



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 / 2024

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie appliquée

Présenté et soutenu par :
GHESKILI Mejda et LAIHI Brahim
Le :

Thème :

Méta-analyse de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Salvia officinalis*

Jury :

Mme. Lamia BOUJOUJOU	Université de Biskra	Encadrante
M. Fethi benbelaid	Université de Biskra	Président
Mme. Nabila Fetiti	Université de Biskra	Examinatrice

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

*En premier lieu, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre directrice de recherche madame **Boujoujou Lamia** docteur en biologie tant que notre encadrante qui a eu l'amabilité et la gentillesse de diriger notre travail. Nous remercions pour ses précieux conseils, pour sa générosité et surtout sa disponibilité tout au long de notre recherche. Elle nous a donné la liberté de traiter sujet selon nos propres idées sans nous éloigner des principes de recherche scientifique.*

*Nous remercions tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à docteur **Mameri Imen** docteur en pharmacie pour sa compréhension et sa flexibilité; son soutien inestimable nous a permis d'étudier tout en travaillant. Nous lui sommes très reconnaissants.*

*Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements au docteur en comptabilité **Fraïhi Mohcen** pour son aide précieuse et son soutien constant. Il a été à nos côtés dans les cas de force majeure et nous a assistés dans les moindres détails. Nous lui sommes très reconnaissants pour tout ce qu'il a fait pour nous. Nous remercions chaleureusement l'enseignant **Amine Rahmani** pour son aide précieuse lors de l'élaboration de notre étude. Son soutien et ses conseils ont été d'une grande valeur pour nous.*

*Je remercie chaleureusement **Wafa Boumaaraf** pour son aide précieuse et son soutien inestimable dans tous les aspects. Elle a pris le temps de nous aider avec gentillesse.*

Nous tenons à exprimer nos profonde Gratitude au chef de département et l'ensemble des enseignants.

Nous remercions aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

En fin merci à tous ceux qui ont rendu possible ce travail même s'ils ne se retrouvent pas dans cette petite liste. Ils ont dans nos pensées.

Dédicace

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

*A mes chères sœurs (**Samah.zoulikha.keltoum**) pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

*A mes chers frères (**Walid.Hocin.khaled**) pour leur appui et leur encouragement, A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

A tous les équipes de la pharmacie Mameri (Amina.Fares.Badri.Cherif) merci de me supporter .

A mes chers amis (docteur sifonizia. Fatma. Ahlem.Aicha. Houda.hind.yousra...).

DR.GHESKILI MEJDA

Dédicace:

Je dédie ce mémoire A mes chères parents mon père Laihi El Hadj et

ma mère Rouissi Kh

pour leur patience, leur amour et leur encouragements.

A tous mes sœurs et frères

Mes amis Abdel Halim Barket, Abdelkrim Sellamine, Taher Ghiboub,

Ala Ghazali, Omar Kebkoub, Akram Maaoui, Adel Khechaï;

Oussama Gacem, Hebilz Mohamed, Chenini Chihab, Zino Djeddoul,

Reki Mohammed Saïd, Labcir Youcef, Kharchi Younes et tous les

joueurs de pes 2024.

LAIHI BRAHIM

Sommaire

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE D'ABRIVITION

Introduction.....	1
I. Synthèse bibliographique	4
I.1. Les huiles essentielles	4
I.1.1. Définition	4
I.1.2. Réparation et localisation.....	4
I.1.3. Fonctions biologiques des huiles essentielles	5
I.1.4. Activité biologique des huiles essentielles	5
I.1.5. Composition chimique des huiles essentielles	6
I.1.6 . Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.....	8
I.1.7. Méthodes et équipements d'extraction.....	9
I.2: Aperçu sur l'espèce étudiée.....	11
I.2.1. La famille des <i>Lamiaceae</i>	11
I.2.2. Le genre <i>Salvia</i>	11
I.2.3.L'espèce <i>Salvia officinalis</i>	11
I.2.3.1.Description botanique.....	11
I.2.3.2.Repartition géographique.....	13
I.2.3.3.Nomenclature	13
I.2.3.4.Classification.....	13
I.2.3.5.Activités antibactérienne des extraits de <i>salvia officinalis</i>	14
II. Matériels et méthodes	17
II.1. Matériel	17
II.2. Méthodes.....	17
II.2.1 Collecte des données	17

II.2.2 Extraction des données.....	20
II.2. 3 Analyse des données.....	21
III. Résultats et discussion	23
III.1. les données collectées	23
III.2. Les huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i>	26
III.2.1 La partie de la plantes utilisées	26
III.2.2 Origine géographique de la plante	27
III.2.3 La méthode d'extraction des huiles essentielles	27
III.2.4 Composition chimique des HEs	28
III.3 Activité antibactérienne	30
III.3.1 Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne	30
III.3.2 Souches bactériennes testées.....	31
III.4 Etude de la corrélation entre la composition chimique des HEs et l'activité antibactérienne	32
Conclusion :.....	37
References bibliographiques	40
Résumé :	

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1: Exemples de quelques monoterpènes	7
Figure n°2: Exemples de quelques sesquiterpènes	8
Figure n°3: Exemples de composés aromatiques	8
Figure n°4 : Différentes parties de <i>Salvia officinalis</i>	12
Figure n°5: Zones d'inhibition des huiles essentielles de <i>S. officinalis</i> contre les souches bactériennes.....	31
Figure n°6: Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti- <i>E.coli</i>	33
Figure n°7:Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti- <i>staphylococcus</i>	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1: Classement et activité biologique de molécules aromatiques selon leur fonction chimique.....	6
Tableau n°2 : les méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	10
Tableau n°3 : la classification de <i>Salvia officinalis</i>	13
Tableau n°4: liste des publications recensées.	18
Tableau n°5 : Les données extraites des articles scientifiques sélectionnés.	23
Tableau n°6:Les parties de <i>salvia officinalis</i> utilisées pour l'extraction des HEs	26
Tableau n°7: L'Origine géographique de l'espèce <i>salvia officinalis</i> récoltée dans les publications	27
Tableau n°8: les méthodes d'extraction des HEs de <i>Salvia officinalis</i> adoptées dans la littérature.....	27
Tableau n°9 : Principaux constituants des HEs de <i>S. officinalis</i> rapportées dans la littérature....	28
Tableau n°10: Les classes chimiques des huiles essentielles de <i>S. officinalis</i>	29
Tableau n°11: Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne des HEs de <i>salvia officinalis</i>	30
Tableau n°12 : Moyenne des zones d'inhibition produites par les huiles essentielles de <i>S. officinalis</i> vis- à-vis des souches bactériennes testées.....	31

LISTE D'ABRIVITIONS

BFS : Début de la phase de floraison.

DMAPP : Dimethylallyl-pyrophosphate.

E.Coli : Echerchia Coli

FFS: Stade de pleine floraison.

GGPP :Geranyl Geranyl Pyrophosphate.

GPP:Geranyl pyrophosphate.

HD: Hydrodistillation.

HES : Huiles Essentielles.

IPP :Isopentenyl Pyrophosphate.

IZ :Zone Inhibition.

IZEC :Zone Inhibition *écherchia colie*.

IZSA :Zone Inibition *staphylococcus aureus*.

Lps : lipopolysacharides

MIC : Concentration Minimale Inhibitrice.

MBC :Concentration Minimale Bactericide.

P : Probabilité.

R :Relation.

RI :Indice de Retention.

S.Aureus : Staphylococcus aureus

S ;officinalis : salvia officinalis

VIH :Virus del'Immunodéficience Humaine.

VS :Stade Végétatif.

Introduction

Les produits naturels, notamment ceux d'origine végétale, ont toujours été une source importante de molécules thérapeutiques. Environ deux tiers des médicaments actuels ont une origine naturelle; obtenus par héli-synthèse ou par modification d'un produit naturel. Uniquement le tiers des médicaments commercialisés possède donc une origine purement synthétique (Newman et *al.*, 2003).

Les plantes ont été généralement utilisées en médecine traditionnelle comme agents antibactériens et antifongiques. Mais, la découverte des antibiotiques a provoqué le déclin de la médecine des plantes et l'a reléguée à un rang secondaire (Benabdellah, et *al.*, 2006).

L'émergence de la résistance des bactéries à antibiotiques suite à leur utilisation massive et parfois abusive, est devenue un réel problème de santé publique par une augmentation alarmante de l'incidence de nouvelles maladies infectieuses, l'apparition d'effets secondaires indésirables de certains antibiotiques, donc il est nécessaire et urgent de découvrir de nouveaux composés antimicrobiens avec des structures chimiques diverses et des mécanismes d'action novateurs (Yam, 1998).

La situation est d'autant plus préoccupante car les infections provoquées par des bactéries résistantes entraînent souvent une prolongation de la maladie et une augmentation du taux de mortalité. L'apparition de ces résistances multiples a conduit à une diminution de l'efficacité des traitements antibiotiques, menant finalement à une impasse thérapeutique (El Amri et *al.*, 2014).

Les huiles essentielles de diverses plantes et leurs constituants chimiques sont connus pour présenter divers effets bénéfiques, notamment antibactériens, antifongiques, antiviral, antihelminthique et anti-cancérigène (Tajkarimi et *al.*, 2010).

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressées à l'espèce *Salvia officinalis* communément appelée la *Sauge officinale*. Une espèce appartenant à la famille des Lamiacées.

L'objectif de ce travail est de synthétiser les résultats de plusieurs études individuelles sur ce sujet pour tirer des conclusions sur:

- l'efficacité des huiles essentielles contre différents types de bactéries.
- quelles sont les bactéries les plus sensibles à l'effet des HEs.
- y'a-t-il une corrélation entre la composition chimique des HEs et l'activité antibactérienne ?
- déterminer les molécules responsables de l'activité antibactérienne.

Notre manuscrit comprend trois chapitres, le premier chapitre est une synthèse bibliographique dans laquelle la plante étudiée sera décrite et des notions de bases sur les huiles essentielles seront abordées.

Le deuxième chapitre décrit la méthodologie utilisée. Tandis que le troisième chapitre consiste à une analyse des résultats obtenus et leur discussion .enfin le mémoire sera clôturé par une conclusion.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

I.1. Les huiles essentielles

I.1.1. Définition

Les huiles essentielles sont des substances volatiles, odorantes et huileuses produites par les plantes aromatiques. Elles sont extraites par divers procédés tels que la distillation à la vapeur d'eau, l'hydrodistillation, le pressage ou l'incision des plantes qui les renferment. Ces composés se forment en tant que sous-produits du métabolisme secondaire dans de nombreuses plantes. Les huiles essentielles sont largement utilisées dans l'industrie cosmétique, pharmaceutique et agroalimentaire (Madjour,2014).

Selon la norme AFNOR NF, les huiles essentielles sont des produits dérivés d'une matière première végétale obtenus par entraînement à la vapeur d'eau ou par hydrodistillation. Elles sont séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques. On trouve des huiles essentielles dans diverses familles botaniques et elles sont présentes dans toutes les parties vivantes de la plante, se formant dans le cytoplasme de cellules spécialisées (AFNORNF 2000).

I.1.2. Répartition et localisation

Les huiles essentielles sont abondantes dans le règne végétal, en particulier chez les plantes supérieures, avec environ 17 500 espèces aromatiques. Les familles botaniques capables de produire les composants des huiles essentielles sont concentrées dans un nombre restreint de familles, telles que *Myrtaceae* (clou de girofle), *Lauraceae* (laurier), *Rutaceae* (citron), *Lamiaceae* (menthe), *Apiaceae* (coriandre), *Zingiberaceae* (gingembre), etc (Belakhdar,1997).

Les huiles essentielles sont produites par des glandes sécrétrices présentes sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées dans le cytoplasme de certaines cellules ou se regroupent sous forme de petites gouttelettes, comme la plupart des substances lipophiles. La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent situées sur ou près de la surface de la plante, telles que les cellules à huiles essentielles des *Lauraceae*, les poils sécréteurs des *Lamiaceae*, les poches sécrétrices des *Myrtaceae*, des *Rutaceae* et des *Lamiaceae*, ainsi que les canaux sécréteurs présents dans de nombreuses familles. (Gonzalez-Trujano et al.,2007) Il est intéressant de noter que les organes d'une même espèce peuvent contenir des huiles essentielles de compositions différentes en fonction de leur emplacement dans la plante (Degryse et al.,2008).

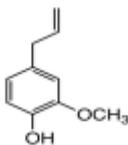
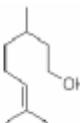
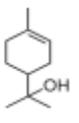
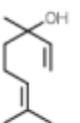
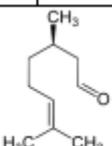
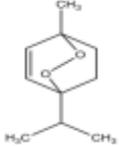
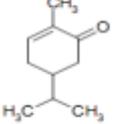
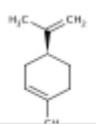
I.1.3. Fonctions biologiques des huiles essentielles

Malgré les nombreuses hypothèses avancées pour expliquer la raison de la synthèse des huiles essentielles par les plantes, la véritable raison reste inconnue. Cependant, il est probable que le rôle des huiles essentielles dans le matériel végétal soit étroitement lié à leur environnement. Les experts considèrent les huiles essentielles comme des signaux chimiques permettant à la plante de contrôler ou réguler son environnement. Par exemple, ces huiles peuvent jouer un rôle défensif contre les champignons et les microorganismes, tout en attirant les insectes pollinisateurs. Un feuillage riche en huiles essentielles, tel que le laurier, peut protéger la plante contre les herbivores. Les huiles essentielles présentes dans les racines, l'écorce et le bois confèrent à la plante un effet antiseptique contre les parasites du sol (Richard, 1992).

I.1.4. Activité biologique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont utilisées pour leurs arômes et leurs parfums dans l'industrie des produits naturels et des parfums. Elles possèdent des activités antimicrobiennes et antiparasitaires grâce aux terpénoïdes qui agissent contre les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires. Jusqu'en 1999, il a été rapporté que 60% des dérivés d'huiles essentielles étudiés étaient des agents inhibiteurs de champignons, tandis que 30% présentaient une activité contre les bactéries. Parmi les terpénoïdes, l'acide bétulinique, un triterpénoïde, est l'un des composés ayant montré une action inhibitrice contre le VIH. Le mécanisme d'action des terpènes n'est pas complètement compris, mais il est suggéré qu'il implique la perturbation de la membrane cellulaire par ces composés lipophiles (Cowan, 1999).

Tableau 1. Classement et activité biologique de molécules aromatiques selon leur fonction chimique (Pibiri,2006)

Composés aromatiques	Exemples			Propriétés
Phénols C ₆ H ₆ O	 Eugénol (C ₁₀ H ₁₂ O ₂)			Stimulantes, Toniques Antiseptiques Bactéricides Fongicides, Anti-virale, Antiparasitaires Irritantes
Alcools Terpéniques	 Citronellol (C ₁₀ H ₂₀ O)	 Terpineol (C ₁₀ H ₁₈ O)	 linalol (C ₁₀ H ₁₈ O)	Anti-inflammatoires, Antiseptiques, Bactéricides, Fongicides, Anti-virale, Neurotoniques Ils agissent en dénaturant les protéines, comme agents de déshydratation
Aldéhydes Terpéniques	 Citronellal (C ₁₀ H ₁₈ O)			Antifongiques, Sporicidas, Toxicité liée à la présence du groupe aldéhyde Insecticide
Ether-oxides, péroxyde	 Cinéole (C ₁₀ H ₁₈ O)	 Ascaridole (C ₁₀ H ₁₆ O ₂)		Antibactériens, Antifongiques, Insecticides L'ascaridole est fortement réactif et toxique (par la liaison -O-O-)
Cétones	 Carvone (C ₁₀ H ₁₄ O ₂)			Calmantes, Antivirales, Antifongiques Neurotoxiques Anti- épileptique
Hydrocarbures aliphatiques, sesquiterpènes	 Limonene (C ₁₀ H ₁₆)			Fongistatique, Bactériostatique, Insecticides, Nematicide, Herbicide

I.1.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles se composent principalement de deux groupes de composés odorants distincts en fonction de la voie métabolique utilisée : les terpènes (mono et sesquiterpènes), prédominants dans la plupart des huiles essentielles, et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Brunetton,1987).

I.1.5.1. Les composés terpéniques

Les terpènes sont une catégorie d'hydrocarbures produits par de nombreuses plantes, notamment les conifères, et constituent des éléments importants de la résine et de l'essence de térébenthine issues de la résine. La formule de base des terpénoïdes est (C₅H₈)_n. Les terpènes

sont synthétisés à partir de l'IPP qui réagit avec une molécule initiale telle que le DMAPP, le GPP, le GGPP, etc. En revanche, l'isoprène peut être facilement obtenu par la dégradation des terpènes. Ainsi, l'isoprène est considéré comme l'un des éléments de construction privilégiés par la nature (Johen et *al.*,2012).

I.1.5.1.1. Les monoterpènes :

Les monoterpènes sont les composants les plus simples des terpènes, largement présents dans les huiles essentielles (90%) (Ziming et *al.*,2005). Ils sont formés de deux unités d'isoprène (C₅H₈). Ces monoterpènes peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques, et sont associés à divers produits naturels possédant des fonctions chimiques spécifiques. (site 01 ; Nelson, et Cox,2008).

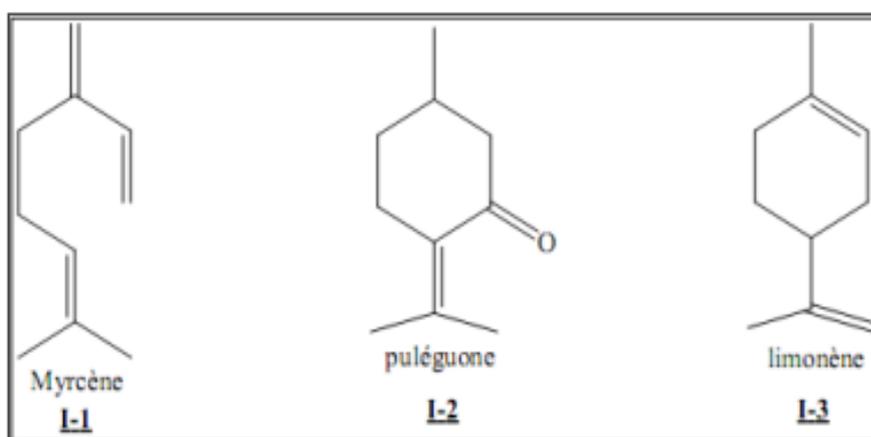


Figure 1. Exemples de quelques monoterpènes(Padua et Bunyaparaphastara.1999)

I.1.5.1.2. Les sesquiterpènes

Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en C₁₅H₂₂ (assemblage de trois unités isoprènes) . Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurales, acycliques, monocycliques, bicycliques , tricycliques, polycycliques Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature(Belkhir,2015).

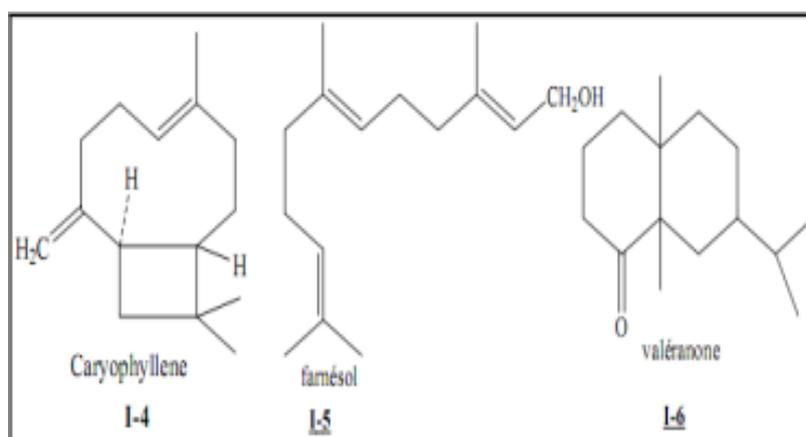


Figure 2. Exemples de quelques sesquiterpènes (Bouzaoui.2013).

I.1.5. 2. Les composés aromatiques

Une classe supplémentaire de composés volatils couramment observée est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Cette catégorie inclut des composés odorants bien connus tels que la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole, et bien d'autres. Ces composés sont plus fréquents dans les huiles essentielles des *Apiaceae* (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques des huiles essentielles de clou de girofle, vanille, cannelle, basilic, estragon, etc (Bruneton,2016).

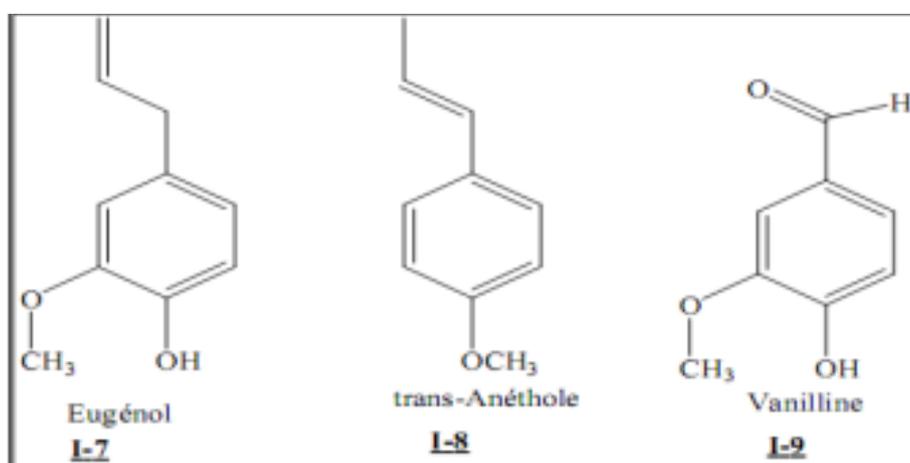


Figure 3. Exemples de composés aromatiques (Kaddouri et Dellal.2023).

I.1.6 . Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

En ce qui concerne leurs propriétés physico-chimiques, les huiles essentielles constituent un groupe très homogène. Leurs caractéristiques principales sont les suivantes (Bruneton,1999):

- Elles sont liquides à température ambiante et ne possèdent pas la texture grasse et onctueuse des huiles fixes.
- Elles sont volatiles et rarement colorées.
- Les huiles essentielles riches en monoterpènes ont une faible densité.
- L'indice de réfraction varie principalement en fonction de la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une concentration élevée en monoterpènes entraîne un indice élevé, tandis qu'une forte présence de dérivés oxygénés produit l'effet inverse.
- Elles sont solubles dans les alcools à forte teneur alcoométrique et dans la plupart des solvants organiques, mais peu solubles dans l'eau.
- Du fait de leur composition principalement constituée de composés asymétriques, elles présentent un pouvoir rotatoire.
- Elles sont très sensibles à l'oxydation, sujettes à la polymérisation conduisant à la formation de résidus. Il est donc recommandé de les conserver à l'abri de la lumière et de l'humidité pour prévenir ces altérations (Zabeirou et Hachimou,2005).

I.1.7. Méthodes et équipements d'extraction

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ...), de la nature des composés (par exemple, les l'huile essentielles, huiles lourdes...). Le rendement en huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées. Les principales méthodes d'extraction des huiles essentielles sont répertoriées dans le tableau 2.

Les étapes de l'extraction des huiles essentielles d'origine végétale restent identiques quel que soit le type d'extraction utilisé. Il est nécessaire dans un premier temps d'extraire de la matière végétale les molécules aromatiques constituant l'huile essentielle, puis dans un second temps de séparer ces molécules du milieu par distillation (Lucchesi, 2005).

Tableau 2. les méthodes d'extraction des huiles essentielles (Wang et *al.*,2001 ; Anton et Lobstein,2005)

La méthode	Explication
Hydrodistillation	consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues
Entraînement à la vapeur d'eau	De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle »
Hydrodiffusion	Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale.
Extraction par du CO2 supercritique	fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état super-critique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide (supercritique) et la séparation dans le domaine gazeux.
Extraction assistée par micro-onde	Le procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière végétale broyée en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes
L'expression à froid	Il est réservé à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes des hespéridés ou encore d'agrumes qui ont une très grande importance pour l'industrie des parfums et des cosmétiques.
L'extraction par solvants volatils	La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique

I.2: Aperçu sur l'espèce étudiée

I.2.1. La famille des *Lamiaceae*

La famille des *lamiacées* considérée comme l'une des familles les plus évoluées, englobe une grande variété de plantes aromatiques et médicinales, elle présente des caractères typiques très facile à reconnaître pour un botaniste débutant : plante herbacée, tige quadrangulaire et la corolle à une forme de lèvres. (Habita Dahmane et Chergui Adel, 2022)

I.2.2. Le genre *Salvia*

Salvia vient du mot latin "Salvare", qui veut dire : Guérir, sauver. C'est une plante magique qui sauve des vies humaines (Fellah et al.,2006). Le genre *Salvia* (Sauge) fait partir des genres les plus importants de la famille des *Lamiaceae*, comprenant près de 900 espèces réparties dans le monde entier. L'Algérie compte vingt-trois espèces du genre *Salvia* (Quezel et Santa, 1963). Le genre *Salvia* comprend des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces. Les tiges sont généralement quadrangulaires inclinées comme les autres membres de la famille des lamiacées. Les feuilles sont généralement entières, mais parfois dentées ou pennées. Les hampes florales portent de petites bractées inégales. Cette sauge se présente comme un arbrisseau vivace très rameux, de couleur gris bleuté, due aux poils la couvrant entièrement. (Scully, 2008).

I.2.3. L'espèce *Salvia officinalis*

I.2.3.1 Description botanique

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L), appartenant à la famille des labiées(*Lamiacees*) (Maatoug, 1990), est formée de petits arbustes aux fines feuilles du venteuses, à l'odeur camphrée caractéristique. C'est une plante aromatique et médicinale assez largement utilisée soit à l'état naturel, soit sous forme d'extrait ou d'huile essentielle (Fellah et al.,2006).

Cette plante vivace présente des tiges ligneuses à la base,et produit de nombreux rameaux dressés, caractérisés par des noeuds saillants où sont insérées les feuilles (Teuscher et al.,2005). Les feuilles, pétiolées et lancéolées, sont relativement grandes, leur forme et leur taille variant en fonction de leur position sur la tige (Rombi et Robert, 2007). Elles sont également riches en huiles essentielles, ce qui leur confère leur arôme caractéristique (Jakovljević et al.,2019).

Les fleurs de cette plante sont de couleur bleu-violacé, disposées en épis terminaux lâches et mesurent environ 2 cm de long. Elles sont tubulaires et regroupées par trois faux verticilles (Bruneton, 1993).

Les graines, de couleur brune foncée, sont très petites et ne contiennent pas d'endosperme ; il y a plus de 200 graines dans un gramme (Motta, 1960). Enfin, le fruit est un tetrakène lisse qui persiste au fond du calice, présentant des cupules ouvertes (Paris et Dillemann, 1960).

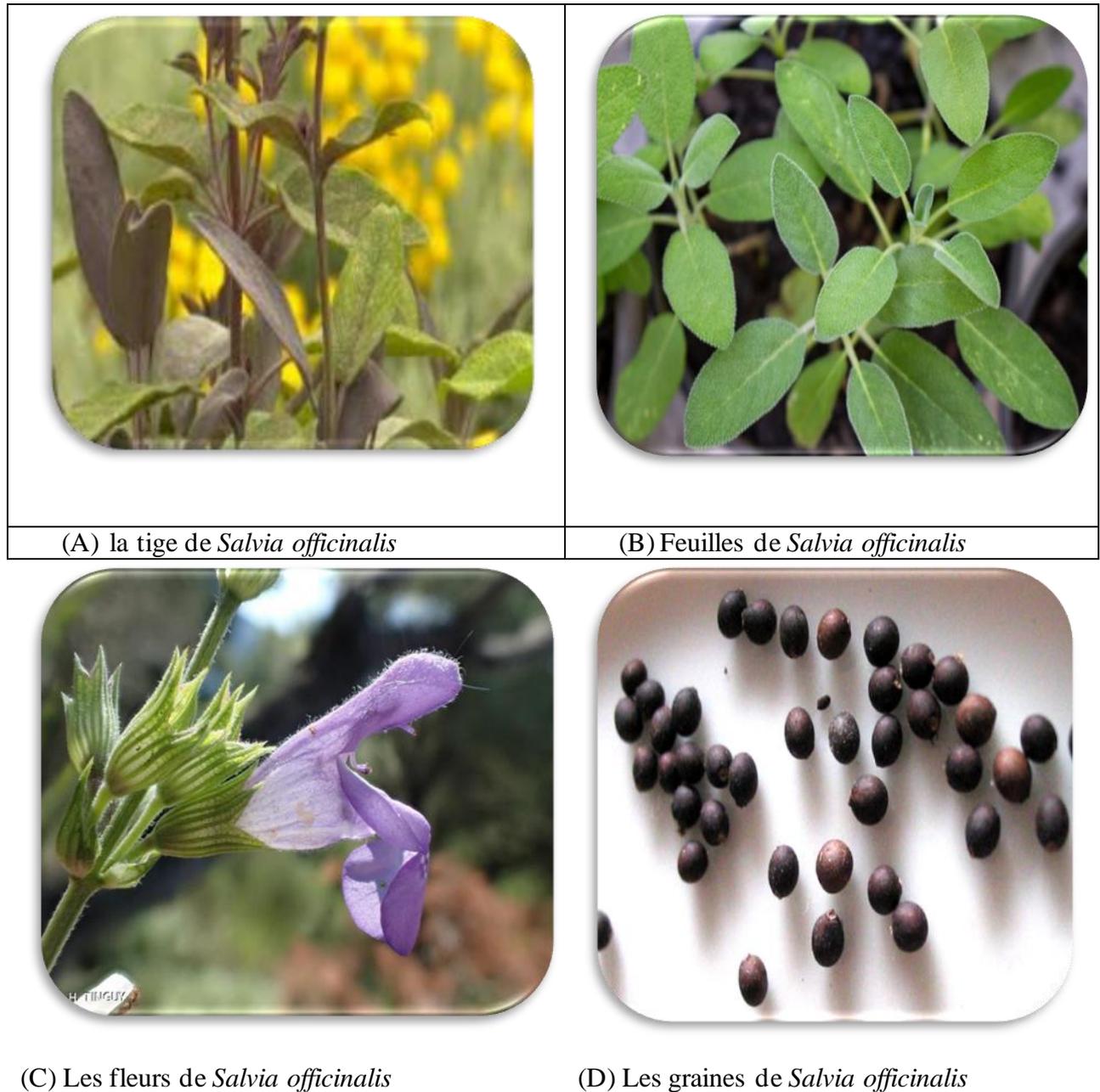


Figure 4. Différentes parties de *Salvia officinalis* (Afzal-Raffi, 1976).

I.2.3.2. Répartition géographique

Salvia officinalis, est une plante vivace qui s'épanouit particulièrement dans les sols chauds et calcaires. Elle se développe naturellement et est cultivée dans toute la région méditerranéenne, s'étendant de l'Espagne à la Turquie, ainsi que dans le nord de l'Afrique, notamment en Algérie où elle est cultivée (Maatoug, 1990).

I.2.3.3. Nomenclature

Le nom du genre *Salvia* vient du latin *salvare* qui signifie «sauver» et «Guérir» (Pujuguet, 2008).

- Synonyme : Herbe sacrée, thé d'Europe, thé de Grèce, thé de France, thé de Provence, grande Sauge, Sauge franche (Fabre et al.,1992).
- Nom targui ou berbère : Tazzourt , Agourim, Imeksaouen
- Nom allemand : Salbei,Garten-salbei ,Edl-salbei.
- Nom anglais : Common sage, Garden sage (Cabaret, 1986 ; Beloued , 2001).
- Les Algériens lui confèrent l'expression "souek ennebi" comme synonyme de Salème et la nomment aussi mayramia. (Longaray et al., 2007, Maksinovic et al.,2007).

I.2.3.4. Classification

Selon Hans, (2007), Ristić et al.,(1999) et Quezel et santa, (1963), la classification de *Salvia officinalis* est la suivante :

Tableau 3. La classification de *Salvia officinalis*.

Regne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia officinalis L</i>

I.2.3.5. Activités antibactérienne des extraits de *Salvia Officinalis*

La bioactivité des extraits de *Salvia officinalis* est associée à sa composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires, ainsi qu'à leurs effets synergiques (Dorman *et al.*,2000).

Cette activité est due à la richesse des extraits de la plante en substances inhibitrices. Il s'agit probablement des phénols qui sont doués d'une forte activité antibactérienne. La puissance de cette activité prouve de plus en plus l'efficacité de ces substances face à ces bactéries pathogènes (Benkherara *et al.*,2011).

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE 2

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

Les bases de données utilisées :

Une recherche bibliographique a été menée dans des bases de données internationales telles que ScienceDirect, Scopus, PubMed et Google Scholar.

- **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, *salvia officinalis* , 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 *salvia officinalis* 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, 17 articles ont été considérés comme appropriés pour l'inclusion. Dans le tableau 4 sont présentés les articles faisant l'objet de cette étude.

Tableau 4. Liste des publications recensées

N°	Titre	Auteurs	Année
1	Les huiles de <i>Salvia officinalis</i> et <i>Schinus molle</i> L et leurs compositions chimiques et leurs effet conservateurs contre <i>Salmonella</i> inoculé dans de la viande de bœuf hachée.	El Akrem et al.,	2008
2	Extraction et etude des huiles essentielles de la <i>salvia officinalis</i> .l cueille dans deux regions differentes de la Tunisie.	Fellah et al.,	2006
3	L'activités antioxydantes ,antibactériens des huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i> L.Poussant a l'état sauvage dans les montagnes de l'Atlas du Maroc.	Bouajaj et al.,	2013
4	Propriétés antibactériennes in vitro de extrait d'éthanol de sauge (<i>Salvia</i>	Mosafa et al.,	2013

	<i>officinalis</i>) contre les multirésistans <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Klebsiella pneumoniae</i> .		
5	Analyse et enquête chimiques des effets biologiques des huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i> à trois stade.	Assaggaf et al.,	2022
6	La puissance anti- <i>Salmonelle</i> et antibiofilm d'huile de <i>salvia officinalis</i> contre antibiotique- <i>Salmonella enterica</i> résistante.	Samy et al.,	2022
7	Activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i> L et <i>Salvia triloba</i> L cultivée dans le sud Brésil.	Ana Paula et al.,	2005
8	Analyse des huiles essentielles et l'activité antibactériennes des feuilles de <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>salvia officinalis</i> et <i>Mentha piperita</i> cultivée à Agadir (Maroc).	Mattazi et al.,	2015
9	Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>Salvia sauvage officinalis</i> L de Monténégro.	Biljana et al.,	2013
10	Variation saisonnière des produits chimiques, composition antibactérienne et activités antioxydantes du huile essentielle de feuille de <i>salvia officinalis</i> du Cachemire Inde.	Gulzar et al.,	2016
11	Propriétés désinfectantes des huiles essentielles de <i>Salvia officinalis</i> L cultivée dans Tunisie.	Bouaziz et al.,	2009
12	L'administration des huiles essentielles	Farah et al.,	2020

	de <i>salvia officinalis</i> et la guérison accélérée sur <i>pseudomonas aureus</i> modèle de plaie infecté.		
13	Les compositions chimique et l'activité antibactérienne des huiles essentielles de dix plantes aromatiques contre bactéries pathogènes humaines.	Soković et al.,	2007
14	Composition chimique et activité biologique de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> .	Kačániová et al.,	2021
15	Effet des huiles du Rosmarins officinalis et <i>Salvia officinalis</i> sur la résistance aux maladies contre <i>Aeromonas sobra</i> chez Goldfish (<i>Carassius auratus</i>).	Metin et al.,	2020
16	Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : <i>Salvia officinalis</i> L. sur quelques entérobactéries pathogènes.	Benkherara et al.,	2011
17	L'effet antibactérien des huiles essentielles de <i>Satureja hortensis</i> et <i>Salvia officinalis</i> contre les majeurs bactéries de la mammite .	Zarooni et al.,	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

II.2. 3 Analyse des données

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

33 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

RESULTATS ET DISCUSSION

III. Résultats et discussion

III.1. les données collectées

La recherche électronique menée nous a permis de sélectionner 17 articles portant tous sur l'activité antibactérienne de *Salvia officinalis*.

Tableau 5. Les données extraites des articles scientifiques sélectionnés

N°	Référence	Origine géographique	Partie utilisée	Méthode d'extraction	Test de l'effet antibactérien	Souches bactériennes testées
1	El Akrem et al.,2008	Tunis	Graines	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque. - Méthode de dilution.	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . - <i>Pseudomonas morgani</i> . - <i>Escherichia coli</i> . - <i>Klebsiella pneumoniae</i> . - <i>Salmonella</i> .
2	Fellah et al., 2006	Tunis (la Marsa et Djebel ouest)	La partie aérienne	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .
3	Bouajaj et al., 2013	Maroc Tunis	La partie aérienne	Hydrodistillation Micro-ondes	-Diffusion sur milieu solide.	- <i>Escherichia coli</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> .
4	Mosafa et al.,2013	Iran	Feuilles. Tiges	Extraction par solvant.	-Méthode des puits. -Micro dilution .	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> - <i>Klebsiella pneumoniae</i> . - <i>Escherichia coli</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> .
5	Assaggaf et al., 2022	Maroc	Fleur	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque	- <i>Listeria monocytogenes</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> . - <i>Bacillus subtilis</i> . - <i>Proteus mirabilis</i> . - <i>Escherichia coli</i> . - <i>Salmonella</i> .

6	Samy et al.,2022	Aljouf (Sakaka)	Feuilles	Hydrodistillation	-Méthode des puits	- <i>Salmonella</i> .
7	Ana Paula et al.,2005	Sud du Brésil	Fleurs	Hydrodistillation	-Micro dilution	- <i>Escherichia coli</i> . - <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . - <i>Proteus mirabilis</i> . - <i>Salmonella</i> . - <i>Aeromonas hydrophila</i> . - <i>Bacillus subtilis</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> .
8	Mattazi et al.,2015	Maroc	La partie aérienne	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque	- <i>Escherichia coli</i> . - <i>Bacillus subtilis</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> . - <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . - <i>Salmonella</i> . - <i>Klebsiella pneumoniae</i> . - <i>Enterobacter aerogenes</i> . - <i>Micrococcus luteus</i>
9	Biljana et al.,2013	Montenegro (europ)	Feuilles	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque -Méthode de dilution	- <i>Escherichia coli</i> . - <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . - <i>Staphylococcus aureus</i> . - <i>Klebsiella pneumoniae</i> - <i>proteus mirabilis</i> . - <i>Candida albican</i> .
10	Gulzar et al.,2016	Inde	Feuilles	Hydrodistillation	-Methode de dilution.	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .

						<ul style="list-style-type: none"> -<i>Bacillus subtilis.</i> -<i>Proteus mirabili.</i> -<i>Staphylococcus aureus.</i> -<i>Klebsiella pneumonia</i> -<i>Escherichia coli.</i>
11	Bouaziz et al.,2009	Tunis	La partie aérienne	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Pseudomonas aeruginosa.</i> -<i>Salmonella.</i> -<i>Staphylococcus aureus.</i> -<i>Candida albicans.</i> -<i>Escherichia coli.</i>
12	Farah et al.,2020	Ourmia(Iran)	Fleurs	Hydrodistillation	-Micro dilution	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Pseudomonas aeruginosa.</i> -<i>Staphylococcus aureus.</i>
13	Soković et al.,2007	Serbie (Europe)	La partie aérienne	Hydrodistillation	<ul style="list-style-type: none"> -Diffusion sur disque -Micro dilution 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Escherichia coli.</i> -<i>Pseudomonas aeruginosa.</i> -<i>Bacillus subtilis.</i> -<i>Proteus mirabilis.</i> -<i>Listeria monocytogenes.</i>
14	Kačániová et al.,2021	Slovakia (Europe)	Tiges florales	Hydrodistillation	-Diffusion sur disque	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Bacillus subtilis.</i> -<i>Stenotrophomonas Maltophilia.</i>
15	Metin et al.,2020	Turquie	Tige Feuille.	Hydrodistillation	-Méthode des puits	- <i>Aeromonas sobria.</i>
16	Benkherara et al.,2011	El-Kala (Algérie)	Feuilles	la vapeur d'eau	-Diffusion sur disque	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Escherichia coli.</i> -<i>Proteus mirabilis.</i>
17	Zarooni et al.,2021	Iran	Tige	la vapeur d'eau	-Methodes dilutions	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Escherichia coli.</i> -<i>Staphylococcus aureus.</i>

III.2. Les huiles essentielles de *Salvia officinalis*.

III.2.1 La partie de la plante utilisée

Tableau 6. Les parties de *salvia officinalis* utilisées pour l'extraction des HES

La partie de la plante	Nombre d'articles	Références
Partie aérienne	5	Fellah et al.,2006 Bouajaj et al.,2013 Soković et al.,2007 Bouaziz et al.,2009 Mattazi et al.,2015
Feuilles	6	Mosafa et al.,2013 Samy et al.,2022 Biljana et al.,2013 Gulzar et al.,2016 Metin et al.,2020 Benkherara et al.,2011
Tige	4	Mosafa et al.,2013 Kačániová et al.,2021 Metin et al.,2020 Zarooni et al.,2021
Graines	1	El Akrem et al.,2008
Fleurs	3	Assaggaf et al.,2022 Ana Paula et al.,2005 Farah et al.,2020

Parmi les 17 articles analysés portant sur l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Salvia officinalis*, il ressort que les feuilles ont fait l'objet de six études tandis que la partie aérienne de la même espèce a été utilisée dans cinq études. Les feuilles et la partie aérienne sont les mieux étudiés, suivies par les tiges (4 études) et les fleurs (3 études). Les graines de *S. officinalis* s'avèrent les moins étudiés en faisant l'objet d'une seule étude.

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).

Les plantes à huile essentielle possèdent une variation dans la composition de l'huile dans toute la plante ; différentes espèces les principes actifs peuvent s'accumuler uniformément dans toutes les parties de la plante se concentrer uniquement dans certains organes (Lawrence, 2002).

III.2.2 Origine géographique de la plante

Tableau 7.L'Origine géographique de l'espèce *salvia officinalis* récoltée dans les publications

Origine	Nombre d'articles	Références
Tunis	4	El Akrem et al.,2008 Fellah et al.,2006 Bouajaj et al.,2013 Bouaziz et al.,2009
Maroc	3	Bouajaj et al.,2013 Mattazi et al.,2015 Assaggaf et al.,2022
Iran	3	Mosafa et al.,2013 Zarooni et al.,2021 Farah et al.,2020
Algérie	1	Benkherara et al.,2011
Aljouf (Sakaka)	1	Samy et al.,2022
Sud du Brésil	1	Ana Paula et al.,2005
Turquie	1	Metin et al.,2020
Europe	3	Biljana et al.,2013 Soković et al.,2007 Kačániová et al.,2021
Ind	1	Gulzar et al.,2016

D'après le tableau ci-dessus, il paraît que *Salvia officinalis* provenant de la Tunisie est la mieux étudiée pour son potentiel antibactérien, suivie par celle du Maroc, d'Iran et d'Europe. L'activité antibactérienne des HES de l'espèce Algérienne n'a fait l'objet que d'une seule étude.

III.2.3 La méthode d'extraction des huiles essentielles

Tableau 8. Les méthodes d'extraction des HES de *Salvia officinalis* adoptées dans la littérature.

Méthode d'extraction des HES	Nbr d'articles	Références
Hydrodistillation	14	El Akrem et al.,2008, Fellah et al.,2006, Bouajaj et al.,2013, Assaggaf et al.,2022, Samy et al.,2022, Ana Paula et al.,2005, Mattazi et al.,2015, Biljana et al.,2013, Gulzar et al.,2016, Bouaziz et al.,2009, Farah et al.,2020, Soković et al.,2007, Kačániová et al.,2021, Metin et al.,2020
Micro-ondes	1	Bouajaj et al.,2013
La distillation par entraînement à la vapeur	2	Benkherara et al.,2011, Zarooni et al.,2021
Extraction par solvant	1	Mosafa et al.,2013

D'après le tableau 8, parmi les dix-sept travaux portant sur l'activité antibactérienne des HEs de *S. officinalis*, la méthode d'hydrodistillation est la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles, suivie par la distillation à la vapeur. L'extraction par micro-ondes ainsi que l'extraction par solvant ont été utilisées chacune dans une seule étude.

Dans le processus HD, le matériel végétal est complètement immergé dans l'eau bouillante. Le trait caractéristique de ce processus est qu'il y a un contact direct entre l'ébullition l'eau et la matière première (Kubeczka , 2010). Cette méthode présente l'avantage de ne pas nécessiter un appareillage coûteux et elle permet l'obtention des meilleurs rendements en huiles essentielles (Penchev, 2010).

III.2.4 Composition chimique des HEs

Les principaux composés des HEs de *Salvia officinalis* rapportées dans les dix-sept articles scientifiques faisant l'objet de notre étude sont rassemblés dans le tableau 9.

Tableau 9. Principaux constituants des HEs de *S. officinalis* rapportées dans la littérature.

N° Article	Référence	Composés majeurs de l'HE	%
1	El Akrem et al.,2008	1,8-Cineole α -Thujone β -Thujone	33.27 13.45 18.4
2	Fellah et al.,2006	α -Thujone β -Thujone 1,8-Cineole	25.02-26.49 13.09-11.55 8.58-16.96
3	Bouajaj et al.,2013	1,8-Cièneole β -Thèujone	16.82-33.27 29.84-18.4
4	Mosafa et al.,2013	α -Thèujone Camphor	24.88 16.03
5	Assaggaf et al.,2022	1,8-Cineole Camphor	12.5-8.61-10.75 16.29-15.98-14.35
6	Samy et al.,2022	1,8-Cineole	39.18
7	Ana Paula et al.,2005	α -Thujone 1,8-Cineole	24.8 14.8
8	Mattazi et al.,2015	1,8-Cineole Camphor	16.77 17.16
9	Biljana et al.,2013	α -Thujone Camphor	29.5 22.52
10	Gulzar et al.,2016	α -Thujone	38.47
11	Bouaziz et al.,2009	1,8-Cineole β -Thujone Camphor	16.29 17.76 14.19

12	Farah et al.,2020	α -Thujone β -Thujone Camphor	26.8 14.1 16.4
13	Soković et al.,2007	α -Thujone	31.65
14	Kačániová et al.,2021	α -Thujone Camphor	24.6 20.6
15	Metin et al.,2020	1,8-Cineole α -Thujone Camphor	26.36 20.52 16.99
16	Benkherara et al.,2011	1,8-Cineole α -Thujone	22.97 36.74
17	Zarooni et al.,2021	α -Pinene	13.01

Quatre composés chimiques à savoir : le 1,8-Cineole, le β -Thujone, l' α -Thujone et le Camphor sont les constituants majeurs des huiles analysées. Il est à noter que le taux de chacun de ces composés varie beaucoup d'une HE à une autre : le taux du 1,8-Cineole (8-39%), le β -Thujone (11- 29%), l' α -Thujone (13-38%), le Camphor (14-22%). A côté de ces composés, l' α -Pinene domine dans une seule huile essentielle avec un taux de 13.01%.

Il est à souligner également qu'au sein de ces huiles, il existe une variabilité aussi bien qualitative que quantitative dans la composition chimique. De nombreux facteurs sont à l'origine de cette variabilité. D'après Charles et Simon (1990), la composition des HE varie en raison de facteurs génétiques et facteurs environnementaux qui influencent l'expression génétique.

Tableau 10. Les classes chimiques des huiles essentielles de *S. officinalis*.

Classe chimique	Nombre d'articles
Monoterpenes hydrocarbonés	1
Monoterpenes oxygénés	16

Au sein des HEs de *S. officinalis* analysées, on note la dominance de deux familles chimiques qui sont les monoterpenes oxygénés et les monoterpenes hydrocarbonés. Seize HEs sont dominées par les composés monoterpéniques oxygénés. La prévalence des monoterpenes oxygénés est due au fait que les composés majoritaires dans ces huiles appartiennent à cette classe à savoir: le 1,8-Cineole, le β -Thujone, l' α -Thujone et le Camphor.

III.3 Activité antibactérienne

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

Tableau 11. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne des HEs de *salvia officinalis*.

Méthode	Nombre d'articles
Diffusion sur disque	10
Technique de diffusion en puits	3
Méthode de dilution	8

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. Il a été adoptée dans 10 études. Suivie par la méthode de dilution (8 études) et enfin par la méthode des puits.

Le test de diffusion sur disque offre de nombreux avantages par rapport autres méthodes: simplicité, faible coût, possibilité de tester d'énormes nombre de micro-organismes et d'agents antimicrobiens, et la facilité à interpréter les résultats fournis. Cependant, cette méthode ne permet pas de distinguer les effets bactéricides et bactériostatiques car l'inhibition de la croissance bactérienne ne signifie pas la mort bactérienne. De plus, la méthode de diffusion sur disque de gélose n'est pas appropriée pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI), telle qu'elle est impossible de quantifier la quantité d'agent antimicrobien diffusé dans le milieu gélose (Balouiri *et al.*, 2016).

Les avantages mentionnés ci-dessus de cette méthode, principalement la simplicité et le faible coût, ont contribué à son utilisation commune pour le dépistage antimicrobien des extraits de plantes, des huiles essentielles et autres drogues (Das *et al.*, 2010). La méthode de diffusion dans des puits d'agar est largement utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des plantes ou des extraits microbiens (Valgas *et al.*, 2007). Cette méthode repose sur le même principe de la méthode de diffusion sur disque.

Les méthodes de dilution sont les plus appropriées pour la détermination des valeurs CMI, car elles offrent la possibilité d'estimer la concentration de l'agent antimicrobien testé dans l'agar (dilution gélose) ou milieu bouillon (macrodilution ou microdilution). La méthode de

dilution en bouillon ou en gélose peut être utilisée pour mesurer quantitativement l'activité antimicrobienne in vitro contre les bactéries et champignon (Das *et al.*, 2010).

III.3.2 Souches bactériennes testées

Les résultats des tests de l'activité antibactérienne de l'HE *S. officinalis* vis-à-vis des souches bactériennes testées sont présentés en moyenne \pm écart type dans le tableau 12.

Tableau 12 .Moyenne des zones d'inhibition produites par les huiles essentielles de *S. officinalis* vis- à-vis des souches bactériennes testées.

Souche bactérienne	Nbre d'article	Moyenne de la zone d'inhibition (mm)+ Et
<i>E. coli</i>	12	17.41 \pm 6.11
<i>S. aureus</i>	11	19.4 \pm 9.19
<i>Salmonella anatum</i>	6	14.46 \pm 2.85
<i>Bacillus subtilis</i>	6	19.58 \pm 4.74

Le potentiel antibactérien de l'huile essentielle de *S. officinalis* a été étudié contre une large gamme de souches bactériennes pathogènes. Dans le tableau 12, nous avons rapportées celles qui sont les plus étudiées.

Les deux souches *E. coli* et *S. aureus* sont les plus testées par rapport aux autres souches. La sensibilité de *Salmonella anatum* et *Bacillus subtilis* à l'HE de *S. officinalis* a été évaluée dans six études.

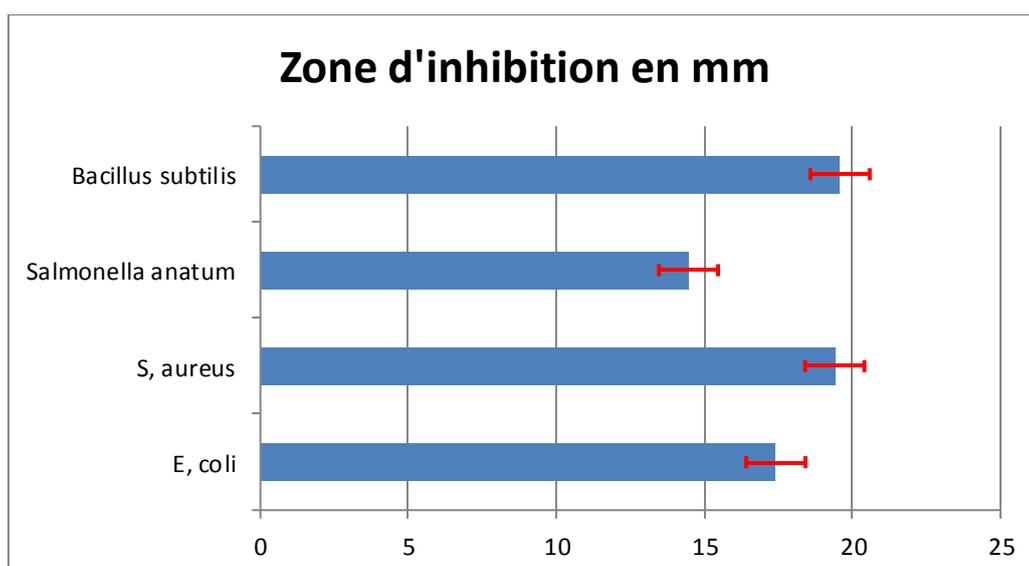


Figure 5. Zones d'inhibition des huiles essentielles de *S. officinalis* contre les souches bactériennes.

La croissance des quatre souches bactérienne a été affectée par les huiles essentielles extraites de différentes parties de *S. officinalis*. Les moyennes des zones d'inhibition produites par sont présentées dans le tableau 12 et la figure 5.

Les deux souches Gram positif *S. aureus* et *Bacillus subtilis* se montrées les plus sensibles à l'action de ces huiles avec presque le même degré de sensibilité en donnant des moyennes de zones d'inhibition de 19.4 ± 9.19 mm et 19.58 ± 4.74 mm respectivement. Quant aux deux souches gram négatif *E. coli* et *Salmonella anatum*, elles ont montré une sensibilité moindre à l'action des HEs par rapport aux autres souches.

Généralement les bactéries à Gram positif sont plus sensibles aux HEs par rapport aux bactéries Gram négatif. Cette sensibilité est due au fait que la membrane externe des bactéries Gram négatif est plus rigide, riche en lipopolysaccharide (LPS) et plus complexe, limitant ainsi la diffusion de composés hydrophobes à travers elle, alors que cette membrane extra complexe est absente chez les bactéries Gram positif (Hyldgaard *et al.*, 2012).

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

Dans un deuxième temps, nous nous sommes proposé d'étudier la corrélation entre l'activité antibactérienne et la composition chimique de l'HE de *S. officinalis* et cela dans le but de rechercher les molécules des huiles essentielles qui peuvent être responsables de leur effet antibactérien.

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

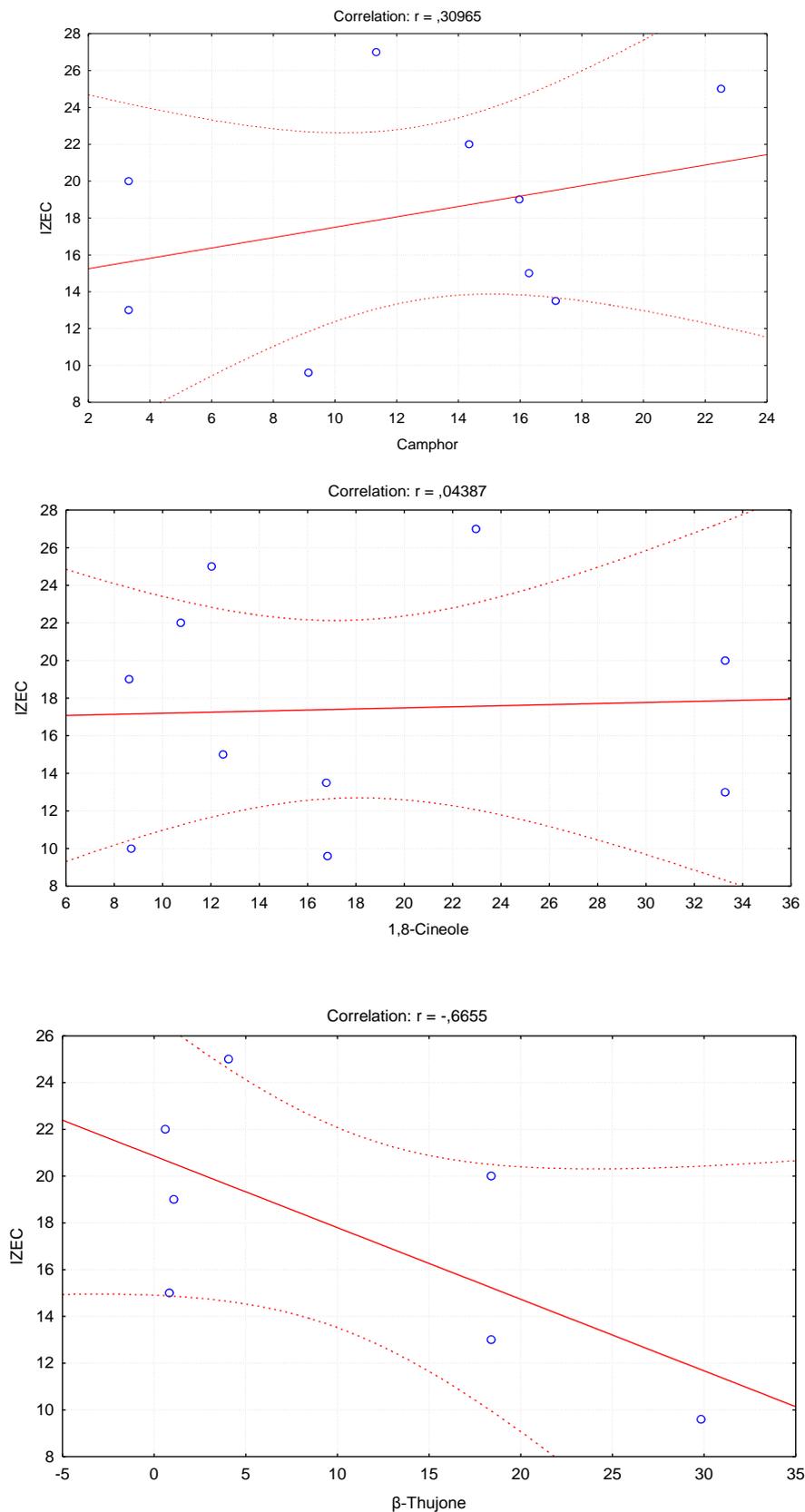


Figure 6. Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti-*E.coli*.

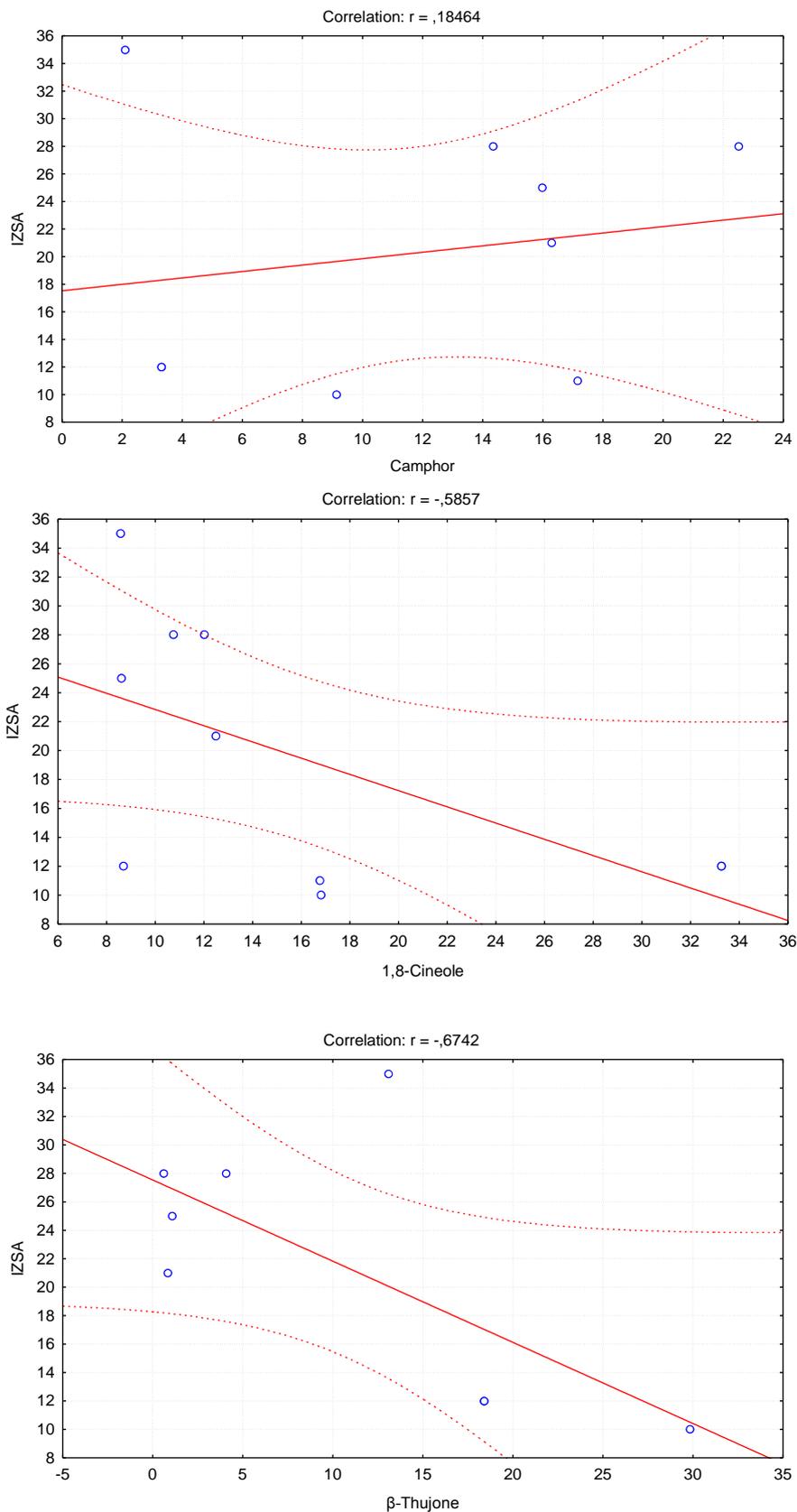


Figure 7.Corrélation entre les composés majeurs des HEs et l'activité anti-staphylococcus.

Les résultats du test de corrélation ont révélé tous les composés des HEs se sont montrés non-corrélés avec l'activité inhibitrice vis-à-vis de *S.aureus* et *E.coli* (Figure 6 et 7). Il semble donc que l'effet antibactérien des HEs de *Salvia officinalis* sur les souches bactériennes testées ne peut pas être attribué à l'action de leurs composés majeurs.

Les composés oxygénés qui sont très bien représentés dans nos huiles sont connus pour leur pouvoir antibactérien très important dépassant celui des molécules hydrocarbonées connues pour leurs faibles propriétés antibactériennes (Kalemba et Kunicka, 2003). Néanmoins, on ne doit pas exclure la possibilité que des effets synergiques ou antagonistes entre les différents constituants des huiles essentielles puissent expliquer leurs propriétés antibactériennes (Burt, 2004).

Certaines études ont démontré que les HE entières ont généralement une activité antibactérienne plus élevée que les mélanges de leurs principales composants, ce qui suggère que les composants mineurs sont essentiels à l'activité synergique, bien que des effets antagonistes et additifs ont également été observés (Mourey et Canillac, 2002).

CONCLUSION

Le règne végétal abrite des ressources naturelles cruciales pour l'alimentation humaine, l'hygiène et la santé. Les huiles essentielles figurent parmi les extraits végétaux les plus étudiées dans le domaine de la recherche et le développement de nouveaux agents antibactériens naturels.

Dans la présente étude nous nous sommes intéressées à l'espèce *Salvia officinalis* qui est une plante largement répandue dans le bassin méditerranéen. Elle est connue pour ses multiples vertus thérapeutiques.

Cette étude synthétise les résultats de dix-sept publications réalisées sur l'effet antibactérien des huiles essentielles de *Salvia officinalis* dans l'objectif de combiner les données de publications recensées afin mieux comprendre l'action de ces huiles sur les souches pathogènes.

Selon notre étude, la majorité des articles optent pour l'hydrodistillation pour extraire l'huile essentielle à partir de différentes parties de *Salvia officinalis*. Ceci est justifié par le fait que cette méthode ne nécessite pas un appareillage couteux et 'elle permet l'obtention des meilleurs rendements en huiles essentielles. Il s'est avéré aussi que les feuilles et la partie aérienne sont les mieux étudiés par rapport aux autres organes de la plante.

Les principaux composants trouvés dans les HEs extraites sont: le 1,8-Cineole, le β -Thujone, l' α -Thujone et le Camphor. Ces composés appartiennent tous à la classe des monoterpènes oxygénés ce qui justifie la prévalence de cette famille chimique dans la composition des HEs analysées.

Quant à l'activité antibactérienne des huiles de *S. officinalis*, Elle a été évaluée par différentes méthodes incluent la diffusion sur milieu solide et la méthode de dilution. Cependant, le test qui a été adopté dans la majorité des études est celui de la diffusion sur disque. Cet effet inhibiteur a été testé sur une large gamme de bactéries Gram+ et Gram -, parmi ces bactéries, les deux souches *E. coli* et *S. aureus* sont les plus testées par rapport aux autres souches.

Les HEs étudiées ont été plus efficaces sur les deux souches Gram positif *S. aureus* et *Bacillus subtilis* en donnant des moyennes de zones d'inhibition de 19.4±9.19mm et 19.58±4.74 mm respectivement. La sensibilité des bactéries Gram+ à l'action des huiles essentielle est due à l'absence de la membrane externe extra complexe et rigide présente chez les bactéries Gram négatif.

Afin de rechercher les molécules des huiles essentielles qui peuvent être responsables de leur effet antibactérien, nous avons étudié la corrélation entre l'activité antibactérienne et les composés chimique des l'HEs de *S. officinalis* sur la souche ram positif *staphylococcus aureus* et la souche Gram négatif *Escherichia coli*.

Le test de corrélation a permis de démontrer que l'effet antibactérien exercé par les HEs sur les deux souches n'est pas du à leur composés majoritaires pris séparément. Par contre il pourrait être le résultat des interactions entre les composés majeurs mais aussi les constituants mineurs pour donner l'effet total de ces HEs.

Nous espérons que notre modeste étude puisse contribuer à la valorisation de la flore algérienne et une meilleure connaissance de l'espèce *Salvia officinalis*. Des études futures pourraient également explorer :

- Une exploration plus approfondie des propriétés des HEs ainsi qu'une meilleure compréhension des interactions entre les différents composants présents dans ces extraits par des études *in-vitro* et *in-vivo*.

- Les variations de composition chimique en fonction des facteurs externes et internes, ce qui pourrait éclairer les avantages sur les facteurs influençant la qualité et l'effet des huiles essentielles produites.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **AFNOR**. 2000. Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse monographies relatives aux huiles essentielles Tome 2. 6ième édition. Parisp,.
- 2) **Afzal-Rafii,Z.**(1976).Etude cytotaxonomique et phylogénétique de quelques salvia de la région méditerranéenne : Groupe de *salvia officinalis* L.Bulletin de la société Botanique de France,123(9),515-527.
- 3) **Anton,R. ,&Lobstein,A.**(2005). (Plantes aromatiques :épices,aromates,condiments et huiles essentielles).édition Tec &Doc,paris,pp.522.
- 4) **Baudoux D.** (2000). L'aromathérapie se soigner par les huiles essentielles Douce Alternative, 38 Biarritz, France, 221, 6-29.
- 5) **Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K.** (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. Journal of pharmaceutical analysis, 6(2), 71-79.
- 6) **Benabdellah M., Benkaddour M., Hammouti B., Bendahhou M., Aouniti A,** (2006). Inhibition of steel corrosion in 2 MH3 PO4 by Artemisia oil Applied Surface Science,252, 6212-6217.
- 7) **Benkherara, S., Bordjiba, O., Djahra, A. B.** (2015). Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*. Phytothérapie. 5 pages. DOI 10.1007/s10298-015-0925-3.
- 8) **Bellakhdar, J.**, 1997 la pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. IBIS Pess.318 P.
- 9) **Belkhir,A.**(2015). «Sesquiterpenes :Structures,Biosynthesis,and Biological Activites “Journal of Fungi”’,1(2),45-67.
- 10) **Besombes, C.** (2008) Thèse de Doctorat : Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermomécanique d'herbes aromatiques, Applications généralisées. Université de La Rochelle. France.
- 11) **Biljana Damjanovic-Vratnica , Tatjana Đakov, Danijela Šukovic & Jovanka Damjanovic,** 2014 Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Wild-Growing *Salvia officinalis* L. from Montenegro, 11:1, 79-89.
- 12) **Bouzaoui Nassima,H.Z.**(2013).Détermination de l'effet antibacterien de l'huile essentielle de *salvia officinalis* L.
- 13) **Bruneton J.**, (1993).Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales . Ed., Lavoisier, TEC et DOC., Paris 1ère édition, 440 p.
- 14) **Bruneton J.**, (2016). « Pharmacognosie, Phytochimie des plantes medicinales. ».3èmeEd., Paris, 544 p.*

- 15) **Bruneton J.**, (1999). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Technique et Documentation. 3^{ème} Ed, Paris. France. 1120p.
- 16) **Bruneton J.**, (1987). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Technique et Documentation. 3^{ème} Ed, Paris. France.63p.
- 17) **Burt, S.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int J Food Microbiol.* 2004;94(3):223-53.
- 18) **Cabaret J.**, (1986) : « 167 plantes pour soigner les animaux, phytothérapie vétérinaire, point vétérinaire ».1^{eme} Ed., Paris, 209 p.
- 19) **Charles D, Simon J** (1990) Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. *J Am Soc Hortic Sci* 115(3):458–462
- 20) **Cowan M. M.** Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical biology Reviews.* 12 (4), 564–582,(1999).
- 21) **Das, K., Tiwari, R. K. S., & Shrivastava, D. K.** (2010). Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends. *Journal of medicinal plants research*, 4(2), 104-111.
- 22) **Degryse A.C., Delpla L, et Voinier M.A.**, 2008. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement-IGS- EHESP, p : 87.
- 23) **Dorman, J. P., Adams, J. E. and Ferguson, J. M.** (2002) Psychosocial environment and student self-handicapping in secondary school mathematics classes: A cross-national study. *Educational Psychology*, 22, 499-511.
- 24) **El Amri, J., Elbadaoui, K. H. A. L. I. D., Zair, T., Bouharb, H. A. Y. A. T. E., Chakir, S. A. ĩ. D., & Alaoui, T. I.** (2014). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum L* et l'extrait de *Silène vulgaris* sur différentes souches testées. *Journal of Applied Biosciences*, 82, 7481-7492.
- 25) **El Akrem Hayouni , Imed Chraief , Manaf Abedrabba , Marielle Bouix e , Jean-Yves Leveau , Hammami Mohammed , Moktar Hamdi ,** 2008, Tunisian *Salvia officinalis L.* and *Schinus molle L.* essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat, 242–251.
- 26) **Elham Mosafa, Sima Yahyaabadi, Monir Doudi ,** 2013, In-Vitro Antibacterial Properties of Sage (*Salvia officinalis*) Ethanol Extract against Multidrug Resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumonia*, 16 (10): 42-46.

- 27) **Fabre Marie-Claude., Genin Aimé., Merigoux Jacques et Moget Elisabeth.** (1992). Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Résoudre Les Problèmes Simples, p93.
- 28) **Fellah, S., Romdhane, M., Abderraba, M.** (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, Journal de la Société Algérienne de Chimie, 16(2) :193-202.
- 29) **Gonzalez-Trujano M.E., Pena E.I., Martinez A.L., Moreno J., Guevara-Fefer P., Deciga Campos M., et Lopez-Munoz F.J.,** 2007. Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. usmg three different experimental models m rodents. J Ethnopharmacol. 111: 476-482.
- 30) **Gulzar Bhat, Shahid Rasool, Shakeel-u-Rehman, Mudasar Ganaie, Parvaiz H. Qazi & Abdul S. Shawl,** 2016, Seasonal Variation in Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of the Essential Oil of Leaves of *Salvia officinalis* (Sage) from Kashmir, India, 0972-060X (Print) 0976-5026 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/teop20>.
- 31) **Habita Dahmane et Chergui Adel,** 2022.activité antiorydante des extraits de queques plantes de la famille des *lamiacées* . Université Ziane Achour/Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- 32) **Hans W.K.** (2007).1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre édition.
- 33) **Hamza M. Assaggaf , Hanae Naceiri Mrabti , Bodour S. Rajab , Ammar A. Attar , Reema A. Alyamani , Munerah Hamed 4 , Nasreddine El Omari 5 , Naoual El Menyiy , Zakaria Hazzoumi , Taoufiq Benali , Samiah Hamad Al-Mijalli , Gokhan Zengin , Yusra AlDhaheri , Ali H. Eid , and Abdelhakim Bouyahya ,**2022, Chemical Analysis and Investigation of Biological Effects of *Salvia officinalis* Essential Oils at Three Phenological Stages; , 27, 5157. <https://doi.org/10.3390/molecules27165157>.
- 34) **Hill, T., & Lewicki, P.** (2007). Statistics methods and applications. statsoft, tula, USA.
- 35) **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.
- 36) **Jakovljević, M., Jokić, S., Molnar, M., Jašić, M., Babić, J., Jukić, H., & Banjari, I.** (2019). Bioactive profile of various *Salvia officinalis* L. preparations. Plants, 8(3), 55-60.
- 37) **John W. Porter, Franklin L. Spurgeon;**2012;Biochemistry of the Isoprenoids: An Introduction" Springer Science & Business Media, ISBN : 978-9400954218.

- 38) **Kaddouri,S.,&Dellal,F.**(2023).Etude de l'activite antibacterienne des extraits de la sauge(*salvia officinalis*) récoltée dans la région de Tissemsilt.
- 39) **Kalemba, D. A. A. K., & Kunicka, A.** (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.
- 40) **Khireddine Hamida.** (2013).Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelque plantes médicinales d'Algérie, Mémoire de Magister, option : Technologie Alimentaire, université Bougara-Boumerdes.
- 41) **Kubeczka K** (2010) History and sources of essential oil research.In: Can Bas,er KH, Buchbauer G (eds) Handbook of essential oils: science, technology and applications. CRC Press, Florida, pp 3–10.
- 42) **Lawrence, B.** (2002). Natural products and essential oils. *Advances in flavours and fragrances: from the sensation to the synthesis.* R Soc Chem, Cambridge, 57-64.
- 43) **Longaray Delmare A.P., Ivete T.M.P., Luciana A.S., Sergio E.** (2007). Antibacterial activity of the essential oils if *Salvia officinalis* and *salvia triloba* cultivated in south brazil. *Food chemistry*, 100: 603-608 .
- 44) **Maatoug, H** « Nos plantes médicinales ». *Lexiques cliniques des plantes médicinales non toxiques employées en Tunisie*, Février 1990.
- 45) **Madjour S.,** 2014. Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne d'une labiée *rosmarinus officinalis*. Université Mouhamed Khider Biskra. P : 122. Marie E., 2005. Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles: p 17; 23,52.
- 46) **Maksimovic M., Danijela V., Mladen M., SabahetaA& Sonja S.Y.** (2007). Effet of the environmental condition on essential oil profile in tow dinaric *Salvia* species: *Salvia brachydonvandas* and *salvia officinalis* L. *Biochemical systematics and Ecology.* 35: 473-478μ.
- 47) **Marina Soković, Petar D. Marin, Dejan Brkić, Leo J. L. D. van Griensven**1,2007; Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils of Ten Aromatic Plants against Human Pathogenic Bacteria. *Food* 1(1), x-y ©2007 Global Science Books.
- 48) Marie Elisabeth LUCCHESI. 2005, Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de La Réunion, thèse.
- 49) **Miroslava Kačániová;Lucia Galovičová1 , Veronika Valková, Hana Ďuranová, Petra Borotová, Jana Štefániková , Nenad L. Vukovic , Milena Vukic , Simona Kunová , Soňa Felsöciová , Katarína Miklášová , Tatsiana Savitskaya , Dmitrij Grinshpan;** 2021 Chemical composition and biological activity of *Salvia officinalis* essential oil; 24, 2021(2): 81–88.

- 50) **Mohammad Reza Farahpoura,, Ehsan Pirkhezb , Ali Ashrafianc , Ali Sonbolid**, 2020, Accelerated healing by topical administration of *Salvia officinalis* essential oil on *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* infected wound model, 0753-3322
- 51) **Mohamed Bouaziz , Thabèt Yangui , Sami Sayadi, Abdelhafidh Dhouib**, 2009, Disinfectant properties of essential oils from *Salvia officinalis* L. cultivated in Tunisia, 47 (2009) 2755–2760.
- 52) **Motta, P.** (1960). Pharmacological aspects of *Salvia officinalis*. Bollettino Chimico Farmaceutico, 99(8), 583-591.
- 53) **Mourey, A.; Canillac, N.** Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. Food Control 2002, 13, 289–292.
- 54) **Nelson, D. L., & Cox, M. M.** (2008). Lehninger Principles of Biochemistry. W.H. Freeman and Company.
- 55) **Newman DJ, Cragg GM, Snader KM** (2003) Natural products as sources of new drugs over the period 1981 - 2002. J Nat Prod 66:1022–37.
- 56) **Nezha Mattazi, Abdellah Farah, Mouhcine Fadil, Marwa Chaibi, Kawtar Fikri Benbrahim**, 2015, essential oils analysis and antibacterial activity of the leaves of *rosmarinus officinalis salvia* and menthe piperitacultivated in Aghadir (MOROCCO, 0975-1491 Vol 7, Issue 9,
- 57) **Paris R &Dillemann G.** (1960) . les plantes médicinales des régions arides, Unesco, Prist-7e, Edition Oberthur, Rennes.
- 58) **Pibiri**,2006.Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen des huiles essentiels. thèse doctorat. Lausanne .canada,177.
- 59) **Pujuguet pierre.** (2008).Entre capitelles et lavognes découvrez la flore de la garrigue,Sentier Botanique Vignerons, Bourg-Saint-Andéol Ardèche.
- 60) **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.
- 61) **Quezel, P. et Santa, S.** (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiquesméridionales. Tome II. Ed. C.N.R.S. Paris. p603,781-793.
- 62) **.R. Anton. A. Lobstein.** Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522 (2005).
- 63) **Ristic D., Brikic N.T &Zalfija.** (1999).*salvia officinalis* l ,Bric D (ed) institue for medicinal plants Josif Panacic. Belgrade and Art Grafik Belgrad 1999 , p 151-167.

- 64) **Rombi M., Robert D.**, (2007). « 120 plantes médicinales ». Ed., Alpem 09, avenue Albert II Mc- 98000 MONACO, 225-227.
- 65) **Roulier,G.**(2000).les huiles essentielles pour votre santé.st.jean-de-braye,France :Dangle.
- 66) **Saman Zarooni, Reza Rahchamani, Farzad Ghanbari, Alireza Khanahmadi**; 2021; Antibacterial effect of *Satureja hortensis* and *Salvia officinalis* essential oils against major bovine mastitis bacteria, 0.22067/ijvst.2021.68752.1017.
- 67) **Samy Selim , Mohammed S. Almuhayawi , Hussain Alqhtani , Soad K. Al Jaouni , Fayez M. Saleh , Mona Warrad and Nashwa Hagagy** ,2022; Anti-Salmonella and Antibiofilm Potency of *Salvia officinalis* L. Essential Oil against Antibiotic-Resistant Salmonella enterica, Antibiotics 2022, 11, 489. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11040489>.
- 68) **S. Bouajaj a , A. Benyamna a , H. Bouamam**, 2013, Antibacterial, allelopathic and antioxidant activities of essential oil of *Salvia officinalis* L. growing wild in the Atlas Mountains of Morocco, , 27:18, 1673-1676, DOI: 10.1080/14786419.2012.751600
- 69) **Scully, S.** (2008). The Genus *Salvia*: An Overview of its Medicinal Uses and Phytochemistry. Journal of Herbal Medicine, 5(2), 123-135.
- 70) **S. Fella, M. Romdhane, M. Abderraba**, 2006, extraction et etude des huiles essentiels de la *Salvia Officinalis.L cueillie* dans deux régions différentes de la Tunisie 16(2), 193-202.
- 71) **Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O.** (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food control, 21(9), 1199-1218.
- 72) **Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A.** (2005). Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles (2nd ed.). Paris: Tec & Doc Lavoisier.
- 73) **Valgas, C., Souza, S. M. D., Smânia, E. F., & Smânia Jr, A.** (2007). Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. Brazilian journal of microbiology, 38, 369-380.
- 74) **Yam TS, Hamilton-Miller JM, Shah S.** The effect of a component of tea (*Camellia sinensis*) on methicillin resistance, PBP2' synthesis, and beta-lactamase production in *Staphylococcus aureus*. J Antimicrob Chemother 1998; 42: 211-16.
- 75) **Zabeirou ; Hachimou** .Étude comparative entre les Huiles essentielles de la Menthe Verte (*Mentha Spicata* L) et de la Poivree (*Mentha Piperita* L) dans la région d'Ouargla .Mémoire de DES Biochimie –Université de Kasdi Merbbah _Ouargla .p16(2005).
- 76) **ZimingW.,Lan D.,Tiechun L.,Xin Z.,Hani L .,Ying L.,Zhihong L .,Hongju W.,Hong Z.,Hui H.**,2005.Journal of chromatography, N2;11-17.

- 77) Wang, Y., Tian, W., Ma, X., Guo, Y., Zhang, M., Zhang, Y., & Wu, J. (2001). Essential Oil Extraction Methods and Applications. *Journal of Essential Oil Research*, 13(5), 378-384. DOI:10.1080/10412905.2001.9699808.

Résumé

ملخص :

أثارت الأدلة العلمية الناشئة حول الخصائص العلاجية للزيت العطري لنبات المريمية المخزنية، وخاصة قدرته المضادة للبكتيريا، اهتمام الباحثين العلميين.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد البكتيريا الأكثر حساسية، وتحديد العلاقة بين التركيب الكيميائي للزيوت الأساسية ونشاطها القاتل للبكتيريا، واكتشاف الجزيئات المسؤولة عن هذا النشاط. تم استعراض البيانات المستمدة من 17 منشورا علميا ذي صلة تم اختيارها من قواعد بيانات مثل ScienceDirect و PubMed و Google Scholar و Scopus باستخدام معايير استنتاج واستبعاد محددة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيت العطري أظهر فعالية كبيرة ضد سلالات *S. aureus* و *Bacillus subtilis* إيجابية الجرام مع فعالية أقل لسلالات *E. coli* و *Salmonella* سلبية الجرام. علاوة على ذلك أظهر تحليلنا أنه لا يوجد ارتباط بين مركبات الزيوت العطرية المتواجدة بكثرة والنشاط المثبط *S. aureus* و *E. coli* غالبية المركبات الموجودة في هذه الزيوت هي أحاديات الأوكسجين.

الكلمات المفتاحية : النشاط المضاد للبكتيريا – الزيوت العطرية – المريمية المخزنية- *E. coli* - *S. aureus*.

Résumé

Les preuves scientifiques émergentes sur les propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* et surtout son potentiel antibactérien ont suscité l'intérêt de chercheurs scientifiques.

Dans cette étude l'objectif est d'identifier les bactéries les plus sensibles, de déterminer la corrélation entre la composition chimique des huiles essentielles et leur activité antibactérienne, et de découvrir les molécules responsables de cette activité. Les données de 17 publications scientifiques pertinentes ont été sélectionnées à partir de bases de données telle que ScienceDirect , PubMed, Google Scholar et Scopus ont été analysées en utilisant des critères spécifiques d'inclusion et d'exclusion. Les résultats obtenus ont démontré que l'huile essentielle a montré une efficacité significative contre les souches de Gram positif *S. aureus* et *Bacillus subtilis* avec une efficacité moindre pour souches gram négatif *E. coli* et *Salmonella anatum*. De plus, notre analyse a montré a révélé qu'il n'existe pas de corrélation entre les composés des Hés majeur et l'activité inhibitrice vis-à-vis de *S. aureus* et *E. coli*. Les composés majoritaires dans ces huiles les monoterpènes oxygènes.

Mots clé : Activité antibactérienne – Huiles essentielles- *Salvia officinalis*-*E. coli*-*S. aureus*.

Abstract

Emerging scientific evidence on the therapeutic properties of *Salvia officinalis* essential oil, particularly its antibacterial potential, has garnered the attention of researchers.

In this study, the aim is to identify the most sensitive bacteria, determine the correlation between the chemical composition of essential oils and their antibacterial activity, and discover the molecules responsible for this activity. Data from 17 relevant scientific publications selected from databases such as ScienceDirect, PubMed, Google Scholar, and Scopus were analyzed using specific inclusion and exclusion criteria. The results obtained demonstrated that the essential oil showed significant effectiveness against Gram-positive strains *S. aureus* and *Bacillus subtilis*, with a lower effectiveness against Gram-negative strains *E. coli* and *Salmonella anatum*. Furthermore, our analysis revealed that there is no correlation between the compounds in essential oils and their inhibitory activity towards *S. aureus* and *E. coli*. The majority compounds in these oils are monoterpènes oxygens.

Keywords: Antibacterial Activity - Essential Oils - *Salvia officinalis* - *E. coli* - *S. aureus*.

