire remarquable (**Anthony et al, 2005**)

ont trouvé *Leishmania spp* agent responsable de la leishmaniose, très sensible aux huiles essentielles d'*Ocimum gratissimum*.

De plus, les principaux composants des huiles essentielles actives contre les protozoaires sont des monoterpénoïdes (linalool, terpinène 4-ol, thymol, carvacrol, citral, limonène, alpha-pinène, gamma-terpinène, alpha-phellandrène et p-cymène), sesquiterpènes (bêta-caryophyllène, néroli, -copaène, tyrilène et germacrène D) et phénylpropane (eugénol, méthylgénéol et cinnamaldéhyde), qui sont responsable de leurs effets biologiques (**Lianet et al, 2012**).

2.8.2. Activité anti-oxydante

L'activité antioxydante et l'un des sujets les plus discutés dans la recherche sur les huiles essentielles, suite aux dommages dus à l'oxydation sur toutes les substances biologiques et qui provoquent donc une variété de maladies telles que: cancer, maladie du foie, alzheimer, arthrite, inflammation, diabète, maladie de Parkinson, athérosclérose et SIDA (**Shaaban et al, 2012**). Par conséquent, les huiles essentielles ont été largement rapportées d'avoir des propriétés antioxydantes et antiradicalaire (**Lou et al, 2017**).

2.8.3. Activité anti-inflammatoire

L'usage traditionnelle des huiles essentielles comme agents anti-inflammatoires indique qu'elles possèdent une puissante activité anti-inflammatoire (**Vogler et Ernst, 1999**), cette activité est principalement due aux aldéhydes contient ces huiles (**Moro Buronzo, 2008**). Il a même été démontré que l'inhalation de la vapeur d'huile essentielle a des propriétés anti-inflammatoires et réduit l'asthme (**Inouye et al, 2001**).

2.9. Les méthodes d'analyse des huiles essentielles

L'analyse des huiles essentielles, qui consiste à séparer et identifier les composants, reste une étape importante qui nécessite la mise en œuvre de diverses techniques. (**Lakhdar, 2015**)

La chromatographie est le processus fréquemment utilisé pour séparer les composants des huiles essentielles. Elle est basée sur les différences d'affinité du matériau à analyser vis-à-vis de deux phases, l'une fixe ou stationnaire, et l'autre mobile. La séparation des composants inhérents à la phase mobile résulte soit de leur adsorption et désorption

successives sur la phase stationnaire, soit de leur solubilité différente dans chaque phase.

Plusieurs méthodes existent mais la plus utilisée est celle de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (**Lakhdar, 2015**):

- **Chromatographie en phase gazeuse (CPG)**

C'est la méthode la plus couramment utilisée pour les huiles essentielles. Elle permet l'individualisation des composants, leur estimation et le calcul de leurs indicateurs de rétention (Ir). Le principe repose sur la séparation des différents solutés gazeux par migration différentielle le long de la phase stationnaire. La phase mobile est un gaz (hélium, azote, argon ou hydrogène), appelé gaz vecteur (**Audigie et al, 1995**).

- **Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM)**

L'objectif de combiner entre la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse CPG-SM, c'est, l'ajout de la deuxième dimension analytique à la chromatographie (**De Maack et Sablier, 1994**). Le principe réside dans le transfert de composés séparés par chromatographie en phase gazeuse via la phase mobile (gaz vecteur) dans le spectromètre de masse qui vont être fragmentés en ions de masse variables dont la séparation sera basée sur leur masse (**Bruneton, 1999 ; Desjobert et al, 1997**), puis identifiés en comparant l'indice de rétention (Ir) et les données spectrales (spectre de masse), des composants individuels avec les caractéristiques des produits de référence contenus dans bibliothèques de spectres (**Paolini, 2005**).

2.10.Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont généralement connues comme produits sans danger, mais ces derniers restent des substances naturelles puissantes (**Bouguerra, 2012**). Vu leur composition chimique complexe, les huiles essentielles sont à utiliser avec précautions et prudence, car elles peuvent engendrer de grave dégâts de santé lors d'une utilisation aléatoire et inappropriée (**Benzeggouta, 2005**). Les effets secondaires des huiles essentielles varient en fonction de leur nature chimique (**Traoré, 2006**), elles peuvent s'avérer allergisants, photosensibilisants, cytotoxiques, irritants, néphrotoxiques, hépatotoxiques, neurotoxiques...

2.11. Facteurs déterminants le degré d'activité des huiles essentielles

L'efficacité antibactérienne des huiles essentielles dépend de plusieurs facteurs :

2.11.1 Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne

L'examen des données bibliographiques révèle immédiatement la diversité méthodologique utilisé pour démontrer l'activité antibactérienne des huiles essentielles. L'insolubilité des huiles essentielles dans l'eau, dans les milieux aqueux, est une explication de divers techniques d'évaluation. Selon la souche microbienne, l'huile essentielle et l'application choisie, différents milieux de culture peuvent être utilisés (Toure daouda, 2015).

2.11.2 Activité liée à la composition chimique

L'activité biologique des huiles essentielles est liée à leur composition chimique, groupes fonctionnels de la plupart des composés (alcools, phénols, terpénoïdes et cétones) et les effets synergiques possibles entre les composants. (Lahlou, 2004).

Elle est souvent réduite à l'activité de leurs composés majoritaires, qui confirment ou annulent l'activité des huiles essentielles de composition similaire. Cependant, les composés minoritaires pourraient agir de manière synergique (Lahlou, 2004).

2.11.3 Le type des microorganismes cibles

Les huiles essentielles peuvent être bactéricides contre certaines souches et biostatiques ou inactives contre d'autres. Cela peut être lié au type de microorganisme (Gram positif ou Gram négatif), à sa forme de plancton ou de biofilm, à son métabolisme et à sa résistance (Alviano et Alviano, 2009).

Parmi les microorganismes les plus étudiés : les bactéries Gram négatives (*Escherichia coli* et *klebsiella Pneumoniae*) qui sont plus résistantes aux huiles essentielles que les bactéries Gram positives (*Staphylococcus aureus*), et les champignons qui présentent une sensibilité plus élevée que les bactéries (*Aspergillus niger*) (Cox et al, 2000 ; Amaral et al, 1998).

2.12. Mode d'action des huiles essentielles

Le mode d'action des huiles essentielles dépend également du type de micro-organisme : en général, les bactéries Gram négatives sont plus résistantes que les bactéries Gram positives en raison de la structure de leurs membranes externes. Par conséquent, la membrane externe des bactéries Gram négatives est plus riche en lipopolysaccharides et en protéines que la membrane externe des bactéries Gram positives, ce qui la rend plus hydrophile, empêchant les terpénoïdes hydrophobes d'y adhérer.

Les principales caractéristiques des huiles essentielles sont attribuées à l'hydrophobicité de certains de leurs constituants, ce qui leur permet de traverser facilement la bicouche phospholipidique des membranes cellulaires, entraînant une instabilité structurelle et une perméabilité accrue (Souza et al, 2006). Cela provoque des changements dans la conformation de la membrane, des perturbations chimiosmotiques et des fuites d'ions (K^+). Certains composés phénoliques des huiles essentielles interfèrent avec les protéines membranaires microbiennes, comme l'enzyme ATPase, en agissant directement sur la partie hydrophobe de la protéine, ou en interférant avec la translocation des protons dans la membrane empêchant la phosphorylation de l'ADP (Knobloch et al, 1989 ; Sikkema et al, 1995). Les principaux sites d'action des composants des huiles essentielles sont indiqués ci-dessous.

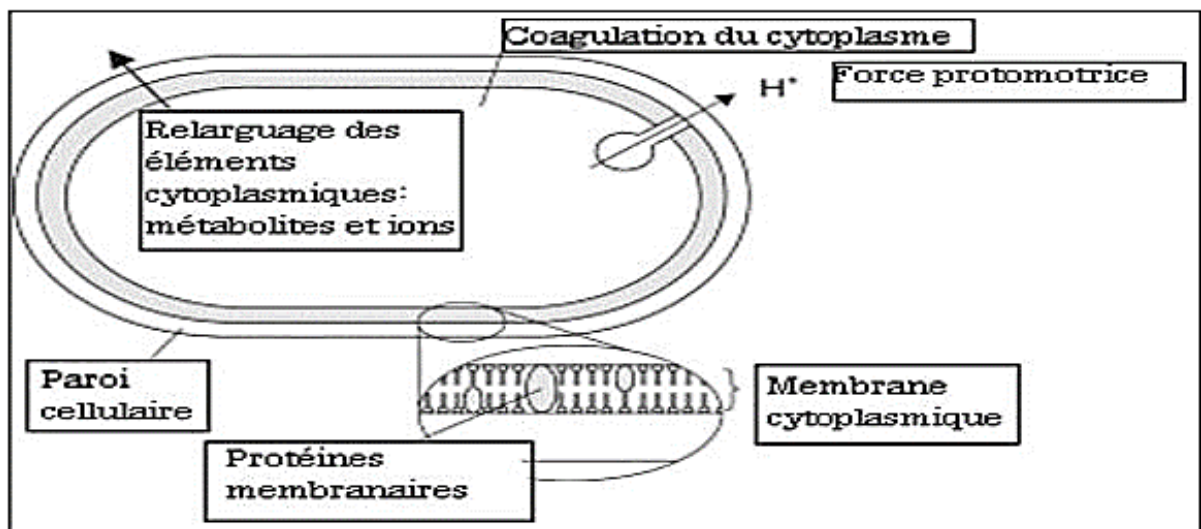


Figure 07: Action des huiles essentielles et leurs constituants sur la cellule bactérienne (Burt, 2004).

2.13. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles connus par leurs propriétés antiseptiques (bactéricides, fongicide et virucide) et médicales ainsi que leurs odeurs (**Abad et al, 2012**). Les huiles essentielles peuvent avoir d'intéressantes applications dans différents secteurs tels que (**Bouchikhi, 2011**) : L'industrie pharmaceutique comme médicament dans les applications thérapeutiques (**Bertella, 2019**), Les produits agroalimentaires utilisés comme conservateurs et agents aromatisants alimentaires (**Bouchikhi, 2011**) , cosmétique et parfumerie utilisés dans l'industries du parfum et du savon (**Bertella, 2019**) , en alimentation utilisés comme une variété d'exhausteurs de goût dans différents produits (café, thé, tabac, vin, yaourt, plats cuisinés), utilisation thérapeutique ont des effets antiseptiques, anti- inflammatoires, antihistaminiques , utilisation biologique en raison de leurs propriétés inhibitrices, notamment sur les micro-organismes (désinfection) et les activités cellulaires des plantes ou des animaux, comme produits phytosanitaires pour lutter contre les infections fongiques, bactériennes ou virales dans les cultures végétales et pour réduire les méfaits des pesticides en synthèse, comme la contamination ou le développement d'une résistance aux médicaments (**Benoaie, 2013**), et enfin l'utilisation industrielle pour l'ajout de la saveur aux aliments (**Jean Bruneton, 1999**).

2.14. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont très sensibles à la lumière, la chaleur, l'air, et l'humidité, (**Seguinet all, 2001**) ce qui rend leur conservation difficile (**Benoaie, 2013**). Les risques de dégradation sont multiples tels que la photo isomérisation, coupure oxydative de propénylphénols, peroxydation des carbures et décomposition en cétones et alcools (**Bruneton J, 1999**). A cause de ces dégradations les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons en verre, ombres à 20 ° C, opaques et fermés hermétiquement (**Salle et Pelletier, 1991**) le temps de conservation ne doit pas dépasser un an (**Seguinet al, 2001**).

Partie Expérimentale

Chapitre I :

Matériel et Méthodes

Matériel et Méthodes

L'objectif de notre travail est l'étude de l'activité antibactérienne de deux huiles essentielles de la plante *Schinus Molle* extraite de deux différentes régions, Khenchela (SM_{KH}) et Batna (SM_B) ainsi que leur mélange ensemble.

La partie expérimentale a été réalisée aux laboratoires du hall technologique, de l'**Université Abbés Laghrour – Khenchela**, elle comprend toutes les techniques et les expérimentations à savoir l'extraction de l'huile essentielle et l'étude de l'activité antibactérienne par méthode de diffusion par disque, la méthode de microatmosphère et la technique de microdilution pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB).

1. Préparation du matériel végétal

Notre étude a été menée sur la partie aérienne (tiges, feuilles, et fleurs) de la plante *Schinus Molle*. La récolte a été réalisée au mois de Mars 2022 pendant la période de floraison dans la région de cité Bouakaz située sur la route de constantine à Batna et la région d'El Hamma à Khenchela à l'est de l'Algérie (**Figure 08**).

Après la récolte et l'identification de la plante, le matériel végétal est nettoyé des impuretés, séché à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant quinze jours, puis coupé en petits morceaux et broyé, ensuite conservé dans des sachets en papier (**Figure 9**).

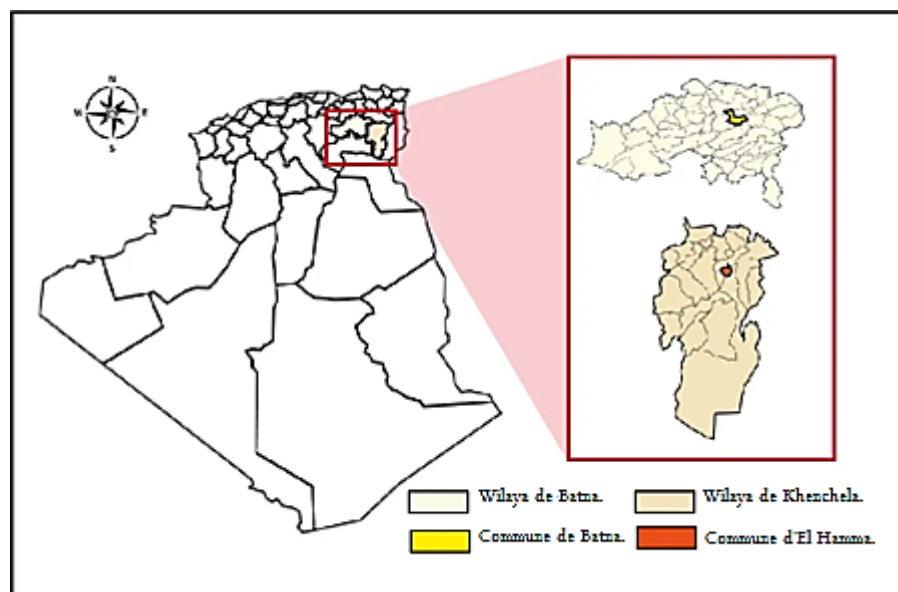


Figure 08 : Carte géographique de la wilaya de Khenchela et Batna.

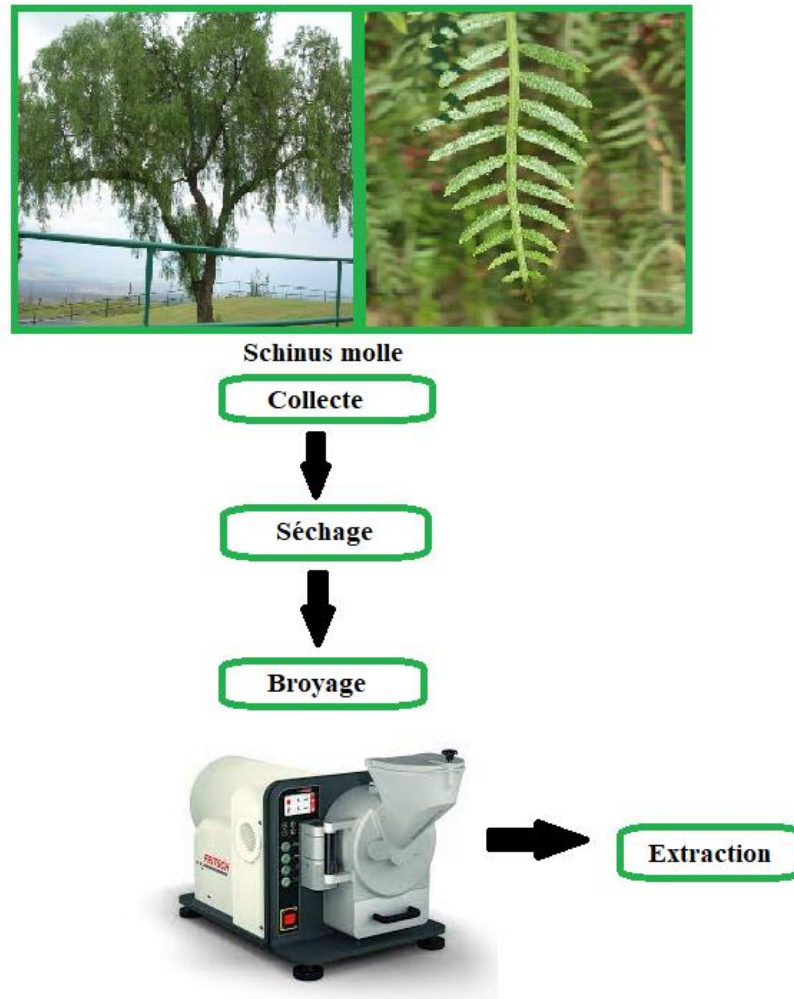


Figure 09: Préparation du matériel végétal.

2. L'extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle à partir de la partie aérienne de l'espèce *Schinus molle* a été réalisée par la méthode d'hydrodistillation dans un dispositif de type Clevenger (**figure 10**).



Figure 10 : Le montage d'hydrodistillation par le Clevenger (original).

Cette méthode est basée sur un entrainement des constituants volatils de l'huile essentielle par la vapeur d'eau, cette dernière chargée de principes volatils est condensée dans un réfrigérant pour séparer l'eau de l'huile essentielle après décantation (Clevenger 1928). Le matériel végétal sec (100g) est placé dans un ballon (1L) rempli au 2/3 avec de l'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition avec une température de 100°C pendant 3 heures

L'huile essentielle obtenue est déshydratée par le sulfate de sodium anhydre puis stockée à basse température (4°C) et à l'obscurité avant son utilisation (Ghedir et Boudjema, 2017).

3. Rendement en huile essentielle

Le rendement en l'huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal et il est souvent obtenu par la formule ci-dessous :

$$\text{RHE \%} = (\text{MHE} / \text{MEV}) \cdot 100$$

- Rdt HE : Rendement en huile essentielle (%).
- VHE : Volume d'huile essentielle (ml).
- MVF : Masse de matériel végétal (g). (Tour daouda, 2015)

4. Etude de l'activité antibactérienne

4.1. Les souches bactériennes testées

Les tests antibactériens ont été effectués sur des souches pathogènes obtenues à partir de prélèvements cliniques.

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries pathogènes, dont plusieurs sont résistantes aux antibiotiques, voir même multi-résistantes.

L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été réalisée en utilisant six souches bactériennes Gram + et Gram - : bactéries de *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, et quatre souches d'*Escherichia coli*.

4.2. Préparation des milieux de culture

Les milieux de culture utilisés pour la réalisation des tests antibactériens sont les suivants :

- La gélose nutritive pour l'isolement des souches bactériennes.
- La gélose Mueller Hinton pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux huiles essentielles par la méthode de diffusion sur disque.
- Le bouillon nutritif pour la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) par la méthode de microdilution en milieu liquide.

4.2.1. Préparation de la gélose Mueller-Hinton (MH)

On a pesé 38 grammes de poudre (MH) et on la mise dans 1 litre d'eau distillée, puis on a homogénéisé et chauffé le mélange en agitant. Le mélange doit porter à ébullition environ une minute et répartir en tubes ou flacons stériles , ensuite on a stérilisé les tubes à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes , laissant refroidir . Lorsque la préparation a atteint une température inférieure à 60°C on a coulé le milieu déjà préparé dans des boîtes de pétri et conserver ces boîtes au réfrigérateur à 2-8 °C.



Figure11 : Les étapes de la préparation de la gélose Mueller-Hinton (MH).

4.2.2. Préparation de la gélose nutritive (GN)

On a suspendu 28 grammes de la gélose nutritive poudre dans 1 litre d'eau distillée, le mélange doit chauffer à ébullition pour dissoudre complètement le milieu à l'aide d'un agitateur, puis on a réparti le mélange en tubes et stériliser pendant 15 minutes .Après le refroidissement à 45-50 °C on a versé la GN dans des boîtes de Pétri (jusqu'à ce que soit solidifié) et les conserver au réfrigérateur à 2-8°C.



Figure12 : La préparation de la gélose nutritive (GN).

4.2.3. Préparation de bouillon nutritif

On a pesé 28 grammes de milieu (BN) déshydraté pour 1 litre d'eau distillée et le chauffer à ébullition pour dissoudre complètement le milieu à l'aide d'un agitateur. Après homogénéisation du mélange on a stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes et laisser refroidir dans le cône stérile du bec bunsen. Lorsque la préparation a atteint une température inférieure à 60°C, on a versé le bouillon nutritif dans les tubes à essai sachant que chaque 10 ml dans un tube, et on a conservé les boîtes de pétri au réfrigérateur à 2-8 °C.



Figure13 : Préparation de bouillon nutritif.

4.2.4. Préparation de l'eau physiologique

On a pesé 2.7 grammes de poudre (NACL) et on la mise dans 0.3 litre d'eau distillée, puis on a homogénéisé et chauffé le mélange en agitant, on a réparti le mélange en tubes ou flacons stériles , ensuite on a stérilisé les tubes à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes , laissant refroidir puis conserver au réfrigérateur à 2-8 °C.



Figure14 : Eau physiologique préparée.

4.3. Repiquage des souches bactériennes

L'activité antibactérienne a été réalisée sur des cultures jeunes en phase de croissance exponentielle, alors le repiquage des six souches bactériennes « EC_{A4} ,EC_{A6} ,EC_{A7} ,EC_{A8} ,SA_{A1} ,KP_{A2} » est effectué en prenant un volume couvrant la boucle de l'anse de platine de chaque culture que l'on a ensemencé par la méthode des stries sur des boîtes de pétri contenant de la gélose nutritive (GN), tout en travaillant dans des conditions aseptiques. Puis incubées à 37°C pendant 24h.

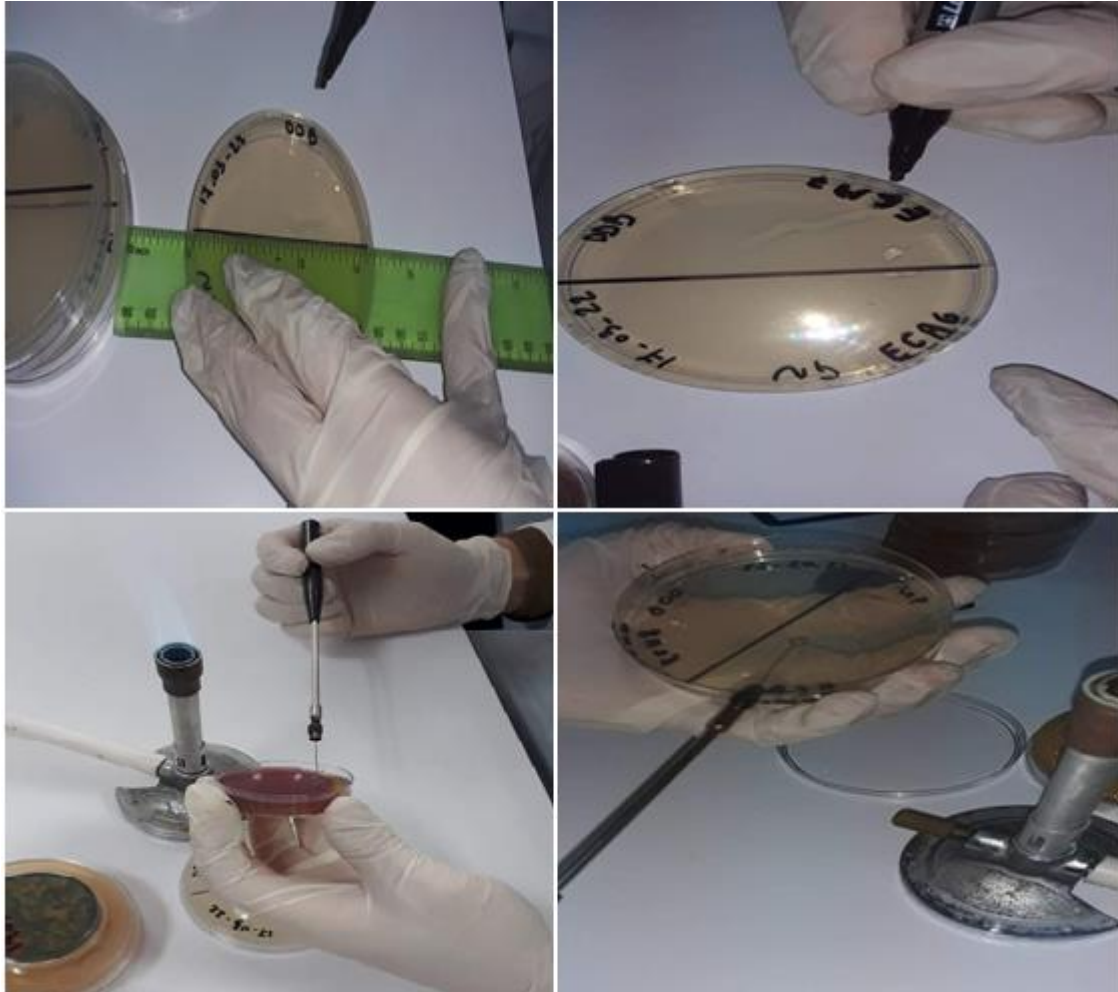


Figure15 : Repiquage des souches bactériennes testées.

4.4. Préparation de la suspension bactérienne

Avec une anse de platine stérile et à partir des cultures jeunes précédemment préparées, on a pris 2 à 4 colonies bien isolées de chaque culture et on les a déposés dans un tube à essai qui contient 10 ml d'eau physiologique stérile. Après on a fait une homogénéisation de cette suspension bactérienne à l'aide d'un vortex (**Figure 16**) ; la suspension bactérienne est standardisée à 10^6 UFC/ml (**Mondello et al, 2009**) (Absorbance entre 0.08 et 0,13 ; $\lambda=625$ nm).



Figure16 : préparation de la suspension.



Figure17 : Les six suspensions bactériennes préparées.

4.5. Préparation des disques

Les disques servant à l'étude de l'activité antibactérienne par diffusion sur disque ont été préparé préalablement, à partir du papier filtre qui est découpé en disques de 6 mm de diamètre, ensuite ces disques sont placés dans un tube eppendorf pour la stérilisation à l'autoclave pendant 25 mn à 120°C.



Figure 18 : La technique de préparation des disques.

4.5. Préparation du mélange d'huile essentielle

Pour préparer le mélange des huiles essentielles, on a prélevé 50 μ l d'huile essentielle de *schinus molle* de la région de Khenchela et 50 μ l d'huile essentielle de *schinus molle* de la région de Batna pour obtenir un mélange des deux huiles (100 μ l). Que l'on mises dans un tube et on les a bien mélanger à l'aide d'un agitateur vortex.

4.6.Méthode de diffusion par disque

Les huiles essentielles utilisées ont été obtenus à partir de la plante SM_{KH} et SM_B . On a étudié l'activité antibactérienne des huilles essenteilles de chaque région (Khenchela et Batna) par la technique de l'aromatogramme (diffusion par disque) décrite par khribch et al, (2018), qui consiste à utiliser des boites de Pétri contenant la gélose Muller Hinton préalablement coulée.

Par conséquent, chaque écouvillon stérile est imbibé dans une suspension bactérienne (Les 6 suspensions bactériennes précédentes), puis essoré en le pressant fermement sur la paroi interne du tube afin de décharger au maximum. L'ensemencement est effectué en faisant des stries serrées et l'opération est répétée trois fois, en tournant la boite de 60° à chaque fois et en le passant sur la périphérie de la gélose. Après, on a laissé les boites à une température ambiante pendant 15 minutes. Ensuite à l'aide d'une pince stérile on a déposé au centre de chaque moitié de la boite pétri un disque stérile de papier filtre et sur lequel on ajouté 6 μ l de l'huile essentielle à l'aide d'une micropipette. L'opération est effecué pour chaque huile essentielle ainsi que pour le mélange et pour chaque souche bactérienne. Les boites de pétri sont laissé encore 45 minutes pour une pré-diffusion. L'incubation est effectuée à 37°C pendant 24 heures.

La même méthode pour l'huile essentielle de Batna.

Généralement, les micro-organismes seront classés selon les diamètres des zones d'inhibition mesurés en millimètre (mm) à l'aide d'une règle graduée. alors on note des souches non sensibles (-) ou résistantes : avec un diamètre inférieur à 8 mm, modérément sensibles (+) pour un diamètre de 8 à 14 mm, sensibles (++) si le diamètre est compris entre 14 et 20 mm et très sensibles (+++) dans le cas des diamètres supérieurs à 20 mm, cette échelle a été utilisée pour décrire la sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis nos huiles essentielles étudiées (Franchomme et al, 2001; Durrafourd et al, 2002).



Figure 19 : la méthode de diffusion par disque.

4.7. Méthode de microatmosphère

La diffusion des composés volatils actifs de l'huile essentielle a été évaluée par la méthode de microatmosphère décrite par Raho-Ghalem et Benali (2008).

Dans cette méthode on a utilisé seulement les souches qui sont avérées sensibles et extrêmement sensible à l'huile essentielle de SM_{KH} , SM_B et au mélange (SM_M).

L'ensemencement est effectué par inondation, après l'ajout de 1 ml de la suspension bactérienne sur la boîte de gélose Mueller Hinton, nous avons effectué des mouvements

circulaires jusqu'à ce que la suspension bactérienne entre en contact avec toute la surface de la gélose et que la surcharge bactérienne soit aspiré à l'aide de la micropipette, cette dernière doit être séchée 15 min à une température ambiante. Ensuite, un disque de papier filtre stérilisé de 25 mm a été déposé au centre du couvercle de chaque boîte et sur lequel 25 μ l de chacune des huiles essentielles de SM_{KH} , SM_B et le mélange (SM_M) sont ajoutés. Les boîtes ont été ensuite sellées à l'aide du parafilm et incubées à 37°C pendant 24h. Après incubation, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés.

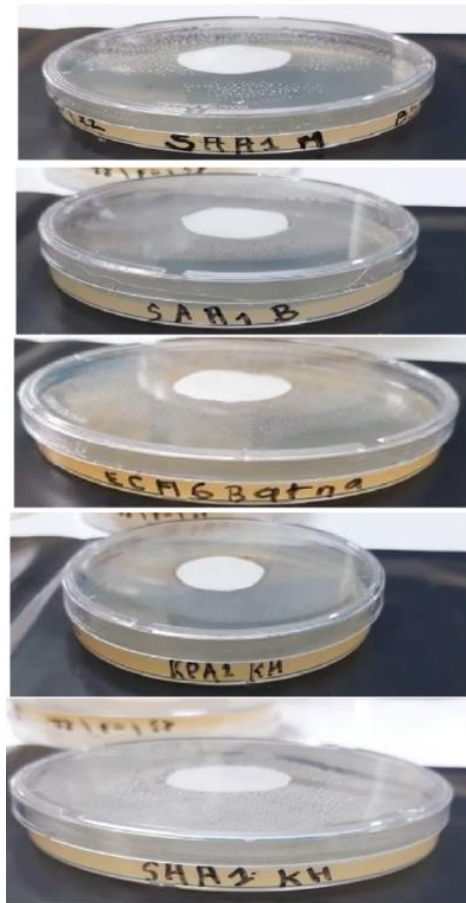


Figure 20 : La méthode de microatmosphère .

4.8.Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La concentration minimale inhibitrice (CMI) a été déterminée par la méthode de microdilution décrite par Bardaweel et al, (2015), c'est une valeur qui correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance de la population microbienne.

4.8.1. La méthode de microdilution

Dans notre cas, nous avons effectué l'expérimentation dans une microplaque de 96 puits (**Figure 22**), on commencé par diluer chaque huile essentielle (300µl) dans 400 µl d'eau distillée et 100 µl de tween 80 pour avoir la première concentration C1, cette concentration est préparée dans un eppendorf stérile, puis on a procédé à la préparation d'une série de dilution par prélèvement à chaque fois d'un volume de 300 µl d'une concentration que l'on ajoute au même volume de diluant constitué d'eau distillée et de tween 80. Une fois ces concentrations sont obtenues, on a ajouté dans chaque puits 50µl de chaque concentration d'huile essentielle, 50 µl de bouillon nutritif et 50 µl de la suspension bactérienne pour obtenir un volume totale de 150 µl par puits.

Un témoin négatif a été préparé avec 50 µl de bouillon nutritif, 50 µl de la suspension bactérienne et 10 µl de tween 80.

Après une incubation à 37 °C pendant 2h, on ajoute à chaque puits 50 µl d'indicateur coloré, le 2, 3,5-diphényltétrazolium chloride (TTC), une deuxième incubation à été effectuée pendant 2 à 4h.

La CMI a été déduite à partir de la première concentration présentant une absence de croissance bactérienne.



Figure 21 :Les dilutions de l'huile essentielle.

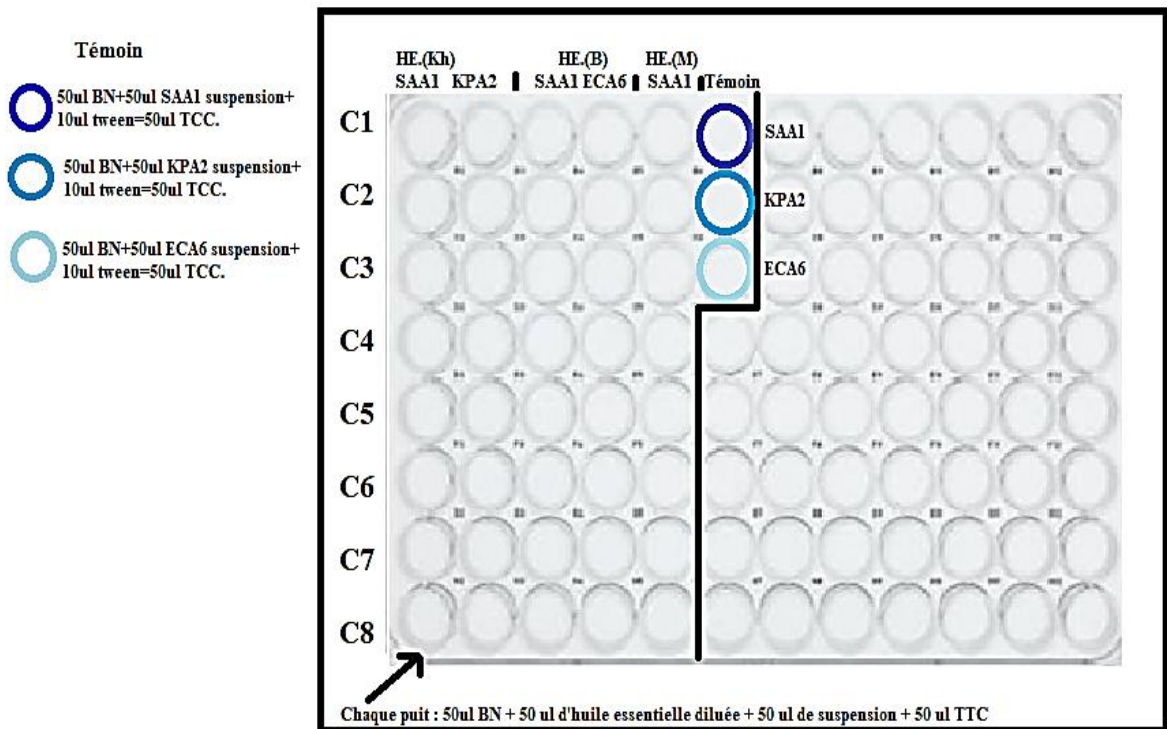


Figure 22 : La technique de Micro dilution par microplaque.

4.8.2. La détermination concentration minimale bactéricide (CMB)

La concentration minimale bactéricide (CMB) est décrite par Bouzid et al, (2021) , comme étant la plus faible concentration en huile essentielle capable de tuer plus de 99,9% de l'inoculum microbien initial. Pour déterminer la CMB, nous avons prélevé à l'aide d'une micropipette, 10 µl de chaque puits n'ayant pas présenté de culture bactérienne (après révélation avec le 2,3,5-diphényltétrazolium chloride) et on les aensemencé sur des boites pétri contenant la gélose nutritive , ensuite ces boîtesensemencées sont incubées pendant 24 heures à 37 °C. La lecture des valeurs de la CMB a été faite par observation à l'œil nu, et elle a été déduite à partir de la premièreboite qui n'a pas présenté de culture bactérienne.

La CMI et CMB ont été exprimées en µl/ml. Le rapport CMB/CMI a été utilisé pour classifier les substances antibactériennes en fonction de leur activité bactéricide (CMB/CMI inférieur à 4) ou bactériostatique (CMB/CMI supérieur à 4) (Sbayou et al, 2014).



Figure 23 : La détermination de la CMB des cinq souches en présence des différentes huiles essentielles.

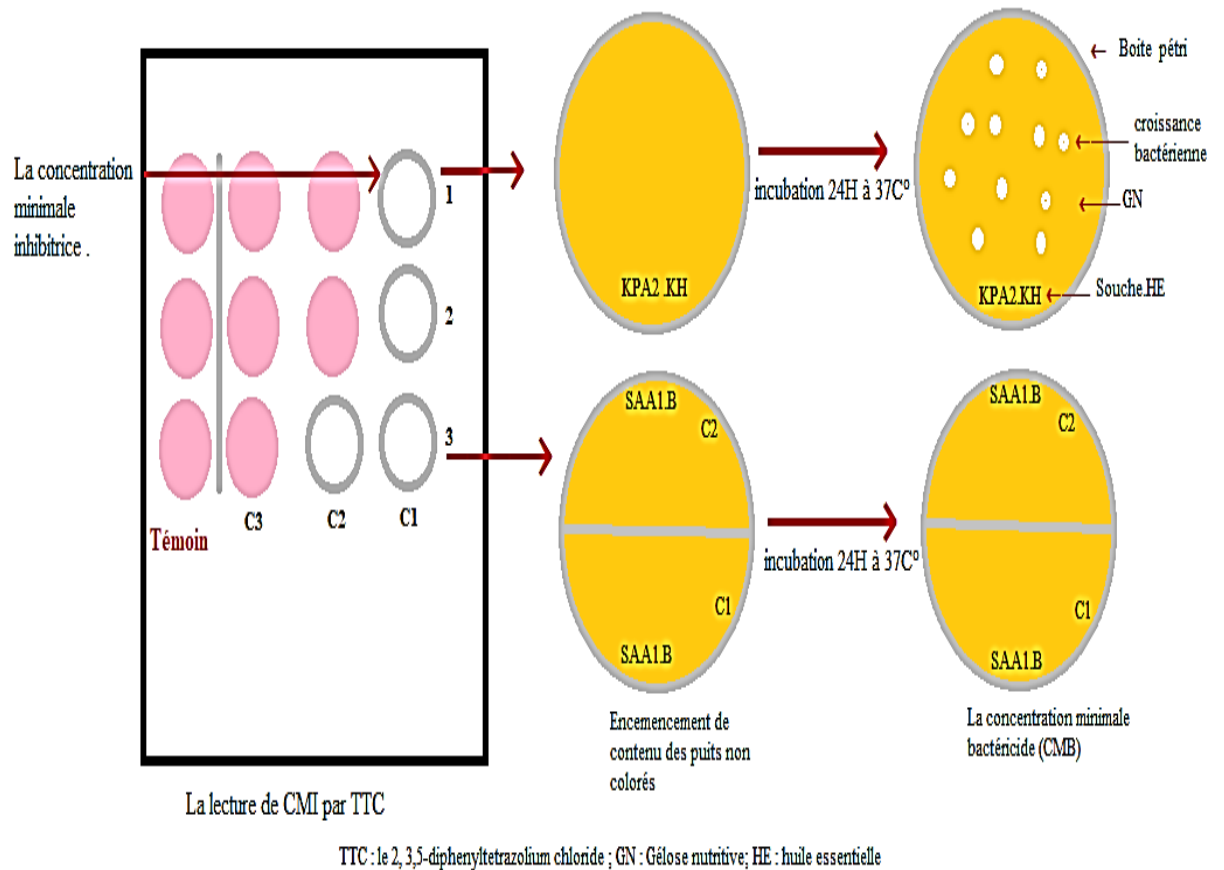


Figure 24: La détermination de la concentration minimale inhibitrice et bactéricide.

Chapitre II :

Résultats et Discussion

1. Résultats

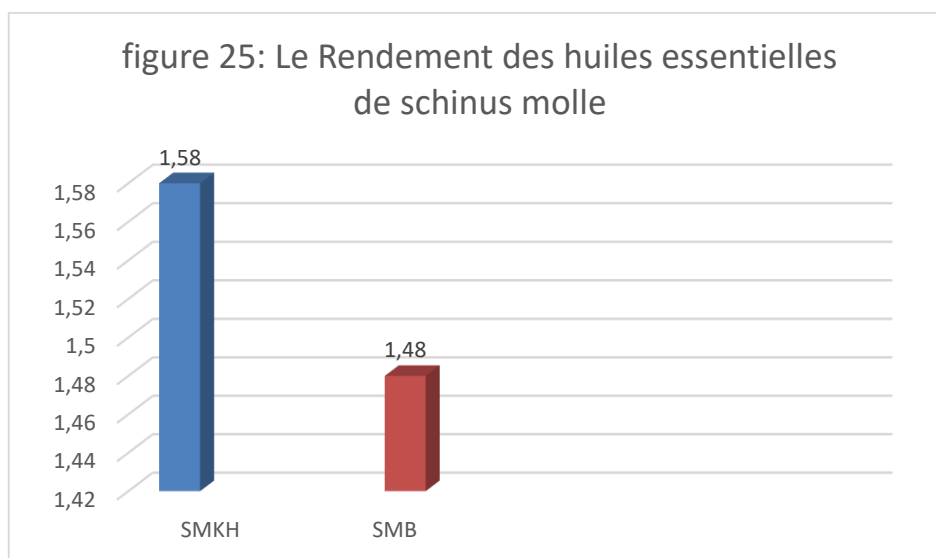
1.1. Rendement

L'huile essentielle a été extraite à partir de deux plantes séchées à l'air libre, et par hydro-distillation dans un appareil de type Clevenger. Nous avons obtenu une huile de couleur jaune pâle et une forte odeur de térébinthe (de poivre) pour *Schinus Molle* de Batna et Khenchela.

Le rendement en huile essentielle après hydrodistillation des deux plantes était variable, l'ensemble des valeurs de rendement sont regroupées dans le **tableau 02**, le rendement le plus important a été enregistré pour l'huile de SM_{KH}, avec une quantité de 1.58% (m/m), alors que SM_B représente un faible rendement en huile essentielle de 1.48% (m/m).

Tableau 02: Le rendement des huiles essentielles de *Schinus molle*.

Rendement en %	<i>Schinus molle</i> de Khenchela	<i>Schinus molle</i> de Batna
	1.58%	1.48%



1.2. Activité antibactérienne

1.2.1. Méthode de diffusion par disque

La technique de diffusion sur disque a été utilisée pour étudier l'activité antibactérienne des deux huiles essentielles de *Schinus molle* collectées à Khenchela (SM_{KH}) et à Batna (SM_B), et ceci l'ensemble des six souches bactériennes, ce test préliminaire nous a

permet de mettre en évidence le pouvoir antibactérien des deux huiles essentielles (seules et en combinaison). L'ensemble des résultats sont regroupés dans le **tableau 04**.

Tableau 03 :Diamètres des zones d'inhibitions des Bactéries testées vis-à-vis des huiles essentielles.

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm) (SM _{KH})	Zone d'inhibition (mm) (SM _B)	Zone d'inhibition (mm) (SM _M)
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (KP _{A2})	20	<8	<8
<i>Staphylococcus aureus</i> (SA _{A1})	37	15	25
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A4})	<8	<8	<8
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A6})	<8	9	<8
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A7})	<8	<8	<8
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A8})	<8	<8	<8

(SM_{KH}): *Schinus Molle* de khenchela ; (SM_B): *Schinus Molle* de batna ; (SM_M): *Schinus Molle* mélange (Khenchela+Batna).

1.2.1.1. Les huiles essentielles seules

Les résultats résumés dans le **Tableau 03** , révèlent une importante activité antibactérienne de l'huile essentielle de SM_{KH} sur deux souches bactériennes. Les diamètres de la zone d'inhibition les plus élevés ont été remarqués sur *Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}) et *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) avec des valeurs de 20 mm et 37 mm respectivement . Elles sont extrêmement sensible. Cependant aucune activité antibactérienne n'a été enregistrée sur le reste des souches, alors que les souches : *Escherichia coli* (EC_{A4}), *Escherichia coli* (EC_{A6}), *Escherichia coli* (EC_{A7}), *Escherichia coli* (EC_{A8}) sont trouvées résistantes avec des zones d'inhibition inférieur à 8 mm.

Notre huile essentielle de SM_B a présenté des activités variables, une activité antibactérienne modérée sur *Escherichia coli* (EC_{A6}) avec un diamètre de 9 mm , une

activité antibactérienne importante sur *Staphylococcus aureus* (SAA₁), traduite par un diamètre de la zone d'inhibition de 15 mm.

Néanmoins aucune activité antibactérienne n'a été enregistrée sur le reste des espèces bactériennes (*Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}), *Escherichia coli* (EC_{A4}), *Escherichia coli* (EC_{A7}), *Escherichia coli* (EC_{A8})).

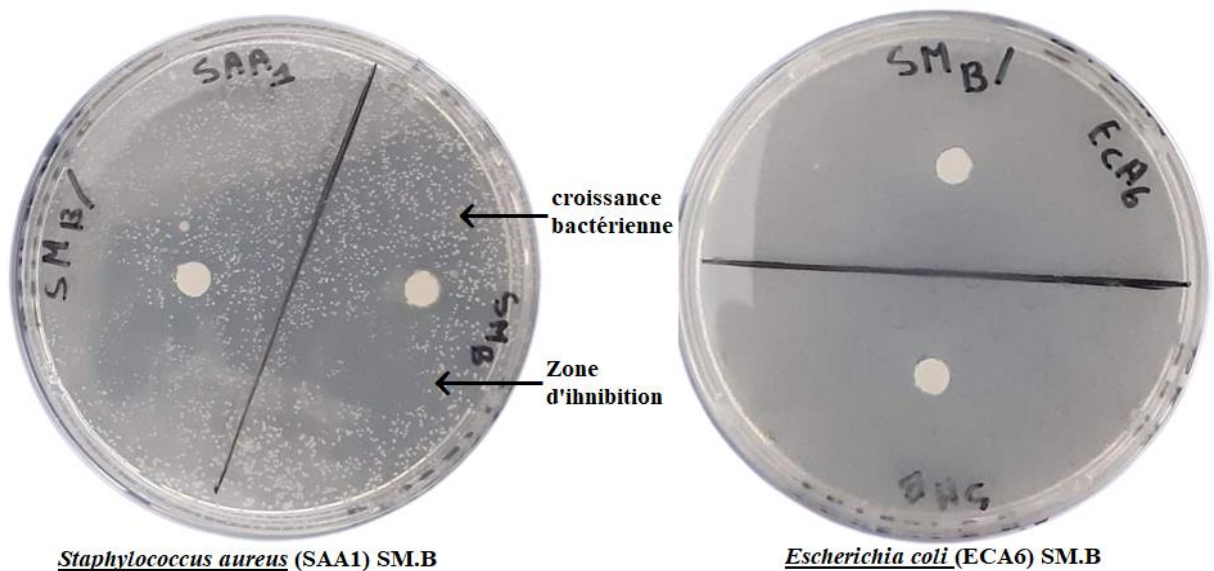


Figure 26: Effet de l'huile essentielle SM_B sur la croissance des bactéries.

1.2.1.2. Les huiles essentielles en combinaison

Quant à l'activité du mélange des deux huiles essentielles (SM_{KH}) et (SM_B), aucune action antibactérienne n'a été observée sur la plupart des espèces (*klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}), *Escherichia coli* (EC_{A4}), *Escherichia coli* (EC_{A6}), *Escherichia coli* (EC_{A7}), *Escherichia coli* (EC_{A8})) à l'exception de l'espèce *Staphylococcus aureus* (SAA₁) qui a montré une importante activité antibactérienne avec une zone d'inhibition supérieure à 20 mm (25 mm), elle est très sensible.

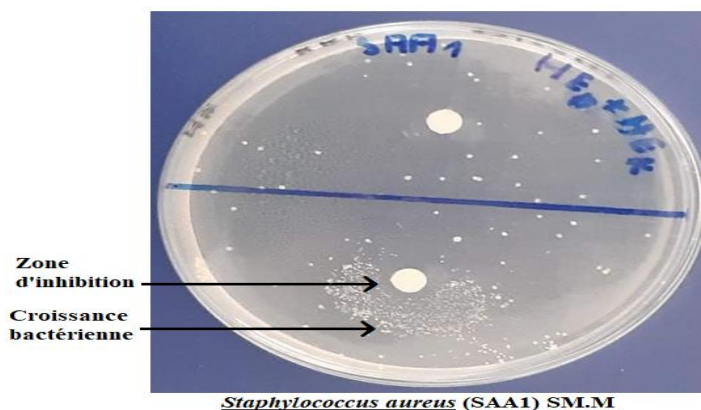


Figure 27: Effet de mélange des huiles essentielles sur la croissance des bactéries.

1.2.2 Méthode de microatmosphère

La technique de microatmosphère a été appliquée pour mettre en évidence l'activité antibactérienne de la fraction volatile des huiles essentielles, les souches testées dans cette méthode étaient celles présentant une sensibilité dans la technique de diffusion par disque, traduite par un diamètre de la zone d'inhibition supérieur à 8 mm.

Nos résultats regroupés dans le **Tableau 04** montrent qu'une importante activité antibactérienne revient à l'huile essentielle SM_{KH} principalement, sur l'ensemble des souches testées notamment pour la souche *Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}) traduite par un diamètre de zone d'inhibition de 20 mm (**Figure 30**). Alors que la souche de *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) a montré une certaine résistance et aucune zone d'inhibition n'a été observée.

L'huile de SM_B a maintenu son effet antibactérien très sensible sur les souches *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) et *Escherichia coli* (EC_{A6}) avec des diamètres de 39 mm et 55 mm respectivement.

L'huile de mélange a présenté une activité très sensible avec notamment un diamètre de la zone d'inhibition de 43 mm sur la souche de *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}).

Tableau 04: Résultats de l'aromatogramme des trois HE testées sur cinq souches bactériennes.

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm) (SM _{KH})	Zone d'inhibition (mm) (SM _B)	Zone d'inhibition (mm) (SM _M)
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (KP _{A2})	20		
<i>Staphylococcus aureus</i> (SA _{A1})	0	39	43
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A4})			
<i>Escherichia coli</i> (EC _{A6})		55	

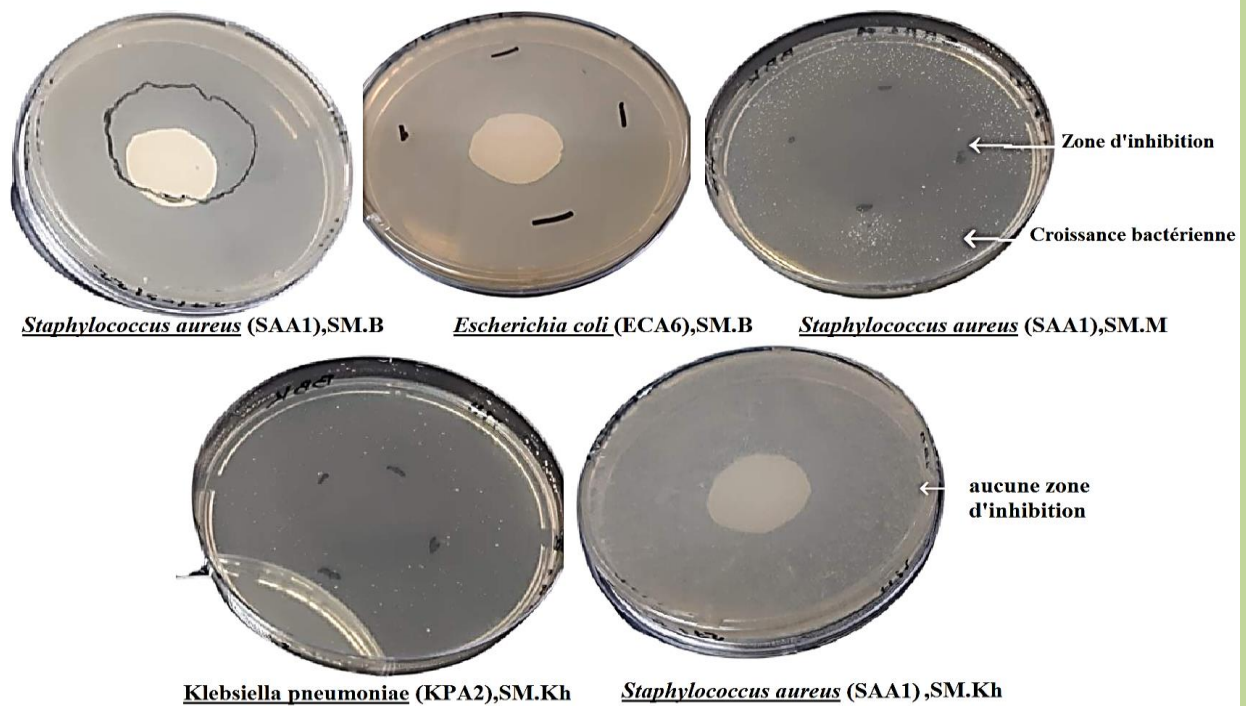


Figure 28: Zones d'inhibition par méthode de microatmosphère.

1.2.3 Détermination de la CMI et CMB

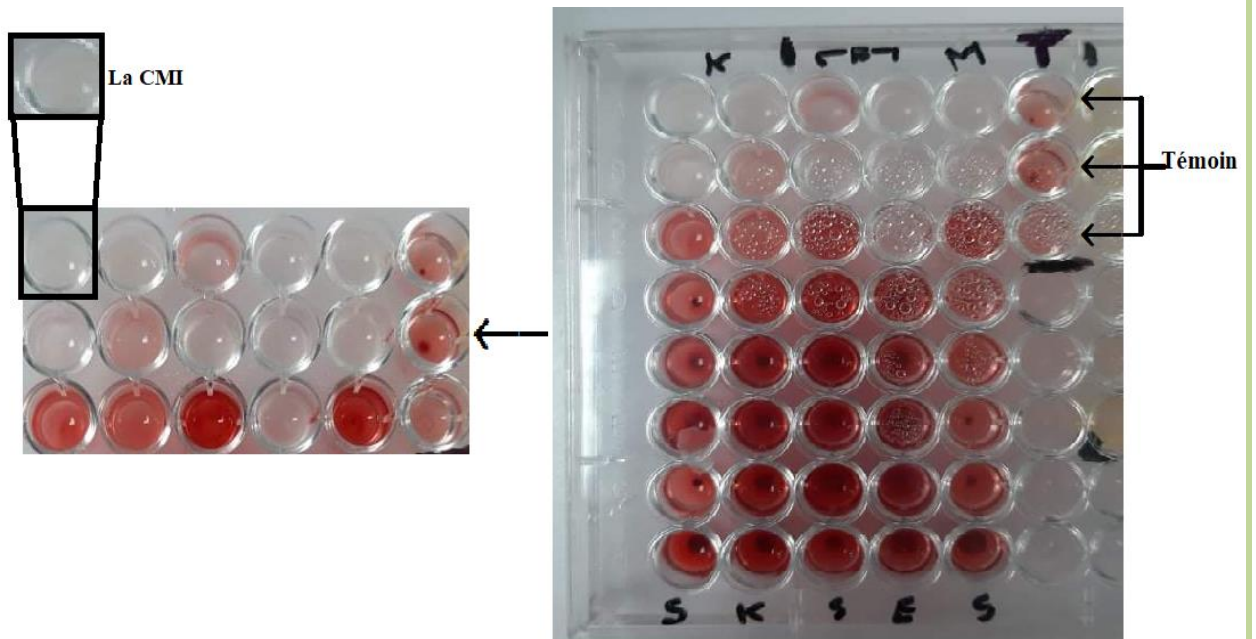


Figure 29: La lecture de la concentration minimale inhibitrice.

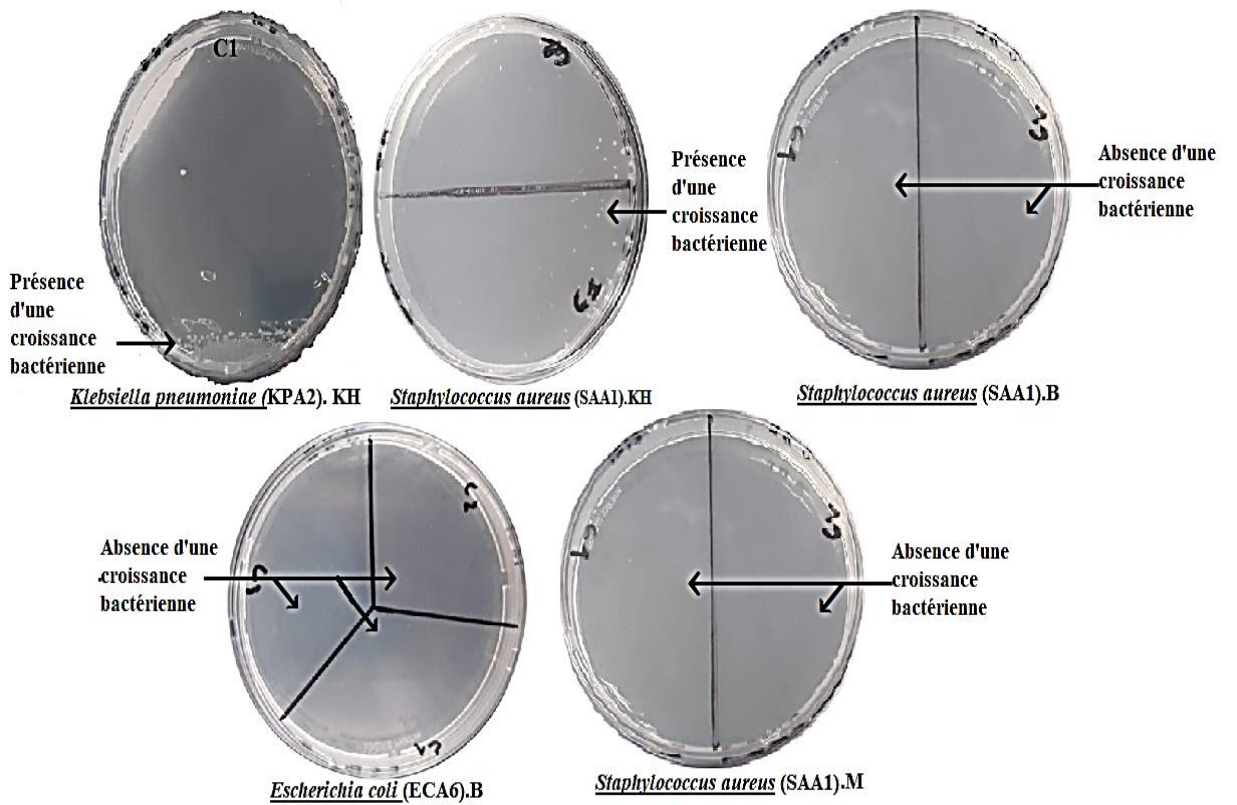


Figure 30: La lecture de concentration minimale bactéricide des huiles essentielles.

Tableau 05 : Concentrations minimales inhibitrice (CMI) et bactéricide (CMB) des huiles essentielles.

Bactéries testées	SM _{KH}		SM _B		SM _M	
	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB
	µl/ml	µl/ml	µl/ml	µl/ml	µl/ml	µl/ml

Gram +

Staphylococcus aureus (SA _{A1})	187.5	+	187.5	187.5	187.5	187.5
---	-------	---	-------	-------	-------	-------

Gram -

Klebsiella pneumoniae (KP _{A2})	375	+				
---	-----	---	--	--	--	--

Escherichia coli (EC _{A6})			93.75	93.75		
--------------------------------------	--	--	-------	-------	--	--

+ : Croissance Bactérienne.

Les concentrations minimales inhibitrices et bactéricides ont été déterminées par la méthode de dilution en milieu liquide. Les valeurs des CMI et CMB obtenues sont regroupées dans le **tableau 05** .

En présence de l'huile essentielle de SM_{KH}, l'ensemble des souches bactériennes ont été inhibées à une concentration de 187.5 µl /ml pour *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) et 375 µl/ml pour *Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}), alors que cette huile n'a aucune activité bactéricide sur *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) et *Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}).

L'huile essentielle de SM_B a présentée une concentration minimale inhibitrice et bactéricide élevée de 187.5 $\mu\text{l/ml}$ pour *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) et 93.75 $\mu\text{l/ml}$ pour *Escherichia coli* (EC_{A6}).

Quant à le mélange de SM_{KH} et SM_B , la souche *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) a été inhibée à une concentration minimale inhibitrice et bactéricide élevée de 187.5 $\mu\text{l/ml}$.

2 . Discussion

A rappeler que le rendement en huile essentielle de la plante *Schinus molle* de notre étude est de 1,58 % et 1,48 % pour la plante de la région de Khenchela et de la région de Batna respectivement. Ce rendement est légèrement moins important que celui trouvé par Zerrouk (2019) pour la plante récolté dans la région d'El Eulma, alors qu'il est plus élevé que les rendement trouvés par le même auteur pour la plante collectée dans les régions de Hassi Messaoud, Sougueur et de Laghouat qui sont de 1.43% , 1.35 % , 1.29 % , respectivement.

Les variations observées dans les valeurs de rendement en huiles essentielles peuvent être dues à la région de collecte de la plante ainsi qu'à une multitude de facteurs (biotique et abiotique). Parmi ces facteurs, le milieu et la période de récolte, la température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents, les pratiques culturales et la méthode d'extraction (Zerrouk, 2019).

Les résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de SM_B ont montré un effet inhibiteur modérément actif contre la souche *Escherichia coli* (EC_{A6}) avec un diamètre d'inhibition de 9 mm et extrêmement actif contre la souche *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) avec une zone d'inhibition de 15 mm, cela peut justifier que la composition de cette huile essentielle possède un pouvoir sur ce type des souches microbiennes.

En effet, une étude antérieure par zerrouk, (2019) sur cette même espèce mais de différentes régions a été réalisée. L'huile essentielle de *Schinus molle* de Laghouat a montré un effet important contre la souche *Escherichia coli* (EC_{A6}) par rapport à l'huile essentielle de SM_B dont le diamètre de la zone d'inhibition était de 17,33 mm, et contre *Staphylococcus aureus* (SA_{A1}) avec un diamètre de 12,75 mm. Aussi l'huile essentielle de SM_B était de moindre activité antibactérienne que celle de *Schinus molle* de Hassi Messaoud où les diamètres de la zone d'inhibition étaient 18,45 et 12,75 (mm) sur *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* respectivement, ce qui peut être dû à la résistance intrinsèque à l'antimicrobien.

Le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle de SM_{KH} dans notre étude est différent de celui trouvé dans des travaux précédents, l'huile essentielle était plus active sur *Staphylococcus aureus* en comparant le diamètre de la zone d'inhibition avec ceux trouvés par zerrouk, (2019) sur *Schinus molle* d'El Eulma qui était de 12,75 mm. Par

contre, selon Benzeggouta, (2015), le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle des clous de girofle dans leur étude est différent de celui trouvé dans notre travail, elle était plus active sur *Klebsiella pneumoniae* (KP_{A2}) par rapport à l'huile essentielle de SM_{KH}.

On note également une activité antibactérienne importante des huiles essentielles en combinaison (SM_M) sur la souche *Staphylococcus aureus* avec un diamètre d'inhibition de 25 mm par rapport à l'huile essentielle de *Schinus molle* de Sougueur qui semble avoir le même effet antibactérien que les huiles essentielles de *Schinus molle* de Hassi Messaoud , *Schinus molle* de Laghouat et *Schinus molle* d'El Eulma avec une zone d'inhibition autour du disque de 12,75 mm sur la même souche.

L'activité des composés volatils de l'huile essentielle de SM_B sur les souches *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* est plus importante que celle exercée en contacte directe, cette différence peut être due au fait que la technique de diffusion sur disque est une méthode directe qui dépend de la diffusibilité et de la solubilité de l'huile essentielle, contrairement à la méthode de microatmosphère qui dépend de la volatilité des composés de l'huile essentielle (Dorbe et al, 2010). Il a été déjà prouvé que l'activité antibactérienne des composés volatils résulte de l'action de la vapeur directe sur les microorganismes et de l'effet indirect à travers le milieu qui absorbe la vapeur (Moleyar et Narasimham, 1986). De même cette action est beaucoup plus efficace, quand les microorganismes sont exposés à une forte concentration pendant une courte période de temps (Inouye et al, 2001).

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) de l'huile essentielle de SM_B sont plus élevées que l'huile essentielle de *Schinus molle* d'El Eulma trouvée auparavant, Zerrouk, (2019) a obtenu une CMI et CMB de (1,0 et 1,5) µl/ml sur *Escherichia coli* et (0,12 et 0,25) µl/ml sur *Staphylococcus aureus*. En revanche notre huile essentielle de SM_{KH} ne possède aucun effet bactéricide alors qu'elle possède un effet inhibiteur similaire à SM_B et SM_M sur la même souche *Staphylococcus aureus* dont la CMI était de 187,5 µl/ml, sachant que l'huile essentielle de *Schinus molle* de Sougueur sur cette même souche est révèle plus efficace par rapport au notre huile (SM_{KH}) sur laquelle nous avons travaillé avec une CMI et CMB, respective de (0,13 et 0,16) µl/ml .

Suite à ces résultats, l'huile essentielle de SM_{KH} a montré un effet inhibiteur plus élevé sur *Klebsiella pneumoniae* par rapport à l'huile essentielle des clous girofle trouvé par

Benzeggouta, (2005) qui est inférieure à 0,125 µl/ml, alors les résultats de Benzeggouta sont plus importants que nos résultats. A rappelé qu'aucune activité bactéricide de l'huile essentielle de SM_{KH} n'a été enregistrée sur cette souche.

Finalement, nos huiles essentielles en combinaison ont montré une concentration minimale inhibitrice et une concentration minimale bactéricide plus élevée sur *Staphylococcus aureus* par rapport aux résultats trouvés par Zerrouk, (2019) pour l'huile essentielle de *Schinus molle* de Laghouat avec une concentration minimale inhibitrice et bactéricide de 0,13 et 0,33 µl/ml respectivement. Ces résultats indiquent la présence de différents mécanismes d'action des huiles essentielles sur les cellules bactériennes (**Burt, 2004**).

Globalement, nos huiles essentielles (SM_B, SM_{KH} et SM_M) ont présenté un pouvoir antibactérien modéré sur les bactéries testées. en le comparant avec le pouvoir antibactérien des huiles essentielles de *Schinus molle* d'El Eulma, Laghouat, Hassi Messaoud, Sougueur (**Zerrouk, 2019**) et de l'huile essentielle des clous de girofle (**Benzeggouta, 2005**) qui se sont montrés plus importants. Cela peut être justifié par la différence de la composition chimique des huiles essentielles, le type des souches bactériennes et leur degré de résistance.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et perspectives

Le travail que nous avons entrepris porte sur l'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la plante *Schinus molle* qui appartient à la famille des anacardiées, collectée dans deux régions de l'Algérie ; Batna et Khenchela.

L'extraction des huiles essentielles par l'hydrodistillation à partir de la partie aérienne de plante a montré un rendement en huile de 1.48 % pour *Schinus Molle* de la région de Batna et 1.58 % pour *Schinus Molle* collectée à Khenchela.

L'activité antibactérienne a été déterminée sur six souches bactériennes, à savoir *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella Pneumoniae* et cela selon trois techniques ; la méthode de diffusion sur disque, La méthode de microatmosphère et la détermination de concentration minimale inhibitrice sur milieu liquide et bactéricide sur milieu solide.

Les résultats de l'activité antibactérienne de nos HEs varie d'une plante à l'autre et aussi selon les souches testées, une activité puissante revient à l'huile essentielle de Khenchela, notamment sur les souches de *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus aureus* avec des diamètres de la zone d'inhibition allant jusqu'à 37 mm. L'huile essentielle de la région de Batna était de moindre activité antibactérienne avec des diamètres les importants de 15 mm et 9 mm sur *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* respectivement.

Alors qu'une faible activité antibactérienne a été remarquée pour le mélange de l'huile essentielle des huiles des deux régions, par un diamètre de la zone d'inhibition de 25 mm sur la souche de *staphylococcus aureus*. Une activité remarquable des composés volatils de l'huile essentielle de *Schinus molle* de Batna s'est révélée par la méthode de microatmosphère, notamment sur la souche d'*Escherichia coli* avec un diamètre de la zone d'inhibition de 55 mm.

Les valeurs de CMI et CMB les plus importantes de 93,75 µl/ml sont enregistrées sur la souche d'*Escherichia coli* pour l'HE de la région de Batna, et de 187,5 µl/ml sur la souche de *Staphylococcus aureus* pour la région de Khenchela.

D'un point de vue générale, les huiles essentielles des deux plantes ont présenté une action antibactérienne modérée sur les bactéries testées, et reste aussi à noter que le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle de *Schinus Molle* de la région de Khenchela s'est révélé plus important que celui de l'huile essentielle collectée à Batna.

Nos résultats très encourageants, nous motivent à faire des expériences plus approfondies sur le pouvoir antibactérien par d'autres méthodes et sur d'autres souches bactériennes.

Le pouvoir antifongique de ces HEs semble très important et mérite d'être étudié sur les souches fongiques d'importance industrielle et économique, pour pouvoir penser à des éventuelles applications pratiques.

L'analyse de la composition chimique de ces HEs est très intéressante comme perspective, pour rechercher les composés responsables de cette activité antibactérienne et qui peuvent être aussi liés à d'autres activités biologiques.

Enfin, d'autres activités biologiques seront envisageables telles que, l'activité anti-oxydante, anti-inflammatoire.... etc, pour prévoir des éventuels usages thérapeutiques de cette plante.

Les Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- **Abad M.J., Bedoya L.M., Apaza L., Bermejo P., (2012).**The *Artemisia L.* genus: a review of bioactive essential oils. *Molecules*, 17, 2542-2566.
- **Abdel-Sattar E., Zaitoun A A., Farag M A., El Gayed S H., Harraz M H F., 2010.** Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle L.* leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Vol. 24, No. 3, 226–235.
- **ABID L., 2008.** Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle L.* et *Pistacia vera L.* de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Univ. Tlemcen, 115 p.
- **AFSSAPS. (2008).** Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
- **Agisho, H., Osie, M. & Lambore, T. (2014).** Traditional medicinal plants utilization, management and threats in Hadiya Zone, Ethiopia. *J. Med. Plant Stud.* 2: 94–108.
- **Alviano D. S, Alviano C. S, 2009;** Plant extracts: search for alternatives to treat microbial diseases. *Curr Pharm Biotech*; 10: 106-21. Fine DH.
- **Amaral J.A., Ekins A., Richards S.R. & Knowles R., 1998.** - Effect of Selected Monoterpenes on Methane Oxidation, Denitrification, and Aerobic Metabolism by Bacteria in Pure Culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 520-525.
- **Anthony J.P., Fyfe L., Smith H. (2005).** Plant active components: a resource for antiparasitic agents? *Trends Parasitol.*, 21: 462-468.
- **Aruna K. ETSivaramakrishnan V.M., (1996).** Anticarcinogenic effects of the essential oils from cumin, poppy and basil. *Phytother. Res.*, 10, 577-580.
- **Arnaud I, Jarlier V, Carbonne-Berger A, Maugat S, Bajolet O, Dumartin C, Marty N, Savey A, Sénéchal H, Coignard B et Astagneau P. (2012).** Bactéries multirésistantes (BMR) en milieu hospitalier : entérobactéries productrices de β -lactamases à spectre étendu (EBLSE) et *Staphylococcus aureus* résistants à la méticilline (Sarm), Réseau BMR-Raisin, 2002-2010. 21p.

- **Audigie C.L., Dupon G. et Zongain F.** Principes des méthodes d'analyse biochimique. T1, 2ème ED. Doin, Paris, 1995, p. 44.

B

- **BABA AISSA .F ,2000.** Encyclopédie des plantes utilisées (flore d'Algérie et du Maghreb) Librairie moderne. Rouïba. Alger.
- **Babulka P-** Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales : de la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne, phytothérapie, vol.5, pp 137- 145. 2007.
- **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., (2008)** Biological effects of essential oils: a review. Food Chem. Toxicol., 46, 446-475.
- **Bako S.P., Bakfur M.J., John, I., Bala, E.I. (2005).** Ethnomedicinal and Phytochemical profile of some savanna plant species in Nigeria. Int. J. Botany 1 (2):147–150.
- **BALZ R., 1986.** Les huiles essentielles et comment les utiliser. *Ed. Rodolphe BALZ*, 152 p.
- **Bardaweel SK, Hudaib MM, Tawaha KA, Bashatwah RM. (2015).** Studies on the in vitro antiproliferative, antimicrobial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibition activities associated with Chrysanthemum coronarium essential oil. Evid Based Complement Alternat Med., 790838.
- **Barroso, M. S. T., Villanueva, G., Lucas, A. M., Perez, G. P., Vargas, R. M. F., Brun, G. W. and Cassel, E. (2011)** -Supercritical Fluid Extraction of Volatile and Non- Volatile Compounds from Schinus molle L. Brazilian J. Chem. Engineering. 28:P305–312.
- **Baser KHC. And Buchbauer G., (2010).** Handbook of Essential oils: Science, Technology and Applications. CRC Press. UK.
- **Baydar H., Sagdic O., Ozkan G., Karadogan T.,** Antibacterial activity and composition of essential oils from Origanum, Thymbra and Satureja species with commercial importance in Turkey. Food Control. 2004.15, 169-172.
- **Begamboula CF., Uyttendaele M., Debevere J.(2003)** Antimicrobial effect of spices and herbs on Shigella sonnei and S. flexneri. J. Food Prot., 66: 668-674.
- **BellakhdarJ., 2006.** Plantes médicinales au Maghreb et soins de base. Ed. Le Fennec, Casablanca, 13-34.

- **BELOT A., 1978.** Dictionnaire des arbres et arbustes de jardin. *Ed. Bordas*, Paris, 383p.
- **BELAICHE P., 1979.** Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie. Tome I. Ed. Maloine S.A. Paris.
- **BENOAIE.S, (2013).**COMPARAISON DES HUILES ESSENTIELLES DE « SCHINUSMOLLE» SELON LA PARTIE VEGETALE, SON ETAT ET LA SAISON DE RECOLTE. «APPLICATION ANTI-BACTERIENNE ». (Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en génie des procédés organiques), Université SAAD DAHLEB de Blida.81p.
- **Benzeggouta N., (2005).** Etude de l'activité antibactérienne des huiles infusées de quatre plantes médicinales connues comme aliments. Mémoire de magister, Université de Constantine, Algérie, 110p.
- **BERTELLA.A, (2019).**Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles d'Artemisia herba-alba, Artemisia campestris et Rosmarinus tournefortii. (Thèse présentée pour l'obtention de diplôme de doctorat), Université Ahmed Ben Bella, Oran. 143p.
- **Besombes C., (2008).** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse Doctorat. Université de La Rochelle. p : 41-45.
- **BONNIER G., 1990.** La grande flore du France en couleurs. Ed. Belin, Paris, pp: 214-215.
- **Borokini T.I., Omotayo F.O., (2012).** Phytochemical and ethnobotanical study of some selected medicinal plants from Nigeria. *J. Med. Plants Res.* 6 (7):1106–1118.
- **BOUCHIKHI TANL.Z. (2011).** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelidesobtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineolabisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. (Thèse de doctorat). Université ABOUBAKR BELKAÏD, TLEMEN. 169p.
- **Bouguerra A, (2012).** Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculumvulgare* Mill. en vue de son utilisation comme conservateur alimentaire. Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine, Algérie. 126p.

- **Bourrel C. (1993).** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extrait de plantes aromatiques sélectionnées. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.
- **Bouid D., Merzouki S., Boukhebt H., Zerroug M.M.(2021).** Various Antimicrobial Agent of Ozonized Olive Oil. The Journal of the International Ozone Association. 1893151.
- **Boyle W (1955).** Spices and essential oils as preservatives. Am. Perfumer Essent. Oil Rev. 66: 25-28.
- **Bruneton, Da Cruz-Cabral, L; Fernandez-Pinto, V...Patriarca,** Int j Food Microbiol 2013, 166,1-14
- **Bruneton J., 1999.** Pharmacogenosiephytochimie plante médicinales. 1999,3eme édition, Tec & Doc et EM inter, 1120.
- **Bruneton J., (2008).** Pharmacognosie – Phytochimie, plantes médicinales, 2eme Ed, Paris, Tec & Doc – Edition médicales internationales. 1188p.
- **BULLARDRENARD, ESTEM ,2001.** Plante médicinales du monde.
- **Burt S., 2004;** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. Int. J. Food Microbiol. 94: 223-253.

C

- **Carson F. A. E, Hammer K. (2011).** Chemistry and Bioactivity of Essential Oils. In: Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents. (Ed. Thormar H.). John Wiley & Sons. Islande. 336p.
- **Cattoir V. (2004).** Pompes d'efflux et résistance aux antibiotiques chez les bactéries. Pathologie biologie. 52(10), 607-616.
- **Chabrier J.Y (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Doctorat en Pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1.
- **Chaco.M, et Bassou.K, (2007).** Efficacité antibactériennes et antifongiques des huiles essentielles obtenue par extraction de la menthe verte *Mentha Spicata* L. de la région de Ouargla sur quelques germes pathogènes : *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans*. Mémoire de microbiologie. Université de Kasdi Merbah Ouargla : 1427.
- **Chaintreau A., Joulain D, Marin C, Schmidt CO, VEY M. GC-MS, 2003.** quantitation of fragrance compounds suspected to cause skin reactions. J Agric Food Chem, vol 51p 398-403.

- **Chamorro, E.R., Zambon, S.N., Morales, W.G., Sequeira, A.F. and Velasco, and G.A.** -Study of the chemical composition of Essential oils by Gas Chromatography. Nat. Tech University, Argentina. 15: p307-324.
- **Courvalin P.** Predictable and unpredictable evolution of antibiotic resistance. J Intern Med 2008; 264:4–16.
- **Cox S.D., Mann C.M., Markham J.L., Bell H.C., Gustafson J. E., Warmington J. R., & Wyllie S.G., 2000.** - The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). Journal of Applied Microbiology 88: 170-175.
- **Croteau R., Kutchan T.M., Lewis N.G., (2000).** Natural products (secondary metabolites). In: Biochemistry and Molecular Biology of Plants (Eds Buchanan B., Grissem W., ET Jones R.), American Society of Plant Biologists, Rockville, MD, USA, pp. 1250-1268.

D

- **Davies J, Davies D.** Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. Microbiol Mol Biol Rev 2010;74:417–33.
- **De Maack F. et Sablier M.** Couplage chromatographiques avec la spectrométrie de masse. Bases documentaires, Techniques d'analyse. 1994. Référence : P2614.
- **Desjobert J. M., Bianchini A., Tommy P., Costa J. et Bernardini A. F.** Etude d'huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore Corse. Analysis 1997; 25 (6): 13- 16.
- **Deveci, .O., Sukan, A., Tuzun, N. and Esin Hames Kocabas, E.(2010)** - Chemical composition, repellent and antimicrobial activity of *Schinus molle* L. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 4(21), p. 2211-2216.
- **DIKSHIT (1986):** *Schinus molle*, a new source of natural fungi toxicant. Journal of applied microbiology. vol 51. N°5 Dkshit .A. pp .85.88.
- **Dobre A.A., Gagi V., Petru N., (2010).** Antimicrobial activity of essential oils against food-borne bacteria evaluated by two preliminary methods. Romanian Biotechnol. Lett., 16, 119-125.

- **Dorman HJD., Deans SG. (2000).**Antimicrobial agents from plants: antimicrobial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol* 88: 308-16.
- **Durrafourd C., Lapraz J.C., Reynier J. (2002)** .Traité de phytothérapie clinique: endobiogénie et médecine, Masson, Paris, France.

E

- **Elgayyar M., Draughon F.A., Golden D.A., Mount J.R., (2001).**Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *J.Food Prot.*, 64, 1019-1024.

F

- **Franchomme P.,Jollois P., Pénéol D . (2001)** .aromathérapie exactement. RogerJollois, Limoges, France.

G

- **Gershenzon J. ETDudareva N., (2007).**The function of terpene natural products in the natural world. *Nat. Chem. Biol.*, 3, 408-414.
- **GHEDIR,N, BOUDJEMAA L, (2017).**Études de l'activité antibactérienne des composés phénoliques et d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba*. (Mémoire de master), Université de Abbes Laghrour, Khenchela, 111p.
- **Grand Wald., 2007.** Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed. Encyclopédie des médecines naturelles, Paris, France, pp. 2-20.
- **Guala, .M. S., Elder, H. V., Perez, G. y Chiesa, A. (2009)** - Evaluación del Poder Antioxidante de Fracciones de Aceite Esencial Crudo de *Schinus molle* L. obtenidas por Destilación al Vacío Información Tecnológica. 20(2), p83-88.

H

- **Hammer K.A., Carson C.F., Riley T.V. (1996).** Susceptibility of transient and commensal skin flora to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Am. J. Infect. Control*, 24, 186-189.
- **Hammer K.A., Carson C.F., Riley T.V. (1999).** Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.*, 86, 985-990.

- **Hernandez-Ochoa, L.R. (2005).** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « Solvant/Actif » d'origine végétale. *Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, France.*
- **Hershberg R. (2017).** Antibiotic-independent adaptive effects of antibiotic resistance mutations. *Trends in Genetics.* 33(8), 521-528.
- **HughesD.,Andersson, D.I. (2017).** Evolutionary trajectories to antibiotic resistance. *Annual review of microbiology.* 71, 579-596.

I

- **Ibrahim B., Al-Naser., 2014.** Analysis of fruits *Schinus molle* extractions and the efficacy in inhibition of growth the fungi in laboratory.
- **Inouye S., Takizawa T., Yamaguchi H., (2001).** Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *J.Antimicrob. Chemother.,* 47, 565-573.

J

- **Jean Bruneton (1999).**Pharmacognosie photochimie, plantes médicinales technique et documentation.
- **Jirovetz L., Buchbauer G., Denkova Z., Stoyanova A., Murgov I., Gearon V., BirkbeckS., Schmidt E., Geissler M., (2006).**Comparative study on the antimicrobial activities of different sandalwood essential oils of various origin. *Flavour Fragrance J.,* 21, 465-468.
- **Jøker D., Cruz N T., Morales M U., Rojas E., 2002.** *Schinus molle*. Seed Leaflet. No.57.

K

- **Kalembe D., Kunicka A., 2003;** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem,* 10, 813-829p.
- **Karpouhtsis I., Pardali E., Feggou E., Kokkini S., Scouras Z.G., Mavragani-Tsipidou P., (1998).** Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *J. Agri. FoodChem.,* 46, 1111- 1115.
- **KasimalaMB.,Kasimala BB., 2012.** A review on Brazilian pepper plant: *Schinus molle*.
- **Khiati M(1998)** Guide des maladies infectieuses et parasitaires. OPU, Alger.

- **Khribch J., Nassik S., El houadfi M., ZRIRA S., Oukessou M. (2018).** Activité antibactérienne de l'huile essentielle d'origan et du carvacrol sur des souches d'*Escherichia coli* d'origine aviaire. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 6 (3): 300-307.
- **Knobloch K., Pauli A., Iberl B., Weigand H. & Weis N., 1989.-** Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research* 1: 119-128.
- **Konstantopoulou I., Vassilopoulou L., Mavragani-Tsipidou P., Scouras, Z.G., (1992).** Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia*, 48 (6), 616- 619.
- **Kunle, O., J. Okogun, 2003.** Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract *Phytomedicine* .Vol 10.p59-61.

L

- **Laghouiter O K., Gherib A., Laghouiter H., 2015.** Etude de l'activité antioxydante des huiles essentielles de certaines menthes cultivées dans la région de Ghardaïa. *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes.* Vol.8 n°1 : 84 – 93. ISSN: 1112 -7163.
- **Lahlou M., 2004.** - Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research.* 18: 435-448.
- **LAKHDAR leila, (2015).** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles Marocaines sur *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. (Thèse de doctorat), Université Mohammed V de Rabat. 164p.
- **Lardry J.-M. & Haberkorn V. (2007).** L'aromathérapie et les huiles essentielles.
- **Leclerc H, Gaillard J-L, Simonet M (1995)** Microbiologie générale, la bactérie et le monde bactérien. Doin Editeurs, Paris.
- **Lianet M., Oswald A., Setzer W., (2012).** Antiprotozoal Activity of Essential Oils. *Agriculturae Conspectus Scientificus.* 77 (4):167-175.
- **Lima E.D., Gompertz O.F., Paulo M.D., Giesbrecht A.M., (1992).** In vitro antifungal activity of essential oils against clinical isolates of dermatophytes. *Rev. Microbiol.*, 23,235-238.

- **Lou Z., Chen J., Yu F., Wang H. Kou X., Ma C., Zhu S., (2017).**The antioxidant, antibacterial, antibiofilm activity of essential oil from *Citrus medica* L. var. *Sarcodactylis* and its nanoemulsion *Food Sci. Technol.*, 80, 371-377.
- **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, discipline : Chimie. Université de la Réunion, Faculté des Science et Technologies 80p.
- **Lucchesi M.E., Chemat F. ETSmadja J. (2004)** - Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs. Comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography*, vol, 1034, no 2: Pp. 323-327.

M

- **Machado CD., Raman V., Rehman Ju., Maia B., Meneghetti E K., Almeida V P., Silva R Z., Farago P V., Khan I A., Budel J M., 2018.** *Schinus molle*: anatomy of leaves and stems, chemical composition and insecticidal activities of volatile oil against bed bug (*Cimex lectularius*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*. P1-2.
- **Maffei, .M. and Chialva, F. (1990)** - Essential oil from *Schinus molle* L. berries and leaves. *Flav. Fragr. J.*, 5 p 49-52.
- **Marion OPATOWSKI, (2020).** Résistance bactérienne aux antibiotiques, apport du système national des données de santé. (Thèse de doctorat), Université Paris-Saclay de France. 152p.
- **Materechera, A.S. and Hae, M.E. (2008)** - Potential of Aqueous Extracts from parts of the pepper tree (*Schinus molle* L.) to affect emergence and seedling development of wheat (*Triticum sativa* L.) and weeds in a manure amended soil, *the open agriculture journal*, 2008, 2, p 99-104.
- **Menendez, P., Dellacassa, E. and Moyna, P., (1996)** – Essential Oils from leaves of *Schinus molle* and *Schinus lentiscifolius* J. *essent. Oil Res.*, 8. P71-73.
- **Messadié G (1995)** *Les compacts : les grandes découvertes de la science.* Casbah Editions Alger.
- **Meyer A., Deiana J., Bernard A., 2004.** Cours de microbiologie générale avec cours et exercices corrigés. Ed. Doin, Paris.
- **Moleyar V. ET Narasimham P., (1986).** Antifungal activity of some essential oil components. *Food Microbiol.* 3, 331-336.

- **Moro Buronzo A., (2008).** Grand guide des huiles essentielles. Hachette Pratique, 244p.
- **Mpondo E., Dibong D S., Yemeda L C F., Priso R j., Ngoye A.,2012.** Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala. Journal of Animal & Plant Sciences, Vol.15, Issue 1: 2083-2098. ISSN 2071-7024.

N

- **Naghibi F, Mosaddegh M, Mohammadi M.S ETGhorbani A-** Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to pharmacology- Iranian Journal of Pharmaceutical Research, Vol.2, pp 63-79. 2005.

O

- **Oakes R. S., Clifford A. A., Rayner C. M.** The use of supercritical fluids in syntheticorganicchemistry, J. Chem. Soc., 1, 2001, 917-941.
- **OLAFSSON K., JAROSZEWSKI J. W., SMITT U. W., NYMAN U., 1997.** Isolation of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibiting triterpenes from *Schinusmolle*. *Planta Med*, 63, pp: 352-355.
- **Orwa, .C.,Mutua, A., Kindy, R., Jamnadass, R., Simons, A. (2009) -** Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 04. Parasitoid, EncarsiaFormosa. Journal of ChemicalEcology 29, p1589-1600.

P

- **Paolini J.** Caractérisation des huiles essentielles par cpg/ir, cpg/sm-(ie et ic) et rmn du carbone-13 de cistusalbidus et de deux asteraceaeendémiques de corse : eupatoriumcannabinumsubsp. corsicum et doronicumcorsicum. Thèse de doctorat. 2005
- **Park K.K., Chun K.S., Lee J.M., Lee S.S., Surh Y.J., (1998).**Inhibitory effects of [6]- gingerol, a major pungent principle of ginger, on phorbol ester-induced inflammation, epidermal ornithine decarboxylase activity and skin tumor promotion in ICR mice. Cancer Lett., 129, 139-144.
- **PhilipponA. (2008).** Résistance bactérienne : définition, mécanisme, évolution. EMC. (Elsevier Masson SAS, Paris), Maladie infectieuse. 8-006-N-10.
- **Pichersky E. ET Sharkey T.D., Gershenzon J. (2006).** Plant volatiles: a lack of function or a lack of knowledge? Trends Plant Sci., 11, 421-421.

- **Pocidaló J-J (1989)** Des infections d'origine microbiennes ou virale. *In* : Brisset C et Stoufflet J (Directeurs) Santé et médecine, l'état des connaissances et des recherches. Editions La Découverte / INSERM / ORSTOM.
- **Poichon M., 2008.** L'étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse. Mémoire, Université du Québec Chicoutimi, Canada.

Q

- **Quezel P et Santa S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition : Centre National de la Recherche Scientifique. Tome II. Paris. 600 p.
- **QUIROGA E. N., SAMPIETRO A. R., VATTUONE M. A., 2001.** Screening antifungal activities of selected medicinal plants, *J. Ethnopharmacol*, 74, pp: 89-96.

R

- **Raho-Ghalem B., Mohamed B., (2008).** Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, 2, 211- 215.
- **RAI M. K., ACHARYA D. and WADEGAONKAR P., 2003.** Plant derived antimycotics: Potential of Asteraceous plants, in: *Plant-derived antimycotics: Current Trends and Future prospects*. Haworth press, N-York, London, Oxford, pp: 165-185.
- **Rios J.L., Recio M.C., Villar A., (1988).** Screening methods for natural antimicrobial products with antimicrobial activity: a review of the literature. *J. Ethnopharmacol.*, 23,127- 149.
- **Rodríguez,C., Silva, G., Djair, V., 2003.** Bases para el manejo racional de insecticidas: Insecticidas de origen vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, y Fundación para la Innovación Agraria, Concepción, Chile. Regnault-Roger, C., Staff, V., Philogène, B., Terrón, P., Vincent, C., 2004. *Biopesticidas de origen vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

S

- **Salle J.L. et Pelletier J., 1991.** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche. P 19-45.

- **Samate A D., 2002.** Compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : Valorisation P24-25.
- **Sbayou H., Ababou B., Boukachabine K., Manresa A., Zerouali K., Amghar S. (2014).** Chemical Composition and Antibacterial Activity of Artemisia herba-alba and Mentha pulegium Essential Oils. *Journal of Life Sciences* January., 8(1), pp. 35-41.
- **Seguin E, Ghestem A, Paris M, Ovecchiami, 2001.** Le préparateur en pharmacie« botanique, pharmacognosie, phytothérapie-homéopathie ». technologie et documentation.
- **Shaaban H. A. E., El-Ghorab A. H., Shibamotoand T., (2012).** Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. *J. Ess. Oil Res.*, 24(2), 203-212.
- **Sikkema J., De Bont J.A.M. & Poolman B., 1995.** - Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews* 59: 201-222.
- **Singh R., Sahore S., Kaur P., Rani A., Ray P. (2016).** Penetration barrier contributes to bacterial biofilm-associated resistance against only select antibiotics, and exhibits genus-, strain-and antibiotic-specific differences. *Pathogens and disease*. 74(6). DOI:10.1093/femspd/ftw056.
- **Singleton P., 1999.** Bactériologie. Ed. Dunod, 4ème édition.
- **Souza E. L., Guerr N. B., Stamford T. L. M., Lima E. O., 2006;** Spices: alternative sources of antimicrobial compounds to use in food conservation. *Rev. Bras. Farm.* p. 22-25.
- **Stanier RY, Doudoroff M, Adelberg ED A (1966)** Microbiologie Générale. Masson et Cie Editeurs.
- **Stringaro A., Colone M., Angiolella L. (2018).** Antioxidant, antifungal, antibiofilm, and cytotoxic activities of Mentha spp. essential oils. *Medicines*. 5,112.

T

- **TAYLOR L., 2005.** The healing power of rainforest herbs, a guide to understanding and using herbal medicinal. *Ed. Square One Publishers, New York.*

- **Touaibia.R, Benyad.Z, (2016).**L'activité antibactérienne des huiles essentielles de quelques plantes médicinales. (Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master), Université ABBES LAGHROUR –KHENCHELA.2016p.
- **TOURE Daouda.M, (2015).** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire. (Thèse Présentée pour l'obtention du Titre de Docteur), Université Félix HOUPHOUËT- BOIGNY. 116p.
- **Traoré M-C., (2006).** Étude de la phytochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dysménorrhée au Mali. Thèse de doctorat. Université de Bamako, Mali, 175p.

V

- **Vasinauskienė M., Radušinė J., Zitikaitė I., Survilienė E.(2006).**Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Gentiana asclepiadea* L. *Agronomy Res.* ,4: 437.
- **Vazquez B., Avila G., Segura D. Escalante B., (1996).** Antiinflammatory activity of extracts from aloe vera gel. *J. Ethnopharmacol.*, 55, 69-75.
- **Vega N. M., Gore J. (2014).** Collective antibiotic resistance: mechanisms and implications. *Current opinion in microbiology.* 21, 28-34.
- **Vickers C.E., Gershenzon J., Lerdau M.T., Loreto F., (2009)** A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. *Nat. Chem. Biol.*, 5, 283-291.
- **Vogler B.K. ET Ernst E., (1999).**Aloe vera: A systematic review of its clinical effectiveness. *Br. J. Gen. Pract.*, 49, 823-828.

W

- **Waglechner N, Wright GD.** Antibiotic resistance: It is bad, but why is not it worse? *BMC Biol* 2017; 15.
- **Walsh C.** Antibiotics: actions, origins, resistance. ASM Press; 2003.
- **Walter E., Jaeger P., Ortscheit A., 2016.** Jardin botanique de savenne. P 18-20.
- **Wellington E.M., Boxall A.B., Cross P., Feil E.J., Gaze W.H., Hawkey P.M., Thomas C.M. (2013).** The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *The Lancet infectious diseases.* 13(2), 155-165.

Y

- **Yu J., Lei J., Yu H., Cai X., Zou G., (2004).**Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Scutellariabarbata*. *Phytochemistry*, 65, 881-884.

Z

- **Zarroug B. (2010).** Etude phytochimique et activité antibactérienne. (Mémoire). Université Sidi Mohammed Ben Abdellah.p34
- **ZERROUK M. (2019).** Mise en valeur des huiles essentielles des plantes aromatiques Algériennes (*Schinus molle*). (Thèse de doctorat), université kasdi merbah – ouargla.127p

Abir Bensidhoum

Insaf Benghellab

Hadia Kob

Diplôme : Master académique

Thème : Etude de l'activité antibactérienne de quelques huiles essentielles extraites de plantes médicinales.

Résumé

Ce travail est une contribution à la valorisation des plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle en Algérie, et vise à étudier l'activité antibactérienne des huiles essentielles obtenues à partir de l'espèce *Schinus molle* des deux régions Khenchela et Batna.

Les huiles essentielles ont été testées seules et en combinaison sur six souches bactériennes, par la méthode de diffusion sur disque et la méthode de microatmosphère, ainsi que la détermination de concentration minimale inhibitrice (CMI) en milieu liquide et bactéricide en milieu solide (CMB).

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles seules par la méthode de diffusion sur disque a montré un effet remarquable de l'huile de *Schinus molle* collectée à Khenchela et *Schinus molle* de la région de Batna sur *Staphylococcus aureus* traduite par un diamètre de la zone d'inhibition de 37 mm et 15mm, respectivement. Cependant une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 187,5 µl/ml a été enregistrée sur cette souche pour les deux huiles . Alors l'huile de *Schinus molle* de la région de Batna a présenté une faible concentration minimale inhibitrice et bactéricide sur la souche *Escherichia coli* qui est de 93,75 µl/ml.

La combinaison des huiles des deux régions (Batna et Khenchela) a montré que ce mélange a une activité très significative sur *Staphylococcus aureus* par une zone d'inhibition de 25 mm, et une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 187,5µl/ml. A la lumière des résultats obtenus on confirme que les extraits du *Schinus molle* présentent des activités antibactériennes modérées sur les germes pathogènes testés.

Mots clés : activité antibactérienne, *Schinus molle*, huile essentielle, Mélange d'huile essentielle.

Devant le jury :

Président : Sana FERROUDJ MCA Univ. Abbes Laghrour -Khenchela

Examineur : Massinissa YAHIA MCB Univ. Abbes Laghrour -Khenchela

Promoteur : Anis BERTELLA MCB Univ. Abbes Laghrour -Khenchela