



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence 2023 / 2024

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :

**Djehiche Halima/ Tebri Amani**

MéLe:

## Méta-analyse de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*.

---

### Jury :

Mme	NEFOUCI FATIMA	MAA	Université- Biskra	Examineur
Mr	ZAROUAL SAMIR	MCA	Université-Biskra	Président
Mme	BOUDJEDJOU LAMIA	MCB	Université - Biskra	encadrant

Année universitaire : 2023/2024

## **Remerciements**

*Avant toute chose on remercie Dieu  
tout puissant pour m' avoir donné la force et la patience de continuité,  
et nous a donné la volonté pour réaliser ce travail de recherche.*

*On voudrais dans un premier temps adresser nos profonds remerciements à, notre  
encadreur de mémoire  
Mme Lamia Boudjedjou  
pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à  
Alimenter nos réflexion.*

*Merci pour votre soutien, et la confiance que nous a accordée.*

*On adresse également nos reconnaissances à tous les membres de jury  
, qui on a fait l'honneur de juger ce travail et de participer au jury de ce mémoire.*

*On adresse nos sincères  
On veut aussi remercier tous mes enseignants  
Durant les cinq années qui ont constitué un apport considérable  
Pour qu'en atteigne ce jour.  
Avec tous les estimes et profonds respects.*

## **Dédicaces**

*Avec tout sentiment de tendresse, je dédie ce modeste travail.*

*À mon très cher père*

*Mr. Saad*

*J'ai vécu dans l'admiration de ta grande personnalité et de ta bonté.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, te protéger et t'accorder une meilleure santé et*

*Longue vie afin que je puisse*

*Te rendre un minimum de ce que je te dois.*

*À ma très chère mère*

*Mme. Hadda*

*Je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère.*

*exceptionnelle dont*

*J'ai la fierté d'être La fille.*

*Et que Dieu tout puissant, préserve ton sourire et t'assure une bonne*

*Santé et une longue vie afin que je puisse te combler à mon amour.*

*À mes frères et mes sœurs*

*Okba, Ali, Meriem, Khadija pour leur appui et encouragement*

*À mon fiancé Mr. Saddam*

*Pour ses encouragements, son soutien infaillible et sa présence permanente*

*À mes amis(es) et collègues,*

*Amel, Ahlem, Hanine, Fatima*

*À tous les moments qu'on a passés ensemble, à tous nos souvenirs !*

*Je vous souhaite à tous une longue vie pleine de bonheur et de prospérité.*

*Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon respect.*

*Merci pour tous les moments formidables qu'on a partagés.*

*À tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.*

*Halima*

## *Dédicace*

*A celle qui est sacrifiée pour mon éducation, qui est ma source de tendresse de don et de confiance et qui fait tout pour ma réussite ma chère mère : **Hadda** que dieu la garde.*

*A mes sœurs **Hanine et Nada***

*À toute ma famille paternelle **Tebri**  
et maternelle **Mabrouki**.*

*A toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation.*

***Amani***

# Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Introduction .....	1
I. 1. Aspect botanique .....	3
I.1.1 La famille des <i>Cupressacées</i> .....	3
I.1.2. Le genre <i>Juniperus</i> .....	3
I.1.3. L'espèce <i>Juniperus phoenicea</i> .....	3
I.1.3.1. Description botanique et répartition géographique.....	3
I.1.3.2 Nomenclature.....	5
I.1.3.3. classification systématique .....	5
I.2. Généralités sur les huiles essentielles .....	5
I.2.1. Définitions .....	5
I.2.2. Répartition des huiles essentielles .....	6
I.2.3. Formation et localisation des huiles essentielles .....	6
I.2.4. Les procédés d'obtentions des huiles essentielles .....	6
I.2.4.1. L'hydro-distillation .....	7
I.2.4.2. Entraînement à la vapeur .....	7
I.2.4.3. Pression à froid .....	8
I.2.4.4. Enfleurage.....	8
I.2.5. Caractère physico-chimique des huiles essentielles .....	9
I.2.6. Composition chimique des huiles essentielles .....	9
I.2.6.1. Les composés terpéniques .....	9
I.2.6.2. Composants aromatiques.....	10
I.3. Activité biologique des huiles essentielles.....	10
I.3.1. Activité antioxydant.....	10
I.3.2. Activité anti-inflammatoire .....	10
I.3.3. Activité anti-tumorale .....	11

I.3.4. Activité antibactérienne.....	11
II. Matériel et méthodes .....	13
II.1. Matériel .....	13
Les bases de données utilisées :.....	13
II.2. Méthodes.....	13
II.2.1 Collecte des données.....	13
II.2.2 Extraction des données .....	15
II.2. 3 Analyse des données .....	16
III.1. les données collectées.....	17
III.2. Les huiles essentielles de <i>Juniperus phoenicea</i> .....	21
III.2.1 La partie de la plantes utilisée.....	21
III.2.2 Origine géographique de la plante .....	21
III.2.3 La méthode d'extraction des huiles essentielles .....	22
III.2.4 Composition chimique des HEs .....	23
III.3 Activité antibactérienne .....	25
III.3.1 Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne .....	25
III.3.2 Souches bactériennes testées.....	25
III.4 Etude de la corrélation entre la composition chimique des HEs et l'activité antibactérienne .....	27
Conclusion .....	33
Références bibliographiques .....	35
Résumé.....	43

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Classification systématique de <i>Juniperus phoenicea</i> (Menaceur, 2015) .....	5
<b>Tableau 2.</b> Liste des publications recensées. ....	14
<b>Tableau 3.</b> Les données extraites des articles scientifiques sélectionnés. ....	18
<b>Tableau 4.</b> Les parties de <i>Juniperus phoenicea</i> utilisés pour l'extraction des HEs.....	21
<b>Tableau 5.</b> L'origine géographique de l'espèce <i>Juniperus phoenicea</i> récoltée dans les publications sélectionnées. ....	21
<b>Tableau 6 .</b> Les classes chimiques des huiles essentielles de <i>J. phoenicea</i> . ....	23
<b>Tableau 7.</b> Principaux constituants des HEs de <i>J. phoenicea</i> rapportées dans la littérature.....	23
<b>Tableau 8.</b> Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne de HEs de <i>J.phoenicea</i> rapportées dans la littérature .....	25
<b>Tableau 9.</b> Moyenne des zones d'inhibition produites par les huiles essentielles de <i>J. phoenicea</i> vis- à-vis des souches bactériennes testées. ....	25

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> <i>Juniperus phoenicea</i> .....	4
<b>Figure 2.</b> Aire de répartition des genévriers du groupe <i>phoenicea</i> en région méditerranéenne (Abdelli, 2017). .....	4
<b>Figure 3.</b> Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005). .....	7
<b>Figure 4.</b> Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau (ElHaib, 2001). .....	8
<b>Figure 5.</b> Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Bouyahya et al., 2017). .....	11
<b>Figure 6.</b> Zones d'inhibition des huiles essentielles de <i>J. phoenicea</i> contre les souches bactériennes. ....	26
<b>Figure 7.</b> Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti- <i>E.coli</i> . ....	29
<b>Figure 8.</b> Correlation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti-staphylococcus .....	32

# Liste des abréviations

**HEs** : Huiles essentielles.

***J.phoenicea*** : *Juniperus phoenicea*.

**m** : mètre.

**mm** : millimètre.

***S.aureus*** : Staphylococcus aureus.

***E.coli*** : Esherichia coli.

***P.aeruginosa*** : Pseudomonas aeruginosa.

***B.cereus*** : Bacillus cereus.

**LPS** : Lipopolyscharides.

**(+)** : Positive.

**(-)** : Négative.

**HD** : Hydrodistillation.

**IZ** : Zone Inibition.

**IZEC** : Zone Inibition Esherichia coli.

**IZS** : Zone Inibition Staphylococcus aureus.

# **Introduction**

## Introduction

Les plantes ont, toujours, fait partie de la vie quotidienne de l'homme. Il s'en sert pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses rites religieux. Elles ont été utilisées dans la médecine traditionnelle pendant plusieurs millénaires et, à travers les siècles, la connaissance des plantes médicinales et des remèdes végétaux n'a pas cessé de s'enrichir (Mpondo *et al*, 2017).

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans les soins de santé ainsi qu'à leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux (Kaidi *et al*, 2023).

*Juniperus phoenicea* est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde. Elle est considérée comme ayant une grande valeur médicinale et est utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. Ses propriétés comprennent le traitement de la diarrhée, des rhumatismes et du diabète. Elle peut également être utilisée comme inhalateur de vapeur pour la bronchite et pour contrôler l'arthrite. Les baies de cette plante sont utilisées comme hypoglycémiantes orales, tandis que les feuilles sont utilisées pour les maladies broncho-pulmonaires et comme diurétiques. Les récentes recherches mettent en évidence les propriétés antimicrobiennes de ces huiles essentielles (Raho *et al*, 2017).

Face à l'augmentation de la résistance des bactéries aux antibiotiques à cause de leur utilisation massive et répétée, il existe nombreuses avenues de recherche dans les substances naturelles ayant une activité antibactérienne pour l'identification d'antibiotiques naturels ayant un effet à long terme (Guinoiseau, 2010).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est l'analyse systématique par la combinaison des données provenant de multiples études réalisées sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* dans le but de mieux comprendre l'action de ces HEs sur diverses souches bactériennes. Cela permettrait également de déterminer quelles sont les bactéries les plus sensibles et d'identifier les molécules responsables de leur activité.

Notre manuscrit est composé de trois chapitres, initié par une recherche bibliographique où nous apportons une présentation de la plante étudiée, sa description, sa répartition géographique,

et sa classification systématique. Puis, des généralités sur les huiles essentielles, leur répartition et localisation, leurs procédés d'obtention et leurs caractères physico-chimiques

Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes adoptées.

Le troisième chapitre abordera les différents résultats et leurs discussions. Enfin, le manuscrit est clôturé par une conclusion.

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre 1.**

## **Synthèse bibliographique**

## I. 1. Aspect botanique

### I.1.1 La famille des *Cupressacées*

Les Cupressacées (Cupressaceae) ou cupressinées sont une famille de plantes gymnospermes très anciennes dont les vestiges sont présents dans les couches du Jurassique. Anciennement, elle a été séparée entre les Cupressacées sensu stricto (un genre à feuilles opposées dans quatre rangs) et les Taxodiacées (feuilles alternes). Il s'agit d'une des familles les plus grandes et les plus importantes, comprenant 142 espèces réparties dans 30 genres (dont 17 sont monotypiques), parmi lesquels *Cupressus* (cyprès), *Juniperus* et *Thuja* sont les plus caractéristiques (Singh, 2006).

### I.1.2. Le genre *Juniperus*

*Juniperus* est un des genres les plus importants de la famille des *Cupressacées*. *Juniperus* est un genre de 67 espèces et 28 variétés. Il comprend des arbustes à feuilles persistantes ou d'arbres qui aiment les sols secs rocheux ou sableux. Les espèces de ce genre sont toutes de l'hémisphère nord, sauf *Juniperus procera* Hochst. Ex endl qui pousse dans l'hémisphère sud (Afrique de l'Est) (Athamna, 2021).

*Juniperus* (Cupressaceae) est un genre de plantes indigènes originaires des régions méditerranéennes. Dans la flore algérienne, on retrouve cinq espèces : *J. oxycedrus* L., *J. Sabina* L., *J. thurifera* L., *J. communis* L. et *J. phoenicea* L. On la désigne couramment en Afrique du Nord sous le nom de « Al aar-aar » (Harhour, 2018).

### I.1.3. L'espèce *Juniperus phoenicea*.

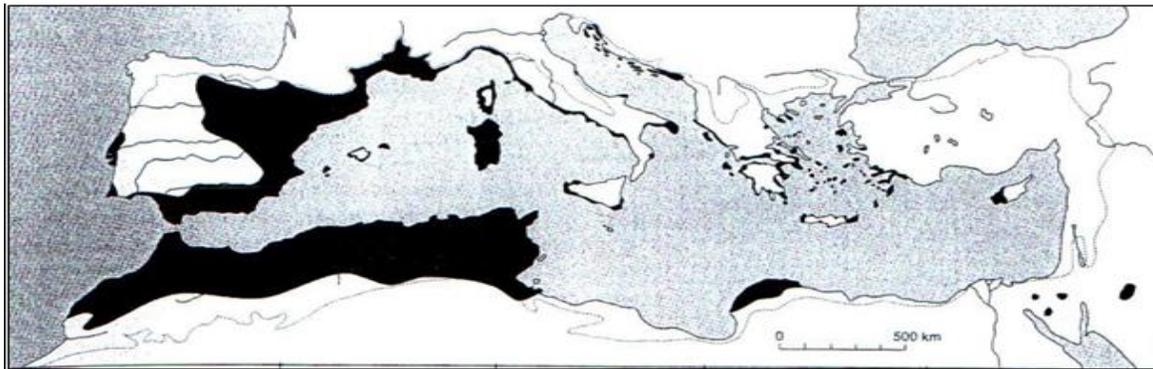
#### I.1.3.1. Description botanique et répartition géographique.

Genévrier de Phénicie, arbuste à feuillage persistant, de 5 à 8 m de haut, tronc de 1 à 2 m de diamètre. Il a une forme arbustive à plusieurs tiges près du sol. Une cime dense, conique d'abord, puis élargie, avec des branches ascendantes souvent recourbées. L'écorce est d'un brun grisâtre foncé, qui se détache en bandes étroites. Les feuilles sont semblables à des aiguilles sur les jeunes plantes, larges d'environ 1 mm et longues de 5 à 14 mm, avec 2 bandes stomatiques sur les deux faces foliaires. Dans certaines populations, le genévrier est principalement monoïque, mais il peut également être dioïque (Boukraa, 2023).



**Figure 1.** *Juniperus phoenicea*

Le genévrier phénicien est présent dans tout le bassin méditerranéen, avec des populations dispersées, sur les côtes atlantiques et les montagnes de l'Atlas africain à l'ouest, en Jordanie, dans la péninsule du Sinaï, le long de la mer Rouge à l'est de l'Arabie saoudite. On le trouve aussi à Madère et aux îles des Canaries. Sa croissance peut atteindre 2400 mètres d'altitude dans la chaîne montagneuse de l'Atlas et celle de l'Asir (Arabie Saoudite) (Boukraa, 2023).



■ Zones de couverture

**Figure 2.** Aire de répartition des genévriers du groupe phoenicea en région méditerranéenne (Abdelli, 2017).

### I.1.3.2 Nomenclature

Nom arabe : Arar.

Nom tamazight : Zemba (Bouyahyaoui *et al.*, 2016).

Nom français : Genévrier rouge, genévrier de phoenicie.

Nom anglais : *phoenician juniper*, red cedar (Moustafa *et al.*, 2016).

### I.1.3.3.classification systématique

La classification botanique de cette plante est comme suite :

**Tableau 1.** Classification systématique de *Juniperus phoenicea* (Menaceur, 2015)

<b>Régne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Spematophytes
<b>Sous embranchement</b>	Gymnospermes
<b>Classe</b>	Pinopsida
<b>Ordre</b>	Pinales
<b>Famille</b>	Cuperessaceae
<b>Genre</b>	<i>Juniperus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Juniperus phoenicea</i>

## I.2. Généralités sur les huiles essentielles

### I.2.1.Définitions

Différentes définitions peuvent être proposées pour une huile essentielle.

Une huile essentielle est un mélange complexe de substances volatiles, lipophiles, odorantes et souvent liquides qui se trouvent naturellement dans des tissus végétaux spécifiques. (Bruneton, 1993 ; Kelemba et Kunicka, 2003).

Les huiles essentielles sont extrêmement résistantes à la chaleur et à la lumière, ce qui les rend extrêmement volatiles (Federico et Victoire, 2013).

Les huiles essentielles, également connues sous le nom d'huiles volatiles, sont des composés huileux qui ont des odeurs volatiles. Ces huiles peuvent être dissoutes dans de l'alcool et de l'éther, mais leur solubilité dans l'eau est extrêmement faible. Il est possible qu'elles soient jaunâtres ou incolores, et elles sont liquides à température ambiante (Bousbia, 2011).

### **I.2.2.Répartition des huiles essentielles**

Le règne végétal regorge d'huiles essentielles, notamment parmi les végétaux supérieurs, avec environ 17 500 espèces aromatiques identifiées. Un nombre limité de familles botaniques possèdent la capacité de générer les composants qui constituent les huiles essentielles. Par exemple : *Myrtaceae* (Girofle), *Lauraceae* (laurier), *Rutaceae* (citron), *Lamiaceae* (Menthe), *Apiaceae* (Coriandre), *Zingiberaceae* (Gingembre)... (Bellakhdar, 1997).

### **I.2.3.Formation et localisation des huiles essentielles**

Toutes les parties vivantes de la plante renferment des huiles essentielles qui se créent dans le cytoplasme de diverses cellules sécrétrices en fonction de l'organe végétal étudié. Les cellules glandulaires spécialisées ont tendance à se regrouper et à être recouvertes d'une cuticule protectrice. Ensuite, ces huiles essentielles se conservent et se regroupent dans des structures histologiques spécifiques, généralement à la surface de la plante. Ces structures incluent des cellules qui produisent des huiles essentielles (*Lauraceae et Zingiberaceae*), des poils glandulaires épidermiques qui génèrent des essences superficielles (*Labiaceae, Geraniaceae et Rutaceae*), des poches sécrétrices (*Myrtaceae, Auranthiaceae et Rutaceae*) ainsi que des canaux sécréteurs (*Apiaceae, Umbelliferaeae et Asteraceae*). (Bruneton, 1999 ; Boz *et al.*, 2009).

Différents éléments végétaux peuvent renfermer des huiles essentielles, tels que les fleurs de (lavande et de menthe). Toutefois, on peut aussi les retrouver dans les racines ou les rhizomes, comme le vétiver et le gingembre, ainsi que dans les écorces (comme la cannelle), le bois (comme le camphrier), les fruits (comme les poivres) et les graines (comme la muscade) (Bencheikh, 2017).

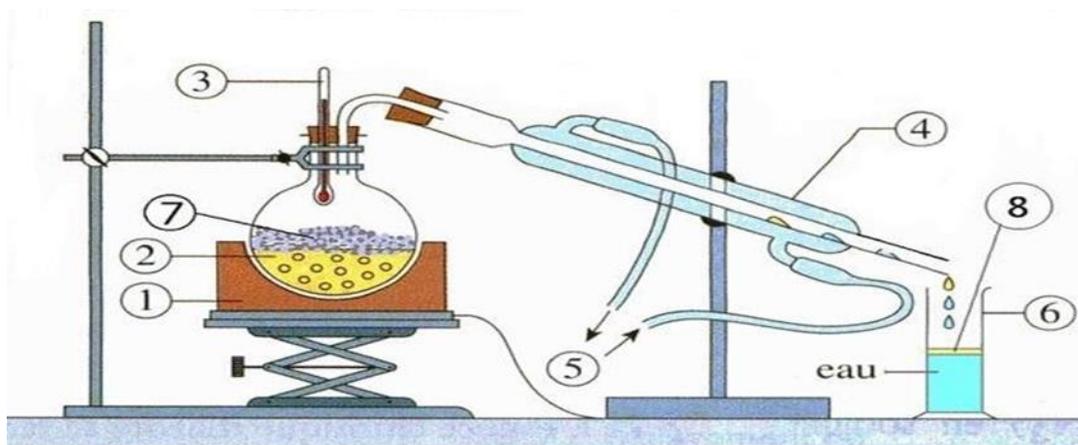
### **I.2.4.Les procédés d'obtentions des huiles essentielles**

L'extraction des huiles essentielles (HE) est un processus complexe et délicat qui a pour objectif de dénicher et de collecter les éléments produits par les plantes, tout en préservant leur qualité (Haddouchi *et al.*, 2008). Différentes méthodes sont employées afin d'obtenir les HEs.

Parmi lesquelles : la distillation par hydro-distillation, l'entraînement à la vapeur, l'expression à froid, l'enfleurage... (Angone *et al.*, 2014).

#### I.2.4.1. L'hydro-distillation

Elle consiste à plonger directement le matériel végétal à traiter (qu'il soit intact ou préalablement broyé) dans un alambic rempli d'eau distillée, puis de le chauffer jusqu'à ébullition afin d'extraire les composés ciblés du matériel végétal (Bekhechi et Abdelouahid, 2014). Pendant le processus, la vapeur d'eau génère l'essence désirée. Cette vapeur, contenant de l'huile, se condense en traversant un réfrigérant et se déverse dans une ampoule à décanter. Ensuite, la séparation de l'eau et de l'huile se produit en raison de leur différence de densité. La séparation repose sur la majorité des composés volatils présents dans les plantes qui peuvent être emportés par la vapeur d'eau (Khrich *et al.*, 2017).



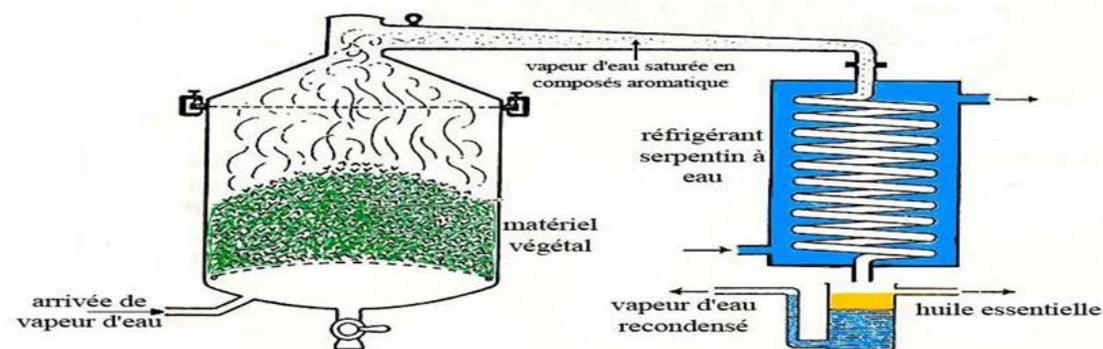
1- Chauffe ballon ; 2- Ballon ; 3- Thermomètre ; 4- Réfrigérant ; 5- Entrée et sortie d'eau ; 6- Erlenmeyer ; 7- Matière à extraire l'essence ; 8- Couche d'huile essentielle.

**Figure 3.** Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).

#### I.2.4.2. Entraînement à la vapeur

Le matériel végétal est mis dans un alambic qui est en général est une cuve métallique inerte telles que le cuivre ou l'acier inoxydable avec un tamis au fond pour garder les plantes hors de contact directe avec l'eau. La vapeur générée traverse le végétal et entraîne les gouttelettes d'huile essentielle. Cette vapeur chargée est refroidie dans un serpentin par un circuit d'eau froide, retourne à l'état liquide. L'HE est hydrophobe et souvent moins dense que l'eau, flotte

dans la majorité des cas à la surface et est recueillie après décantation, grâce à un vase florentin ou essencier (Baudoux *et al.*, 2012).



**Figure 4.** Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau (ElHaib, 2001).

#### I.2.4.3. Pression à froid

Il s'agit d'une méthode simple où les écorces des agrumes sont froidement pressées afin d'extraire leurs huiles essentielles (Kouassi *et al.*, 2018). On fait appel à l'expression à froid pour extraire des huiles essentielles provenant d'agrumes tels que le citron, la bergamote et les huiles de mandarine. Lors de cette étape, on retire la couche externe de la peau du fruit qui renferme l'huile par lavage. Par la suite, le fruit entièrement est pressé afin d'extraire le jus de la pâte et de libérer l'huile essentielle. La présence de l'huile essentielle à la surface du jus permet de la séparer du jus par centrifugation (Hilali, 2020).

#### I.2.4.4. Enfleurage

L'enfleurage est une méthode qui remonte à l'antiquité égyptienne et indienne, principalement pour obtenir des fragrances très spécifiques (Federico et victoire, 2013). Ce procédé fréquemment utilisé pour traiter les fleurs consiste à immerger les pétales de fleurs dans une substance grasse animale qui se transforme en essence. Ensuite, la matière grasse est "essuyée" et "purifiée" en utilisant l'alcool absolu, puis cet alcool est réduit sous vide (Angone *et al.*, 2014).

### **I.2.5. Caractère physico-chimique des huiles essentielles**

En ce qui concerne les propriétés physico-chimiques, les huiles essentielles forment un groupe très homogène (Bruneton, 1993).

Selon Bekhechi et Abdelouahid, (2014) et Bruneton, (2015), les principales caractéristiques des huiles essentielles sont :

- ✓ Liquide à température ambiante.
- ✓ Ce sont des substances de consistance huileuse, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes et volatiles.
- ✓ Leur point d'ébullition varie de 160°C à 140°C.
- ✓ Elles sont volatiles ce qui les différencie des huiles «fixes».
- ✓ Elles sont limpides et rarement colorées.
- ✓ Ce sont des parfums, et sont de conservation limitée.
- ✓ Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau.
- ✓ Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée.
- ✓ Entrainables à la vapeur d'eau, elles sont peu hydrosolubles.
- ✓ Soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques, et peu solubles dans l'eau à laquelle, toutefois, elles communiquent leur odeur.

### **I.2.6. Composition chimique des huiles essentielles**

On retrouve plus d'un millier de composants chimiques dans les huiles essentielles (Belaiche, 1979). Ils sont des mélange de composés organiques aux structures et aux fonctions chimique très diverses. En général, les huiles essentielles sont divisées en deux groupes : les terpénoïdes et composants aromatiques (Messara *et al.*, 2018).

#### **I.2.6.1. Les composés terpéniques**

On retrouve ces huiles sous la forme de mélanges variés qui comprennent principalement des composés monoterpéniques (C10) et sesquiterpéniques (C15) (Nazzaro *et al.*, 2013). Ces

composés peuvent être extraits par la distillation, tandis que les autres terpènes (diterpènes en C<sub>20</sub> et triterpènes en C<sub>30</sub>) ne sont pas entraînés par la vapeur d'eau. Ils sont répertoriés selon :

- Leur fonction : alcool (géraniol, linalol), esters (acétate de linalyle), aldéhydes (citral), cétones (menthone, camphre, thuyone), éthers-oxydes (cinéole)...
- Leur structure : acyclique, monocyclique (humulène, zingibérene), bicyclique.... (Marinier et Lobstein, 2013)

### **I.2.6.2. Composants aromatiques**

Les produits de synthèse du phénylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>) sont bien moins courants que les produits précédents. Il s'agit généralement d'allyles et de propénylphénols, parfois d'aldéhydes. Les huiles essentielles peuvent également contenir des composés en (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>) tels que la vanilline ou l'antranilate de méthyle (Bekhechi et abdelouahid, 2014). L'ensemble de ces composés aromatiques est crucial, car ils sont souvent responsables des caractéristiques olfactives et organoleptiques des huiles essentielles : par exemple, l'eugénol est responsable de l'odeur du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) (Deshapper, 2017).

## **I.3. Activité biologique des huiles essentielles**

### **I.3.1. Activité antioxydant**

Les huiles essentielles ont été étudiées de manière approfondie en ce qui concerne leurs propriétés antioxydants. On les a employées dans les aliments industriels en tant qu'antioxydants naturels (Hellali, 2016).

L'antioxydant est une substance qui empêche l'oxydation d'autres substances. Une réaction chimique appelée oxydation peut engendrer la production de radicaux libres, ce qui peut entraîner des réactions en cascade qui peuvent causer des dommages aux cellules. Les antioxydants ont été décrits en biologie comme des substances qui, lorsqu'elles sont présentes à des concentrations inférieures à celles du substrat d'oxydation, ont la capacité d'empêcher l'oxydation (Rassem *et al.*, 2018).

### **I.3.2. Activité anti-inflammatoire**

De nombreuses huiles essentielles ont montré un effet anti-inflammatoire. L'huile essentielle extraite des racines de *Carlina acanthifolia* a la capacité de prévenir l'inflammation

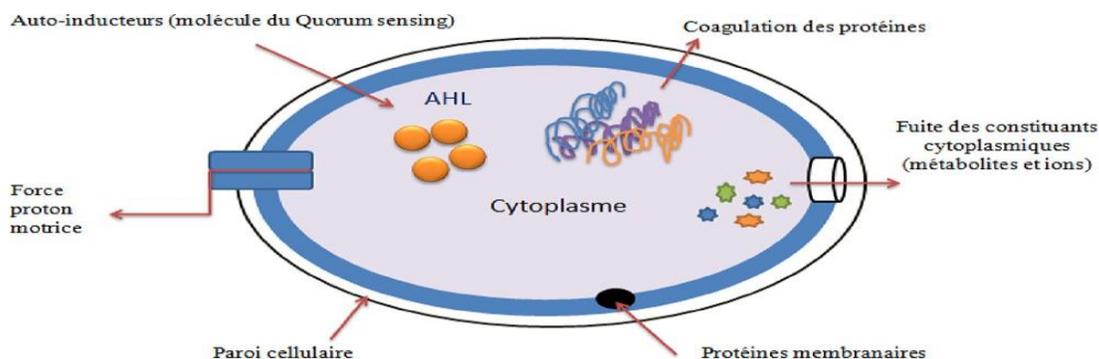
provoquée chez les rats (Dordevic *et al.*, 2007). On a signalé que les huiles essentielles de *Chromoleana odorata* et de *Mikania cordata* ont montré des résultats positifs en inhibant les enzymes impliquées dans les processus d'inflammation (Bedi *et al.*, 2004).

### I.3.3. Activité anti-tumorale

Certains types d'huiles essentielles ont des propriétés anti-tumorales et sont employés pour prévenir certains cancers. Par exemple, l'huile essentielle des graines de *Nigella sativa L* a montré une activité cytotoxique contre diverses lignées tumorales. Elle restreint la croissance des métastases hépatiques et retarde la mort des souris qui ont développé la tumeur *in vivo* (Mbarek *et al.*, 2007).

### I.3.4. Activité antibactérienne

Le mécanisme d'action antibactérien est favorisé par une série de réactions biochimiques dans la cellule bactérienne, qui dépendent du type et des caractéristiques des constituants chimiques présents dans l'huile essentielle (Nazzaro *et al.*, 2013). Divers mécanismes antibactériens des HEs ont été décrits. Elles peuvent affecter des niveaux morphologiques jusqu'à des niveaux de régulation en passant par des cibles structurales. Certaines études suggèrent qu'une HE peut simplement pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule et cytoplasme vu son caractère hydrophobe spécifique, ce qui induit une perturbation des structures bactériennes (Bouyahya *et al.*, 2017 ; Keita, 2002).



**Figure 5.** Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Bouyahya *et al.*, 2017).

Le profil chimique riche en hydrocarbures terpéniques, tels que le 8-3-carène et l' $\alpha$ -pinène, explique l'activité antimicrobienne des huiles essentielles du genévrier rouge. Il possède diverses propriétés biologiques telles qu'il est antibactérien, anti-inflammatoire, antiviral, expectorant, sédatif, herbicide et insectifuge. De plus, étant donné la complexité de la composition chimique des huiles essentielles, l'activité antimicrobienne découverte peut être attribuée à l'interaction entre les divers composants (Mansouri *et al.*, 2010).

# **Partie expérimentale**

# **Chapitre 2**

## **Matériel et Méthodes**

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériel

#### Les bases de données utilisées :

**ScienceDirect** est le service en ligne de l'éditeur de revues scientifiques Elsevier, lancé en 1995. ScienceDirect Contient plus de 26% des connaissances mondiales scientifiques, technologiques et médicales en texte intégral et informations bibliographiques. En plus des livres et revues, ScienceDirect contient des Encyclopédies, guides et manuels (handbooks) et books séries.

**Scopus** est une base de données bibliographique scientifique payante de l'éditeur commercial néerlandais Elsevier. C'est La plus grande Base de Données de références bibliographiques et de citations.

**PubMed** est une base de données gratuite comprenant principalement la base de données MEDLINE de références et de résumés sur les sciences de la vie et des sujets biomédicaux. Elle est gérée par la Bibliothèque nationale de médecine des États-Unis (NLM).

**Google Scholar** est un outil de recherche multidisciplinaire proposé par Google et mis en oeuvre avec la collaboration de nombreuses universités. Il donne accès à des travaux scientifiques dans toutes les disciplines : articles approuvés ou non par des comités de lecture (= peer-reviewed articles), thèses de doctorat, livres scientifiques ou des citations.

### II.2. Méthodes

#### II.2.1 Collecte des données

Pour examiner et extraire les résultats nécessaires des articles et rapports publiés sur notre sujet, une recherche électronique a été menée dans des bases de données internationales telles que ScienceDirect, Scopus, PubMed et Google Scholar. L'objectif de la recherche était de localiser des études validées par la communauté scientifique.

Pour maximiser l'exhaustivité de la recherche, des mots-clés généraux et spécifiques comprenant les mots : huiles essentielles, essence, *Juniperus phoenicea*, activité biologique, antimicrobienne, antibactérienne, et toutes les combinaisons possibles de ces mots ont été

utilisées. De plus, une recherche manuelle a été effectuée en vérifiant la liste des références des articles en relation au sujet dans le but de trouver des articles supplémentaires.

Par la suite, les rapports en double ainsi que les articles ne contenant pas suffisamment d'informations ont été supprimés. De plus, l'étude a exclu les articles de synthèse et les méta-analyses pour éviter la duplication des données et assurer leur validité.

Les articles retenus sont ceux qui s'intéressent à l'étude du potentiel antibactérien des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et contenant des diamètres d'inhibition contre des agents bactériens pathogènes, notamment *Escherichia coli* et *S. aureus*. Les bactéries sélectionnées ont été choisies pour leur utilisation fréquente dans les tests de sensibilité aux antimicrobiens et leur pathogénicité.

Après avoir évalué les publications collectées, 16 articles ont été considérés comme appropriés pour l'inclusion.

Dans le tableau 02 sont présentés les articles faisant l'objet de cette étude.

**Tableau 2.** Liste des publications recensées.

N	Titre	Auteurs/ Année
1	Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles isolées de <i>Juniperus phoenicea</i> L. et <i>Cupressus sempervirens</i> L.	Mazari <i>et al.</i> , 2010
2	Composition chimique et activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles et de divers extraits de <i>Juniperus phoenicea</i> L. (Cupressacées)	Ennajjar <i>et al.</i> , 2009
3	Activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles algériennes de <i>Juniperus phoenicea</i> et de <i>Salvia officinalis</i> .	Ait-Mimoune <i>et al.</i> , 2023
4	Composition chimique, activité antibactérienne et antifongique de quatre huiles essentielles collectées dans le nord-est de la Tunisie.	Benjemaat <i>et al.</i> , 2022
5	Etude phytochimique, antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles des feuilles et des fruits de <i>Juniperus Phoenicea</i>	Oukadir <i>et al.</i> , 2021
6	Caractérisation chimique et évaluation antibactérienne des huiles essentielles de feuilles et de fruits de <i>Juniperus phoenicea</i> L. du Haut Atlas oriental (Maroc).	Amalich <i>et al.</i> , 2015

7	Composition chimique, activité antimicrobienne et anti-inflammatoire des huiles essentielles algériennes de <i>Juniperus phoenicea</i> .	Abdellia <i>et al.</i> , 2017
8	Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de <i>Juniperus phoenicea</i> et évaluation de son activité antibactérienne.	Drwich <i>et al.</i> , 2010
9	Activité antimicrobienne et analyse chimique de l'huile essentielle de <i>Juniperus phoenicea</i> algérien.	Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016
10	Composition phytochimique, activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle de <i>Juniperus phoenicea</i> de Fès-Meknes, centre-nord du Maroc.	Khalil <i>et al.</i> , 2023
11	Activité antibactérienne et identification par GC/MS de la composition chimique des huiles essentielles de <i>Juniperus phoenicea</i> et <i>Juniperus oxycedrus</i> L. provenant de l'ouest de l'Algérie : Province de Tiaret.	Boukhaloua <i>et al.</i> , 2022
12	Activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>Juniperus phoenicea</i> de l'est de l'Algérie	Ramdani <i>et al.</i> , 2013
13	Composition chimique, activité cytotoxique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de feuilles et de baies de <i>Juniperus phoenicea</i> L. cultivées en Égypte.	A.EL-Sawi <i>et al.</i> , 2007
14	Composition chimique, activités antioxydantes et antibactériennes des huiles essentielles de <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Juniperus thurifera</i> et <i>Juniperus oxycedrus</i> .	Rahal <i>et al.</i> , 2019
15	Activité antioxydante, anthelminthique et antibactérienne de l'huile essentielle de genévrier rouge ( <i>Juniperus phoenicea</i> L.)	Aouadi <i>et al.</i> , 2021
16	La diversité génétique et la composition chimique du <i>Juniperus phoenicea</i> L influent sur son activité antimicrobienne.	AL-Khlifeh <i>et al.</i> , 2021

### II.2.2 Extraction des données

Les données extraites de chaque étude comprennent :

- La provenance du matériel végétal utilisé
- La composition de l'huile essentielle

- la partie de la plante utilisée
- Les souches bactériennes testées
- Les diamètres des zones d'inhibition
- La concentration minimale inhibitrice
- La concentration minimale bactéricide.

### **II.2. 3 Analyse des données**

Les données ont été soumises à une analyse statistique utilisant le test de corrélation.

41 composés détectés dans les échantillons d'huiles essentielles à une concentration moyenne supérieure à 1,0 % ont été sélectionnés et utilisés pour le test de corrélation.

D'autre part, deux souches bactériennes à savoir : une bactérie Gram négative : *E. coli* et une bactérie Gram positif *S. aureus* ont fait l'objet de l'analyse statistique.

Le test a été effectué à l'aide du logiciel Statistica 8.0 (Hill et Lewicki, 2007).

La différence est considérée comme statistiquement significative quand  $P < 0,05$ .

# **Chapitre 3.**

## **Résultats et Discussion**

**III.1. les données collectées**

La recherche électronique menée nous a permis de sélectionner 16 articles portant tous sur l'activité antibactérienne de *Juniperus phoenicea*.

**Tableau 3.** Les données extraites des articles scientifiques sélectionnés.

Référence	Origine géographique	Partie utilisée	Méthode d'extraction	Test de l'effet antibactérien	Souches bactériennes testées
Mazari <i>et al.</i> , 2010	Algérie	Feuilles séchées	Distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>E. feacalis</i> , <i>B. cereus</i> <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>
Ennajar <i>et al.</i> , 2022	Tunisie	Partie aérienne	Distillation	Méthode des puits	<b>Gram +:</b> <i>B. subtilis</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> . <b>Gram -:</b> <i>P. aeruginosa</i> , <i>K. Pneumoniae</i> , <i>E. coli</i> .
Ait-Mimoune <i>et al.</i> , 2023	Algérie	Partie aérienne	Hydro distillation	Méthode des puits	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> . <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. aeruginosa</i> .
Benjemaa <i>et al.</i> , 2022	Tunisie	- Feuilles	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>E. feacalis</i> , <i>Micrococcus luteus</i> . <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Klebsiella sp S. typhimurium</i> .
Oukadir <i>et al.</i> , 2021	Maroc	-Feuilles sèches -Fruits secs	Hydro distillation	Aromatogramme (diffusion sur disque)	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> . <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. vulgaris</i> <i>Klebsiella sp</i>
Amalich <i>et al.</i> , 2015	Maroc	-Branches feuilles -Fruits	Hydro distillation	Macro dilution	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> . <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> <i>P. aeruginosa</i> , <i>K. pneumonia</i> .

Abdelli <i>et al.</i> , 2018	Algérie	Partie aérienne	Distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>B. cereus</i> . <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>P. vulgaris</i> <i>P. mirabilis</i> , <i>A. brasiliensis</i> .
Derwich <i>et al.</i> , 2010	Maroc	Partie aérienne	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram+:</b> <i>S. aureus</i> , <i>B. subtilis</i> <i>S. mutans</i> , <i>S. intermedius</i> <b>Gram - :</b> <i>E. coli</i> <i>P. aeriginouses</i> , <i>K. pneumoniae</i>
Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016	Algérie	-Feuilles fraîche -Feuilles séchées -baies	Hydra distillation	Aromatogramme (diffusion sur disque)	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> <i>P. aeruginosa</i> , <i>K. pneumoniae</i> <i>Proteus mirabilis</i>
Samara <i>et al.</i> , 2023	Maroc	Partie aérienne	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>B. subtilis</i> <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeriginouses</i>
Boukhaloua <i>et al.</i> , 2022	Algérie	Partie aérienne	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> ,
Ramdani <i>et al.</i> , 2013	Algérie	Partie aérienne	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. syringae</i> , <i>Salmonella sp</i> , <i>serratia liquefaciens</i> , <i>S. marcescens</i> , <i>shigella sp</i>
El-Sawi <i>et al.</i> , 2007	Egypte	- Feuilles - Baies	Hydro distillation	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. cereus</i> <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i>
Rahel <i>et al.</i> ,	Maroc	- Feuilles	Hydro	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i>

discussion

	2019		- Baies	distillati on		<b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>
	Aouadi <i>et al.</i> , 2021	Tunisi e	-Feuilles séchées	Hydro distillati on	Diffusion sur disque	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>S. typhimurium</i>
	Enas <i>et al.</i> , 2020	Jordan	Partie aérienne	Hydro distillati on	Méthode des puits	<b>Gram +:</b> <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> <b>Gram -:</b> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>

### III.2. Les huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*.

#### III.2.1 La partie de la plantes utilisée

**Tableau 4.** Les parties de *Juniperus phoenicea* utilisés pour l'extraction des HEs.

L'organe utilisé	Nombre d'articles	Références
Partie aérienne	08	Ennajar <i>et al.</i> , 2022, Ait-Mimoune <i>et al.</i> , 2023, Abdelli <i>et al.</i> , 2018, Derwich <i>et al.</i> , 2010, Samara <i>et al.</i> , 2023, Boukhaloua <i>et al.</i> , 2022, Ramdani <i>et al.</i> , 2013, Enas <i>et al.</i> , 2020
Feuilles	08	Mazari <i>et al.</i> , 2010, Benjemaa <i>et al.</i> , 2022, Oukadir <i>et al.</i> , 2021, Amalich <i>et al.</i> , 2015, Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016, El-Sawi <i>et al.</i> , 2007, Rahel <i>et al.</i> , 2019, Aouadi <i>et al.</i> , 2021
Baies	05	Oukadir <i>et al.</i> , 2021, Amalich <i>et al.</i> , 2015, Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016, El-Sawi <i>et al.</i> , 2007, Rahel <i>et al.</i> , 2019

Parmi les 16 articles analysés, huit articles ont travaillé sur la partie aérienne de *J. phoenicea*, tandis que les feuilles de la même espèce ont fait l'objet de huit articles. Les fruits de *J. phoenicea* s'avèrent les moins étudiés en faisant l'objet de cinq études.

La partie de la plante à partir de laquelle l'huile essentielle est extraite figure parmi les facteurs qui provoquent la variabilité de composition et le rendement d'une huile essentielle (Roulier, 2000).

#### III.2.2 Origine géographique de la plante

**Tableau 5.** L'origine géographique de l'espèce *Juniperus phoenicea* récoltée dans les publications sélectionnées.

Origine	Nombre d'articles	Références
Algérie	06	Mazari <i>et al.</i> , 2010, Ait-Mimoune <i>et al.</i> , 2023, Abdelli <i>et al.</i> , 2018, Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016, Boukhaloua <i>et al.</i> , 2022, Ramdani <i>et al.</i> , 2013
Tunisie	03	Ennajar <i>et al.</i> , 2022, Benjemaa <i>et al.</i> , 2022, Aouadi <i>et al.</i> , 2021
Maroc	05	Oukadir <i>et al.</i> , 2021, Amalich <i>et al.</i> , 2015, Derwich <i>et al.</i> , 2010, Samara <i>et al.</i> , 2023, Rahel <i>et al.</i> , 2019
Egypte	01	El-Sawi <i>et al.</i> , 2007

Pour ce qui est de l'origine géographique de l'espèce, il paraît que *J. phoenicea* de l'Algérie est la mieux étudiée, suivie par celle du Maroc et de Tunisie. Tandis que le Junevriier de l'Egypte et celui de la Jordanie sont les moins étudiés.

La composition chimique des huiles essentielles d'une même plante diffère selon le pays d'origine (Bowles, 2003).

Selon Achak *et al.*, (2008) ; Medini *et al.*,(2009) ; Hany, (2011) La provenance géographique est susceptible de déterminer les variations dans la composition chimique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* à travers divers facteurs.

- ✓ Climat : Des variations de température, d'ensoleillement, de précipitations et d'humidité peuvent affecter le métabolisme de la plante et donc les composés volatils qu'elle produit.
- ✓ Sol : La composition du sol, y compris ses éléments nutritifs, son pH et sa texture, peut entraîner la présence de composés chimiques différents dans les huiles essentielles.
- ✓ Altitude : L'altitude influe sur la pression atmosphérique et les conditions environnementales, ce qui peut affecter la croissance des plantes et leurs profils chimiques.
- ✓ Biodiversité environnante : Les interactions avec d'autres plantes, les microbes et les insectes peuvent également avoir un impact sur la biochimie de la plante.
- ✓ Pratiques agricoles : Les méthodes de culture, de récolte ainsi que le moment de la récolte peuvent varier d'une région à l'autre, ce qui peut influencer la composition des huiles essentielles.

### III.2.3 La méthode d'extraction des huiles essentielles

La méthode d'extraction des huiles essentielles adoptée dans les travaux sélectionnés est celle de l'HD. À l'échelle commerciale, c'est la méthode privilégiée pour l'extraction des huiles essentielles (Masango, 2005). De plus, Elle présente l'avantage de ne pas nécessiter un appareillage coûteux et elle permet l'obtention des meilleurs rendements en huiles essentielles (Penchev, 2010).

Lors de la distillation, les hautes températures et l'eau peuvent entraîner des modifications chimiques des huiles essentielles. D'autre part, lors de l'extraction des huiles essentielles par solvant, il est presque impossible d'obtenir un produit exempt de

solvants (Khajeh *et al.*, 2010). De plus, les monoterpènes sont notoirement sensibles aux modifications chimiques et aux pertes de constituants plus volatils lors de l'élimination du solvant (Lo Presti *et al.*, 2005).

Il est à signaler que les propriétés des huiles essentielles extraites par différentes méthodes varient en fonction de la méthode utilisée (Moghaddam et Mehdizadeh, 2017).

### III.2.4 Composition chimique des HEs

**Tableau 6 .** Les classes chimiques des huiles essentielles de *J. phoenicea*.

Classe chimique	Nombre d'articles
Monoterpènes hydrocarbonés	11
Monoterpènes oxygénés	3
Sesquiterpènes hydrocarbonés	1
Sesquiterpènes oxygénés	1

Les monoterpènes hydrocarbonés sont dominants dans onze huiles essentielles de *J. phoenicea* rapportées dans les seize articles analysés. D'autre part, trois huiles sont composées majoritairement des monoterpènes oxygénés.

**Tableau 7.** Principaux constituants des HEs de *J. phoenicea* rapportées dans la littérature.

N° Article	Référence	Composé majeur de l'HE	%
1	Mazari <i>et al.</i> , 2010	$\alpha$ -pinene	34.5 -60.5
		$\beta$ -phellandrene	22.4
2	Ennajar <i>et al.</i> , 2022	$\alpha$ -pinene	55.7- 80.7
		$\delta$ -3-Carene	10.7et 4.5
3	Ait-Mimoune <i>et al.</i> , 2023	$\alpha$ -pinene	64.4
		$\delta$ -3-Carene	7.02
4	Benjemaa <i>et al.</i> , 2022	$\beta$ -caryophyllene	37.2
		$\beta$ -phellandrene	21.8
		$\alpha$ -pinene	24.7
		camphor	22.4
5	Oukadir <i>et al.</i> , 2021	$\alpha$ -pinene	60.21
		$\beta$ -phellandrene	11.63
6	Amalich <i>et al.</i> , 2015	$\alpha$ -pinene	48.18- 78.11
7	Abdelli <i>et al.</i> , 2018	$\alpha$ -pinene	25.1-20.3
		$\beta$ -phellandrene	43.9-44.9
8	Derwich <i>et al.</i> , 2010	$\alpha$ -pinene	49.15
		$\alpha$ -Phellandrene	7.39
9	Bouyahyaoui <i>et al.</i> , 2016	$\alpha$ -pinene	29.6-56.6

10	Samara <i>et al.</i> , 2023	$\alpha$ -pinene	43.61
		Manoyl oxide	11.5
11	Boukhaloua <i>et al.</i> , 2022	$\beta$ -pinene	35.7
12	Ramdani <i>et al.</i> , 2013	$\alpha$ -pinene	36.3-55.9
13	El-Sawi <i>et al.</i> , 2007	$\alpha$ -pinene	39.30-
		Sabinene	28.22
			24.29
14	Rahel <i>et al.</i> , 2019	$\alpha$ -pinene	27.92
		$\beta$ -phellandrene	17.67
15	Aouadi <i>et al.</i> , 2021	$\alpha$ -pinene	74.14
16	Enas <i>et al.</i> , 2020	$\alpha$ -pinene	49.15-71

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles extraites de différentes parties de *J. phoenicea* a révélé que les composés majeurs de ces huiles sont : l'  $\alpha$ -pinène, le  $\beta$ -phellandrene, le  $\beta$ -caryophyllene, le camphor, le  $\beta$ -pinène et le Sabinene. Cependant, parmi ces constituants, l' $\alpha$ -pinène est le composé dominant dans la majorité des huiles avec des taux allant de 20% à 80%.

Nous avons remarqué également qu'au sein de ces huiles, le taux des composés dominant varie beaucoup d'une huile à une autre. Cette variabilité aussi bien qualitative que quantitative est due à plusieurs facteurs.

Abdelli *et al.*, (2018) ont souligné que des facteurs tels que la zone géographique de collecte, le climat, la saison, les conditions de stockage et la partie de la plante étudiée sont à l'origine de la variation du profil chimique des HEs.

Selon Barra, (2009). Les facteurs affectant la composition chimique des HEs sont regroupés en facteurs exogènes et endogènes. Les facteurs exogènes ou les facteurs régulés par l'environnement, tels que la lumière, les précipitations, le site de culture et le sol, peuvent modifier la quantité qualitative/quantitative des substances volatiles dans les HE.

D'autre part, les facteurs endogènes sont strictement liés aux caractéristiques anatomiques et physiologiques des plantes, à la variation chimique entre les différentes parties de la plante et à des facteurs liés à la génétique. Les voies de biosynthèse dédiées au métabolisme secondaire et l'efficacité des enzymes impliquées dans ces voies peuvent changer dans les différentes parties de la plante ou dans la même partie, mais à des stades de développement différents.

### III.3 Activité antibactérienne

#### III.3.1 Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne

**Tableau 8.** Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne de HEs de *J.phoenicea* rapportées dans la littérature

Méthode	Nombre d'articles
Diffusion sur disque	12
Méthode des puits	03
Méthode de dilution	01

La méthode de diffusion sur disque s'avère la plus utilisée pour l'étude du potentiel antibactérien des huiles essentielles. Ce test permet d'évaluer l'activité antibactérienne à partir des diamètres d'inhibition qu'elles génèrent sur un inoculum bactérien standardisé.

Les avantages de la méthode de la diffusion sur disque sont la simplicité du test qui ne nécessite pas d'équipement spécial, la fourniture de résultats catégoriques facilement interprétables par tous les cliniciens et la flexibilité dans le choix des disques à tester. C'est la moins coûteuse de toutes les méthodes de sensibilité (environ 2,50 à 5 dollars par test pour les matériaux) (Reller *et al.*, 2009)

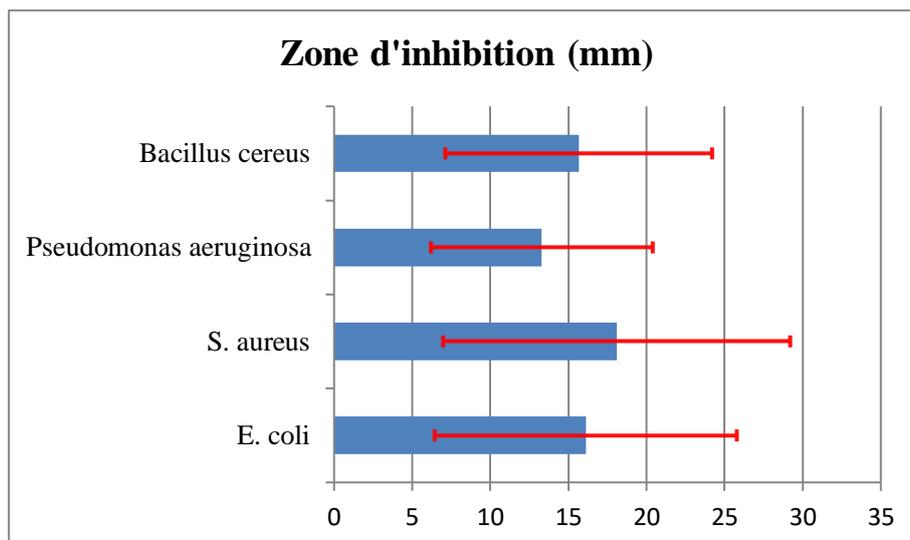
#### III.3.2 Souches bactériennes testées

**Tableau 9.** Moyenne des zones d'inhibition produites par les huiles essentielles de *J. phoenicea* vis-à-vis des souches bactériennes testées.

Souche bactérienne	Nbre d'article	Moyenne de la zone d'inhibition (mm)+ Et
<i>E. coli</i>	16	<b>16,11±9,67</b>
<i>S. aureus</i>	15	<b>18,09±11,11</b>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11	<b>13,30±7,10</b>
<i>Bacillus cereus</i>	04	<b>15,66±8,54</b>

Le potentiel antibactérien de l'huile essentielle de *J. phoenicea* a été étudié contre plusieurs souches bactériennes pathogènes. Cependant, dans le tableau **09**, nous avons pris en compte celles qui sont les plus étudiées.

Il paraît que la bactérie *Escherichia coli* a été utilisée dans le test antibactérien dans seize études, suivie par *Staphylococcus aureus* (15 études) et *Pseudomonas aeruginosa* (11 études). La bactérie *Bacillus Creus* a été la moins étudiée.



**Figure 6.** Zones d'inhibition des huiles essentielles de *J. phoenicea* contre les souches bactériennes.

Les moyennes des zones d'inhibition générées par les huiles essentielles extraites de différentes parties de *Juniperus phoenicea* sont présentées dans le tableau 9 et la figure 6. La souche Gram négative *Pseudomonas aeruginosa* a été la moins sensible à l'action de ces huiles, suivie par *Bacillus cereus* et *E. coli* avec presque le même degré de sensibilité. Enfin, la bactérie Gram + *S. aureus* était la plus affectée parmi ces quatre souches bactériennes.

En général, l'huile essentielle de *J. phoenicea* a été moins efficace sur les souches bactériennes Gram négative. Selon Burt (2004), la structure de la paroi cellulaire des bactéries Gram positives les rend toutefois plus sensibles à l'action des huiles essentielles.

Les bactéries à Gram négatif possèdent une membrane externe entourant leur paroi cellulaire, ce qui restreint la diffusion des composés hydrophobes à travers leur couche de (LPS) (Ennajjar *et al.*, 2009).

L'organisation architecturale de la paroi cellulaire des bactéries Gram positives est moins complexe que celle des bactéries Gram négatives. Cette différence structurale les rend plus sensibles à l'action des huiles essentielles et autres extraits de plantes (Kalemba et Kunicka, 2003). En effet, les bactéries Gram(+) disposent d'une paroi de peptidoglycane qui n'est pas assez épaisse pour combattre les petites molécules antimicrobiennes, rendant ainsi la membrane cellulaire facilement accessible. Par ailleurs, les bactéries Gram(+) peuvent faciliter la pénétration des composés hydrophobes des HE grâce aux extrémités lipophiles de l'acide lipotéichoïque qui existe dans la membrane cellulaire (El Hajjouji *et al.*, 2019).

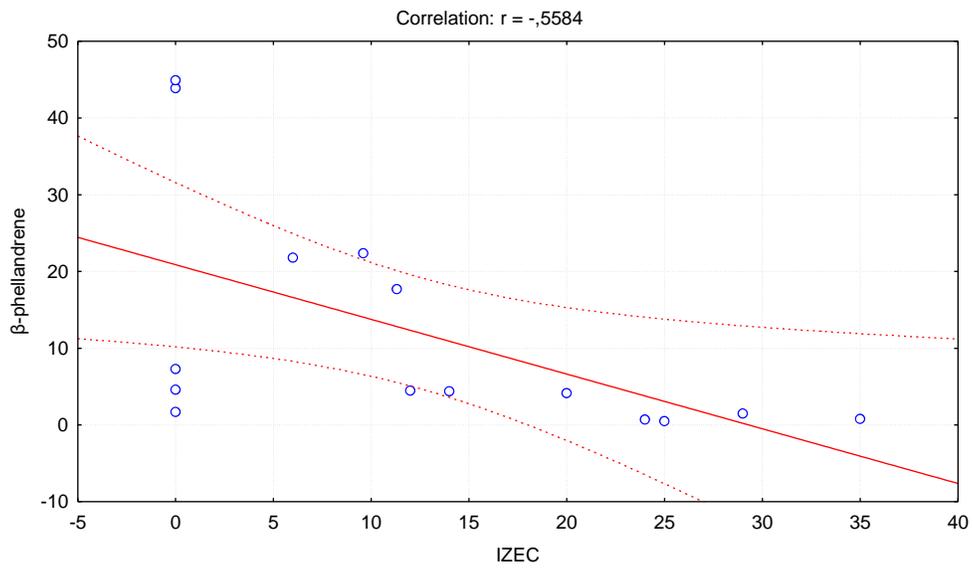
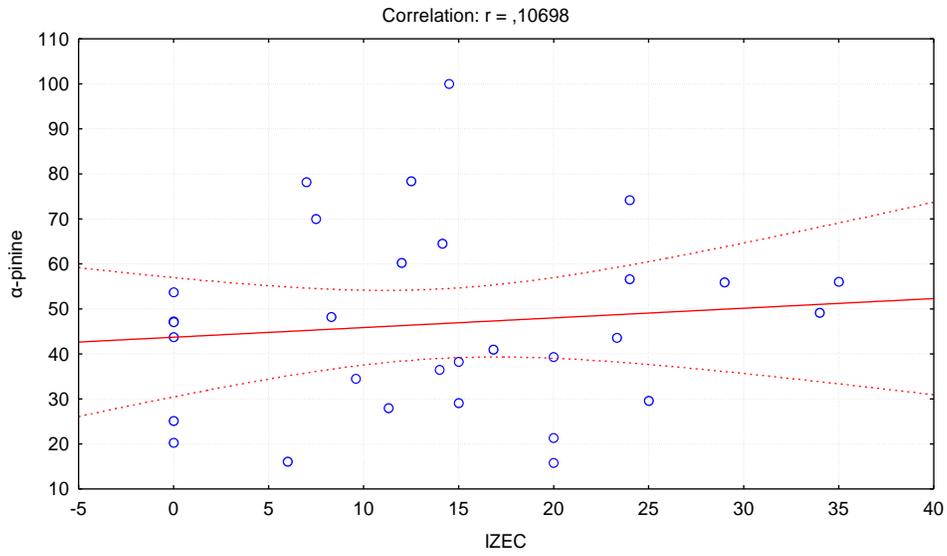
Les différences de sensibilité des bactéries aux huiles essentielles peuvent être attribuées à des changements dans la concentration des composants des huiles essentielles,

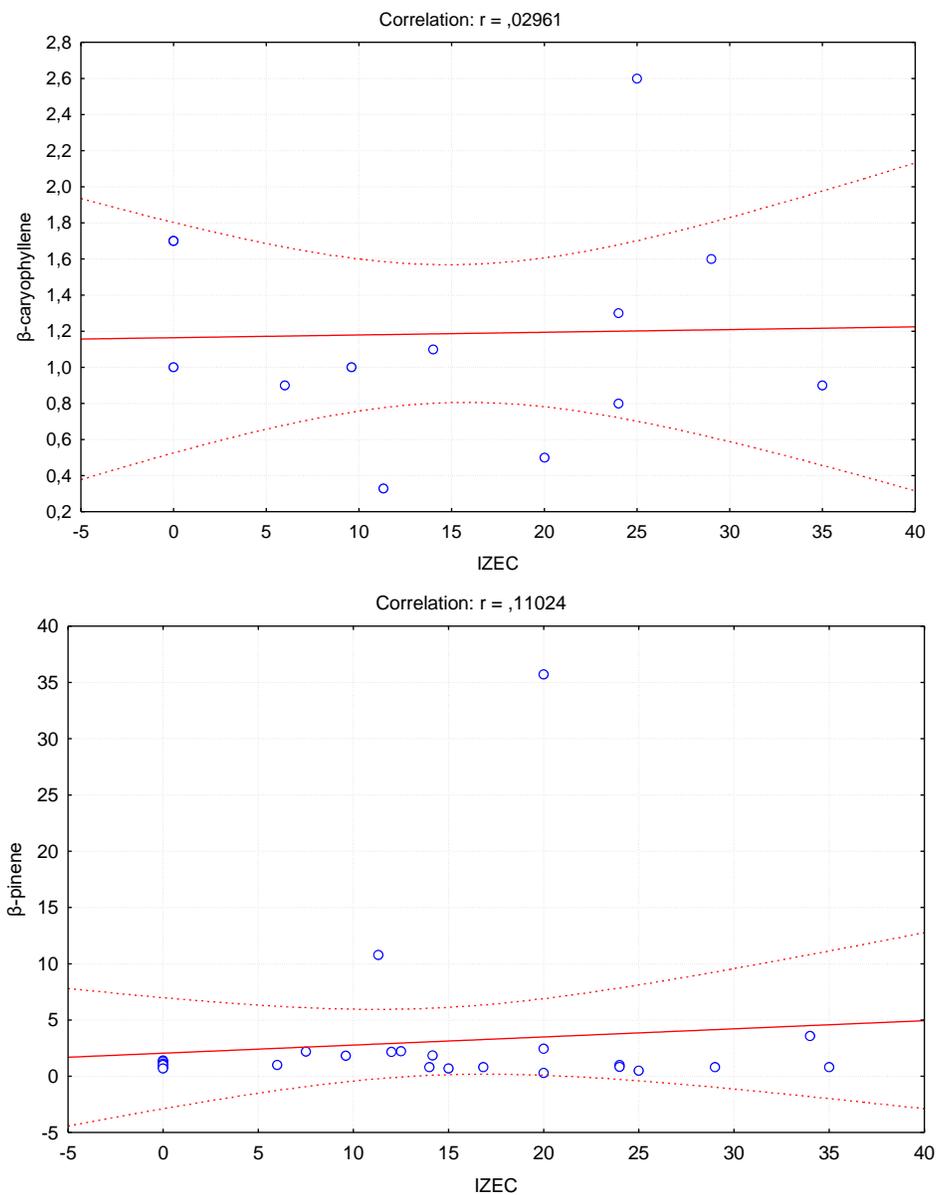
influencés par les caractéristiques spécifiques de la paroi et de la membrane cellulaires des bactéries (Khalil *et al.*, 2023).

#### **III.4 Etude de la corrélation entre la composition chimique des HEs et l'activité antibactérienne**

Dans le but de rechercher les molécules des huiles essentielles qui peuvent être responsables leurs effet antibactérien, nous nous sommes intéressées à l'étude de la corrélation entre l'activité antibactérienne et la composition chimique de l'HE de *J. phoenicea*.

Les graphiques de corrélation entre les principaux composés majeurs des huiles essentielles et l'activité anti- *Escherichia coli* sont présentés ci-dessous.



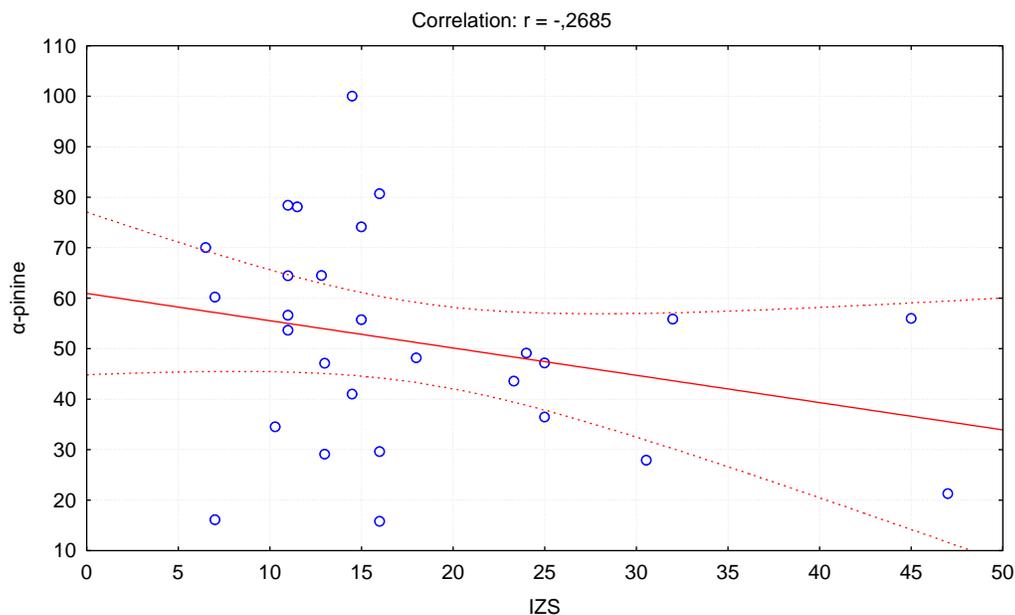


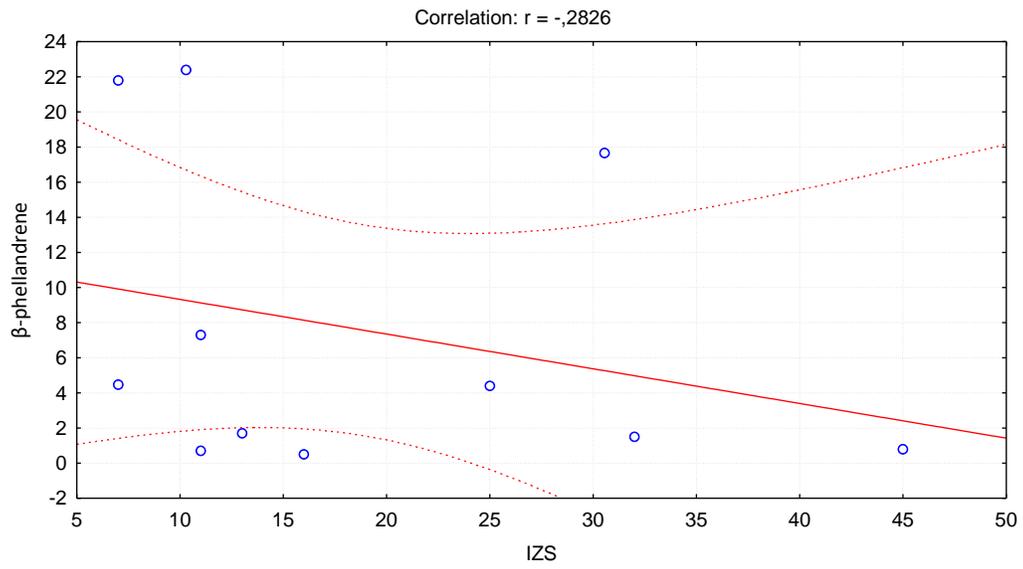
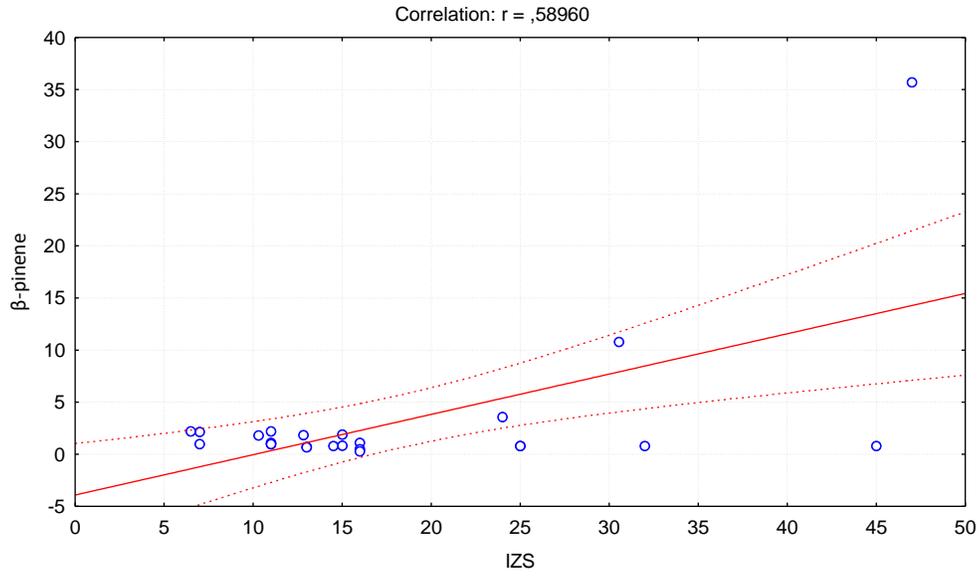
**Figure 7.** Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti-*E.coli*.

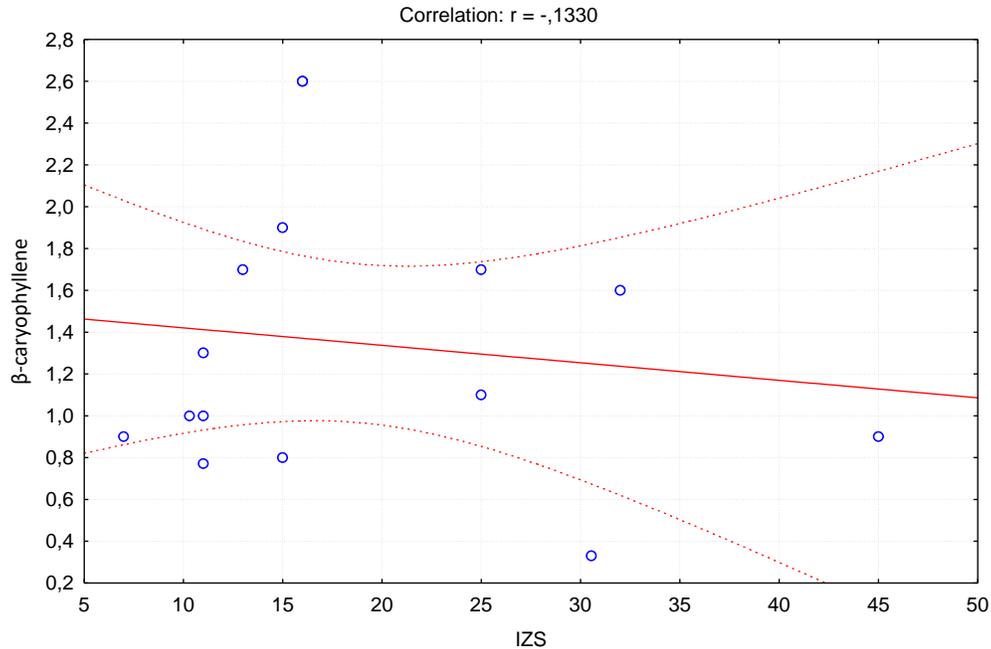
Le test de corrélation a montré qu'il y a absence de corrélation entre l'effet anti-*E.coli* des huiles essentielles et le taux des composés majeurs à savoir : l' $\alpha$ -pinène, le  $\beta$ -caryophyllène, le camphor, le  $\beta$ -pinène et le Sabinène. Par contre, une corrélation très significative a été trouvée avec le  $\beta$ -phellandrene ( $p=0,031$ ).

De même, tous les composés majoritaires des HEs se sont montrés non-corrélés avec l'activité inhibitrice vis-à-vis de *staphylococcus*, à l'exception du  $\beta$ -pinène où une corrélation hautement significative a été enregistrée ( $p=0,002$ ) (Figure 08).

Il est à signaler que le composé Isopulgyll acétate a montré une corrélation significative avec un l'effet antibactérien contre *E.coli* ( $p=,029$ ) et *S. aureus* ( $p=,023$ ). Bien que c'est un composé mineur dans toutes les huiles de *J. phoenicea* rapportées dans la littérature.







**Figure 8.** Correlation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti-staphylococcus

Les effets induits par les huiles essentielles sur les souches bactériennes testées, semblent donc être attribuables à une ou plusieurs molécules, présente(s) en faible(s) proportion(s) dans l'huile.

Selon Lambert *et al.*, (2001), les interactions entre les constituants des huiles essentielles peuvent également affecter leur activité. Par exemple, l'efficacité de l'huile essentielle de thym contre *S. aureus* et *P. aeruginosa* est due à une synergie entre ses principaux constituants : le thymol et le carvacrol.

L'activité d'une huile essentielle est principalement fonction de sa composition chimique, et en particulier de ses composés majeurs (Oussou, 2009). Des effets synergiques ou antagonistes entre les différents constituants des huiles essentielles puissent expliquer leurs propriétés antibactériennes (Burt, 2004). Cha *et al.*, (2007) ont trouvé que l'effet antibactérien exercé par les huiles essentielles est supérieur à celui de ses composés majoritaires pris séparément.

# **Conclusion**

## Conclusion

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. L'utilisation massive et répétée d'antibiotiques a généré au fil du temps une augmentation des résistances bactériennes cela pose un problème dans le domaine de santé.

*Juniperus phoenicea* est une espèce de la famille des Cupressacées largement répandue dans le bassin méditerranéen, connue pour ses vertus et effets thérapeutique.

Notre travail synthétise les résultats de seize publications scientifiques portant toutes sur l'activité antibactériennes des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*.

Selon résultats de notre étude, la majorité des articles privilégient la partie aérienne et les feuilles de la plante comme une matière pour extraire l'huile essentielle. D'autre part, l'hydro distillation semble être la méthode d'extraction la plus utilisée à cause de sa simplicité et de la possibilité d'obtention de rendement satisfaisants.

Les huiles essentielles de extraites de différentes parties de *Juniperus phoenicea* ont montré une variation qualitative et quantitative dans leurs compositions chimiques. Ces HEs sont dominées par les monoterpènes hydrocarbonés et les principaux composants sont : l' $\alpha$ -pinène,  $\beta$  phellandrene,  $\beta$ -caryophyllene, camphor,  $\beta$ -pinène et le Sabinene.

L'évaluation du potentiel antibactérien des HEs a été réalisée sur des bactéries Gram positif et Gram négatif pathogènes en utilisant des techniques différentes. Cependant, il s'est avéré que la méthode de diffusion sur disque a été la plus adoptée.

Il paraît que les bactéries gram positif *S. aureus*, *B. cereus*, et gram négatif *E. coli*, *P. aeruginosa* ont été les plus utilisées dans les tests antibactériens. La souche *S. aureus* est la plus affectée avec diamètre d'inhibition de  $18.09 \pm 11.11$  mm, tandis que la bactérie gram négatif *P. aeruginosa* s'est montrée moins sensible à l'effet de ces huiles.

Afin de rechercher les molécules des huiles essentielles qui peuvent être responsables de leur effet antibactérien, nous avons également opté pour l'étude de la corrélation entre les différents composés des HEs et l'activité antibactérienne contre deux souches à savoir : *E. coli* et *S. aureus*. Parmi les nombreux composés majeurs, une corrélation significative n'a été enregistrée

qu'avec le composé  $\beta$ -phellandrene et le  $\beta$ -pinène. Tandis que la composé mineur Isopulgyll acétate a montré sa corrélation avec les deux souches bactériennes. Il s'avère donc que l'effet inhibiteur des HEs de *Juniperus phoenicea* n'est pas le résultat des effets de leurs composés majeurs pris séparément mais il pourrait être le résultat d'une synergie entre les composés majeurs mais aussi les constituants mineurs.

Ce modeste travail nécessite d'être complété par des études futures mettant l'accent sur :

- le mode d'action des HEs sur les souches bactériennes.
- la viabilité de la composition des HEs et l'influence des différents facteurs.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**Abdelli, Wafae, Bahri, Fouad, Hoferl, Martina, et al.** Chemical composition, antimicrobial and anti-inflammatory activity of Algerian *Juniperus phoenicea* essential oils. *Natural Product Communications*, 2018, vol. 13, no 2, p. 1934578X1801300227.

**Abdelli, W. (2017).** Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis).

**Aboughe Angone, S., Aworet Samseny, R. R. R., et Eyele Mve Mba, C. (2015).** Quelques propriétés des huiles essentielles des plantes médicinales du Gabon. *Phytothérapie*, 13(5), 283-287.

**Achak, N., Romane, A., Abbad, A., Ennajar, M., Romdhane, M., and Abderrabba, A. (2008).** Essential oil composition of *Juniperus phoenicea* from Morocco and Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(2), 137-142.

**Ait Mbarek, L., Ait Mouse, H., Elabbadi, N., Bensalah, M., Gamouh, A., Aboufatima, R., et Zyad, A. (2007).** Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa* L.) extracts. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40, 839-847.

**Ait-Mimoune, Nouara, Kada, Fatima, et Drider, Houda.** Antimicrobial and Antioxidant activities of Algerian *Juniperus phoenicea* and *Salvia officinalis* Essential Oils. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 2023, vol. 67, no 2, p. 122-129.

**AL-Khlifeh, E. M., Khlelfat, K. M., Al-Tawarah, N. A. F. E., AL-Limoun, M. O., Abdel Ghani, A. H., Alsharafa, K., and Qaralleh, H. (2021).** Genetic Diversity and Chemical Composition of *Juniperus phoenicea* L Reflect on Its Antimicrobial Activity. *International Journal of Pharmaceutical Research (09752366)*, 13(1).

**Amalich, Smail, ZEKRI, Nadia, N'DÉDIANHOUA, K. Soro, et al.** Chemical characterization and antibacterial evaluation of *Juniperus phoenicea* L. leaves and fruits' essential

oils from eastern high atlas (Morocco). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2015, vol. 13, no 4, p. 881.

**Athamna, S. (2021).** Etude de l'activité biologique de *Juniperus thurifera* et *Fraxinus xanthoxyloides* (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

**Barra, A. (2009).** Factors affecting chemical variability of essential oils: recent developments. *Natural Product communications*, 4(8).

**Baudoux, D., Breda, M., Zhiri, A. (2012).** Aromathérapie scientifique : Huiles essentielles

**Bedi, G., Tonzibo, Z. F., Chopard, C., Mahy, J. P., et N Guessan, T. Y. (2004).** Etude des effets anti douleurs des huiles essentielles de *Chromolaena Odorata* et de *Mikania Cordata*, par action sur la lipoxygénase L-1 de soja. *Physical and Chemical News*, 15, 124-127.

**Bekhechi ch., Abdelouahid D.(2014).** les huiles essentielles. 2eme édition, Alger, p.17.

**Belaiche P. (1979).** Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie. Tome 1 : l'Aromatogramme. Ed. Maloine S. A., Paris, 201p.

**Belakhdar, J. (1997)** .La pharmacopée marocaine traditionnelle. Idis PRESS (Ed). Paris, p. 764.

**Benjemaa, Mariem, Snoussi, Mejdj, FALLEH, Hanen, et al.** Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of four essential oils collected in the North-East of Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2022, vol. 25, no 2, p. 338-355.

**Boukraa, N. (2023).** Contribution à l'élaboration de bio-insecticides à base des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* Asso, *Juniperus phoenicea* L. et *Rosmarinus officinalis* L., contre *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

**Bousbia-Salah, A. N. I. S., and Alessandro, P. (2006).** State of the art in using best estimate calculation tools in nuclear technology. *Nuclear engineering and technology*, 38(1), 11-32.

**Bouyahyaoui, A., Bahri, F., Romane, A., Höferl, M., Wanner, J., Schmidt, E., and Jirovetz, L. (2016).** Antimicrobial activity and chemical analysis of the essential oil of Algerian *Juniperus phoenicea*. *Natural product communications*, 11(4), 1934578X1601100426.

**Bowles, E.J. (2003).** The chemistry of aromatherapeutic oils, 3rd ed. ed. Allen and amp; Unwin, Crows Nest, N.S.W.

**Boz I., Burzo I., Zamfirache M.M., Toma C., Padurariu C.,( 2009),** Glandular trichomes and essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (Lamiaceae). *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 36-39p.

**Bruneton J. (1993),** Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 2ème édition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris, 915p.

**Bruneton, J. (1999)** .Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales.3ème Edition.Tec et Doc (Ed) .Paris, p.575.

**Brunton J.( 2015).**Phytochimie et plantes médicinales 5ème édition, france, p.721.

**Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.

**Cha, J. D., Jeong, M. R., Jeong, S. I., Moon, S. E., Kil, B. S., Yun, S. I., ... andamp; Song, Y.H.(2007).** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cryptomeria japonica*. *Phytotherapy research*, 21(3), 295-299 chémotypées. 1e éd. Belgique : J.O.M, 98p.

**Couic-Marinier, F., et Lobstein, A. (2013).** Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.

**Derwich, E., Benziane, Z., and Boukir, A. (2010).** Chemical composition of leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* and evaluation of its antibacterial activity.

**Deschepper, R. (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie (Doctoral dissertation). *din Oradea, Fascicula Biologie*, 36-39p.

**Dordevic S., Petrovic S., Dobric S., et al. (2007).** Antimicrobial, anti-inflammatory, anti-ulcer and antioxidant activities of *Carlinaacanthifolia* root essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 109 :458-463.

**El Haib A. (2011).** Valorisation de Terpènes Naturels Issus de Plantes Marocaines par Transformations Catalytiques. Thèse de Doctorat. Discipline ou Spécialité : Chimie Organique et Catalyse. Université de Toulouse III - Paul Sabatier, France, 195p.

**El Hajjouji, H., Rahhal, R., Gmouh, S., Hsaine, M., Fougrach, H., and Badri, W. (2019).** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of *Juniperus phoenicea*, *Juniperus thurifera* and *Juniperus oxycedrus*. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 9(3), 190-198.

**El-Sawi, S. A., Motawae, H. M., and Ali, A. M. (2007).** Chemical composition, cytotoxic activity and antimicrobial activity of essential oils of leaves and berries of *Juniperus phoenicea* L. grown in Egypt. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 4(4), 417-426.

**Ennajar, Monia, BOUAJILA, Jalloul, LEBRIHI, Ahmed, et al.** Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of essential oils and various extracts of *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae). *Journal of food science*, 2009, vol. 74, no 7, p. M364-M371.

essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (Lamiaceae). *Analele Universitatii*

**Federico T., Victoire M., 2013.** Huiles essentielles l'encyclopédia, France, p.26.

**Guinoiseau, E. (2010).** Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action (Doctoral dissertation, Université de Corse).

**Haddouchi, F., et Benmansour, A. (2008).** Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Les technologies de laboratoire*, 3(8).

**Harhour, A., Brada, M., Fauconnier, M. L., and Lognay, G. (2018).** Chemical composition and antioxidant activity of Algerian *Juniperus phoenicea* essential oil. *Natural Product Sciences*, 24(2), 125-131.

**Hellali N., Mahammed M. H., Ramdane F., Talli A. (2016).** Antimicrobial and antioxidant activities of *Cybopogonschoenanthus* (L.) spreng essential oil, growing in Illizi–Algeria. *Journal of medicinal plant research*.10:188-194.

**Hilali, S. (2020).** Procédé d'extraction des huiles essentielles et des hydrolats aromatisés des plantes aromatiques et médicinales (PAM) par énergie solaire (Doctoral dissertation, Université d'Avignon ; Université Cadi Ayyad (Marrakech, Maroc).

**Kaidi, K.et al., (2023).** L'Effet antibactérien et antifongique d'huile essentielle des feuilles de *Moringa oleifera* L. *International Journal of Natural Resources and Environment*, 5(1), 58-66.

**Kalemba, D. A. A. K., and amp; Kunicka, A. (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.

**Keita, R. M. (2002).** Etude de l'activité antifongique et antibactérienne de 14 plantes utilisées dans le traitement des IST Thèse de pharmacie.

**Khajeh, M., Yamini, Y., and amp; Shariati, S. (2010).** Comparison of essential oils compositions of *Nepeta persica* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation methods. *Food and bioproducts processing*, 88(2-3), 227-232.

**Khalil, S. Y., Ghada, B., Youness, E. A., Samiha, K., Rachid, F., Tarik, M., ... and Abderrazzak, K. (2023).** Phytochemical Composition, Antibacterial and Antifungal Activities of Essential Oil of *Juniperus phoenicea* from Fez-Meknes Region, North Central Morocco. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(12).

**Khalil, S. Y., Ghada, B., Youness, E. A., Samiha, K., Rachid, F., Tarik, M., ... and Abderrazzak, K. (2023).** Phytochemical Composition, Antibacterial and Antifungal Activities of Essential Oil of *Juniperus phoenicea* from Fez-Meknes Region, North Central Morocco. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(12).

**Khribch, J., Nassik, S., EL Houadfi, M., Zrira, S., et Oukessou, M. (2018).** Activité antibactérienne de l'huile essentielle d'origan et du carvacrol sur des souches d'*Escherichia coli* d'origine aviaire. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(3), 300-307.

**Kouassi R.,Gyrille G.,Adjehi D.(2018).**valorisation des plantes aromatiques en Afrique.L'utilisation d'extraits végétaux dans la préservation des aliments,p.44.

**Lo Presti, M., Ragusa, S., Trozzi, A., Dugo, P., Visinoni, F., Fazio, A., ... and amp; Mondello, L. (2005).** A comparison between different techniques for the isolation of rosemary essential oil. *Journal of separation science*, 28(3), 273-280.

**Lucchesi M.E, (2005),** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en Sciences, Université de la Réunion, France, 146p.

**Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., Ghadraoui, L. E., Boukir, A., et Aafi, A. (2011).** Effet de la provenance sur le rendement, la composition chimique et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles des rameaux de *Juniperus phoenicea* L. du Maroc. *Acta botanica gallica*, 158(2), 215-224.

**Masango, P. (2005).** Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production*, 13(8), 833-839.

**Mazari, Khadidja, Bendimerad, Nassima, Bekhechi, Chahrazed, et al.** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L. *J Med Plants Res*, 2010, vol. 4, no 10, p. 959-964.

**Medini, H., Elaissi, A., Farhat, F., Khouja, M. L., Chemli, R., and Harzallah-Skhiri, F. (2009).** Seasonal and geographical influences on the chemical composition of *Juniperus phoenicea* L. essential oil leaves from the Northern Tunisia. *Chemistry and biodiversity*, 6(9), 1378–1387.

**Menaceur, F. (2015).** Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier (Doctoral dissertation, ENSA).

**Meriem, A., Msaada, K., Sebai, E., Aidi Wannas, W., Salah Abbassi, M., and Akkari, H. (2022).** Antioxidant, anthelmintic and antibacterial activities of red juniper (*Juniperus phoenicea* L.) essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 34(2), 163-172.

**Messara, Y., Fernane, F., and Meddour, R. (2017).** Chemical composition, antibacterial, and antifungal activities of the essential oil of *Thymus numidicus* Poiret from Algeria. *Phytothérapie*, 1-6.

**Moghaddam, M., and amp; Mehdizadeh, L. (2017).** Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In *Soft chemistry and food fermentation* (pp. 379-419). Academic Press.

**Moustafa, A., Zaghloul, M., El-Wahab, A., Alsharkawy, D., Ismail, M., and Salman, A. (2016).** Ecological Prominence of *Juniperus phoenicea* L. Growing in Gebel Halal, North Sinai, Egypt. *Catrina : The International Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 11-23.

**Mpondo E., Paul Ngene J., Mpounze Som L., Etame Loe G., Ngo Boumsong P., Yinyang J., et al., (2017).** Connaissances et usages traditionnels des plantes médicinales du département du haut Nyong. *Journal of Applied Biosciences*, 113: 11229-11245.

**Nazzaro F., Fratianni F., De Martino L., Coppola R., De Feo V. (2013).** Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, vol. 6, no. 12, p 1451–1474.

**Oukadir, Zhor, Abdellaoui, Abdelfattah, Lyoussi, Badiaa, et al.** Phytochemical, antioxidant and antibacterial study of essential oils of the leaves and fruits of *Juniperus Phoenicea*. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2021, vol. 7, no 3, p. 321-341.

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

**Penchev, P.I. (2010).** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat en : Génie des Procédés et de l'Environnement. Institut National Polytechnique de Toulouse. P 9, P17, P19.

**Raho, G. B., Otsmane, M., and Sebaa, F. (2017).** Antimicrobial activity of essential oils of *Juniperus phoenicea* from North Western Algeria. *Journal of Medicinal Botany*, 1, 01-07.

**Ramdani, M., Lograda, T., Silini, H., Zeraib, A., Chalard, P., Figueredo, G., ... and Zerrar, S. (2013).** Antibacterial activity of essential oils of *Juniperus phoenicea* from Eastern Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(11), 022-028.

**Rassem, H. H., Nour, A. H., and Yunus, R. M. (2018).** Biological activities of essential oils. *Pacific International Journal*, 1(2), 1-14.

**Reller, L. B., Weinstein, M., Jorgensen, J. H., and Ferraro, M. J. (2009).** Antimicrobial susceptibility testing: general principles and contemporary practices. *Clinical infectious diseases*, 49(11), 1749-1755.

**Roulier, G. (2000).** Les huiles essentielles pour votre santé, Ed. Dangles. p.336.

**Singh, V. P. (2006).** Gymnosperm (naked seeds plant): structure and development. Sarup and Sons.p 649.

**Zerrouki, K.,and Riazi, A. (2021).** Antimicrobial activity of phenolic extracts of *Juniperus phoenicea* and *Glycyrrhiza glabra* from Western Algeria. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 5, 18-24.

## المخلص

. يلخص عملنا نتائج ستة عشر منشورًا علميًا، تتناول جميعها النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت العطرية لزيوت العرعر الفينيقي الأساسية، ويوضح أن التقطير المائي هو الطريقة الأكثر استخدامًا لاستخلاص الزيوت العطرية. تهيمن أحاديات الهيدروكربون على الزيوت العطرية المستخرجة من أجزاء مختلفة من العرعر الفينيقي والمكونات الرئيسية هي:  $\alpha$ -pinène و  $\beta$ -phellandrene و  $\beta$ -caryophyllene و camphor و  $\beta$ -pinène و Sabinene. وكشف النشاط المضاد للبكتيريا الذي تم اختباره بطريقة الانتشار القرصي أن سلالة *S. aureus* كانت الأكثر تأثرًا، بينما كانت بكتيريا *P. aeruginosa* سالبة الجرام هي الأقل حساسية لتأثير هذه الزيوت. من بين العديد من المركبات الرئيسية، تم تسجيل ارتباط كبير بالنشاط المضاد للبكتيريا فقط مع  $\beta$ -pinène و  $\beta$ -phellandrene.

**كلمات مفتاحية:** العرعر الفينيقي، الزيت العطري، النشاط المضاد للبكتيريا، *P.aeruginosa*، *B.cereus*، *S.aureus*، *E.coli*

## Résumé

Notre travail synthétise les résultats de seize publications scientifiques portant toutes sur l'activité antibactériennes des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*. Il s'est avéré que l'hydro distillation est la méthode d'extraction des HEs la plus utilisée. Les huiles essentielles de extraites de différentes parties de *Juniperus phoenicea* sont dominées par les monoterpènes hydrocarbonés et les principaux composants sont : l' $\alpha$ -pinène,  $\beta$ -phellandrene,  $\beta$ -caryophyllene, camphor,  $\beta$ -pinène et le Sabinene. L'activité antibactérienne testée par la méthode de diffusion sur disque a révélé que la souche *S. aureus* est la plus affectée tandis que la bactérie gram négatif *P. aeruginosa* est la moins sensible à l'effet de ces huiles. Parmi les nombreux composés majeurs, une corrélation significative avec l'activité antibactérienne a été enregistrée uniquement avec les deux composés  $\beta$ -phellandrene et  $\beta$ -pinène.

**Mots-clés :** *J. phoenicea*, Huile essentielle, activité antibactérienne, *E.coli*, *S.aureus*, *B.cereus* *P.aeruginosa*

## Abstract

Our work summarises the results of sixteen scientific publications, all dealing with the antibacterial activity of *Juniperus phoenicea* essential oils, and shows that hydro-distillation is the most widely used method of extracting EOs. Essential oils extracted from different parts of *Juniperus phoenicea* are dominated by hydrocarbon monoterpenes and the main components are:  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -phellandrene,  $\beta$ -caryophyllene, camphor,  $\beta$ -pinene and Sabinene. The antibacterial activity tested by the disc diffusion method revealed that the *S. aureus* strain was the most affected, while the gram-negative *P. aeruginosa* bacterium was the least sensitive to the effect of these oils. Of the many major compounds, a significant correlation with antibacterial activity was recorded only with the two compounds  $\beta$ -phellandrene and  $\beta$ -pinene.

**.Keywords :** *J. phoenicea*, Essential oils, Antibacterial activity, *E.coli*, *S.aureus*, *B.cereus* , *P.aeruginosa*