



Université Mohamed Khider de Biskra

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité: Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :

Yezza Nour El Houda ET Amrane Donia

Le

Thème :

**Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles
essentielles de *Juniperus thurifera*.**

Jury :

Mme. Lamia Boudjedjou

Université de Biskra

Encadrant

Mme. Hadjar Hmnia

Université de Biskra

Président

Mme. Hassina Ghiti

Université de Biskra

Examinatrice

Année universitaire : 2025-202

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Louange à Allah, par Sa grâce s'accomplissent les bonnes œuvres, et par Son aide et Sa faveur nous atteignons nos objectifs. Nous Le louons comme Le louent les reconnaissants, et nous Le glorifions comme Le font ceux qui se rappellent constamment de Lui. Nous Lui demandons réussite et justesse dans nos paroles et nos actions.

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements et ma profonde gratitude à Monsieur le Chef de département, le Docteur Chkara Bouziani Mohamed, pour les efforts qu'il déploie en faveur du soutien à la recherche scientifique et de la création d'un environnement académique motivant pour les étudiants.

Je ne saurais non plus exprimer assez ma reconnaissance et ma profonde estime à notre honorable enseignante et encadrante, la Docteur Boudjedjou Lamia, pour tout le soutien et l'orientation qu'elle nous a apportés tout au long de la préparation de ce mémoire. Elle a été un véritable pilier pour nous, malgré les circonstances difficiles qu'elle a traversées. Nous implorons Allah de couvrir son défunt père de Sa vaste miséricorde et de l'accueillir dans Son vaste paradis.

Je remercie également chaleureusement l'équipe du « service universitaire » ainsi que le laboratoire technique, pour leur collaboration fructueuse et la mise à disposition des équipements nécessaires, qui ont grandement contribué à la réalisation de la partie pratique de ce travail.

Avant de conclure, j'adresse mes remerciements les plus sincères à mes chers camarades de la promotion 2025, pour l'esprit de coopération et de solidarité dont ils ont fait preuve tout au long de ces années d'études. Vous avez été des compagnons exemplaires dans ce parcours académique.

Enfin, je prie Allah de guider chacun vers ce qui est bon et juste, et que ce travail soit accompli sincèrement pour Sa noble Face.

Dédicaces

بسم الله الرحمن الرحيم

Louange à Allah, car c'est par Sa grâce que les bonnes actions se réalisent. Louange à Lui qui m'a guidé et soutenu à chaque étape de ce parcours. Ce travail n'aurait pas pu être accompli sans Sa volonté et Sa bienveillance. Gloire à Lui, à Lui toute la louange pour le savoir, la patience et les bienfaits qu'Il m'a accordés, qu'ils soient apparents ou cachés.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude envers ma chère mère ; mon chère papa, qui ont été, après Allah, mon plus grand soutien tout au long de ce parcours. Leur amour inconditionnel et leur soutien constant m'ont été d'un grand secours à chaque étape de ma vie. Je prie Allah de vous récompenser abondamment pour tout ce que vous m'avez offert, et de remplir vos vies de bonheur, ici-bas et dans l'au-delà.

Je remercie également ma professeure et encadrante Boudjedjou Lamia, cette femme exceptionnelle qui a été ma lumière dans les moments d'obscurité et mon soutien dans les moments difficiles. Modèle de patience, de dévouement et de persévérance, elle m'a épaulée moralement puis guidée intellectuellement. Une véritable bénédiction d'Allah sur mon chemin. Malgré les épreuves, elle n'a jamais cessé de donner. Je prie Allah d'accorder Sa miséricorde à son père, d'élargir sa tombe et de l'accueillir dans Son paradis. Qu'Allah protège ma professeure et lui accorde santé, sérénité et paix.

Je remercie mes chères amies pour chaque instant partagé avec elles. 5 années d'amitié, de respect, de bonheur et parfois de tristesse, mais toujours unies. Ce furent les plus belles années de ma vie. Je remercie ma collègue avec qui j'ai accompli ce travail pour son respect, sa gentillesse et son sérieux, et je prie Allah de la bénir.

Enfin, je remercie ma famille pour leur soutien constant, en particulier ma tante cadette, qui a été une compagne fidèle et un soutien précieux. Qu'Allah la récompense et la garde comme une bénédiction dans ma vie. Je me souviens également de ma tante aînée, que Dieu l'ait rappelée à Lui. Bien que son absence se fasse sentir, sa prière et son amour m'accompagnent toujours. Je prie Allah d'élever son rang dans le paradis et de la couvrir de Sa miséricorde.

Ô Allah, accepte ce travail et rends-le sincère pour Toi.

Yezza Nour El Houda

Dédicaces

Avant de choisir, j'ai dû me souvenir à chaque instant, afin de redonner de la force.

Patience pour finaliser ce voyage

Dieu merci, merci mes parents et Mes frères

Et grands merci pour madame Boudjedjou et binôme Yezza Nour El Houda

Enfin, je remercie tous ceux que j'ai eu l'occasion de côtoyer au cours de ces cinq années

D'études.

Amrane Donia

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces	II
Dédicaces	III
Liste des Abréviations	VI
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	1
I.1 Aperçu sur l'espèce <i>Juniperus thurifera</i>	2
I.1.1 La famille des <i>Cupressaceae</i>	2
I.1.2 Le genre <i>Juniperus</i>	2
I.1.3 L'espèce <i>Juniperus thurifera</i>	2
I.1.3.1 Description botanique	2
I.1.3.2 Aire de répartition en Algérie.....	3
I.1.3.3 Classification systématique	3
I.2 Les Huiles Essentielles	5
I.2.1 Historique des huiles essentielles	5
I.2.2 Les plantes aromatiques	5
I.2.3 Définition des huiles essentielles.....	5
I.2.4 Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante.....	5
I.2.5 Le rôle des huiles essentielles dans les plantes	6
I.2.6 Méthodes d'extraction des huiles essentielles	6
I.2.7 Composition Chimique des huiles essentielles.....	6
I.2.7.1 Les terpènes.....	6
I.2.7.2 Les phénylpropanoïdes	6
I.2.8 Facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles	7
I.2.9 Utilisations thérapeutiques et applications des huiles essentielles	7
I.3 Activité antibactérienne	8
I.3.1 Les antibiotiques.....	8
I.3.2 Causes et mécanismes de la résistance aux antibiotiques	8
I.3.3 Activité antibactérienne des huiles essentielles.....	8
I.3.4 Mécanisme d'action antibactérienne des huiles essentielles.....	9

Partie Expérimentale	11
Chapitre II : Matériel Et Méthodes.....	12
II.1 Matériel.....	13
II.1.1 Matériel végétal.....	13
II.1.2 Souches biologiques	13
II.1.3 Antibiotiques.....	13
II.2 Méthode	14
II.2.1 Extraction des huiles essentielles	14
II.2.2 Calcul du rendement.....	15
II.2.3 Activité antibactérienne des huiles essentielles par la méthode de diffusion sur disque.....	15
II.2.3.1 Préparation de l'inoculum	15
a. Préparation de la suspension bactérienne	15
b. Réalisation des dilutions en série	16
c. Inoculation sur milieu solide.....	16
II.2.3.2 Ensemencement des boîtes de Pétri.....	16
II.2.3.3 Incubation.....	16
II.2.4 Antibiogramme	16
II.2.5 Test de combinaison des huiles essentielles avec les antibiotiques	17
Chapitre III : Résultats Et Discussion.....	18
III.1 Rendement en huiles essentielles	19
III.1.1 Huiles essentielles des feuilles.....	19
III.1.2 Huiles essentielles des rameaux	19
III.2 Résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne	19
III.2.1 Résultats de l'Aromatogramme	19
III.2.2 Résultats de l'Antibiogramme	22
III.2.3 Résultats de combinaison des HEs avec les antibiotiques.....	25
Conclusion	30
Références Bibliographiques	34
Résumé	41

Liste des Abréviations

J.thurifera : Juniperus thurifera

HE : Huile Essentielle

F : Feuille

R : Rameaux

S. aureus : Staphylococcus aureus

E. coli : Escherichia coli

P. aeruginosa : Pseudomonas aeruginosa

K.pneumoniae : Klebsiella pneumoniae.

GN: Gélose Nutritive

MHA: Mueller-Hinton Agar

MHB: Mueller-Hinton Broth

Na Cl: Sodium Chloride

DMSO: Diméthyle Sulfoxide

Ab: antibiotique

Van : Vancomycine

Rifa : Rifampicine

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide Ribonucléique

Liste des figures

Figure 1 : <i>Juniperus thurifera</i>	3
Figure 2 : Principales localisations des sites d'action des constituants des huiles essentielles (Goetz P., Ghedira K., 2012).	9
Figure 3 : Montage de l'hydrodistillation (Appareil de type Clevenger).....	14
Figure 4 : Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i> (HE. F pure, dilution 1/2, dilution 1/4, dilution 1/8, dilution 1/16).....	20
Figure 5 : Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne <i>P.aereus</i> et <i>S. aureus</i> (HE .R pure, dilution 1/2, dilution 1/4, dilution 1/8, dilution 1/16).....	21
Figure 6 : Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne <i>E. coli</i> et <i>K.pneumoniae</i> (Ab Van, Ab Rifa).....	23
Figure 7 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) induits par les antibiotiques à l'égard des souches bactériennes.....	24
Figure 8 : Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne <i>P. aeruginosa</i> et <i>S. aureus</i> (Ab Van+ HE F, Ab Rifa + HE F)	26
Figure 9 : Diamètres d'inhibition de la combinaison de l'HE des rameaux de <i>J.thurifera</i> avec les antibiotiques vis-à-vis des souches bactériennes testées.	26
Figure 10 : Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne <i>K.pneumoniae</i> (Ab Van+ HE R).....	27
Figure 11 : Diamètres d'inhibition de la combinaison de l'HE des rameaux de <i>J. thurifera</i> avec les antibiotiques vis-à-vis des souches bactériennes testées.	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification systématique de <i>Juniperus thurifera</i> (Mao et al. 2010).	4
Tableau 2: Diamètres d'inhibition (mm) des HEs extraites des feuilles de <i>J.thurifera</i>	20
Tableau 3 : Diamètres d'inhibition (mm) des HEs extraites des rameaux de <i>J.thurifera</i>	21
Tableau 4 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) des antibiotiques des souches bactériennes testées.	23
Tableau 5 : Résultats de la combinaison de l'HE des feuilles de <i>J. thurifera</i> avec les antibiotiques.	25
Tableau 6 : Résultats de la combinaison de l' HE des rameaux de <i>J. thurifera</i> avec les antibiotique	27

Introduction

Introduction

Les produits naturels, notamment les composés issus des plantes, sont reconnus depuis longtemps comme des réservoirs précieux de substances médicamenteuses. On estime que 30 à 40 % des médicaments utilisés en médecine moderne sont dérivés, de manière directe ou indirecte, de sources naturelles (Masoodi et al. 2008).

L'utilisation massive des antibiotiques a entraîné l'apparition de résistances à leur égard (De Billerbeck, 2007). La résistance des bactéries aux agents antimicrobiens traditionnels représente l'un des enjeux majeurs de santé publique à l'échelle mondiale, en raison de son lien avec une hausse de la morbidité, de la mortalité et des coûts économiques (Larsson et al. 2022).

Pour faire face à ce problème de santé publique, il est indispensable de concevoir de nouveaux outils antimicrobiens performants, dans le but de restreindre l'usage des antibiotiques existants et d'alléger le fardeau des infections (Rahayu et al. 2022).

Une des pistes envisagées par la communauté scientifique pour faire face à la résistance aux multiples médicaments consiste à associer plusieurs agents antimicrobiens. Cette stratégie repose sur l'idée que plus un traitement cible de mécanismes différents chez un micro-organisme, plus il devient difficile pour ce dernier de développer une résistance. Ainsi, l'intérêt pour les plantes médicinales et aromatiques, riches en composés bioactifs, ne cesse de croître (Baldé et al. 2015).

Les huiles essentielles présentent des propriétés antifongiques, antibactériennes et antivirales. Ils ont été étudiés à l'échelle mondiale comme des sources prometteuses de nouveaux composés antimicrobiens, d'agents pour la conservation des aliments, ainsi que d'alternatives thérapeutiques pour les maladies infectieuses (Astani et al. 2010).

Le *Genévrier thurifère* (*Juniperus thurifera* L.), appartenant à la famille des Cupressaceae, est une espèce caractéristique de la région méditerranéenne. Elle est localisée de manière endémique dans certains pays du pourtour méditerranéen occidental, notamment l'Algérie, le Maroc, l'Espagne, la France (y compris la Corse) et l'Italie (Gauquelin et al. 1988). Bien que cette espèce ait fait l'objet d'investigations approfondies en Europe et au Maroc, elle demeure relativement peu étudiée en Algérie (Gauquelin et al. 2012).

Dans ce contexte, le présent travail vise à évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles extraites à partir des feuilles et des rameaux de *Juniperus thurifera* seules et en combinaison avec des antibiotiques de synthèse.

Ce manuscrit comprend trois chapitres:

Le premier chapitre bibliographique est consacré à la botanique et la systématique de l'espèce *Juniperus thurifera*. Il abordera également les techniques d'extraction des huiles essentielles, en mettant l'accent sur leur composition chimique et leurs propriétés biologiques.

Le deuxième chapitre décrit le matériel utilisé et les protocoles expérimentaux adoptés dans la présente étude.

Le troisième chapitre regroupe les résultats ainsi que leur discussion.

Enfin ce manuscrit sera clôturé par une conclusion ainsi que les perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1 Aperçu sur l'espèce *Juniperus thurifera*

I.1.1 La famille des *Cupressaceae*

Les *Cupressacées*, appartenant au groupe des conifères, forment une famille de l'ordre des *Pinales*. Parmi les Gymnospermes — des plantes à graines nues —, elles représentent la famille la plus largement répandue à l'échelle mondiale. D'après une classification phylogénétique, cette famille regroupe environ 160 espèces, réparties en 7 sous-familles et 29 genres, présents aussi bien dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud (Little, 2006). Les plus importants sont *Cupressus* L., *Juniperus* L. et *Callitris* Vent (Schulz et al, 2005).

I.1.2 Le genre *Juniperus*

Juniperus l'un des genres les plus significatifs au sein de la famille des Cupressacées, regroupant 67 espèces et 28 variétés. Ce genre inclut des arbustes ou des arbres à feuillage persistant, adaptés aux sols secs, rocheux ou sableux. Toutes les espèces de *Juniperus* sont originaires de l'hémisphère nord, à l'exception de *Juniperus procera* Hochst. Ex endl, qui se trouve dans l'hémisphère sud, plus précisément en Afrique de l'Est (Athamna, 2021).

I.1.3 L'espèce *Juniperus thurifera*

I.1.3.1 Description botanique

Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.), connu sous les noms berbères « Aywel » ou « Thazenzna », est une espèce dioïque, c'est-à-dire que les individus mâles et femelles sont généralement séparés. Toutefois, des cas d'individus monoïques ont été signalés dans certaines régions comme les Alpes françaises, la Corse, l'Espagne, ainsi que dans le Haut Atlas marocain et les Aurès en Algérie, notamment dans la localité de Malou à T'kout (Zeraïb et al. 2016).

Juniperus thurifera présente une grande diversité de formes. Il peut atteindre jusqu'à 20 mètres de haut et se caractérise souvent par un tronc très ramifié, adoptant une apparence multicaule, c'est-à-dire composé de plusieurs troncs. Ses feuilles sont en forme d'écailles, généralement entières ou légèrement dentées. La structure presque quadrangulaire des rameaux provient de l'agencement spécifique des écailles, disposées par groupes de quatre, en croix opposée. (Maire, 1952; Rameau et al. 1993).

Les cônes femelles, appelés galbules, sont charnus et presque sphériques, arborant une teinte bleu-noir. Ils renferment généralement entre deux et quatre graines, selon la variété

considérée. Quant aux fleurs mâles, elles sont regroupées en petits chatons terminaux, eux s (Montès, 1999; Badri, 2003).



Figure 1 . *Juniperus thurifera*

I.1.3.2 Aire de répartition en Algérie

En Algérie, *Juniperus thurifera* est présent principalement dans le massif de l'Aurès, où il forme des peuplements clairsemés, souvent dégradés et considérés comme des vestiges d'anciennes forêts. Sa répartition dans cette région se fait en trois zones principales : la première autour de T'kout, la deuxième dans la vallée d'Ouled Abdi, et la troisième dans le secteur de Tibhirine. Dans d'autres secteurs, comme les cédraies de S'gag et de Chelia, le genévrier thurifère est présent mais reste minoritaire, sans former de peuplements distincts. On peut néanmoins observer quelques individus isolés, notamment dans le village d'IchMoul ou dans la région d'Inoughissene. (Beghami, 2013).

I.1.3.3 Classification systématique

D'après Mao et al. (2010), la classification botanique de cette plante est comme suit :

Tableau 1 . Classification systématique de *Juniperus thurifera* (Mao et al. 2010).

Règne	Plante
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Gymnospermes</i>
Division	<i>Pinophyta</i>
Classe	<i>Pinopsida</i>
Ordre	<i>Pinales</i>
Famille	<i>Cupressacées</i>
Genre	<i>Juniperus L</i>
Section	<i>Sabina</i>
Espèce	<i>Juniperus thurifera</i> L.

I.2 Les Huiles Essentielles

I.2.1 Historique des huiles essentielles

La distillation, initialement inventée par les Perses, fut perfectionnée plus tard par Ibn Sina. Au Moyen Âge, les Arabes, grâce à Jabir ibn Hayyan, redécouvrirent la distillation, apportant des avancées importantes à la chimie. À Damas, ils extrayaient l'huile et l'eau de rose, toutes deux très prisées à l'époque. Au XXe siècle, René-Maurice Gattefossé relança les huiles essentielles en 1931, en testant 24 arômes sur des souches microbiennes. En 1938, il publia *Antiseptiques essentiels*. Dans les années 1950, Schnoder et Messing développèrent une méthode pour mesurer l'inhibition bactérienne des huiles essentielles, base de l'aromatogramme de Giraud en 1971 (Virginie, 2015).

I.2.2 Les plantes aromatiques

Les plantes aromatiques sont des végétaux contenant suffisamment de composés aromatiques concentrés dans leurs tissus (feuilles, fleurs, fruits ou écorces) pour permettre une extraction viable par distillation ou expression. Il est crucial de distinguer ces plantes odoriférantes des simples plantes odorantes, car seules les premières contiennent une concentration suffisante de ces composés extractibles (Benkada, 1990).

I.2.3 Définition des huiles essentielles

Sont des substances végétales volatiles, caractérisées par leur forte odeur et leur texture huileuse, riches en principes actifs qui leur confèrent une concentration élevée (Lardryet Haberkorn, 2007). Les HEs ont une densité inférieure à celle de l'eau, sont insolubles dans l'eau mais se dissolvent dans les graisses, l'alcool et les solvants organiques. Elles sont souvent incolores ou jaunes pâles, certaines étant cependant très colorées (Gupta et al. 2010)

I.2.4 Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont extraites de plus de 17 500 plantes aromatiques appartenant à de nombreuses familles d'angiospermes, telles que les *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Asteraceae* et *Zingibéracée* (Regnault-Roger et al. 2012).

Les huiles essentielles sont réparties dans différents organes de la plante, tels que les sommités fleuries (lavande), les écorces (cannelier), les racines (vétiver), les rhizomes (gingembre), les fruits (anis), le bois (camphrier), les feuilles (citronnelle), les graines (muscade) et les boutons floraux (clou de girofle) (Guestem et al, 2001). Leur production et

leur accumulation dépendent de structures histologiques spécialisées, souvent situées à la surface de la plante. Parmi ces structures, on distingue : les cellules sécrétrices (chez les *Lauraceae*), les poils sécréteurs (*Lamiaceae*), les poches sécrétrices (*Myrtaceae*) et les canaux sécréteurs (*Apiaceae*) (Guignard, 2000).

I.2.5 Le rôle des huiles essentielles dans les plantes

Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la protection des plantes notamment en les protégeant contre les herbivores en réduisant leur appétit. Elles agissent en attirant les insectes pollinisateurs, ce qui favorise la dispersion des graines et du pollen (Kar et al. 2018), en repoussant les prédateurs et en inhibant la germination des graines des espèces environnantes. De plus, les huiles essentielles possèdent des propriétés antifongiques, insecticides et répulsives (Dhifi et al. 2016).

I.2.6 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont extraites par des techniques traditionnelles comme la distillation à la vapeur, l'enfleurage (fleurs), ou l'expression (fruits), solvants organiques (racines, feuilles, tiges), ainsi que par des méthodes modernes telles que l'extraction aux ultrasons ou par micro-ondes. L'hydrodistillation demeure cependant la plus couramment utilisée (Boudjedjou, 2020).

I.2.7 Composition Chimique des huiles essentielles

I.2.7.1 Les terpènes

Les terpènes sont des composés dérivés de l'assemblage d'unités d'isoprène (C_5H_8), et leur structure peut être soit linéaire, soit cyclique (Bakkali et al. 2008 ; Hyldgaard et al. 2012). Différentes combinaisons d'unités d'isoprène (C_5H_8) donnent naissance aux divers groupes de terpènes. Leur classification se fait selon le nombre d'unités d'isoprène dans la formule structurale $(C_5H_8)_n$, où n représente le nombre d'unités d'isoprène liées : les monoterpènes (C_{10}), les sesquiterpènes (C_{15}), les diterpènes (C_{20}), les triterpènes (C_{30}) et les tétraterpènes (C_{40}).

Sont les principaux groupes de terpènes que l'on retrouve dans les huiles essentielles. (Rubio et al. 2013 ; Islahi et al. 2017).

I.2.7.2 Les phénylpropanoïdes

Les phénylpropanoïdes sont des métabolites secondaires produits par les plantes à partir de la phénylalanine. Ils possèdent une structure commune avec un noyau aromatique (C_6) et

une chaîne latérale de trois carbones (C3). Ils jouent un rôle dans la protection des plantes contre les infections, les radiations UV, les herbivores et les blessures (Andrade et al. 2014)

I.2.8 Facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles est influencée par divers facteurs internes et externes, notamment les caractéristiques génétiques de la plante (espèce, chémotype) (Verma et Shukla, 2015), le stress biotique dû aux agents pathogènes (Taiz et Zeiger, 2006), les conditions climatiques (Rguez et al. 2019), les propriétés du sol telles que le type et la salinité (Badawy et al. 2018), le stade de développement de la plante (Moisa et al. 2019), l'organe végétal utilisé (Bellili et al., 2018), la période et la zone de récolte (Shahbazi, 2016), ainsi que la méthode d'extraction appliquée (Younis et al. 2007).

I.2.9 Utilisations thérapeutiques et applications des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent des applications variées dans des secteurs tels que l'agronomie, la santé, la conservation alimentaire, la cosmétique, la parfumerie et l'hygiène industrielle. À titre d'exemple, des composés comme le d-limonène, le d-carbone ou encore le géraniol sont utilisés à de multiples fins : dans les parfums, les savons, les crèmes, comme solvants industriels, comme parfums dans les produits ménagers, ou encore comme additifs aromatisants dans l'alimentation (Silva et al. 2010). Les HEs sont largement utilisées en aromathérapie. Cette dernière est considérée comme une technique thérapeutique utilisant ces huiles volatiles sous forme de massages, d'inhalations ou de bains (Dhifi et al. 2016).

I.3 Activité antibactérienne

I.3.1 Les antibiotiques

Un antibiotique est un composé produit par un microorganisme, capable d'inhiber ou de détruire les bactéries (Muylaert et Mainil, 2013).

La classification des antibiotiques repose sur leurs propriétés physico-chimiques, leur origine (naturelle, synthétique ou semi-synthétique), leur mode d'action (ciblant la paroi bactérienne, la membrane cytoplasmique, la synthèse des protéines ou des acides nucléiques), leur spectre d'activité (étroit ou large) ainsi que leur structure chimique de base, comme le cycle β -lactame. Parmi les principales familles, on trouve les β -lactamines, largement utilisées en antibiothérapie, comprenant les pénicillines et les céphalosporines (Calvo et Martínez-Martínez, 2009).

Les glycopeptidestels que la Vancomycine et la teicoplanine, sont actifs uniquement contre les bactéries à Gram positif par inhibition de la synthèse du peptidoglycane (Reynolds, 1989). Quant aux sulfamides, ce sont des composés soufrés à large spectre, dont l'action peut être inhibée en présence d'acide para-amino-benzoïque (PAB) ou de métabolites comme la thymidine. D'autres groupes sont également inclus dans cette classification, comme les nitrofuranes, nitronidazoles, rifamycines, polypeptidiques et diverses substances (Zhuang et al. 2003).

I.3.2 Causes et mécanismes de la résistance aux antibiotiques

La résistance aux antibiotiques constitue une menace pour l'efficacité des traitements en raison de l'augmentation de la résistance microbienne, ce qui représente un enjeu de santé publique mondial (Guschin et al. 2015). Cette résistance résulte principalement de l'exposition excessive des bactéries aux antibiotiques, qu'ils soient utilisés à des fins curatives ou préventives (Canton et Morosini, 2011), entraînant la sélection de souches résistantes. De plus, l'utilisation prolongée ou à large spectre des antibiotiques favorise la propagation de cette résistance (Yagupsky, 2006).

Les bactéries ont développé plusieurs mécanismes pour neutraliser l'action des antibiotiques, tels que l'inactivation enzymatique, la modification de la cible, l'efflux actif et la réduction de la pénétration (Guardabassi et Courvalin, 2006).

I.3.3 Activité antibactérienne des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont une large activité contre les bactéries, y compris celles résistantes aux antibiotiques, et leur efficacité dépend du type d'huile et de sa composition chimique (Oussou, 2009 ; Avlessi, 2012 ; Sipailiene et al. 2006).

Elles agissent contre les bactéries Gram positives et négatives, bien que ces dernières montrent une résistance accrue en raison de la structure de leur paroi cellulaire (Burt, 2004). Cependant, avec l'utilisation de substances qui perméabilisent la membrane externe, certaines huiles deviennent efficaces même contre *Pseudomonas aeruginosa*, une souche hautement résistante (Mann et al. 2000).

I.3.4 Mécanisme d'action antibactérienne des huiles essentielles

Les composants des huiles essentielles exercent leur activité antimicrobienne à travers plusieurs mécanismes ciblant la cellule bactérienne. Parmi les plus importants, on note la perturbation de la paroi cellulaire, ainsi que l'altération de la membrane cytoplasmique, ce qui facilite la sortie du contenu intracellulaire (Burt, 2004).

Une propriété clé de ces composés est leur nature lipophile, qui leur permet de s'intégrer facilement dans les membranes riches en lipides, comme celles des bactéries ou des mitochondries. Cette intégration provoque une désorganisation de la structure membranaire et une augmentation de sa perméabilité, menant à des pertes importantes en ions et en métabolites. (Goetz P., Ghedira K., 2012).

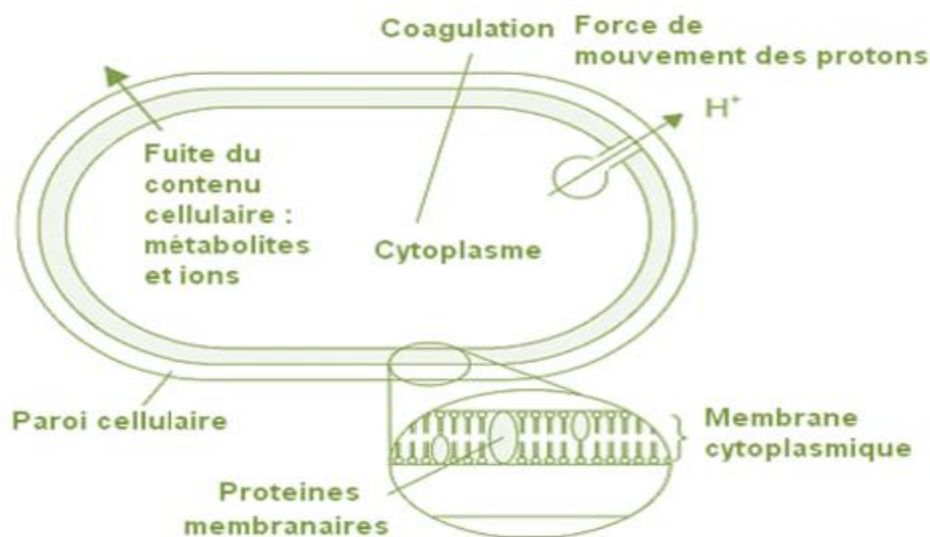


Figure 2 . Principales localisations des sites d'action des constituants des huiles essentielles (Goetz P., Ghedira K., 2012).

En outre, la perturbation de la membrane cellulaire entraîne une diminution du pH intracellulaire, ce qui indiquerait une altération du contrôle de processus cellulaires essentiels tels que la transcription de l'ADN, la synthèse protéique ou encore l'activité enzymatique (Fisher & Phillips, 2008). Par ailleurs, des dommages sont observés au niveau des lipides et des protéines, pouvant conduire à la coagulation du cytoplasme (Bakkali et al. 2008).

Partie Expériment

Chapitre II :

Matériel

Et

Méthodes

II. Matériel

II.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal faisant l'objet de cette étude comprend les rameaux et feuilles de *Juniperus thurifera* récoltés de la région de T'kout wilaya de Batna. La récolte a été effectuée au mois de janvier de l'année 2025 correspondant à la période de floraison.

Les échantillons ont été séchés pendant 15 jours à température ambiante et à l'abri de la lumière. Les rameaux ont été coupés en petits morceaux afin de faciliter l'extraction des huiles essentielles.

II.1.2 Souches biologiques

L'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* a été évaluée contre quatre souches de référence, une bactérie Gram positif : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et trois bactéries à Gram négatif à savoir : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC et *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603.

II.1.3 Antibiotiques

La sensibilité des souches bactériennes a été évaluée à l'égard de deux antibiotiques : la Vancomycine (5 µg/disque) et la rifampicine (5 µg/disque).

Les antibiotiques de la famille des rifamycines font partie des ansamycines (caractérisés par la présence d'un pont aromatique). La molécule rifamycines se lie à la sous-unité β de l'ARN polymérase-ADN dépendante et bloque l'initiation de la transcription de l'ADN bactérien en ARN messager (Etebu et Ariekpar, 2016).

La Vancomycine fait partie de la famille des glycopeptides. Elle exerce son action en inhibant la synthèse de la paroi cellulaire bactérienne (Kapoor et al. 2017).

II.2 Méthode

II.2.1 Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles et des rameaux de *J.thurifera* été réalisée par la méthode de l'hydrodistillation. Deux techniques ont été utilisées : l'hydrodistillation par contact direct pour les rameaux, et l'hydrodistillation par entraînement à la vapeur pour les feuilles (**figure 3**).

L'opération consiste à introduire 100 g de matière végétale séchée dans un grand ballon en verre, auquel on ajoute une quantité suffisante d'eau distillée, sans toutefois remplir totalement le ballon afin de prévenir tout risque de débordement lors de l'ébullition.

Le mélange est ensuite chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon jusqu'à ébullition. Les vapeurs contenant l'huile essentielle, traversent un tube vertical puis passent dans un serpentin réfrigérant, où elles se condensent. Les gouttelettes formées s'accumulent dans le tube de décantation, préalablement rempli d'eau distillée. L'huile essentielle, ayant une densité inférieure à celle de l'eau, surnage à la surface. Elle est alors récupérée et conservée dans des flacons opaques hermétiquement fermés, à une température de 4 à 5 °C. L'hydrodistillation dure environ trois heures à partir du début de l'ébullition.



Figure 3 . Montage de l'hydrodistillation (Appareil de type Clevenger).

II.2.2 Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle représente le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale sèche utilisée. Il est exprimé en pourcentage et calculé à l'aide de la formule suivante (Boudjedjou, 2020) :

$$R = \frac{Ph}{Pmv} \times 100$$

- **R** : rendement en huile essentielle (%)
- **Ph** : poids de l'huile essentielle extraite (en grammes)
- **Pmv** : poids de la matière végétale sèche (en grammes)

II.2.3 Activité antibactérienne des huiles essentielles par la méthode de diffusion sur disque

L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été évaluée selon la méthode de diffusion sur disque décrite par Dias et al. (2012). Un disque imprégné d'huile essentielle est déposé sur un milieu gélosé ensemencé avec la souche bactérienne, et l'efficacité est mesurée par le diamètre de la zone d'inhibition formée autour du disque. La sensibilité bactérienne est classée selon les critères de (Ponce et al. 2003) :

- Non sensible (-) ou résistante: diamètre d'inhibition < 8mm.
- Sensible (+) : diamètre d'inhibition compris entre 9 et 14mm.
- Très sensible (++) : diamètre d'inhibition compris entre 15 et 19mm.
- Extrêmement sensible (+++): diamètre d'inhibition > 20mm.

II.2.3.1 Préparation de l'inoculum

a. Préparation de la suspension bactérienne

Tout d'abord, on inocule un tube à essai contenant 5 ml de milieu Mueller-Hinton Broth (MHB) avec la souche bactérienne de référence choisie. Ensuite, le tube est placé dans une étuve à 37°C pendant 4 heures afin d'obtenir une suspension bactérienne en phase exponentielle de croissance. Cette étape garantit que les bactéries sont en pleine activité de croissance. (CLSI, 2021).

b. Réalisation des dilutions en série

On prélève 1 ml de la suspension bactérienne et on l'ajoute à 9 ml de solution saline physiologique (NaCl 0.9%) pour obtenir la dilution 10^{-1} . Cette étape est répétée en transférant 1 ml de chaque dilution dans un tube contenant 9 ml de solution saline pour obtenir les dilutions suivantes (10^{-2} , 10^{-3}).

c. Inoculation sur milieu solide

À partir de la dilution 10^{-3} (pour obtenir des colonies isolées), une suspension bactérienne est prélevée à l'aide d'un écouvillon stérile, puis étalée uniformément sur un milieu GN Agar dans une boîte de Pétri stérile. Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 18 à 24 heures. Ensuite, 3 à 4 colonies jeunes sont transférées dans 5 ml d'eau physiologique stérile (9 %), avec une densité ajustée au standard 0,5 de McFarland, correspondant à environ 10^8 UFC/ml. Afin d'éviter toute augmentation de cette densité due à la multiplication bactérienne, l'inoculum doit être utilisé dans les 15 à 30 minutes suivant sa préparation (Boudjedjou, 2020).

II.2.3.2 Ensemencement des boîtes de Pétri

Dans le but d'évaluer l'effet antimicrobien des huiles essentielles, des boîtes de Pétri contenant 20 ml de Muller Hinton Agar ont été inoculées avec une suspension bactérienne préalablement préparée. Des dilutions (1/2, 1/4, 1/8 et 1/16) ont été réalisées dans le DMSO pour chaque huile. Des disques de papier Wattman (6 mm) imprégnés de 10 µl de ces solutions ont ensuite été placés avec précaution sur la surface des milieux ensemencés (Boudjedjou, 2020).

II.2.3.3 Incubation

Les boîtes sont exposées à température ambiante pendant 30 minutes, puis incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures. Le DMSO sert de contrôle négatif et les tests sont réalisés en triplicata pour chaque huile essentielle. Après l'incubation, les diamètres des zones d'inhibition autour de chaque disque sont mesurés en millimètres.

II.2.4 AntibioGramme

La sensibilité des souches bactériennes a été évaluée vis-à-vis de deux antibiotiques : la Vancomycine (5 µg/disque) et la rifampicine (5 µg/disque). Les disques antibiotiques ont été

placés sur le milieu gélosé (MHA) inoculé avec les souches bactériennes, puis les boîtes ont été incubées pendant 24 à 48 heures (Boudjedjou, 2019).

II.2.5 Test de combinaison des huiles essentielles avec les antibiotiques

10 μ l de chaque concentration de l'huile essentielle sont ajoutés aux disques d'antibiotiques, puis les disques sont placés sur des boîtes de Pétri contenant du milieu MHA et ensemencées avec chaque souche bactérienne. Ensuite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures (Boudjedjou, 2019).

Trois effets peuvent résulter de l'interaction de l'huile essentielle avec l'antibiotique :

- **Effet synergique** : Cela se produit lorsque le diamètre de la zone d'inhibition résultant de la combinaison de l'huile essentielle et de l'antibiotique est significativement plus grand ($p < 0,05$) que la somme des diamètres obtenus pour chaque agent individuellement.
- **Effet additif** : Il est observé lorsque le diamètre de la zone d'inhibition résultant de la combinaison est égal ($p \geq 0,05$) à la somme des diamètres obtenus pour chaque agent individuellement.
- **Effet antagoniste** : Il est observé lorsque la somme des diamètres des zones d'inhibition pour l'huile essentielle et l'antibiotique dépasse le diamètre résultant de leur combinaison. Avec modification

Chapitre III : Résultats Et Discussion

III. Résultats et discussion

III.1 Rendement en huiles essentielles

III.1.1 Huiles essentielles des feuilles

L'extraction par entraînement à la vapeur des feuilles de *Juniperus thurifera* a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 0,37 %. L'huile obtenue est un liquide huileux et laqueux, de couleur jaune verdâtre à vert jaunâtre, avec une odeur intense.

Ce rendement est proche à celui rapporté par Zeraib (2016), qui a obtenu des valeurs comprises entre 0,40 % et 0,53 % pour les feuilles de la même espèce. En revanche, des rendements plus élevés ont été rapportés. Ainsi, Achak et al. (2008) ont obtenu des taux variant de 0,68 % à 0,73 % à partir de feuilles fraîches, et de 0,57 % à 1,01 % à partir de feuilles séchées collectées dans différentes régions du Maroc. De même, Rahhal et al. (2019) ont rapporté un rendement de 0,93 % pour des échantillons provenant de la vallée sauvage d'Aït Bouguemez, dans la province d'Azilal (Maroc).

III.1.2 Huiles essentielles des rameaux

L'huile essentielle extraite des rameaux de *J. thurifera* présente un rendement de 0,48 %. Cette huile se distingue par sa couleur vert pâle et son odeur prononcée.

Le rendement obtenu dans notre étude demeure inférieur à ceux observés dans certaines études menées au Maroc: Soufyane et al. (2022) ont rapporté un rendement d'environ 0,89 % à partir de rameaux récoltés dans une zone montagneuse du Moyen Atlas. De même, Mansouri et al. (2010) ont obtenu un rendement atteignant 1,32 % à partir de rameaux provenant du Moyen Atlas oriental.

Ces variations de rendement sont généralement attribuées à divers facteurs, notamment les conditions écologiques (altitude, climat, nature du sol), la période de récolte, ainsi que la variabilité génétique des populations locales de *J. thurifera* (Moujane et al. 2023).

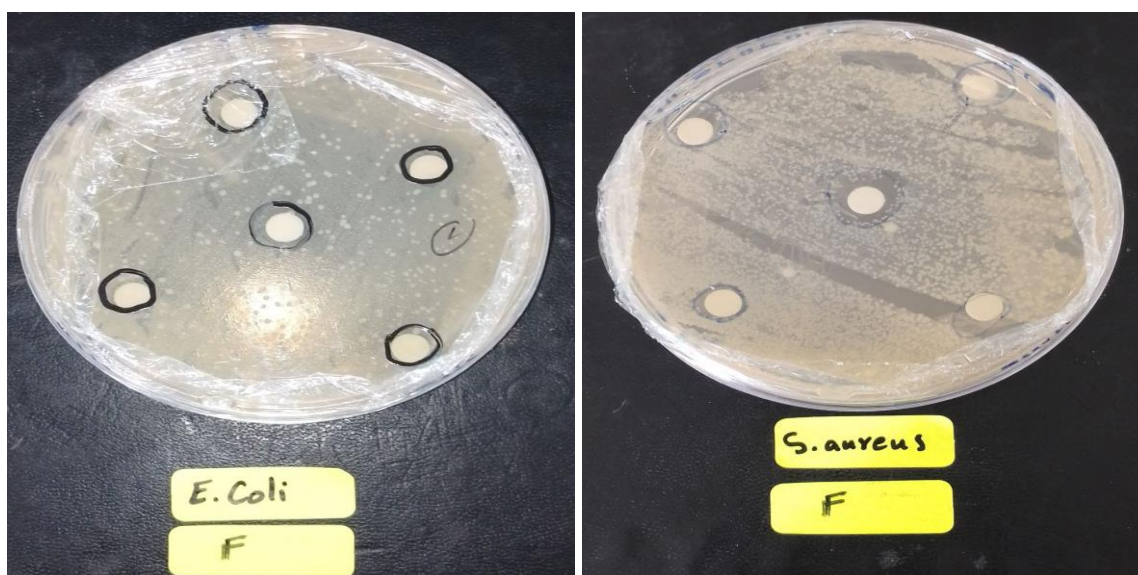
III.2 Résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne

III.2.1 Résultats de l'Aromatogramme

Les huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *J. thurifera* ont été soumises à un test d'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur disque. Les résultats des diamètres d'inhibition sont récapitulés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 . Diamètres d'inhibition (mm) des HEs extraites des feuilles de *J.thurifera*.

Souches testées	HE	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8	Dilution 1/16
<i>E. coli</i>	11.50±0.41	10±0.00	9.53±0.41	9.00±0.00	8.00±1.25
<i>P. aeruginosa</i>	8.00±1.41	6.67±0.47	6.00±0.00	6.00±0.82	6.00±0.00
<i>S. aureus</i>	13.50±0.41	12.00±0.47	11.00±0.00	9.67±0.82	8.67±1.70
<i>K.pneumoniae</i>	6.50±0.41	6.67±0.94	6.50±0.41	6.67±0.47	6.00±0.82

**Figure 4 .** Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne *E. coli* et *S. aureus* (HE. F pure, dilution 1/2, dilution 1/4, dilution 1/8, dilution 1/16)

De manière générale, l'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *J.thurifera* a permis d'obtenir des diamètres de zones d'inhibition allant de 6.50±0.41mm à 13.50±0.41mm.

Les deux souches *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* se sont révélées sensibles à l'huile essentielle extraite des feuilles, avec des diamètres moyens de zones d'inhibition de 13,50 ± 0,41 mm et 11,50 ± 0,41 mm respectivement. En revanche, la même huile s'est avérée inefficace contre *Pseudomonas aeruginosa* et *K.pneumoniae* avec des diamètres d'inhibition ne dépassant pas 8.00±1.41mm.

Des résultats similaires ont été obtenus par Bahri et al. (2013), qui ont rapporté la résistance de *Pseudomonas aeruginosa* à l'action des huiles de *J. thurifera* extraites par trois méthodes différentes.

Nos résultats concordent également avec ceux de Zeraib et al. (2014) qui ont rapporté que les HEs des feuilles de *J. thurifera* sont plus actives sur *S. aureus* et *E. coli* et se sont montrées inactives sur *P. aeruginosa*.

De même, Mansouri et al. (2010), ont rapporté que l'huile de *J. thurifera* a affecté la croissance de *E. coli* et *S. aureus*.

Tableau 3 . Diamètres d'inhibition (mm) des HEs extraites des rameaux de *J.thurifera*.

Souches testées	HE	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8	Dilution 1/16
<i>E. coli</i>	8.33±1.25	7.83±0.85	7.00±0.00	7.00±0.82	7.00±0.41
<i>P. aeruginosa</i>	8.66±1.70	7.33±0.47	7.00±0.00	6.67±0.47	6.00±0.00
<i>S. aureus</i>	11.00±0.00	9.53±0.41	9.33±1.25	7.50±0.41	7.33±1.25
<i>K.pneumoniae</i>	7.00±0.00	7.67±0.94	7.00±0.82	7.67±0.94	7.33±0.47

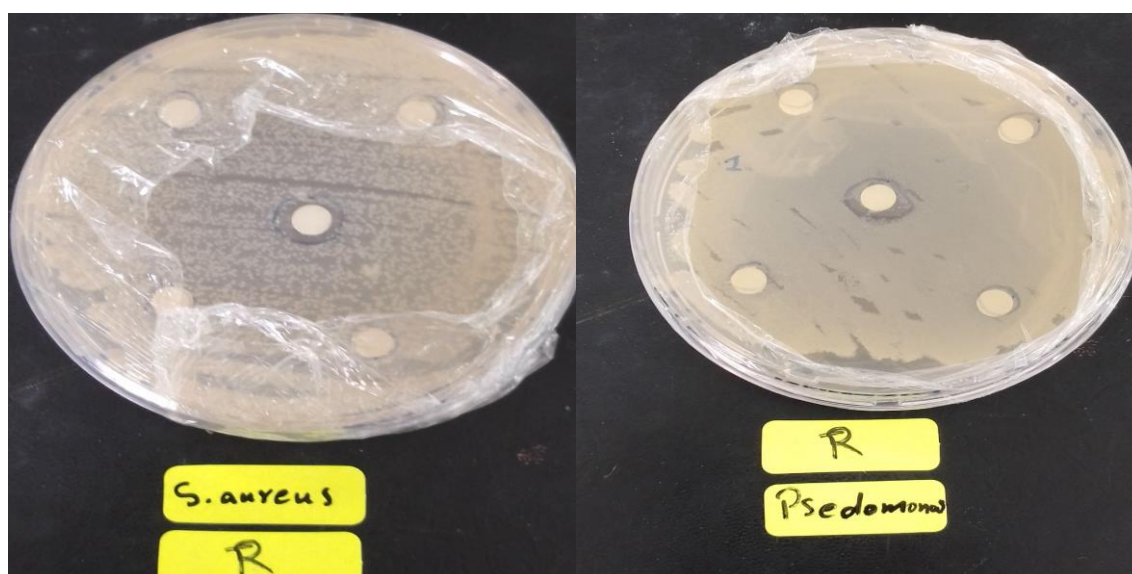


Figure 5 . Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne *P. aeruginosa* et *S. aureus* (HE .R pure, dilution 1/2, dilution 1/4, dilution 1/8, dilution 1/16)

Les diamètres d'inhibition générés par l'HE des rameaux de *J. thurifera* varient entre 7.00±0.00mm et 11.00±0.00mm. Parmi les quatre souches bactériennes testées, *S. aureus* s'est révélée la plus sensible en donnant un diamètre de zone d'inhibition de 11.00±0.00mm, tandis que la croissance des trois souches *E. coli*, *P. aeruginosa* et *K.pneumoniae* a été que faiblement affectée (8.33±1.25mm, 8.66±1.70mm et 7.00±0.00mm respectivement).

L'huile essentielle extraite des feuilles a montré une efficacité supérieure par rapport à celle des rameaux, notamment contre *S. aureus* et *E. coli*.

En ce qui concerne la sensibilité des souches, *S. aureus* s'est révélée être la plus sensible, suivie par *E. coli*, tandis que *P. aeruginosa* et *K.pneumoniae* ont présenté une résistance plus marquée, en particulier face à l'huile des rameaux.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés par Bourkhiss et al. (2007), qui ont également mis en évidence une activité significative contre *S. aureus* et *E. coli*, mais une efficacité moindre contre *P. aeruginosa*.

Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux rapportés par Boudjedjou et al. (2018), qui ont montré que l'huile essentielle extraite des baies de *J.thurifera* possède une activité antibactérienne contre *S.aureus* et *E.coli*, mais reste inefficace contre *P. aeruginosa*.

Il est bien établi que les bactéries à Gram positif sont généralement plus sensibles aux huiles essentielles (HEs) que les bactéries à Gram négatif (Azhdarzadeh et Hojjati, 2016).

Mayaud et al. (2008), ont rapporté que parmi les bactéries à Gram négatif, celles du genre *Pseudomonas* se révèlent être les moins sensibles à l'action des huiles essentielles (HEs), ce qui concorde avec nos résultats.

La différence de sensibilité entre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif s'explique par la structure de leur paroi cellulaire. En effet, les bactéries à Gram négatif possèdent une membrane externe rigide et complexe, riche en lipopolysaccharides (LPS), qui entrave la pénétration des composés hydrophobes. En revanche, cette barrière externe est absente chez les bactéries à Gram positif, ce qui les rend plus vulnérables aux HEs (Hyldgaard et al. 2012).

III.2.2 Résultats de l'Antibiogramme

La sensibilité des souches bactériennes a été évaluée par la méthode de diffusion sur disque vis-à-vis de deux antibiotiques, à savoir: la vancomycine et la rifampicine. Les diamètres des zones d'inhibition produites sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Diamètres des zones d'inhibition (mm) des antibiotiques des souches bactériennes testées.

Souches testées	Vancomycine	Rifampicine
<i>E. coli</i>	22.00±0.00	33.33±0.47
<i>P. aeruginosa</i>	22.33±0.47	24.00±0.82
<i>S. aureus</i>	21.33±1.89	27.67±1.89
<i>K. pneumoniae</i>	6.00±0.00	12.33±0.47

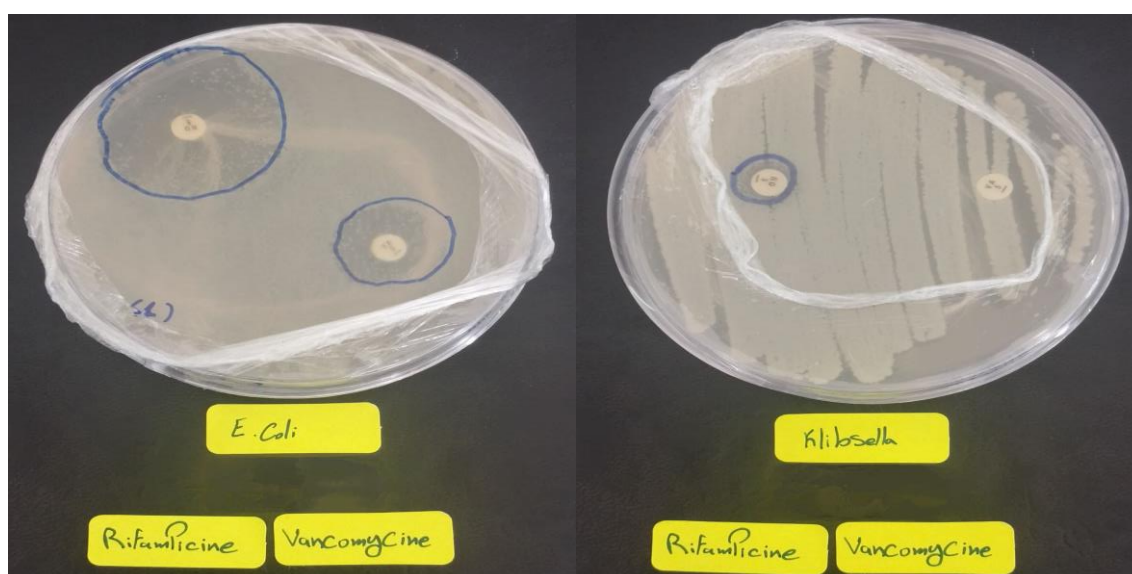


Figure 6 . Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne *E. coli* et *K.pneumoniae* (Ab Van, Ab Rifa)

Les résultats du test de sensibilité aux antibiotiques (antibiogramme) montrent une variation de l'efficacité entre la Vancomycine et la rifampicine, selon le type de souche bactérienne étudiée.

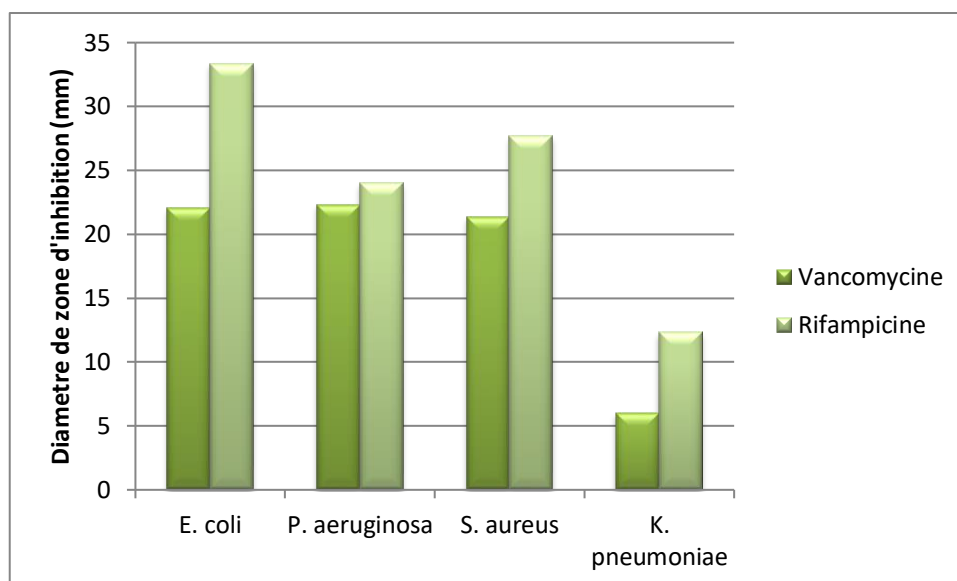


Figure 7 . Diamètres des zones d'inhibition (mm) induits par les antibiotiques à l'égard des souches bactériennes.

Les diamètres d'inhibition obtenus ont révélé que la rifampicine est généralement plus efficace que la vancomycine, en particulier contre les souches *E. coli* et *S. aureus*, avec des diamètres de zones d'inhibition de $33,33 \pm 0,47$ mm et $27,67 \pm 1,89$ mm respectivement. Tandis que les zones d'inhibition pour la vancomycine étaient de $22,00 \pm 0,00$ mm et $21,33 \pm 1,89$ mm pour ces mêmes souches.

De plus, la rifampicine a montré une meilleure efficacité contre *P. aeruginosa*, avec un diamètre de zone d'inhibition de $24,00 \pm 0,82$ mm, contre $22,33 \pm 0,47$ mm pour la vancomycine.

En ce qui concerne la souche *K. pneumoniae*, cette souche s'est manifestée résistante à l'action de la vancomycine avec un diamètre d'inhibition de 6,00 mm, par contre sa croissance a été affectée par la rifampicine ($12,33 \pm 0,47$ mm).

Il est probable que ces différences d'efficacité soient dues à des mécanismes d'action différents entre les deux antibiotiques ; la rifampicine inhibe la synthèse de l'ARN (Etebu et Arikekpar, 2016), tandis que la vancomycine cible la construction de la paroi cellulaire (Kapoor et al. 2017). De plus, la structure cellulaire des bactéries Gram-négatives, comme *Klebsiella* et *P. aeruginosa*, avec une membrane externe qui entrave la pénétration de certains antibiotiques, pourrait contribuer à réduire leur efficacité, notamment celle de la vancomycine.

Les résultats de cette étude sont partiellement en accord avec ceux de la littérature scientifique, où *K. pneumoniae* et *P. aeruginosa* ont montré une résistance à la rifampicine et à la vancomycine, comme l'ont signalé Wang et al (2020) et Scudamore et al (1982), en indiquant la limitation de l'efficacité de ces antibiotiques contre les bactéries Gram-négatives.

Klebsiella pneumoniae est considérée comme un pathogène hypervirulent et multirésistant aux antibiotiques (Martin et al.2018).Face à cette problématique, le développement de nouvelles molécules actives contre *K. pneumoniae* représente une priorité majeure pour l'OMS (Tacconelli et al 2018).

Les études de Wang et al (2020) ont montré que *Klebsiella* présente une large résistance en raison de la production d'enzymes BLSE.

De même, la sensibilité des souches *S. aureus* et *E. Coli* à la rifampicine et vancomycine a été rapportée par Elhamzaoui et al (2009).

III.2.3 Résultats de combinaison des HEs avec les antibiotiques

Le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles des feuilles et des rameaux en association avec les antibiotiques a été évalué en adoptant la méthode de diffusion sur disque. Les résultats sont récapitulés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5 . Résultats de la combinaison de l'HE des feuilles de *J. thurifera* avec les antibiotiques.

Huile Essentielle	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
VAN	22.00±0.00	22.33±0.47	21.33±1.89	6.00±0.00
RIFA	33.33±0.47	24.00±0.82	28.67±1.89	12.33±0.47
VAN+HE	23.67±0.47	29.33±1.25	32.33±1.70	6.00±0.00
RIFA+HE	34.00±0.82	27.00±0.82	36.67±0.47	10.00±0.00
Valeurs P				
HE/VAN	0.007**	0.001***	0.003**	1.00 ns
HE/RIFA	0.37 ns	0.02*	0.004**	0.002**
Effet de combinaison				
HE/VAN	Synergique	Synergique	Synergique	Additif
HE/RIFA	Additif	Synergique	Synergique	Antagoniste

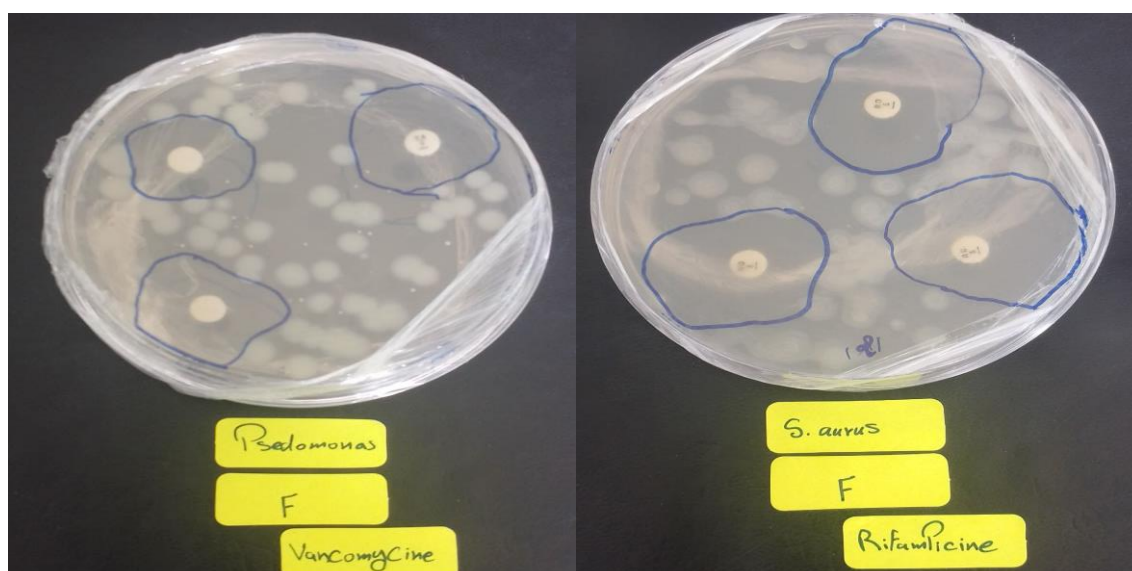


Figure 8 . Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne *P. aeruginosa* et *S. aureus* (Ab Van+ HE F, Ab Rifa + HE F)

Les résultats de la combinaison des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Juniperus thurifera* avec les antibiotiques (vancomycine et rifampicine) ont montré des effets variables selon la souche bactérienne et l'huile essentielles.

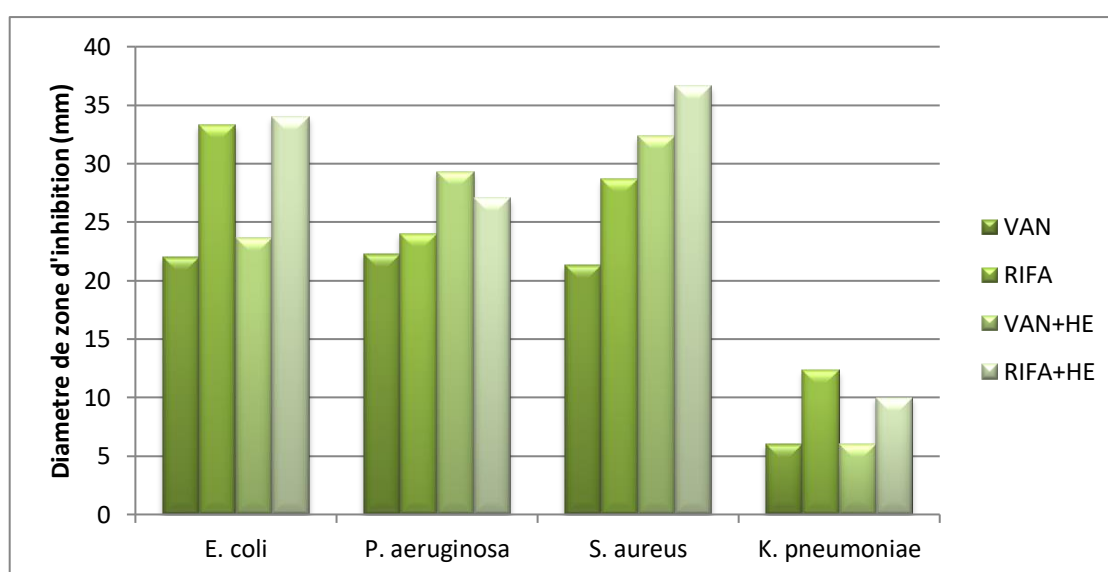


Figure 9 . Diamètres d'inhibition de la combinaison de l'HE des rameaux de *J. thurifera* avec les antibiotiques vis-à-vis des souches bactériennes testées.

L'huile essentielle des feuilles combinée avec la vancomycine a donné un effet synergique contre *E. coli*, *P. aeruginosa* et *S. aureus*. En revanche, un effet additif a été enregistré sur *K. pneumoniae*.

La combinaison de l'HE des feuilles avec la rifampicine a permis d'obtenir des effets synergiques à l'égard de *P. aeruginosa* et *S. aureus*. Tandis que l'effet additif et antagoniste a été exercé sur *E. coli* et *K. pneumoniae* respectivement.

Tableau 6 . Résultats de la combinaison de l' HE des rameaux de *J. thurifera* avec les antibiotique

Huile Essentielle	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i>
VAN	22.00±0.00	22.33±0.47	21.33±1.89	6.00±0.00
RIFA	33.33±0.47	24.00±0.82	28.67±1.89	12.33±0.47
VAN+HE	22.00±0.00	22.33±0.47	38.00±0.82	7.00±0.82
RIFA+HE	37.67±0.47	41.00±0.00	26.00±0.00	11.17±0.24
Valeurs P				
HE/VAN	1.00 ns	1.00 ns	0.0003***	0.15 ns
HE/RIFA	0.000778***	0.000008***	0.11 ns	0.10 ns
Effet de combinaison				
HE/VAN	Additif	Additif	Synergique	Additif
HE/RIFA	Synergique	Synergique	Antagoniste	Antagoniste



Figure 10 . Photos illustrant la sensibilité de souche bactérienne *K.pneumoniae* (Ab Van+ HE R)

L'huile essentielle des rameaux a montré un effet synergique lorsqu'elle est combinée à la rifampicine contre *E. coli* et *P. aeruginosa*, tandis que des effets antagonistes ont été observés contre *S. aureus* et *K. pneumoniae*. La combinaison avec la vancomycine a révélé un effet synergique contre *S. aureus* et un effet additif contre les souches *E. coli*, *P. aeruginosa* et *K. pneumoniae*.

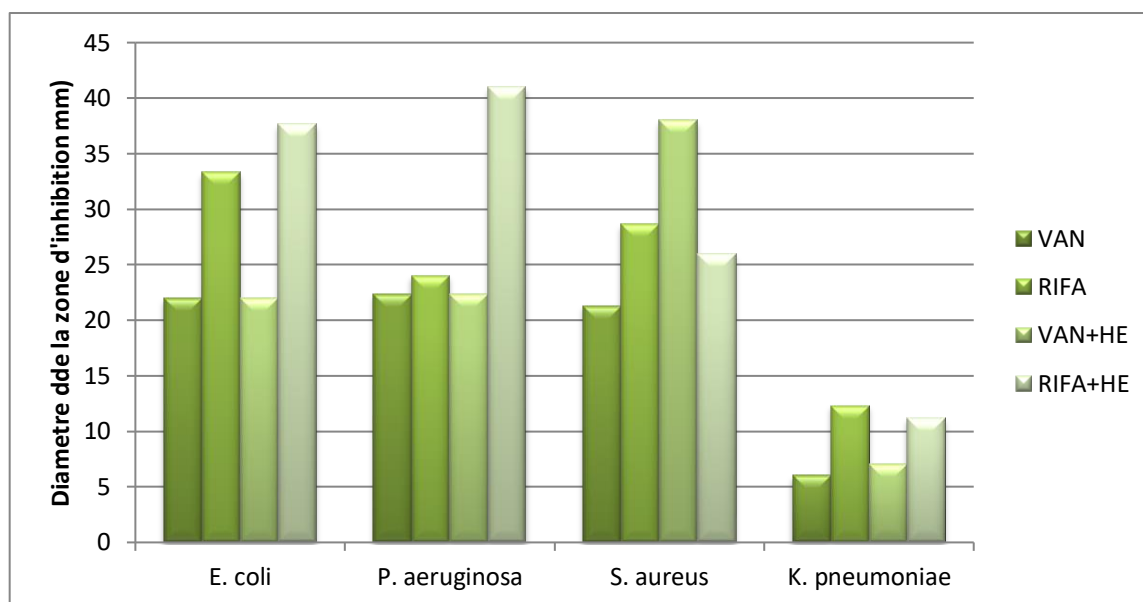


Figure 11 . Diamètres d'inhibition de la combinaison de l'HE des rameaux de *J. thurifera* avec les antibiotiques vis-à-vis des souches bactériennes testées.

L'association des antibiotiques avec les huiles essentielles (HEs) permet d'en renforcer l'efficacité à faibles concentrations, tout en réduisant la toxicité de nombreux antibiotiques (Rosato et al. 2007).

L'interaction entre une HE et un antibiotique peut induire trois types d'effets : synergique, additif ou antagoniste. Un effet synergique survient lorsque les composants du mélange agissent sur des cibles différentes, tandis qu'une action sur une même cible peut entraîner un effet additif ou antagoniste (Wagner et Ulrich-Merzenich, 2009).

Les résultats des tests de combinaison se sont révélés prometteurs, en particulier pour l'huile essentielle des feuilles, puisque la majorité des associations huile essentielle/antibiotique ont présenté un effet synergique.

Le caractère hydrophobe des huiles essentielles leur permet de perturber la bicouche lipidique de la membrane bactérienne, augmentant ainsi sa perméabilité. Cette altération favorise la pénétration des antibiotiques et renforce leur efficacité, ce qui explique l'effet synergique observé. De plus, l'association des huiles essentielles avec les antibiotiques réunit plusieurs composés actifs capables d'agir sur différents processus biochimiques au sein des bactéries, engendrant une variété d'effets antibactériens complémentaires (Feudjieu et al. 2023).

Conclusion

Conclusion

Face à la montée de la résistance aux antibiotiques, de nouvelles stratégies alternatives aux agents antimicrobiens classiques sont activement recherchées. Dans cette optique, l'association des huiles essentielles avec les antibiotiques de synthèse apparaît comme une piste particulièrement prometteuse.

Dans le double objectif de valoriser la flore algérienne et de contribuer à la recherche de nouveaux agents antibactériens, ce modeste travail a été entrepris. Le potentiel antibactérien des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Juniperus thurifera*, seules ou en combinaison avec des antibiotiques de synthèse, a été évalué.

Les huiles extraites des feuilles se sont révélées particulièrement efficaces, notamment contre *S. aureus* et *E. coli*, avec une diminution progressive de l'activité antibactérienne observée à mesure que la dilution augmentait, indiquant ainsi une relation dose-effet. Cette différence d'efficacité entre les deux parties de la plante semble être liée à leur composition chimique distincte.

Des tests d'efficacité des antibiotiques ont été réalisés, montrant que la rifampicine était généralement plus performante que la Vancomycine, en particulier contre *E. coli* ($33,33 \pm 0,47$ mm contre $22,00 \pm 0,00$ mm) et *S. aureus* ($27,67 \pm 1,89$ mm contre $21,33 \pm 1,89$ mm). Elle a également montré une meilleure action contre *P. aeruginosa*. En revanche, *K. pneumoniae* a affiché une résistance aux deux antibiotiques.

Les tests de combinaison des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* avec les antibiotiques (Vancomycine et rifampicine) a révélé des effets variables selon la souche bactérienne et la partie de la plante utilisée. L'huile extraite des feuilles a montré un effet synergique avec les deux antibiotiques contre *P. aeruginosa*, *S. aureus* et *E. coli*, et un effet antagoniste, contre *K. pneumoniae*.

L'HE des rameaux a produit une synergie avec la rifampicine contre *E. coli* et *P. aeruginosa*, tandis que des effets antagonistes ont été observés contre *S. aureus* et *K. pneumoniae*. Ces variations sont probablement dues aux différences de composition chimique entre les huiles, influençant leur interaction avec les antibiotiques.

L'action synergique des huiles essentielles avec les antibiotiques renforce leur efficacité dans le traitement des résistances. Cette synergie améliorant l'efficacité globale de l'activité antimicrobienne. Par conséquent, elle représente un moyen efficace de réduire le risque d'apparition de résistances.

Les résultats de ce modeste travail sont uniquement préliminaires. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour :

- Déterminer la composition chimique des HEs et identifier les composés responsables de leur activité ;
- Évaluer d'autres activités biologiques de ces huiles essentielles ;
- Définir les doses efficaces et explorer la possibilité de synergies futures avec des antibiotiques dans la lutte contre les souches bactériennes résistantes.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Andrade L. N., Dos Reis Barreto d'Oliveira R., & De Sousa D. P., 2014. *A review on anti-inflammatory activity of phenylpropanoids found in essential oils*. *Molecules*, 19(2), 1459-1480.

Astani, A.; Reichling, J.; Schnitzler, P. Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. *Phytother. Res.* 2010, 24, 673–679.

Avlessi, F., Alitonou, G. A., Djenontin, T. S., Tchobo, F., Yèhouénou, B., Menut, C., & Sohounhloué, D. (2012). Chemical composition and biological activities of the essential oil extracted from the fresh leaves of *Chromolaena odorata* (L. Robinson) growing in Benin. *ISCA Journal of Biological Sciences*, 1(3), 7–13.

Azhdarzadeh, F., &Hojjati, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (*Citrus aurantium*) essential oils. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(1), 43-50.

Badawy E. S. M., Khalid K. A., Heikal A. A. E. M., & Nagdy M. M., 2018. *Effect of Salinity Stress and Soil Types on Growth, Photosynthetic Pigments and Essential Oil of Artemisia annua L.* *Asian Journal of Crop Science*, 10(1), 40-47.

Bahri, F., Harrak, R., Achak, N., &Romane, A. (2013). Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils isolated from *Juniperus thurifera* L. var. *Africana*. *Natural Product Research*, 27(19), 1789-1794.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.

Baldé AM, Traoré MS, Diallo MST, Baldé ES, Huang Y, Liu Z, Oularé K, Barry MS, Baldé MA, Camara A, Berghe DV, Vlietinck A, Pieters L, Ethnobotanical survey, antimicrobial and anticomplement activities of Guinean medicinal plants traditionally used in the treatment of inflammatory diseases in Conakry and Dubreka, *Journal of Plant Sciences*, 2015; 3(1-2):11-19.

Bellili S., Aouadhi C., Dhifi W., Ghazghazi H., Jlassi C., Sadaka C., ... & Mnif W., 2018. *The Influence of Organs on Biochemical Properties of Tunisian Thuja occidentalis Essential Oils*. *Symmetry*, 10(11), 649.

Benkada., 1990. *Isolation des huiles essentielles de la menthe suaveolens, ehrh (Bous Domrane) de la région de Tlemcen et leur analyse par différents méthodes chromatographiques mise en évidence du composé majoritaire « la pulégone »*. Thèse de magister en chimie, Université de Tlemcen, 42, 76 p.

Boudjedjou L., 2020. *Etude de la composition chimique et activités biologiques des huiles essentielles de quelques espèces endémiques*. Thèse de doctorat en biologie végétale, Université de Ferhat Abbas Sétif 1, 15, 36 à 40 p.

Boudjedjou, L., Ramdani, M., Zeraib, A., Benmeddour, T., & Fercha, A. (2019). Chemical composition and biological activities of Algerian *Santolina africana* essential oil. *Scientific African*, 4, e00090.

Bourkhiss, B., Hnach, M., Bourkhiss, M., Ouhssine, M., & Chaouch, A. (2007). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* L. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 146, 61–72.

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), pp.223–253.

Calvo, J., & Martinez-Martinez, L. (2009). Antimicrobial mechanisms of action. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 27(1), 44–52.

Cantón, R., Morosini, M. I. (2011). Emergence and spread of antibiotic resistance following exposure to antibiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 35(5), 977–991.

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically*. CLSI standard M07, 12e éd., 2021, p. 25.

De Billerbeck, V.G. Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie* 2007, 5, 249–253.

Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4), 25.

Dias, C., Aires, A., N Bennett, R., AS Rosa, E., J Saavedra, M. (2012). First study on antimicrobial activity and synergy between isothiocyanates and antibiotics against selected gram-negative and gram-positive pathogenic bacteria from clinical and animal source. *Medicinal chemistry*, 8(3), 474-480.

Elhamzaoui, S., Benouda, A., Allali, F., Abouqual, R., & Elouennass, M. (2009). Sensibilité aux antibiotiques des souches de *Staphylococcus aureus* isolées dans deux hôpitaux universitaires à Rabat, Maroc. *Médecine et maladies infectieuses*, 39(12), 893-894.

Little, D. P. (2006). Evolution and circumscription of the true cypresses (Cupressaceae: Cupressus). *Systematic Botany*, 31(3), 461-480.

Eslahi, H., Fahimi, N., Sardarian, A. R. (2017). Chemical composition of essential oils. *Essential oils in food processing: chemistry, safety and applications*, 119-171.

Etebu, E., Ariekpar, I. (2016). Antibiotics: Classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives. *International journal of applied microbiology and biotechnology research*, 4(2016), 90-101.

Feudjieu, E. G., Kemegne, G. A., Tchinda, F. C., Tchamgoue, D. A., Ndedi, E. D. F. M., Matchuenkam, G. S., & Agbor, G. A. (2023). Synergistic effects of essential oils and antibiotics against some bacterial strains.

Fisher, K. Phillips, C., 2008. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is Citrus the answer? *Trends in Food Science & Technology*, 19(3), pp.156–164.

Gauquelin Th., Chondroyannis P., Boukhdoud N., Bouyssou M., Caroline BRUNEL, Danneyrolles V, Delforge Q., Guiraud M., Marchand C., Mathaux C., Orighoni H., Quent M., Sbeiti A., Sinet R., 2012 ; Le Genévrier thurifère, espèce partagée au Nord et au Sud de la Méditerranée. Exemple d'une approche d'écologie globale à l'occasion du IV^e colloque international de Saint-Crépin et Mont-Dauphin (5-8 octobre 2011). *Forêt méditerranéenne*, XXXIII(3) : 1-13.

Gauquelin, T., Idrissi Hassni M., Leberton P., 1988; Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.)(Cupressacées), analyse biométrique et biochimique, propositions systématiques. *Ecologia Mediterranea*, 14: 31-42.

Guardabassi, L., Courvalin, P. (2006). Modes of antimicrobial action and mechanisms of bacterial resistance. In *Antimicrobial resistance in bacteria of animal origin* (pp. 1–18). American Society of Microbiology.

Guestem A., Seguin E., Paris M., Orecchioni A. M., 2001. *Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, Botanique, Pharmacognosie, phytothérapie*. Tec. et Doc. (Ed.), Paris, 273 p.

Guignard J. L., 2000. *Biochimie végétale*. 2^{ème} édition, Dunod (Ed.), Paris, pp. 177-185.

Guinoiseau, E., Luciani, A., Rossi, P. G., Quilichini, Y., Ternengo, S., Bradesi, P., Berti, L. (2010). Effets cellulaires induits par les huiles essentielles d'*Inula graveolens* et de *Santolina corsica* sur *Staphylococcus aureus*. *Revue européenne de microbiologie clinique et de maladies infectieuses*, 29(6), 873-879.

Gupta V., Mittal P., Bansal P., Khokra S. L., & Kaushik D., 2010. *Pharmacological potential of Matricaria recutita – A review*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2(1), 12-16.

Guschin, A., Ryzhikh, P., Rummyantseva, T., Gomberg, M., Unemo, M. (2015). Treatment efficacy, treatment failures and selection of macrolide resistance in patients with

high load of *Mycoplasma genitalium* during treatment of male urethritis with josamycin. *BMC Infectious Diseases*, 15(1), 40.

Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in microbiology*, 3, 12.

Kapoor, G., Saigal, S., & Elongavan, A. (2017). Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, 33(3), 300-305.

Kar, S., Gupta, P., & Gupta, J. (2018). Essential oils: Biological activity beyond aromatherapy. *Natural Product Sciences*, 24(3), 139-147.

Lardry J. M., & Haberkorn V., 2007. *L'aromathérapie et les huiles essentielles*. Kinésithérapie, la revue, 7(61), 14-17.

Larsson S, Svensson M, Ternhag A (2022) Production loss and sick leave caused by antibiotic resistance: a register-based cohort study. *BMC Public Health* 22(527):1–9.

Mann, C. M., Cox, S. D., & Markham, J. L. (2000). The outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa* NCTC 6749 contributes to its tolerance to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Tea tree oil). *Letters in Applied Microbiology*, 30, 294–297.

Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L., Aafi, A., & Farah, A. (2010). Valorization of the essential oils of Moroccan Juniperus thurifera and Juniperus oxycedrus. *Phytothérapie*, 8, 166-170.

Mao K., Hao G., Liu J., Adams R. P., Milne R. I. 2010. Diversification and biogeography of Juniperus (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist*, 188: 254–272.

Martin, R. M., & Bachman, M. A. (2018). Colonization, infection, and the accessory genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 8, 4.

Masoodi, M.H., Ahmed, B., Zargar, I.M., Khan, S.A., Khan, S., Singh, P., (2008): Antibacterial activity of whole plant extract of *Marrubium vulgare*. *African Journal of Biotechnology*, 7: 86-87.

Mayaud, L., Carricajo, A., Zhiri, A., & Aubert, G. (2008). Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. *Letters in applied microbiology*, 47(3), 167-173.

Moisa C., Lupitu A., Pop G., Chambre D. R., Copolovici L., Cioca G., ... & Copolovici D. M., 2019. *Variation of the Chemical Composition of Thymus Vulgaris Essential Oils by Phenological Stages*. *Revista de Chimie*, 70(2), 633-637.

Moussaoui, F., & Alaoui, T. (2016). Evaluation of antibacterial activity and synergistic effect between antibiotic and the essential oils of some medicinal plants. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(1), 32-37.

Muylaert, A., & Mainil, J. (2013). Résistance bactérienne aux antibiotiques, les mécanismes et leur "contagiosité". *Annales de Médecine Vétérinaire*, 156, 109–123. Université de Liège.

Oussou, K. R. (2009). *Étude chimique et activité biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne* (Doctoral dissertation, Université de Cocody-Abidjan), 241 p.

Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., & Roura, S. I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.

Rahayu DP, De Mori A, Yusuf R, Draheim R, Lalatsa A, Roldo M (2022) Enhancing the antibacterial effect of chitosan to combat orthopaedic implant-associated infections. *Carbohydr Polym* 289:119385.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57(1), 405-424.

Reynolds, P. E. (1989). Structure, biochemistry and mechanism of action of glycopeptide antibiotics. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 8(11), 943–950.

Rguez S., Msaada K., Daami-Remadi M., Chayeb I., Bettaieb Rebey I., Hammami M., ... & Hamrouni-Sellami I., 2019. *Chemical composition and biological activities of essential oils of Salvia officinalis aerial parts as affected by diurnal variations*. *Plant Biosystems*, 153(2), 264-272.

Rosato, A., Vitali, C., De Laurentis, N., Armenise, D., & Milillo, M. A. (2007). Antibacterial effect of some essential oils administered alone or in combination with Norfloxacin. *Phytomedicin*

Rubió, L., Motilva, M. J., & Romero, M. P. (2013). Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: a review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(9), 943-953.

Schulz, C., Jagel, A., & STÜTZEL, T. H. O. M. A. S. (2003). Cone morphology in Juniperus in the light of cone evolution in Cupressaceae sl. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 198(3), 161-177.

Scudamore, R. A., & Goldner, M. (1982). Limited contribution of the outer-membrane penetration barrier towards intrinsic antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*. *Canadian Journal of Microbiology*, 28(2), 172 p.

Shahbazi Y., 2016. *Variation in chemical composition of essential oil of Ferulago angulata collected from west parts of Iran*. *Pharmaceut Sci*, 22(1), 16-21.

Silva, N. C. C., & Fernandes Júnior, A. J. J. O. V. A. (2010). Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity. *Journal of venomous animals and toxins including tropical diseases*, 16, 402-413.

Sipailiene, A., Venskutonis, P. R., Baranauskiene, R., & Sarkinas, A. (2006). Antimicrobial activity of commercial samples of thyme and marjoram oils. *Journal of Essential Oil Research*, 18, 698–703.

Taconelli, E.; Carrara, E.; Savoldi, A.; Harbarth, S.; Mendelson, M.; Monnet, D.L.; Pulcini, C.; Kahlmeter, G.; Kluytmans, J.; Carmeli, Y.; et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: The WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect. Dis.* 2018, 18, 318–327.

Taiz L., & Zeiger E., 2006. *Secondary metabolites and plant defense*. *Plant Physiology*, 4, 315-344.

Véla E., Schäfer P. A., 2013; Typification de *Juniperus thurifera* var. *africana* Maire, délimitation taxonomique et conséquences nomenclaturales sur le Genévrier thurifère d'Algérie. *Ecologia mediterranea*, 39 (1): 69-80.

Verma N., & Shukla S., 2015. *Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 105-113.

Virginie L., 2015. *Huiles essentielles et 1,8-Cineole*. Thèse de doctorat en Sciences pharmaceutiques, Université de Lorraine (France), pp. 19-24.

Wagner, H., & Ulrich-Merzenich, G. (2009). Synergy research: approaching a new generation of phytopharmaceuticals. *Phytomedicine*, 16(2-3), 97-110.

Wang, G., Zhao, G., Chao, X., Xie, L., & Wang, H. (2020). The characteristic of virulence, biofilm and antibiotic resistance of *Klebsiella pneumoniae*. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 8 p.

Yagupsky, P. (2006). Selection of antibiotic-resistant pathogens in the community. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 25(10), 974–976.

Younis A., Khan M. A., Khan A. A., Riaz A., & Pervez M. A., 2007. *Effect of different extraction methods on yield and quality of essential oil from four Rosa species*. Floriculture and Ornamental Biotechnology, 1(1), 73-76.

Zeraib A., 2010; Monographie du genre Moricandia DC. De l'est algérien. Mémoire de Mag., Univ. Ferhat Abbès, Sétif, 103 P.

Zeraib, A., Bendif, H., & Belhamra, M. (2014). Antibacterial activity and chemical composition of the essential oil of *Juniperus thurifera* L. from Algeria. Plovdiv University Scientific Papers, Series B: Natural Sciences, 12(1), 39–47.

Zeraib, A., Messaoud, R., Boudjedjou, L., Chalard, P., & Figueredo, G. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of *Juniperus thurifera* L. essential oils. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 3(2), 105–113.

Zhuang, W. Q., Tay, J. H., Maszenan, A. M., Krumholz, L. R., & Tay, S. T. L. (2003). Importance of Gram-positive naphthalene-degrading bacteria in oil-contaminated tropical marine sediments. *Letters in Applied Microbiology*, 37(4), 251–270

ملخص

يتناول هذا البحث دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لزيت *Juniperus thurifera* الأساسية المستخلصة من الأوراق والأغصان. أظهرت النتائج أن الزيت المستخرجة من الأوراق كانت أكثر فعالية ضد عدة سلالات بكتيرية، خاصة *S.aureus*، *E.coli*، و *P.aeruginosa*. أبدت *K.pneumoniae* مقاومة ملحوظة لكل من الزيوت الأساسية. وقد تمت مقارنة فعالية هذه الزيوت مع المضادين الحيويين الريفامبيسين والفانكوميسين، حيث تبين أن الريفامبيسين أكثر فاعلية، خصوصاً ضد *E. coli* و *S.aureus*. كما أظهرت التركيبات المشتركة من الزيوت والمضادات تأثيرات متباينة حسب السلالة البكتيرية، إذ سُجّلت تأثيرات تآزرية مع *P. aeruginosa* و *S.aureus*، بينما كانت التأثيرات متضادة مع *K. pneumoniae*. تُبرز الدراسة إمكانات *Juniperus thurifera* كمصدر واعد لمركبات مضادة للبكتيريا.

الكلمات المفتاحية: زيوت أساسية – *Juniperus thurifera* – نشاط مضاد للبكتيريا – مضادات حيوية.

Résumé

Cette recherche porte sur l'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* extraites des feuilles et des rameaux. Les résultats ont montré que les huiles extraites des feuilles étaient plus efficaces contre plusieurs souches bactériennes, en particulier *S. aureus*, *E.coli* et *P. aeruginosa*, tandis que *K. pneumoniae* a montré une résistance marquée à l'égard des deux huiles essentielles. L'efficacité de ces huiles a été comparée à celle de deux antibiotiques, la rifampicine et la vancomycine, révélant que la rifampicine était plus active, notamment contre *E. coli* et *S. aureus*. Les combinaisons entre les huiles et les antibiotiques ont montré des effets variables selon la souche bactérienne : des effets synergiques ont été observés avec *P. aeruginosa* et *S.aureus*, tandis que des effets antagonistes ont été notés avec *K. pneumoniae*. Cette étude met en évidence le potentiel de *Juniperus thurifera* comme source prometteuse de composés antibactériens.

Mots-clés : Huiles essentielles – *Juniperus thurifera* – Activité antibactérienne – Antibiotiques.

Abstract

This research focuses on the study of the antibacterial activity of essential oils from *Juniperus thurifera* extracted from leaves and twigs. The results showed that the oils extracted from the leaves were more effective against several bacterial strains, especially *S.aureus*, *E.coli*, and *P.aeruginosa*, while *K.pneumoniae* exhibited marked resistance to both essential oils. The effectiveness of these oils was compared to that of two antibiotics, rifampicin and vancomycin, revealing that rifampicin was more active, particularly against *E. coli* and *S. aureus*. Combinations of the oils with antibiotics showed varying effects depending on the bacterial strain: synergistic effects were observed with *P. aeruginosa* and *S. aureus*, whereas antagonistic effects were noted with *K. pneumoniae*. This study highlights the potential of *Juniperus thurifera* as a promising source of antibacterial compound.

Keywords: Essential oils – *Juniperus thurifera* – Antibacterial activity – Antibiotics.

Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025
---------------------------------------	-----------------------------------

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	لقب و اسم الطالب (ة) :
Jeune Hour el Houde Amrane DONIA	بنة حور الهودا / اسمعنان دينا

La mention التقدير	Note(./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكورة عنوان
.....		
évaluation de l'activité antibactérienne de huiles essentielles de Juniperus phoenicea		

تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur :

Déclaration :
Je soussigné (e), Dr. A. K. Singh
(grade) Head of the Department à l'université
de Dr. A. K. Singh, avoir examiné intégralement ce
memoire après les modifications apportées par l'étudiant.

J'atteste que :

- * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV
* toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury.
* d'autres anomalies ont été corrigées

تصريح:

أنا الممضي (ة) أسفله.....
(الرتبة).....
.....
أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة
وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه
أشهد بأن :
* المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم
الطبيعية والحياة.
* المذكرة صحت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة
* تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة

<u>Décision :</u> Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie		<u>قرار :</u> اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة :			
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

التاريخ
2025 / 0.6 / 23

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire