



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

Faculté Des Sciences de la Nature et de La Vie

Département de Biologie



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCE BIOLOGIQUE

Par:

Bessouyah Nada Ines

Titre

**Interactions synergiques des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*,
Ammi visnaga et *Mentha pulegium* sur les bactéries multirésistantes
responsables des infections nosocomiales.**

Soutenu le18/05/2025.....devant le jury composé de :

Présidente	Chiali Fatima Zohra	MCB	Université de Mostaganem
Encadreur	Bahri Fouad	Pr	Université de Mostaganem
Examinatrice	Belhadji Kenza Amel	MCB	Université de Mostaganem

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Au nom de dieu le clément et le miséricordieu louag à allah le tout puissant.

*Avant de commencer le développement de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mr F.Bahri** pour son encadrement précieux et son soutien constant tout au long de la réalisation de ce projet de fi d'études.*

*je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à **Mme Chiali Fatima Zohra**, MAB à l'université de mostaganem, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury de ce travail et pour l'intérêt qu'elle lui a accordé.*

*je tiens également à exprimer ma gratitude à **Mme Belhadji Kenza Amel**, MAB, pour avoir accepté avec bienveillance de participer à ce jury en tant qu'examinatrice.*

*Je tiens à exprimer toute ma gratitude à **Mademoiselle Zaoui Soumia** pour son accompagnement, son aide et sa disponibilité tout au long de ce travail.*

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire, et tout particulièrement à **Mme Tahliati Amina**, dont l'appui précieux à été d'une grande importance pour l'aboutissement de ce travail.*

*Je remercie profondément **mes enseignants** pour leur soutien constant et leur présence à chaque étape de mon parcours.*

Pour conclure, je souhaite remercier sincèrement toutes celles et ceux qui, directement ou indirectement, ont apporté leur aide à l'élaboration de ce projet.

Dédicaces

*Je dédie ce travail en particulier à **mes parents**, et plus spécialement à **ma mère**, qui a toujours été à mes côtés et m'a soutenue tout au long de mon parcours académique. Puissent ces efforts lui rendre hommage.*

Je vous témoigne tout mon amour et mon profond respect.

*Je souhaite également dédier ce travail à **ma soeur Amira**, qui a toujours été présente à mes côtés.*

*Je tiens également à remercier **mes amies Asma, Mounira et soumia**, qui m'ont apporté leur aide précieuse.*

Enfin, je dédie ce mémoire de fin d'études à tous ceux que j'aime.

Bessouyah Nada Ines

Résumé

Les feuilles sèches de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* ont donné un rendement en huile essentielle de 1.41%, 1.61% et 0.16% respectivement. *P. aeruginosa* est connue pour sa très forte résistance à l'action de la plupart des huiles essentielles. Les synergies HE Tv + HE Mp (1:1) et HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) ont montré des résultats intéressants. Ces synergies ont inhibé la bactérie *P. aeruginosa* connue par sa résistance aux antimicrobiennes. La CMI et la CMB diffèrent significativement, ce qui confirme l'efficacité de certaines huiles comme agents bactériostatiques ou bactéricides. L'huile essentielle ou la combinaison utilisée a un impact significatif. Ceci suggère qu'il est possible d'optimiser les mélanges d'huiles essentielles pour une meilleure efficacité antibactérienne.

Mots clés: *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium*, huile essentielle, synergie, activité antibactérienne.

Abstract

The dried leaves of *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga*, and *Mentha pulegium* yielded essential oil yields of 1.41%, 1.61%, and 0.16%, respectively. *P. aeruginosa* is known for its high resistance to most essential oils. The synergies of Tv EO + Mp EO (1:1) and Tv EO + Av EO + Mp EO (1:1:2) showed interesting results. These synergies inhibited the bacterium *P. aeruginosa*, known for its resistance to antimicrobials. The MIC and MBC differed significantly, confirming the effectiveness of certain oils as bacteriostatic or bactericidal agents. The essential oil or combination used had a significant impact. This suggests that it is possible to optimize essential oil blends for greater antibacterial efficacy.

Keywords: *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* and *Mentha pulegium*, essential oil, synergy, antibacterial activity.

ملخص:

أعطت الأوراق الجافة لنباتات زعتر ونوخة وقلبوا مردوداً من زيتا عطري بنسبة 1.41 %، 1.61%، و0.16% على التوالي. تعرف البكتيريا *P. Aeruginosa* بمقاومتها الشديدة لتأثير معظم الزيوت العطرية. وقد أظهرت التركيبتان التآريتان لزيوت (1:1) وTv EO + Mp EO (1:1:2) نتائج مثيرة للاهتمام. فقد نجحت هذه التركيبات في تثبيط نمو البكتيريا *P. Aeruginosa* المعروفة بمقاومتها للعوامل المضادة للميكروبات. تختلف القيم الدنيا للتركيز المثبط (CMI) والقيم الدنيا للتركيز القاتل (CMB) بشكل ملحوظ مما يؤكد فعالية بعض الزيوت كمضادات بكتيرية مثبطة أو قاتلة للبكتيريا. كما أن للزيت العطري أو التركيبة المستخدمة تأثيراً ملحوظاً مما يشير إلى إمكانية تحسين فعالية الزيوت العطرية من خلال اختيار التركيبات الأنسب لزيادة النشاط المضاد للبكتيريا.

الكلمات المفتاحية: زعتر، نوخة، فليو، زيت عطري، تآزر، النشاط المضاد للبكتيريا.

Table des matières

Remercîment	
Dédicace	
Résumé.....	
Abstract	
ملخص.....	
I. Introduction.....	1
II. Partie bibliographique.....	3
II.1. Les plantes médicinales	3
II.1.1. Généralités sur les plantes médicinales	3
II.1.2. Thymus vulgaris	3
II.1.2.1- Description morphologique.....	3
II.1.2.2- Taxonomie.....	4
II.1.2.3. Répartition géographique	5
II.1.2.3.1. Dans le monde	5
II.1.2.3.2. En Algérie.....	5
II.1.2.4. Composition chimique.....	5
II.1.2.5. Usages.....	6
II.1.3. Ammi visnaga.....	6
II.1.3. Taxonomie	6
II.1.4. Morphologie	7
II.1.5. Répartition géographique	8
II.1.6. Usage	8
II.1.3. Mentha pulegium.....	8
II. 1.3.1. Description botanique.....	8
II. 1.3.2. Classification botanique de Mentha pulegium L.....	9
II.1.3.3. Principale Utilisations Mentha pulegium	10
II.2. Les huiles essentielles.....	11
II.2.1. Définition.....	11
II.2.2. Domaines d'application	11
II.2.3. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	11
II.2.4. Activités antimicrobiennes	12

II.3. Les bactéries multirésistantes	12
II.3.1. Infections nosocomiales	12
II.3.2. Agents pathogènes	13
III. Matériel et méthodes	13
III.1. Le matériel végétal	13
III.2. L'extraction des huiles essentielles par la méthode hydrodistillation.....	13
III.3. Le rendement de l'huile essentielle	13
III.4. L'activité antimicrobienne	14
III.4.1. Les milieux de culture employés.....	14
III.4.2. Les souches bactériennes étudiées	15
III.4.3. Réactivation des souches bactériennes.....	15
III.4.4 Test microbiologique de confirmation de pureté des souches bactériennes	15
III.4.5. Etude de la sensibilité des souches bactérienne aux antibiotiques.....	16
III.4.6. Etude de l'activité antibactérienne in vitro des synergies des huiles essentielles par la méthode de diffusion (méthode de Vincent)	16
III.4.7. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).....	17
III.4.8. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)	17
IV. Résultats et discussion	18
IV.1. Rendement en Huiles essentielles	18
IV.2. Etude de l'activité antimicrobienne des synergies des huiles essentielles.....	20
IV.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrice (CMI) Et bactéricide (CMB)	22
IV.4. Détermination des valeurs CMB/CMI	25
V. Conclusion.....	28
Références bibliographiques	
VI. Annexes.....	

Liste des abréviations et symboles

RAM : La résistance aux antimicrobiens

MDR : les organismes multirésistants aux médicaments

HEs : les huiles essentielles

OMS : Organisation mondiale de la santé

BMR : bactéries multi résistantes

AFNOR : Association Française de normalisation.

CMI : concentration minimale inhibitrice

CMB : concentration minimale bactéricide

DMSO : diméthylsulfoxyde

TTC : 2,3,5-triphényltétrazolium

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure n°1	Aspect morpho logique de <i>Thymus vulgaris</i> L	N°4
Figure n°2	Aspect de l' <i>Ammi visnaga</i>	N°7
Figure n°3	Aspect botanique de <i>Mentha pulegium</i>	N°9
Figure n°4	Hydrodistillation par Clevenger pour extraction des huiles essentielles	N°14
Figure n°5	réactivation des souches en bouillon nutritif	N°15
Figure n°6	coloration de gram des souches bactériennes	N°16
Figure n°7	Concentration minimale inhibitrice (CMI) par huile et bactérie	N°24
Figure n°8	Concentration minimale bactéricide (CMB) par huile et bactérie	N°24
Figure n°9	CMB/CMI des huiles essentielles sur différentes souches bactériennes	N°26

Listes des Tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau 1	Classification botanique de <i>Mentha pulegium</i> L	N°9
Tableau 2	Principale utilisation du <i>Mentha pulegium</i> .	N°10
Tableau 3	Antibiotiques standards utilisés	N°16
Tableau 4	Rendement d'extraction en (%) de <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Ammi visnaga</i> et <i>Mentha pulegium</i>	N°27
Tableau 5	Évaluation de l'activité antibactérienne des 16 huiles essentielles et de leurs combinaisons (aromatogramme).	N°20
Tableau 6	Valeurs de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB) ($\mu\text{L}/\text{mL}$) des huiles essentielles	N°23
Tableau 7	Résume la moyenne et l'écart type des valeurs de CMI et de CMB.	N°24
Tableau 8	Effets des huiles essentielles sur les différentes souches étudiées	N°25
Tableau 9	Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs	N°27

I. Introduction

La résistance aux antimicrobiens (RAM) est caractérisé par sa prévalence généralisée et ses schémas en constante évolution, les organismes multirésistants aux médicaments (MDR) créant de nouveaux défis chaque jour (**Oliveira et al., 2024**). Les mutations génétiques, le transfert horizontal de gènes et la pression sélective contribuent à l'émergence et à la dissémination de nouvelles souches résistantes (**Oliveira et al., 2024**). En règle générale, les bactéries MDR sont associées aux infections nosocomiales (**Duin and Paterson, 2020**). La résistance aux antimicrobiens constitue une menace majeure pour la santé humaine dans le monde entier (**Murray et al., 2022**). L'intérêt croissant pour la recherche d'une nouvelle stratégie visant à protéger la santé humaine a conduit à s'intéresser de plus en plus aux produits naturels issus d'espèces végétales. Parmi ces différents types de substances naturelles, les huiles essentielles (HEs) ont largement intéressés notre recherche scientifique, notamment par leur puissante activité antioxydante, antifongique, anti-inflammatoire et bactéricide (**Bahri et al., 2013; Bahri et al., 2016 ; Bouyahyaoui et al., 2016 ; Abedelli et al., 2017 ; Abdelli et al., 2018 ; Abdelli et al., 2019 ; Ouguirti et al., ; 2021 ; Amraoui et al., 2022 ; Maameri et al., 2022 et Boussena et al., 2022**). Il est probable que la multiplicité des propriétés pharmacologiques des huiles essentielles est due à la diversité chimique de leur composition et au résultat de l'interaction complexe entre les principaux composants et les autres composants existants qui peuvent interagir pour produire des réponses synergiques ou antagonistes (**Aissi et al., 2016 ; de Sousa et al., 2023**). Malgré les résultats prouvés des huiles essentielles, une compréhension approfondie du profil de sécurité des huiles essentielles est nécessaire pour les professionnels de la santé et de l'industrie alimentaire afin de maximiser leurs effets bénéfiques tout en minimisant les risques pour les utilisateurs (**Vostinaru et al., 2020**). Dans ce contexte préoccupant, il devient impératif de chercher des alternatives novatrices, capable de contrecarrer les effets négatifs, que ceux-ci soient minimes ou totalement absents. La combinaison d'huiles essentielles apparaît comme une réponse prometteuse à ce dilemme. Ces concoctions d'huiles essentielles, loin d'être banales, jouent souvent sur des effets à la fois synergétiques et antagonistes, selon la manière dont les diverses substances qui les composent interagissent au sein d'une activité biologique précise, grâce à la combinaison de différentes substances composant ces huiles (**Cruz et al., 2020 ; Yakoubi et al., 2021**). D'autre étude on c'est intéressé à mélanger les huiles essentielles de trois plantes, *Thymus vulgaris* (زعتر), *Ammi visnaga* (نوخة) et *Mentha pulegium* (فليبو) dans des mélanges binaires et ternaires à différents rapports (1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, 1 : 1 : 1, 2 : 1 : 1,

1 : 2 : 2 : 1, 1 : 1 : 2) afin d'analyser leurs interactions synergiques et/ou antagonistes les unes sur les autres. Notre mémoire est composé de trois parties:

1. Une analyse bibliographique sur les plantes médicinales, les huiles essentielles et les bactéries multirésistantes;
2. Une partie de matériels et méthodes et
3. Une partie de résultats et discussion.

II. Partie bibliographique

II.1. Les plantes médicinales

II.1.1. Généralités sur les plantes médicinales

La connaissance des remèdes traditionnels déterminés empiriquement ou ethnopharmacologie, constitue actuellement une base de données très importante pour servir à un développement scientifique rigoureux inhérent à la phytothérapie (**Graza et al., 2011, Bureau, 2018**). L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que la médecine traditionnelle couvre les besoins en soins de santé primaires de 80 % de la population des pays en voie de développement (**Jiofack et al., 2010 ; Damus et Vonarx, 2019**). A cet effet, une stratégie pour la médecine traditionnelle a été adoptée pour 2014-2024 par cette organisation, ce qui aidera les responsables de la santé à développer des solutions qui participent à une vision plus large favorisant l'amélioration de la santé et l'autonomie des patients (**OMS, 2013**). L'Organisation mondiale de la santé encourage les pays en voie de développement à intégrer, dans leur système officiel de santé, les remèdes à base de plantes dont les aspects, innocuité, efficacité et qualité sont garantis (**Bouzabata, 2017**).

Les plantes constituent un réservoir énorme de nouvelles molécules potentielles pouvant être à l'origine de nouveaux principes actifs et aboutissant à des médicaments (**Alves et Rosa, 2007 ; Neal, 2017**). On estime à 400000-500000 espèces de plantes dans le monde (**WHO, 1999**) dont très peu sont exploitées en phytothérapie. La région méditerranéenne est un hot spot (**Vela et Benhouhou, 2007**) relativement riche en plantes puisqu'on dénombre entre 15000 et 20000 espèces (**Sofowora, 2010**). De part sa situation géographique particulière, l'Algérie bénéficie d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une flore riche et diversifiée (**Vela et Benhouhou, 2007**). Un grand nombre de plantes y poussent spontanément. Ces plantes jouent encore un rôle très important dans les traditions médicales et dans la vie des habitants en Algérie vue les prix exorbitants des médicaments (**Hamilton, 2004, Miara et al., 2013**). L'Algérie possède une réserve de remèdes à base de plantes, de savoir-faire s'inscrivant dans le cadre de la médecine traditionnelle à usage humain, mais aussi vétérinaire (**Bouzabata, 2017**). Seulement, l'usage d'une manière empirique de ces plantes à caractère médicinal et sans prescriptions normées, cause de nombreux problèmes de santé arrivant parfois au décès (**Franz-Xaver, 2010**). Par ailleurs, leurs propriétés biologiques trouvent application dans divers domaines à savoir : la médecine, la pharmacie, la cosmétologie, l'alimentation et l'agriculture.

Dans notre étude on c'est intéressé à trois plantes médicinales.

II.1.2. *Thymus vulgaris*

II.1.2.1- Description morphologique

Thymus vulgaris L. est un sous-arbrisseau touffu, vivace et aromatique pouvant atteindre de 20 à 30 cm de hauteur. Ses tiges sont dressées, ligneuses, rameuses et tortueuses à la base et ses racines sont assez robustes (Bruneton, 2009). Ses branches sont minces, denses, ramifiées, blanchâtres et courtement velues (Teuscher *et al.*, 2005), portant des feuilles persistantes de couleur vert grisâtre, subsessiles, opposées, oblongues-lancéolées à linéaires et mesurant de 3 à 12 mm de long et de 0.5 à 3 mm de large. Les marges de leurs limbes sont enroulées sur la face ventrale ce qui donne aux feuilles une forme générale d'aiguille (Bruneton, 2009). Les fleurs sont de petite taille (4 à 6 mm de long), de couleur blanche à rose, bilabiées, zygomorphes, regroupées par 2 ou 3 à l'aisselle des feuilles et rassemblées en glomérules ovoïdes (Teuscher *et al.*, 2005). Le calice est velu, hérissé de poils durs, vert, souvent avec des taches violettes, en forme de tube ventru à la base, mesurant de 3 à 4 mm de long. Il est formé de 5 sépales soudés en 2 lèvres inégales, celle du haut étant tridentée et celle du bas bilobée, ciliée et arquée (Bruneton, 2009). La corolle est bilabée, blanchâtre à violet pâle et de taille variable (Teuscher *et al.*, 2005). Le fruit est un tétrakène brun clair à brun foncé qui renferme à maturité 4 minuscules graines (1 mm) (Bruneton, 2009). La période de floraison de l'espèce a lieu de mai à août.



Figure n°1 : Aspect morphologique de *Thymus vulgaris* L. (Fayad *et al.*, 2013).

II.1.2.2- Taxonomie

La situation botanique de l'espèce *Thymus vulgaris* L. est donnée ci-dessous (Goetz et Ghédira, 2012):

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Embranchement : *Magnoliophyta*

Sous-embranchement : *Magnoliophytina*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Asteridae*

Ordre : *Lamiales*

Famille : *Lamiaceae*

Genre : *Thymus*

Espèce : *Thymus vulgaris* L.

Noms vernaculaires : Thym vulgaire, thym des jardins, farigoule, frigoule, barigoule, thym commun, thym cultivé et saatar ou zaatar (en arabe صعتر ou زعتر) (Teuscher *et al.*, 2005).

II.1.2.3. Répartition géographique

II.1.2.3.1. Dans le monde

Le thym est réparti entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée (Mabberley, 1997). Il est très répandu dans le nord-ouest africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. Il se trouve également en région Macaronésienne (îles Canaries, Madère et les Açores) et en Himalaya. Il peut même atteindre les limites de la région tropicale et du Japon.

II.1.2.3.2. En Algérie

Le thym est représenté par plus de 300 espèces à travers le monde dont 12 sont localisées en Algérie et 9 d'entre elles sont endémiques (Quezel et Santa, 1962). Ces espèces sont réparties le long du territoire national, du Nord algérois à l'Atlas saharien, et du constantinois à l'oranais (Kabouche *et al.*, 2005).

II.1.2.4. Composition chimique

Thymus vulgaris renferme une huile volatile de couleur pâle, jaune ou rouge, avec une odeur riche, douce, herbacée et aromatique et un goût persistant, corsé et épicé (Farrell, 1998). L'huile est composée d'une quantité très variable en phénols (20 – 80%) (Díaz-Maroto *et al.*, 2005) ; thymol (30 – 70%) et carvacrol (3 – 15%) en sont les majeurs constituants (Kuhn et Winston, 2008). Elle contient également des alcools tels que linalool (4 – 6.5%) et α -terpinéol

(7.8 – 8.9%) (Goetz et Ghédira, 2012), des monoterpènes hydrocarbonés tels que *p*-cymène (15 – 20%) et γ -terpinène (5 – 10%). Ces deux derniers sont les précurseurs biogénétiques du thymol et du carvacrol. D'autres monoterpènes sont également présents mais en faible quantité (0.5 – 1.5%) comme bornéol, camphre, limonène, myrcène, β -pinène, *trans*sabinènehydrate et terpinène-4-ol (Peter, 2004). Les sesquiterpènes hydrocarbonés ne sont pas très importants dans l'huile, seul β -caryophyllène est quantitativement significatif (1 – 3%) (Peter, 2004). Certains constituants comme le thymol, le carvacrol et le *p*-cymène apparaissent en partie sous

forme de glucosides ou de galactosides (**Kitajima et al., 2004**). L'espèce comprend également des tanins, saponines, flavonoïdes (lutéoline, apigénine et leurs glycosides, quercitrine, naringénine, eriodictyol, cirsilinéol, salvigénine, cirsimaritrine, thymonine, thymusine, taxifoline, genkwanine, sakuranétine et vicénine-2), des acides phénoliques (acide caféique, rosmarinique, labiatiq ue et chlorogénique), des acides terpéniques (acide ursolique et oléanolique) (**Goetz et Ghédira, 2012**) mais aussi, de l'hydroxyjasmone glucoside (**Kitajima et al., 2004**), des acétophénone glycosides (**Wang et al., 1999**) et des polysaccharides (**Chun et al., 2001**). *T. vulgaris* est une espèce très connue pour son polymorphisme chimique. Elle est

représentée par au moins sept chémotypes différents, définis en fonction du constituant principal de son huile essentielle (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013**). Deux ont une structure phénolique : thymol et carvacrol et cinq ont une structure non phénolique : géraniol, α -terpinéol, thuyanol-4, linalool et 1,8-cinéole (**Bensouilah et Buck, 2006**). Cette variabilité chimique dépend de plusieurs facteurs qui sont généralement d'ordres climatiques et environnementaux mais qui peuvent aussi être d'ordres génétiques et saisonniers (stade végétale) (**Loziene et al., 2007**).

II.1.2.5. Usages

Thymus vulgaris est une des plantes aromatiques les plus populaires utilisées dans le monde entier. Ces applications sont très vastes et touchent particulièrement le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (**Adwan et al., 2006**). Son huile essentielle est exploitée en aromathérapie et dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (**Tisserand, 2014**).

II.1.3. Ammi visnaga

Ammi visnaga L. ou *visnaga Daucoïdes*, est une plante aromatique avec un goût aromatique, amer et légèrement piquant (**WHO, 2007**), qui était connue dans les temps anciens comme

le pain de Pharaon, c'est une courte herbe annuelle ou bisannuelle indigène de la région méditerranéenne de l'Afrique du Nord, de l'Asie et de l'Europe (**Khalil et al., 2020**). Dans les pays arabes, *A. visnaga* a de nombreux noms communs tels que Khella ou « Noukha » et « Mataina » en Algérie (**Belkacem et al., 2016**), « Khella Baladi » (**Al-Sanfi, 2013**), « Gazar sheitani, Kammon habashi, Bizer Al-Khilla et Swak Al-Nabi ». En Turquie, elle est connue sous le nom de « disotu, kilirehiltan », et en Allemagne « Zahnstocherkraut » (**Khalil et al., 2020**). Elle est également appelée « Tabellaout » en Berbère, « Toothpick » en anglais et « Herbe aux cure-dents » en français (**Bishret et al., 2014**).

II.1.3. Taxonomie

Selon **Bock, (2011)**, *A. visnaga* appartient à la famille des *Apiaceae* sa classification est comme suit:

Règne: *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Equisetopsida*

Ordre : *Apiales*

Famille : *Apiaceae*

Genre: *Ammi*

Espèce: *visnaga Daucoides*

II.1.4. Morphologie

L'*A. visnaga* est une plante vivace pouvant atteindre une hauteur de 90 cm à 1,3 mètre, selon la fraîcheur du terrain (Gattefossé, 1952) (Figure n°2).

La racine : est pivotante cylindrique et de couleur brune claire, elle peut mesurer jusqu'à 50 cm de longueur (Khalil *et al.*, 2020).

La tige : est cylindrique, dressée, très ramifiée, densément feuillue, glabre et mesure jusqu'à 130 cm de longueur et 1,5 cm de diamètre. Inflorescence en ombelle, sillonnée surtout au sommet, les rayons, très renflés à la base, deviennent ligneux et servent de cure-dents (WHO, 2007; Khalil *et al.*, 2020).

Les feuilles : sont dentelées, en lanières, de forme pennée ou ovale avec des segments linéaires minces mesurant environ 20 à 30 mm de longueur et 0,5 à 1 mm de diamètre. Elles sont vertes dans la région supérieure et blanc grisâtre dans la partie inférieure (WHO, 2007; Khalil *et al.*, 2020). La floraison normale de *A. visnaga* est généralement de juillet à septembre (parfois dès le mois de Mai dans les années sèches ou zones xérophiles).

Les fleurs : sont blanches à pétales échancrés en deux lobes inégaux à pointe courbée formant des ombelles blanches inflorescent, chacune mesurant 6 à 10 cm de diamètre ; les tiges florales sont allongées, jusqu'à 20 cm de long. Et les fruits sont ovales et brunâtres avec des reflets violacés (Khalil *et al.*, 2020).



Figure n°2: Aspect de l'*Ammi visnaga* (Dirar *et al.*, 2014)

II.1.5. Répartition géographique

Ammi visnaga est très fréquente dans le bassin méditerranéen (Khalfallah *et al.*, 2011), son aire géographique est le nord d'Afrique, l'Europe, la région de la méditerranée orientale, l'Asie du sud-ouest, l'Amérique du Nord, l'Argentine, le Chili, le Mexique et les Îles de l'Atlantique « Canaries, Açores et Madère ». En France, elle existe dans le Midi mais plutôt dans les champs sablonneux. Elle est cultivée en Égypte, en Inde, en République islamique d'Iran, en Tunisie et en Fédération de Russie. Elle varie progressivement d'Est (Asie, Égypte) en ouest (Maroc, Espagne) (WHO, 2007). En Algérie, *A. Visnaga* est une plante aromatique endémique (Brahmi *et al.*, 2016), largement distribuée dans le nord de l'Algérie, à Boumerdes (Brahmi *et al.*, 2014), à Constantine (Khalfallah *et al.*, 2011), à Mostaganem (Belkacem *et al.*, 2016) et à Blida (Keddad *et al.*, 2016).

II.1.6. Usage

La décoction de la khella est réputée pour avoir plusieurs propriétés curatives (Dirar *et al.*, 2014), elle est traditionnellement utilisée comme traitement de l'obstruction des voies respiratoires dans l'asthme, traitement des crampes gastro-intestinales, traitement des affections associées à la présence de calculs urinaires et pour les légers symptômes d'angine. (Al-Sanfi, 2013).

Les médecins arabes préconisent l'*A. visnaga* contre l'aménorrhée, la gravelle et, extérieurement, contre le rhumatisme, la gingivite et la carie dentaire (Gattefossé, 1952). Elle est également connue pour guérir le vitiligo et le psoriasis (Dirar *et al.*, 2014).

II.1.3. *Mentha pulegium*

Le nom "*pouliot*" provient du latin « *pulegium* », qui lui-même dérive de « *pulex* », signifiant "puce", en référence à la capacité de la plante à éloigner ces insectes (Gamisans et Jeanmonod, 1993). La menthe pouliot, connue sous le nom vernaculaire arabe "fliyou", est largement utilisée en médecine populaire dans de nombreuses cultures (Agnihotri *et al.*,

2005). Elle se divise en deux sous-espèces : « *Mentha pulegium ssp. Vulgaris* » et « *Mentha pulegium ssp. Pulegium* » (Quézel et Santa, 1962).

II. 1.3.1. Description botanique

La famille des lamiacées, également connue sous le nom de labiées, comprend environ 258 genres et 6900 espèces, réparties de manière cosmopolite mais principalement concentrées dans le bassin méditerranéen (Botineau, 2010). Le genre «*Mentha* » regroupe entre 25 et 30 espèces présentes dans le monde entier (Dorman et al., 2003). Les menthes sont des plantes vivaces, herbacées, indigènes et très odorantes, appartenant à la famille des labiées (Botineau, 2010). Depuis l'antiquité, elles sont utilisées de manière très diversifiée et jouent un rôle important en thérapeutique (II Edrissi, 1982).

Mentha pulegium L. est une plante à tiges dressées, fortement aromatique et à l'odeur intense. Les tiges, à section carrée, sont plus ou moins dressées, de couleur verdâtre ou grisâtre, et très ramifiées. Les feuilles, opposées et petites, sont ovales ou oblongues, presque entières (légèrement dentelées ou crénelées) et munies d'un court pétiole. Cette plante glabre mesure entre 10 et 30 cm de hauteur et possède des inflorescences composées de nombreux verticilles denses, feuillés et espacés (Quézel et Santa, 1962).



Figure n°3 : Aspect botanique de *Mentha pulegium* (Crstian , 2020)

II. 1.3.2. Classification botanique de *Mentha pulegium* L

Selon (Guignard et Dupont, 2004), la classification botanique de *Mentha pulegium* L, communément appelée *menthe pouliot*, est indiqué dans le **tableau 1**.

Tableau 1. Classification botanique de *Mentha pulegium* L (Guignard et Dupont, 2004).

Règne	Végétal
-------	---------

Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotrylédones</i>
Sous-classe	<i>Gamopétales</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Labiacées</i>
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha pulegium</i> L

II.1.3.3. Principale Utilisations *Mentha pulegium*

Voici un **tableau 2.** récapitulatif des usages traditionnels de la plante «*Mentha pulegium* » selon les différentes formes utilisées :

Tableau 2. Principale utilisation du *Mentha pulegium*.

Propriétés/Utilisations	Description	Sources
Propriétés calmantes et antispasmodiques	Utilisée par les Chinois pour ses propriétés calmantes et antispasmodiques.	(Kebissi, 2004)
Effet excitant	Considérée comme excitante par Hippocrate.	(Kebissi, 2004)
Effet antalgique	Notée pour son effet antalgique par Pline.	(Kebissi, 2004)
Troubles digestifs et insuffisance biliaire	Combat l'indigestion, les crampes, les gaz intestinaux, et est carminative. Efficace contre les ballonnements et les brûlures d'estomac (cholagogue).	(Baba Aissa, 2000)
Propriétés antimicrobiennes	Utilisée pour traiter le rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales.	(Baba Aissa, 2000)

Propriétés insecticides	Utilisée pour éloigner les insectes.	(Bremness, 2001)
	Appliquée pour les points douloureux des rhumatismes, et en compresses	
Usage externe	contre la névralgie faciale	(Gardès et al., 2003)

II.2. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles et les extraits de plantes médicinales ont une grande variété de molécules. Ces dérivés végétaux ont largement intéressés notre recherche scientifique, notamment par leur puissante activité antioxydante, antifongique, anti-inflammatoire et bactéricide (Bahri et al., 2013; Bahri et al., 2016 ; Bouyahyaoui et al., 2016 ; Abedelli et al., 2017 ; Abdelli et al., 2018 ; Abdelli et al., 2019 ; Ouguirti et al., ; 2021 ; Amraoui et al., 2022 ; Maameri et al., 2022 et Boussena et al., 2022). Compte tenu de cette diversité, différentes méthodologies étaient nécessaires pour optimiser l'extraction, la purification et la caractérisation de chaque classe de biomolécules (Bahri et al., 2013; Bahri et al., 2016 ; Bouyahyaoui et al., 2016 ; Abedelli et al., 2017 ; Abedelli et al., 2018 ; Abedelli et al., 2019 ; Ouguirti et al., ; 2021 ; Amraoui et al., 2022 ; Maameri et al., 2022 et Boussena et al., 2022).

II.2.1. Définition

Une huile essentielle est un mélange naturel complexe de métabolites secondaires lipophiles, volatils, odorants et souvent liquides contenus dans des tissus végétaux spécialisés (Bruneton, 2009). Selon la norme AFNOR NF'T 75-006, « l'huile essentielle désigne le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe, soit par distillation « sèche ». Elle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » (AFNOR, 2000). Cette définition détermine les huiles essentielles au sens strict. Mais, de ce fait, elle écarte les produits obtenus en employant d'autres procédés d'extraction, comme l'utilisation de solvants non aqueux ou l'enfleurage (Bruneton, 2009).

II.2.2. Domaines d'application

Il existe une grande variété d'huiles essentielles connues dans le monde et plusieurs milliers d'entre elles ont été caractérisées. Cependant, de ce nombre, une faible proportion seulement présente un intérêt commercial. Cela s'explique par la composition chimique des huiles essentielles qui leur confère aussi bien des propriétés odorantes et aromatiques qu'antimicrobiennes, mais aussi, les différentes utilisations possibles et leur coût de production

(Fillatre, 2011). Ces caractéristiques offrent des débouchés importants dans de nombreux domaines industriels, que ce soit dans l'industrie cosmétique, les secteurs de la santé, de l'agro-alimentaire ou de l'agriculture (Fillatre, 2011).

II.2.3. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en oeuvre 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, ramilles), de la nature des composés (les flavonoïdes ou les tanins, par exemple), du rendement en l'huile et de la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Hellal, 2011).

II.2.4. Activités antimicrobiennes

Il est connu depuis l'antiquité que les huiles essentielles présentent des propriétés médicinales nombreuses et variées telles que, les propriétés antiseptiques, antimicrobiennes, antitoxiques, antivenimeuses, anti-oxydantes, antiparasitaires, diurétiques...etc. Récemment, on leur reconnaît des propriétés anticancéreuses (Bakkali *et al.*, 2008).

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et en particulier, avec les groupements fonctionnels des composés majoritaires : les phénols (thymol, carvacrol, eugénol), les alcools (α -terpinéol, terpinen-4-ol, linalol), les aldéhydes et les composés terpéniques et cétoniques (Dorman *et al.*, 2003). Les composés minoritaires jouent aussi un rôle important en renforçant les effets des composés principaux (Bassolé et Juliani, 2012). L'efficacité d'une huile essentielle dépend ainsi de sa richesse en composés phytochimiques ; plus elle est riche en substances actives, plus son activité est importante.

II.3. Les bactéries multirésistantes

L'avènement de l'antibiothérapie, dans les années 1940, a complètement révolutionné le domaine médical et entraîne une réduction significative de la mortalité associée aux maladies infectieuses. Malheureusement, la résistance bactérienne aux antibiotiques a rapidement constitué un problème de santé important à l'échelle mondiale (Kraker *et al.*, 2011 ; Diallo *et al.*, 2019). L'augmentation et la dissémination rapide des résistances bactériennes aux antibiotiques sont probablement l'un des problèmes de santé publique les plus inquiétants de ces dernières années (Coates, 2012). L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) révèle que cette grave menace pour la santé publique n'est plus une prévision, mais bien une réalité dans chaque région du monde (WHO, 2012). La propagation des bactéries multi résistantes (BMR) et l'absence de nouveaux antibiotiques font courir un risque d'impasse thérapeutique de plus en plus fréquent (Brun-buisson, 2010). Ce phénomène se développe de plus en plus

rapidement et de manière quasi universelle et est particulièrement marqué pour les germes responsables d'infections nosocomiales (Le Loir et Gantier, 2009 ; Zahir et al., 2019). Dans de nombreuses situations, seul un nombre restreint d'antibiotiques demeure efficace (Chadliet El Hamzaoui, 2008, Dinh et al., 2019).

II.3.1. Infections nosocomiales

Une infection est par définition, la pénétration dans l'organisme d'un agent étranger (bactérie, virus, champignon, parasite) capable de s'y multiplier et d'y induire des lésions pathologiques (Delamare, 1999). L'infection est dite nosocomiale si elle apparaît au cours ou à la suite d'une hospitalisation et si elle était absente à l'admission à l'hôpital (ou plus généralement dans un lieu de soins), ce critère est applicable à toute infection (Denis, 2002).

II.3.2. Agents pathogènes

Les germes incriminés sont non seulement les pathogènes classiques mais aussi les germes opportunistes possédant à priori un faible potentiel pathogène qui dans certaines conditions notamment un état fragilisé du patient, induisent des conséquences cliniques majeurs (Wenzel, 1997). Les principaux germes responsables des infections nosocomiales sont les bactéries, représentant la cause dans environ 90% des cas (Stobo et al., 1996). Il s'agit plus particulièrement des bacilles Gram négatif (60%) dont *Escherichia coli* (25%) et *Pseudomonas aeruginosa* (11%) et des cocci Gram positif (30%) dont *Staphylococcus aureus* (15%) et *Enterococcus* spp. (8%). Les espèces bactériennes suscitées représentent 56% des germes isolés des infections nosocomiales (Berrebi, 2009). Les bacilles Gram positif, les cocci Gram négatif, les germes anaérobies et les mycobactéries peuvent également contribuer dans l'apparition des infections hospitalières (Kadi et al., 1995).

I. Matériel et méthodes

III.1. Le matériel végétal

Les trois plantes testées dans ce travail sont couramment utilisées dans la région de Mostaganem pour le traitement de infections microbiennes. Les trois espèces étudiées sont : *Thymus vulgaris* (زعتر), *Ammi visnaga* (نوخة) et *Mentha pulegium* (فليبو). Elles ont été achetées du commerce.

III.2. L'extraction des huiles essentielles par la méthode hydrodistillation

L'extraction des huiles essentielles des trois plantes a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un hydrodistillateur. Pour chaque plante 150 g de matière végétale ont été introduits dans un ballon contenant 3 litres d'eau distillée. L'ébullition a été maintenue pendant 3H à l'aide d'un chauffe ballon, la vapeur d'eau chargée en l'huile essentielle, traversent le réfrigérant ou elle

se condense, puis est recueillie dans une ampoule à de décanter, l'huile se sépare de l'eau par différence de densité. L'huile recueillie est ensuite conservée dans une température de 0°C dans des tubes verre stériles, recouverts de papier aluminium fermés hermétiquement afin de la préserver de l'air et de la lumière jusqu'à son utilisation (Abdelli, 2019).

III.3. Le rendement de l'huile essentielle

Le rendement des huiles essentielles, exprimé en pourcentage, est calculé selon les normes défini par l'AFNOR (1986) et reprises par (Amraoui, 2021) à l'aide de la formule suivante :

$$R \% = (M_{HE} / M_V) * 100$$

***Explication de la formule :**

R% : rendement en l'huiles essentielles.

M_{HE} : masse d'huile essentielle en gramme.

M_v : la masse de l'espèce végétale en gramme.

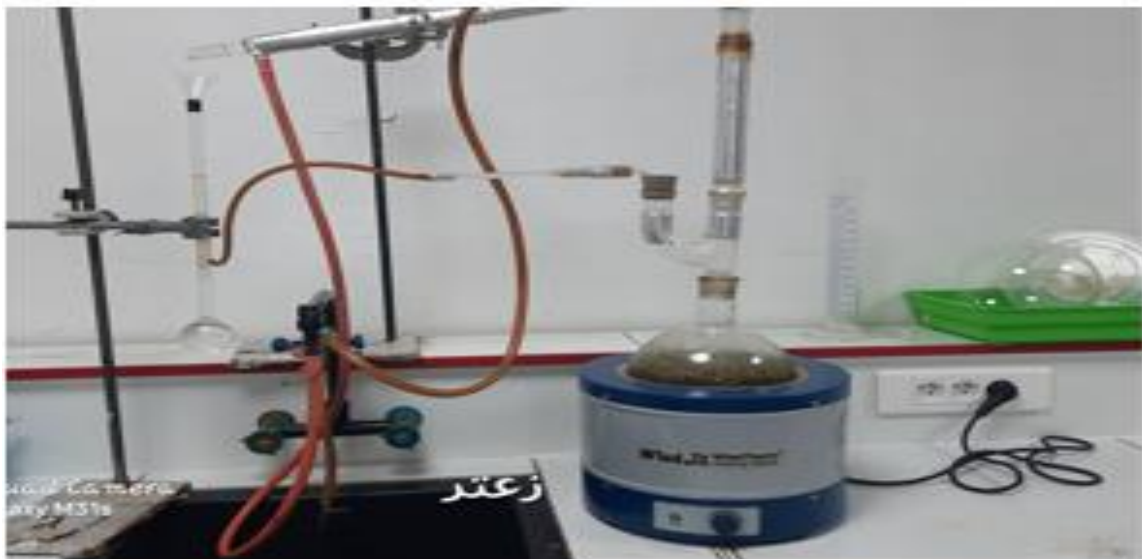


Figure n°4 :Hydrodistillation par Clevenger pour extraction des huiles essentielles

III.4. L'activité antimicrobienne

III.4.1. Les milieux de culture employés :

Les milieux de culture employés pour de nombreux expérimentations microbiologique sont les suivants :

Annexe n°1

-Milieu Hinton

-Milieu King b

-Bouillon nutritif

-Gélose nutritive

-Milieu hektoen

III.4.2. Les souches bactériennes étudiées : Les souches bactériennes utilisées dans non travaille proviennent du laboratoire de microbiologie et biologie végétale. Ces bactériens multirésistants ont été isolée par Boussena, 2024. Il s'agit d'*Escherichia. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter hormaechei* et *Enterobacter Ludwig*

III.4.3. Réactivation des souches bactériennes :

Les souches bactériennes ont été conservées dans du glycérol à une température de 0 °C. Pour les tester, une réactivation a été réalisée dans un bouillon nutritif à 37 °C pendant 24 heures. Ces bactéries cliniques multirésistants ont été isolées, identifiées et caractérisées génétiquement à l'hôpital de Chlef (**Boussena, 2024**). Elles sont responsables des infections nosocomiales.

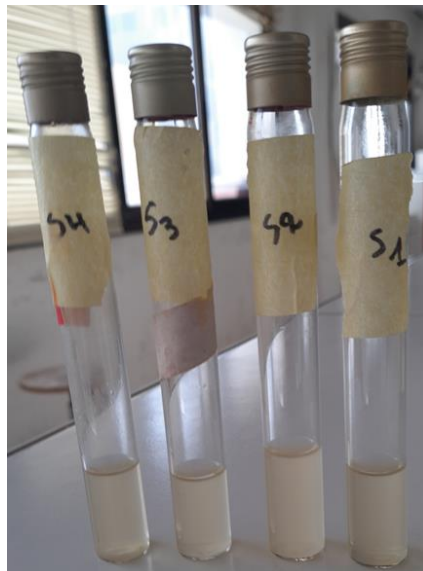


Figure n°5: réactivation des souches en bouillon nutritif

III.4.4 Test microbiologique de confirmation de pureté des souches bactériennes :

Après réactivation des souches bactériennes. Un ensemencement dans des milieux spécifiques pour chaque souche et une incubation à 37°C pendant 24 h a été réalisé. Après cela, une coloration de gram et une observation au microscope optique à l'objectif X100 ont été faite pour vérifier la pureté des souches bactériennes.



Figure n°6 : coloration de gram des souches bactériennes

III.4.5. Etude de la sensibilité des souches bactérienne aux antibiotiques

La sensibilité des bactéries aux antibiotiques a été effectuée par la méthode de diffusion sur disque de Kirby-Bauer en suivant les normes établies par CLSI (**Ravi et al., 2023**). Les suspensions bactériennes ajustées à 10^8 UFC/ml macfarland ont été encemencées à l'aide d'un écouvillon par étalement sur un milieu gélosé Mueller-Hinton. Ensuite à l'aide d'une pince stérile, les disques d'antibiotiques (**Tableau 3.**) ont été déposés à la surface de ce milieu. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37°C pendant 24 heures. Cette expérience a été réalisée une seule fois pour chaque souche bactérienne.

Tableau 3. Antibiotiques standards utilisés

Antibiotiques	Code	La Charge du disque
Amikacine	AK-10	10µg
Gentamicine	CN-120	120µg
Rifampicine	RA-5	5µg
Chloramphénicol	C-30	30µg

III.4.6. Etude de l'activité antibactérienne in vitro des synergies des huiles essentielles par la méthode de diffusion (méthode de Vincent)

L'étude a été faite par la méthode de diffusion sur les disques (aromatogramme). Cette méthode a permis d'identifier l'activité inhibitrice de croissance par la mesure du diamètre d'inhibition autour des du disque. Les huiles essentielles ont été mélangées sous forme de mélanges binaires et ternaire (1-1), (1-2-1). Nous avons préparé des suspensions bactériennes dans des tubes contenant de l'eau physiologique, ajustée à 10^8 UFC/ml, et encemencé une gélose de Mueller- Hinton à l'aide d'un écouvillon pour les bactéries (*E. coli* ; *P. aeruginosa* ; *E. hormaechei* ; *E. Ludwig*). Ensuite, nous avons déposé des disques en papier filtre stériles sur la gélose ; ces disques ont été formés et préparés à partir de papier filtre cette opération a été répétée deux fois pour chaque mélange, puis nous avons incubé les cultures à 37°C pendant 24H pour évaluer l'effet antibactérien (Zaoui et al., 2024).

III.4.7. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La concentration minimale inhibitrice a été évaluée en utilisant des microplaques de 96 puits à fond plat (Elgamouz et al., 2020). La préparation commence par la réalisation des solutions mères des huiles essentielles, dissoutes dans 3ml de diméthylsulfoxyde (DMSO). Ensuite, 190µl de chaque solution mère est déposée dans les premiers puits de chaque microplaque. Du deuxième au dixième puits, 100µl de bouillon de culture liquide (milieu Hinton) est ajouté. À l'aide d'une micropipette, 100µl de la solution mère contenue dans le premier puits est prélevé, puis des dilutions successives sont effectuées du premier au dixième puits, afin d'obtenir les concentrations suivantes (30µl/ 15µl/ 7,5µl /.....jusqu'à 0,055µl). Cette méthode est appliquée à toutes les microplaques.

Dans les 11es puits de chaque microplaque, 200 µL de milieu MH liquide sont ajoutés en tant que témoins négatifs. Dans les 12es puits, 200 µL de la suspension bactérienne sont déposés pour servir de témoins positifs. Chaque puits contenant 100 µL de dilution des huiles essentielles dissoutes est complété par l'ajout de 90 µL de bouillon MH et de 10 µL de suspension bactérienne (à une concentration de 10^7 UFC/mL), afin d'atteindre un volume final de 200 µL. Après l'inoculation, les microplaques sont incubées à 37 °C pendant 24 heures.

Après 24 heures d'incubation, 40µl de chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium (TTC) sont ajoutés dans les puits des microplaques. Ces dernières sont ensuite incubées à 37°C pendant 30 minutes supplémentaire (Elgamouz et al., 2020). Après incubation, l'observation d'un

changement de couleur dans les puits, notamment l'apparition d'une teinte rose, indique la présence et la croissance des bactéries.

III.4.8. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) :

La plus faible concentration ne présentant aucune croissance bactérienne correspond à la concentration minimale bactéricide (CMB). Pour l'évaluer, une goutte est prélevée à l'aide d'une anse stérile à partir des puits ne montrant aucune croissance visible, puis ensemencée en stries verticales sur la surface d'un milieu MH gélosé. Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 37 °C pendant 24 heures.

IV Résultats et discussion

IV.1. Rendement en Huiles essentielles

Les rendements moyens en huiles essentielles des parties aériennes de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* par hydrodistillation ont été calculés en fonction de la masse du matériel végétal traité. Les résultats obtenus sont résumés dans le **tableau 4**.

Tableau 4. Rendement d'extraction en (%) de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium*

Huile essentielle	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Mentha pulegium</i>
Rendement (%)	1,41	1,61	0,16

Les résultats du **tableau 4**. montrent que les feuilles sèches de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* ont donné un rendement en huile essentielle de 1.41%, 1.61% et 0.16% respectivement. *Ammi visnaga* a donné le rendement le plus élevé. Ces valeurs de rendement sont faible par rapport au *Thymus vulgaris* de Mostaganem (2.2%) obtenu par Abedelli, (2017), à l'*Ammi visnaga* (1.78%) de Mostaganem obtenu par Amraoui, (2022) et au *Mentha pulegium* de Mostaganem (2.26%) obtenu par Bahri et al., (2025).

Concernant le rendement d'huile essentielle de *Thymus*, une étude faite par **Giordani et al. (2008)** sur différentes espèces algériennes du genre *Thymus* dont *T. vulgaris* récoltée de Souk Ahras, à l'est du pays, a permis d'obtenir des rendements moyens en huiles essentielles allant de 2 à 3%. Ces résultats sont supérieurs du thym étudié. Une autre étude réalisée par **Brada et al. (2009)** sur l'espèce provenant de Chlef située au nord ouest de l'Algérie, a montré également un rendement supérieur de celui du thym étudié et qui est de l'ordre de 1.41%. D'autre part, des résultats proches aux nôtres ont été obtenus par *T. vulgaris* récoltée au nord

du pays et plus exactement, à Blida et Boumerdes correspondant à des taux respectifs de 1.58% (**Bouguerra et al., 2017**) et 1.1% (**Oulebsir-Mohandkaci et al., 2015**). En dehors de l'Algérie, une étude faite par **Jordán et al. (2006)** sur *T. vulgaris* d'Espagne a donné des résultats supérieurs aux nôtres (de 2.17 à 4.73%). Un rendement plus élevé en huile essentielle a été noté par **Badi et al. (2004)** pour le thym de Jordanie (5.40%). Tandis que des concentrations proches aux nôtres ont été rapportées en Iran (1.87%) (**Kazemi et al., 2012**), au Mexique (1.7%) (**Soto-Medivil et al., 2006**), au Maroc (1.0%) (**Imelouane et al., 2009**).

Concernant le rendement d'huile essentielle d'Ammi, une étude faite par **Khalfallah et al. (2011)** sur l'espèce *Ammi visnaga* récoltée à Constantine, à l'est du pays, a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 1.3%. Une autre étude a été faite par **Brahmi et al. (2014)** sur l'espèce provenant de Boumerdes, au nord du pays, a montré des rendements de 0.16, 0.32 et 0.48% respectivement avant la floraison, pendant la floraison et après la floraison. Ces résultats sont nettement plus inférieurs du rendement obtenu par l'*Ammi visnaga* étudié. En dehors de l'Algérie, toutes les études réalisées sur l'espèce *Ammi visnaga*, ont donné des rendements inférieurs au nôtre. Au Maroc, **Satrani et al. (2004)**, **Zrira et al. (2008)** et **Soro et al. (2015)** ont obtenu des rendements de 0.27, 0.4% et 0.13 % respectivement. En Tunisie, une étude réalisée par **Khadhri et al. (2011)**, a obtenu un rendement de l'ordre de 0.2%, et en Turquie, **Gunaydin et beyazit, (2004)** ont obtenu un rendement de 0.1%.

Concernant le rendement d'huile essentielle de menthe poivrée obtenue par hydrodistillation était de 2,85 %, sur la base du poids sec. Ce rendement est supérieur à celui obtenu par Attou (1,37 % ; Attou 2017) et Benomarie et al. (0,73 % ; Benomarie et al., 2017). Ce pourcentage est légèrement supérieur à celui observé par Rached et al. (2,31 % ; Rached et al., 2025) et identique à celui observé par Bouhaddouda et al. (2,69 % ; Bouhaddouda et al., 2016). Il a été rapporté que les espèces de *Mentha* avaient le rendement en huile essentielle le plus élevé en été, lorsque les plantes étaient en pleine floraison, qu'en hiver, lorsque les plantes atteignaient la fin de leur cycle de croissance (Kumar et al., 2022). Français Ainsi, si l'on compare les rendements pour une même espèce selon l'état de la plante fraîche (1,43 %) ou sèche, le PM à l'état sec est plus reproductible (Rached et al., 2025). De plus, des différences dans le rendement des huiles essentielles de *Mentha* selon les régions géographiques ont été rapportées (Kumar et al., 2022). La littérature a révélé que les teneurs en huiles essentielles dépendent non seulement de la température, de l'humidité relative, mais aussi de la durée

d'ensoleillement, du mouvement de l'air et des précipitations (Kastner 1969 ; Vernet et al., 1977).

Les différences dans les rendements en huile essentielles observée varient en fonction de la période de récolte et du séchage de la plante (Satrani *et al.*, 2004), la zone géographique de collecte, la génétique de la plante, l'organe utilisé, le stade de développement et la période de séchage (Vekiari *et al.*, 2002). Le climat peut aussi influencer la production d'huile essentielle, en effet, en jours long une intensité lumineuse et une température élevée favorise la production d'huile essentielle, l'augmentation de la quantité d'huile essentielle avec la longueur du jour s'accompagne d'une augmentation du taux de matière sèche par plante et de la teneur en huile essentielle (Burbott et Loomis, 1987). Selon l'étude faite par Zrira *et al.* (2008), la technique d'extraction peut également influencer le rendement en huiles essentielles.

IV.2. Etude de l'activité antimicrobienne des synergies des huiles essentielles

D'après la littérature aucun travail n'a été réalisé sur l'effet antimicrobienne de la combinaison des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium*. Pour cela on va discuter les résultats obtenus dans cette étude.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des 16 huiles essentielles et de leurs combinaisons : TV, AV, MP, AV + MP (1-1), TV + MP (1-1), TV + AV (1-1), AV + MP (1-2), TV + MP (1-2), TV + AV (1-2), AV + MP (2-1), TV + MP (2-1), TV + AV (2-1), TV + AV + MP (2-1-1), TV + AV + MP (1-2-1), TV + AV + MP (1-1-2), TV + AV + MP (1-1-1)] issues de la synergie de trois huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* par la méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé, nous a permis d'obtenir les résultats présentés dans le **tableau n°5**.

N.B : Les résultats sont également illustrés en figures dans l'**annexe 2**.

Tableau n° 5. Evaluation de l'activité antibactérienne des 16 huiles essentielles et de leurs combinaisons (aromatogramme).

Huile essentielle	Diamètres (mm)			
	<i>E. coli</i>	<i>E. hormaechei</i>	<i>E. ludwigii</i>	<i>P. aeruginosa</i>
TV	20.78 ± 1.825	7.20 ± 1.205	20.54 ± 1.05	7.68 ± 0.975
AV	17.66 ± 0.6	13.13 ± 0	20.06 ± 0.615	8.42 ± 0.465
MP	7.17 ± 0.165	6.37 ± 0.375	7.18 ± 1.18	0

AV + MP (1-1)	9.44 ± 0.63	7.94 ± 0.46	12.77 ± 0.775	9.02 ± 1.53
TV + MP (1-1)	9.71 ± 0.48	7.74 ± 0.265	10.07 ± 1.63	14.48 ± 1.48
TV + AV (1-1)	18.26 ± 0.58	8.21 ± 0.025	13.62 ± 0.23	7.96 ± 0.2
AV + MP (1-2)	7.64 ± 0.135	15.09 ± 1.095	6.61 ± 0.61	7.46 ± 1.46
TV + MP (1-2)	8.70 ± 0.375	7.17 ± 0.16	7.31 ± 1.31	8.88 ± 0.26
TV + AV (1-2)	18.1 ± 1.1	7.63 ± 0.32	17.77 ± 0.655	8.40 ± 0.665
AV + MP (2-1)	10.93 ± 0.4	6.30 ± 0.30	9.30 ± 0.035	6.67 ± 0.67
TV + MP (2-1)	22.23 ± 1.33	8.97 ± 1.14	15.64 ± 0.42	8.15 ± 0.96
TV + AV (2-1)	23.34 ± 0.16	7.59 ± 0.31	18.57 ± 1.44	9.86 ± 1.46
TV+ AV+ MP (2-1-1)	18.03 ± 0.18	6.50 ± 0.50	11.91 ± 0.20	7.23 ± 0.03
TV+ AV + MP (1-2-1)	13.50 ± 1.505	0	10.09 ± 0.47	11.70 ± 0.505
TV+ AV + MP (1-1-2)	18.52±0.75	16.74±0.48	7.41±0.32	13.25±0.54
TV+AV + MP (1-1-1)	13.13 ± 0.98	7.33 ± 0.775	10.67 ± 1.745	7 ± 1

On a discuté les résultats obtenus des zones d'inhibition des 16 huiles essentielles et de leurs combinaisons sur des souches bactériennes par souche bactérienne testée :

1. E. coli

Meilleurs résultats individuels :

- HE Tv (jusqu'à 22,61 mm) – très bonne activité.
- HE Av (18–19 mm) – sensible à très sensible.
- HE Mp (7–8 mm) – faible activité.

Meilleures combinaisons :

- HE Tv + HE Av (2:1) : jusqu'à 23,51 mm → très forte synergie.
- HE Tv + HE Mp (2:1) : jusqu'à 23,57 mm → nette amélioration par rapport à Mp seul.
- HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) : 18,52 mm à 18 mm → bon effet combiné, surtout avec une plus grande quantité d'HE Mp.

2. P. aeruginosa

Généralement très résistant. Effets faibles à modérés :

- HE Mp (seule) : jusqu'à 6,25 mm → quasi inefficace.

Meilleures associations :

- HE Tv + HE Mp (1:1) : jusqu'à 15,96 mm → effet modéré.
- HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) : jusqu'à 17,41 mm → meilleure synergie observée.

P. aeruginosa est connue pour sa très forte résistance à l'action de la plupart des huiles essentielles (Dorman et Deans, 2000; Burt, 2004). Les synergies HE Tv + HE Mp (1:1) et HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) ont montré des résultats intéressants. Ces synergies ont inhibé la bactérie *P. aeruginosa* connue par sa résistance aux antimicrobiennes.

3. *E. hormaechei*

Faible activité des huiles essentielles seules (en particulier HE Mp).

HE Av seule : jusqu'à 14,21 mm → sensibilité modérée.

Meilleures associations :

- HE Av + HE Mp (1:2) : jusqu'à 16,19 mm → bonne synergie.
- HE Tv + HE Av (1:1) : jusqu'à 9,23 mm → amélioration modeste.
- HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) : jusqu'à 7,41 mm → faible à modérée.

4. *E. ludwigii*

HE Tv seule : jusqu'à 22,35 mm → très efficace. HE Av : 20,68–21,24 mm → très efficace.

HE Mp : 6–8 mm → inefficace seule.

Bonnes synergies :

- HE Tv + HE Av (1:1) : 13,85–14,21 mm → effet réduit, pas de réelle synergie ici.
- HE Tv + HE Mp (2:1) : jusqu'à 15,98 mm → synergie modérée.
- Meilleure : HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) : jusqu'à 13,25 mm → bonne tolérance.

En conclusion de cette partie, on peut dire que :

- HE Tv (*T. vulgaris*) est la plus active seule, notamment contre *E. coli* et *E. ludwigii*.
- HE Mp (*M. pulegium*) a à lui seul une faible activité mais améliore certaines synergies (notamment contre *P. aeruginosa*).
- HE Tv montre une bonne activité seule, particulièrement contre *E. hormaechei* et *E. ludwigii*.
- Les meilleures synergies sont :
 - HE Tv + HE Av (2:1) contre *E. coli*.
 - HE Tv + HE Mp (2:1) contre *E. coli*.
 - HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) contre *P. aeruginosa*.

Les trois huiles essentielles étudiées ont montré un effet antimicrobienne important.

Des travaux antérieurs confirment que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* possède un effet antimicrobien puissant contre un large éventail de microorganismes (Azaz et al., 2004 ; van

Vuuren *et al.*, 2009). Plusieurs études se sont concentrées sur l'importante activité inhibitrice des huiles essentielles d'*Ammi visnaga*, montrant leur efficacité contre divers micro-organismes (Khalfallah *et al.*, 2011; Brahmi *et al.*, 2014; Satranietal.,2004).

Concernant l'huile essentielle de *M. Pulegium*, nos résultats sont similaires à ceux de Mahboubi et Haghi (2008), Piras *et al.* (2019) et El abdali *et al.* (2024). Les Eos étaient plus efficaces que les témoins positifs.

IV.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrice (CMI) et bactéricide (CMB)

La détermination des paramètres antimicrobiens (CMI et CMB) des huiles essentielles de *T. vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Muntha pulegium* a été effectuée seulement sur les germes ayant présenté une sensibilité par le test d'aromatogramme. Les résultats obtenus sont résumés dans le **tableau 6. Tableau 6.** Valeurs de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB) ($\mu\text{L}/\text{mL}$) des huiles essentielles

Huile essentielle	<i>E. coli</i>		<i>E. hormaechei</i>		<i>E. ludwigii</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB
TV	1.87	3.75	30	30	7.5	15	1.87	30
AV	15	30	15	30	30	30	15	30
MP	7.5	7.5	0.93	15	7.5	15	ND	ND
AV + MP (1-1)	30	30	15	30	15	30	30	30
TV + MP (1-1)	15	30	15	30	15	30	30	30
TV + AV (1-1)	7.5	30	15	30	15	30	7.5	30
AV + MP (1-2)	7.5	15	7.5	30	3.75	30	7.5	30
TV + MP (1-2)	15	30	7.5	30	7.5	30	7.5	30
TV + AV (1-2)	7.5	30	15	30	15	30	15	30
AV + MP (2-1)	15	30	7.5	30	15	30	15	30
TV + MP (2-1)	7.5	30	15	30	3.75	30	7.5	30
TV + AV (2-1)	15	30	7.5	30	15	30	15	30
TV+ AV+ MP (2-1-1)	15	30	15	30	15	30	30	< 30
TV+ AV + MP (1-2-1)	3.75	30	1.87	30	1.87	30	1.87	30
TV +AV + MP (1-1-2)	7.5	30	ND	ND	15	30	7.5	30

TV+AV + MP (1-1-1)	15	30	15	30	30	30	15	30
---------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

Une analyse statistique complète des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) et de concentration minimale bactéricide (CMB) ($\mu\text{L/mL}$) de diverses huiles essentielles testées contre quatre souches bactériennes : *E. coli*, *E. hormaechei*, *E. ludwigii* et *P. aeruginosa* a été effectué. L'ensemble de données comprend 16 huiles essentielles ou combinaisons différentes, chacune ayant été testée pour ses valeurs de CMI et de CMB contre les quatre souches bactériennes. Les valeurs manquantes sont signalées par « ND ».

Le tableau 7. Ci-dessous résume la moyenne et l'écart type des valeurs de CMI et de CMB.

Tableau 7. Résume la moyenne et l'écart type des valeurs de CMI et de CMB.

Bactérie	Moyenne CMI	type Moyenne	CMB-type	CMB-type
<i>E. coli</i>	11.60	6.72	26.02	8.82
<i>E. hormaechei</i>	12.19	7.08	29.00	3.87
<i>E. ludwigii</i>	13.24	8.14	28.12	5.12
<i>P. aeruginosa</i>	13.75	9.55	30.00	0.00

Les **figure 7 et 8** présentent les valeurs de CMI et de CMB par huile et par bactérie.

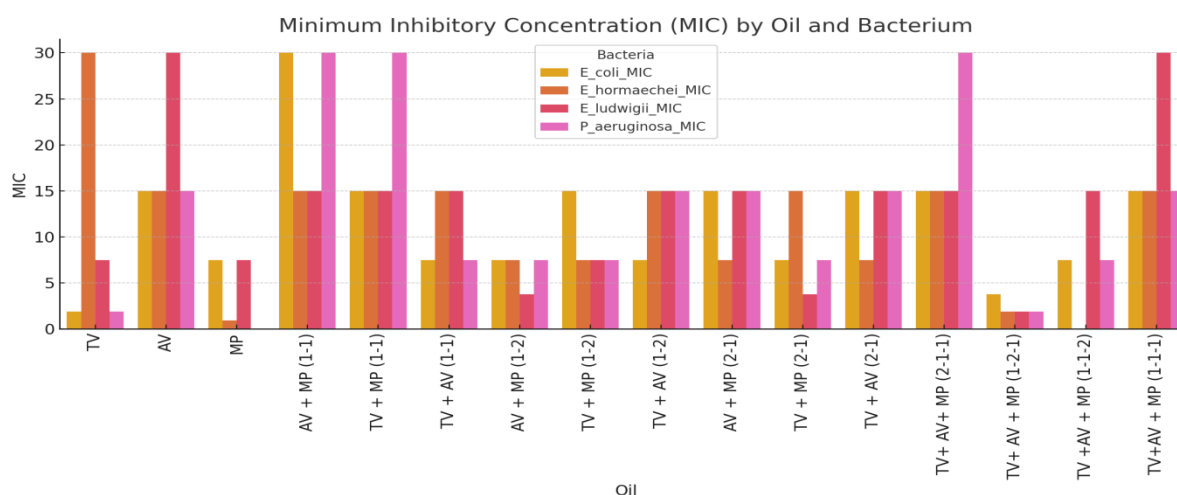


Figure n°7. Concentration minimale inhibitrice (CMI) par huile et bactérie

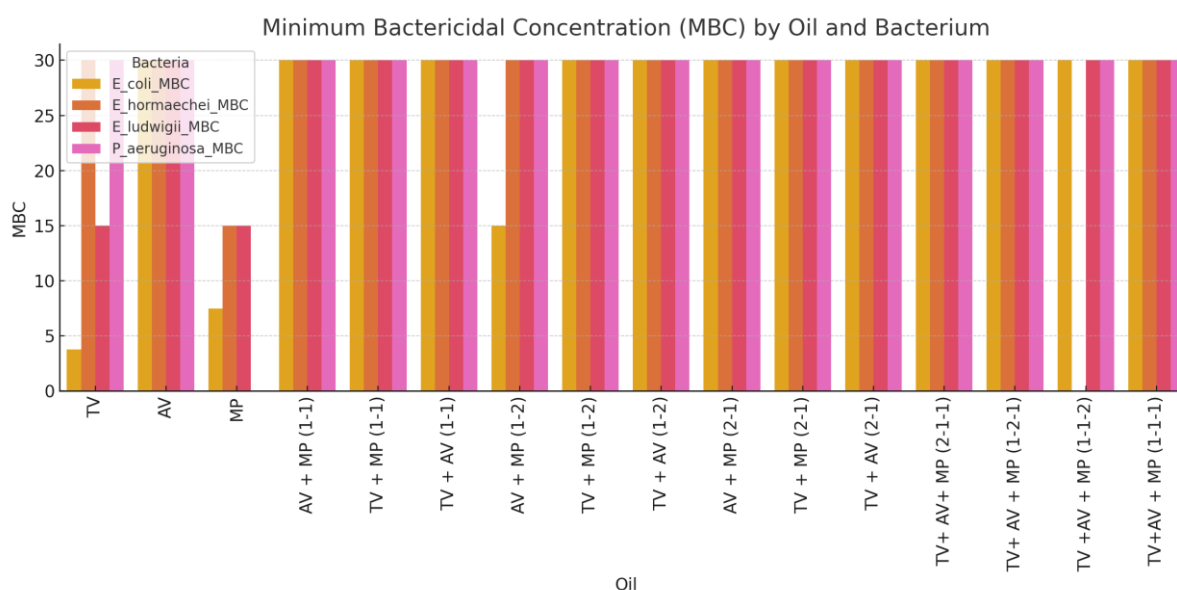


Figure n°8. Concentration minimale bactéricide (CMB) par huile et bactérie

Une ANOVA à un facteur a été réalisée pour comparer les valeurs de CMI et de CMB pour *E. coli* entre les huiles. La valeur p obtenue était de 1,32e-05, indiquant une différence statistiquement significative entre les valeurs de CMI et de CMB pour cette souche.

Cette analyse met en évidence une variation significative de l'activité antimicrobienne entre les huiles et les souches bactériennes. L'ANOVA suggère que pour *E. coli*, la CMI et la CMB diffèrent significativement, ce qui confirme l'efficacité de certaines huiles comme agents bactériostatiques ou bactéricides.

IV.4. Détermination des valeurs CMB/CMI

Les résultats des valeurs CMB/CMI sont présentés dans le **tableau 8**

Tableau 8. Effets des huiles essentielles sur les différentes souches étudiées

L ' huile essentielle	<i>E. coli</i>		<i>E. hormaechei</i>		<i>E. Ludwig</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	CMB / CMI	Effet	CMB / CMI	Effet	CMB / CMI	Effet	CMB / CMI	Effet
TV	2	Bactéricide	1	Bactéricide	2	Bactéricide	16	Bactériostatique
AV	2	Bactéricide	2	Bactéricide	1	Bactéricide	2	Bactéricide
MP	1	Bactéricide	16	Bactériostatique	1	Bactéricide	ND	ND
AV + MP (1-1)	1	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide	1	Bactéricide

TV + MP (1-1)	2	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide	1	Bactéricide
TV + AV (1-1)	4	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide	4	Bactéricide
AV + MP (1-2)	2	Bactéricide	4	Bactéricide	8	Bactériostatique	4	Bactéricide
TV + MP (1-2)	2	Bactéricide	4	Bactéricide	4	Bactéricide	4	Bactéricide
TV + AV (1-2)	4	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide
AV + MP (2-1)	2	Bactéricide	4	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide
TV + MP (2-1)	4	Bactéricide	2	Bactéricide	8	Bactériostatique	4	Bactéricide
TV + AV (2-1)	2	Bactéricide	4	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide
TV+ AV+ MP (2-1-1)	2	Bactéricide	2	Bactéricide	2	Bactéricide	ND	ND
TV+ AV + MP (1-2-1)	8	Bactériostatique	16	Bactériostatique	16	Bactériostatique	16	Bactériostatique
TV +AV + MP (1-1-2)	4	Bactéricide	ND	ND	2	Bactéricide	4	Bactéricide
TV+AV + MP (1-1-1)	2	Bactéricide	2	Bactéricide	1	Bactéricide	2	Bactéricide

Une étude statistique des effets de diverses huiles essentielles et de leurs combinaisons sur quatre souches bactériennes : *E. coli*, *E. hormaechei*, *E. ludwigii* et *P. aeruginosa* a été réalisé. L'analyse comprend des statistiques descriptives, une représentation graphique des valeurs CMB/CMI et un test ANOVA pour déterminer la significativité des effets.

La **figure 3.** à barres suivant affiche les valeurs CMB/CMI pour chaque huile essentielle sur toutes les souches bactériennes :

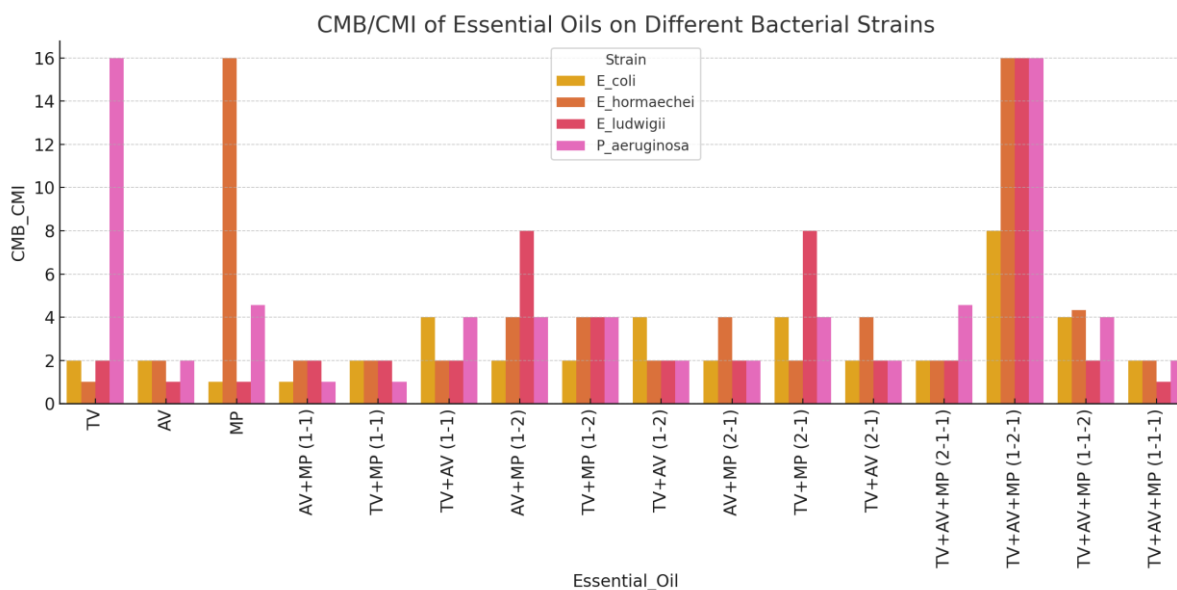


Figure 9. CMB/CMI des huiles essentielles sur différentes souches bactériennes

Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs (considérant la souche et l'huile essentielle comme facteurs) sont résumés ci-dessous (**Tableau 9.**):

Tableau 9. Les résultats de l'ANOVA à deux facteurs

Source	Somme des carrés	df	Valeur F	Valeur p
C(Souche)	32.6141	3.0	1.2632	0.2984
C(Huile_Essentielle)	542.407	15.0	4.2015	0.0001
Résiduel	387.2924	45.0	-	-

L'huile essentielle ou la combinaison utilisée a un impact significatif. Ceci suggère qu'il est possible d'optimiser les mélanges d'huiles essentielles pour une meilleure efficacité antibactérienne.

Les meilleures synergies obtenus sont :

- HE Tv + HE Av (2:1) contre *E. coli*.
- HE Tv + HE Mp (2:1) contre *E. coli*.
- HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) contre *P. aeruginosa*.

Les trois huiles essentielles étudiées ont montré un effet antimicrobienne important. Beaucoup de chose reste à faire dans le domaine de la synergie.

V. Conclusion

Les résultats des rendements moyens en huiles essentielles des feuilles sèches de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* sont de 1.41%, 1.61% et 0.16% respectivement. Les différences dans les rendements en huile essentielles observée varient en fonction de la période de récolte et du séchage de la plante, de la zone géographique de collecte, la génétique de la plante, l'organe utilisé, le stade de développement, la période de séchage et le climat. Aucun travail n'a été réalisé sur l'effet antimicrobienne de la combinaison des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium*. L'évaluation de l'activité antimicrobienne des 16 huiles essentielles et de leurs combinaisons : TV, AV, MP, AV + MP (1-1), TV + MP (1-1), TV + AV (1-1), AV + MP (1-2), TV + MP (1-2), TV + AV (1-2), AV + MP (2-1), TV + MP (2-1), TV + AV (2-1), TV + AV + MP (2-1-1), TV + AV + MP (1-2-1), TV + AV + MP (1-1-2), TV + AV + MP (1-1-1)] issues de la synergie de trois huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Ammi visnaga* et *Mentha pulegium* a été réalisée par la méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé. L'HE Tv (*T. vulgaris*) est la plus active seule, notamment contre *E. coli* et *E. ludwigii*. L'HE Mp (*M. pulegium*) a à lui seul une faible activité mais améliore certaines synergies (notamment contre *P. aeruginosa*). L'HE Tv montre une bonne activité seule, particulièrement contre *E. hormaechei* et *E. ludwigii*. Les meilleures synergies sont : HE Tv + HE Av (2:1) contre *E. Coli*, HE Tv + HE Mp (2:1) contre *E. coli* et HE Tv + HE Av + HE Mp (1:1:2) contre *P. aeruginosa*. Les trois huiles essentielles étudiées ont montré un effet antimicrobienne important. La CMI et la CMB diffèrent significativement, ce qui confirme l'efficacité de certaines huiles comme agents bactériostatiques ou bactéricides. L'effet antibactérien des huiles essentielles peut être renforcé par les interactions synergétiques et additives entre ces composés organiques, des constituants mineurs contribuant potentiellement à l'activité globale. Ces composants sont connus pour inhiber la transcription, la traduction de l'ADN et l'expression différentielle des protéines et enzymes impliquées dans les processus cellulaires tels que le transport, la respiration, le métabolisme, la chimiotaxie et la synthèse des protéines. Ils modifient également la structure membranaire, augmentent la perméabilité membranaire, perturbent le potentiel membranaire et provoquent la fuite du contenu cellulaire en formant des pores.

Références bibliographiques

- Alves R.R.N, Rosa IL, 2007, Biodiversity, traditional medicine and public health: where do they meet? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, 1-9
- Bouzabata A, 2017, Les médicaments à base de plantes en Algérie : réglementation et enregistrement *Phytothérapie*, 15 6 (2017) 401-408 DOI : 10.1007/s10298-016-1089
- Brun-buisson C., et *al.*, 2010, Risques et maîtrise des infections nosocomiales en réanimation. *Réanimation*, 2010. 14 : p. 463–471.
- Bureau L, 2018, Actualité en phytothérapie. *Phytothérapie*, 16, 3, 163-191
- Chadli M., et El Hamzaoui S.A, 2008, Fréquence et sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées dans les urines, *Médecine et Maladies Infectieuses*, Volume 38, Issue 6, June 2008, Pages 324-327
- Coates A.R.M, 2012, Antibioticresistance. *Springer Science & Business Media*, 192p
- Damus O et Vonarx N, 2019, Anthropologie de la médecine Créole Haitienne, Academia, ISBN : 978-2-8061-0440-3
- Diallo O, Baron S, Jimeno M.T, Dubourg G, Chaudet H, Raoult D, Rolain J.M, 2019, Mortalité des bactériémies causées par des bactéries difficiles à traiter. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 49, 4, P548
- Dinh A, Hallouin M, Davido B, Bouchand F, Duran C, Lemaigen A, Bruyère F, Grall N, Tavernier E Bernard L., 2019, Efficacité et tolérance d'un antibioticycl hebdomadaire dans la prévention des infections urinaires sur vessie neurologiques : essai contrôlé randomisé ; *Médecine et Maladie Infectieuse*, 49, 4, P52
- Franz-Xaver R, 2010, Guide pratique de toxicology. 2ème édition, De Boeck, Bruxelles, Belgique, 360p
- Hamilton A., 2004, Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodivers. Conserve*. 13, 1477-1517
- Graza B, Rodondi P-Y, Bonvin E, 2011, Existe-t-il des données scientifiques sur l'efficacité clinique des médecines complémentaires ? *Forum Med Suisse* 2011 ; 11(45) : 808–813
- Jiofack T, Fokunang C, Guedje N, Kemeuze V, Fongnzossie E, Nkongmeneck BA, Mpongmetsem PM, Tsabang N, 2010, Ethnobotanical uses of medicinals plants of twoethnoecologicalregions of Cameroon. *International Journal of Medicine and Medical Sciences* 2 (3) : 60-79

- Kraker M.E., Davey P.G., Grundmann H, 2011, Mortality and hospital stay associated with resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteremia: estimating the burden of antibiotic resistance in Europe. PLoS Med 2011 Oct ; 8 (10):e1001104
- Le Loir Y., Gantier M, 2009, *Staphylococcus aureus*. Lavoisier, Paris, 300p
- Miara M.D, AitHammou M, HadjadjAoul S, 2013, Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la region de Tiaret ‘Algérie). Phytothérapie, 11, 4, 206-2018
- Neal M.J, 2017, Pharmacologiemédicale, 8ème edition, Wiley-Blackwell
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2013, Stratégie de l’OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023. ISBN 978 92 4 250609 9, Genève, Suisse, 72p
- Sofowora A, 2010, Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique. Ed Karthala. ISBN : 978-2-8111-0330-9
- Vela E. et S. Benhouhou, 2007, Évaluation d’un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). C.R. Biologies 330: 589-605
- WHO (World Health Organization). The evolving threat of antimicrobial resistance. 2012.
- WHO, 1999, monographs on selected medicinal plants. Volume I. WHO Geneva
- ZahirH, Draiss G, Rada N, Abourrahouat A, Ait Sab I, Sbihi M, Bouskraoui M, Soraa N., 2019, Écologie microbienne et sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées d’infections urinaires chez l’enfant au Maroc. Revue Francophone des laboratoires Volume 2019, Issue 511, April 2019, Pages 65 – 70
- Abdelli W, Bahri F, Romane A , Höferl M, Wanner J, Schmidt E, Jirovetz L(2018)Chemical Composition, Antimicrobial and Anti-inflammatory Activity of Algerian *Juniperus phonicea* L. Essential Oil. Natural Product Communications 13 (2): 223– 228. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300227>
- Abdelli W, Sysak A, Bahri F, Szumny A, PAWLAK A, OBMI—SKAMRUKOWICZ B (2019) Chemical Composition, Antimicrobial and Cytotoxic Activity of Essential Oils of Algerian *Thymus vulgaris* L. ActaPoloniaePharmaceutica ñ Drug Research 76 (6): 1051-1059. <https://doi.org/10.32383/appdr/112477>
- Ouguirtil N, Bahri F, Bouyahyaoui A, Wanner J (2021) Chemical characterization and bioactivities assessment of *Artemisia herba-alba* Asso essential oil from South-

western Algeria. Nat. Volatiles &Essent. Oils8 (2), 27-36
<https://doi.org/10.37929/nveo.844309>

- Amraoui A, Bahri F, Wanner J (2022) Chemical composition, anti-inflammatory and antimicrobial activity of Algerian *Ammi visnaga* essential oil Plant Archives 22 (1), 249-254 <https://doi.org/10.51470>
- Mammeri B, Bahri F, Kouidri K, Boudani B, Arioui F (2022) Evaluation of chemical composition, anti-inflammatory, antibacterial activity and synergistic effect between antibiotics and the essential oil of *Artemisia campestris* L. Journal of Applied Biological Sciences16(2), 230-247. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6590285>
- Boussena A, Bahri F, Bouyahyaoui A, Kouidri M, Meziane M (2022) Screening of phytochemical, evaluation of phenolic content, antibacterial and antioxydant activities of *Ephedra Alata* from the algerian sahara 16(2), 220-229.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6590258>
- Noqta, O.A., Aziz, A.A., Usman, I.A., Bououdina, M. 2019, Recent Advances in Iron Oxide Nanoparticles (IONPs): Synthesis and Surface Modification for Biomedical Applications Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, 32(4), pp. 779-795
- Bouasla, N., Abderrahmane, S., Athmani, S., Oulabbas, A., Bououdina, M. 2018, ZnO nanoparticles and biocidal effect of nanostructured znO films on *Escherichiacoli* Desalination and Water Treatment 104, pp. 217-224
- Mohammed, A.M., Ibraheem, I.J., Obaid, A.S., Bououdina, M. 2017, Nanostructured ZnO-based biosensor: DNA immobilization and hybridization Sensing and Bio-Sensing Research, 15, pp. 46-52
- Aldahoun, M.A., Jaafar, M.S., Al-Akhras, M.-A.H., Bououdina, M. 2017, Enhanced nanocurcumin toxicity against (PC3) tumor and microbial by using magnetic field in vitro, Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology, 45(4), pp. 843-853
- **Bensouilah J., Buck P, 2006**, Aromadermatology: Aromatherapy in the treatment and care of common skin conditions. *Radcliffe Publishing, Abingdon, UK*, 249p
- **Bruneton J, 2009**, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. *4ème édition, Tec & Doc, Lavoisier, Paris*, 1292p
- **Chun H., Shin D.H., Hong B.S., Cho H.Y., Yang H.C, 2001**, Purification and biological activity of acidic polysaccharide from leaves of *Thymus vulgaris* L.. *Biol. Pharm. Bull*, **24**(8), 941-946p

- **Díaz-Maroto M.C., Díaz-Maroto Hidalqo I.J., Sánchez-Palomo E., Pérez-Coello M.S, 2005**, Volatile components and key odorants of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil extracts obtained by simultaneous distillation-extraction and supercritical fluid extraction. *J. Agric. Food. Chem*, **53**(13), 5385-5389p.
- **Farrell K.T, 1998**, Spices, condiments and seasonings. *2ème édition, Springer Science & Business Media*, 414p
- **Goetz P., Ghédira K, 2012**, Phytothérapie anti-infectieuse. *Springer Science & Business Media*, 394p
- **Fayad N.K., Al-Obaidi O.H.S., Al-Noor T.H, 2013**, Water and alcohol extraction of thyme plant (*Thymus vulgaris*) and activity study against bacteria, tumors and used as anti-oxidant in margarine manufacture. *Innovative Systems Design and Engineering*, **4**(1), 41-51p.
- **Kabouche Z., Boutaghane N., Laggoune S., Kabouche A., Ait-Kaki Z., Benlabeled K, 2005**, Comparative antibacterial activity of five *Lamiaceae* essential oils from Algeria. *The International Journal of Aromatherapy*, **15**(3), 129-133p
- **Kaloustian J., Hadji-Minaglou F, 2013**, La connaissance des huiles essentielles: Qualitologie et aromathérapie : Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. *Springer Science & Business Media*, 226p
- **Kitajima J., Ishikawa T., Urabe A, 2004**, A new hydroxyjasnone glucoside and its related compounds from the leaf of thyme. *Chem. Pharm. Bull*, **52**(8), 1013-1014p
- **Kuhn M.A., Winston D, 2008**, Winston & Kuhn's herbal therapy & supplements: A scientific & traditional approach. *2nd edition, Lippincott Williams & Wilkins*, 560p
- **Loziene K., Venskutonis P.R., Sipailiene A., Labokas J, 2007**, Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. *Food chemistry*, **103**, 546-559p
- **Mabberley D.J, 1997**, The plant-book: A portable dictionary of the vascular plants. *Cambridge University Press*, 858p
- **Peter K.V, 2004**, Handbook of herbs and spices. *Elsevier*, 376p
- **Quezel P., Santa S, 1962**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *CNRS, Paris*, 636p
- **Teuscher E., Anton R., Lobstein A, 2005**, Plantes aromatiques Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. *Tec & Doc. Lavoisier, Paris*, 521p

- **Wang M., Kikuzaki H., Lin C.C., Kahyaoglu A., Huang M.T., Nakatani N., Ho C.T., 1999**, Acetophenone glycosides from thyme (*Thymus vulgaris* L.). *J. Agric. Food. Chem*, **47**(5), 1911-1914p
- **Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K., Abu-Shanab F, 2006**, Antibacterial effects of nutraceutical plants growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa*. *Turk. J. Biol*, **30**, 239-242p.
- **Tisserand M, 2014**, Aromatherapy vs MRSA: Antimicrobial essential oils to combat bacterial infection, including the superbug. *Singing Dragon*, 192p
- **Al-Snafi, A. E. (2013)**. Chemical constituents and pharmacological activities of *AmmimajusandAmmivisnaga*. A review. *International Journal of Pharmacy and Industrial Research*, **3**(3), 257-265.
- **Belkacem I., Rebai O., & Djibaoui R. (2016)**. Antimicrobial and antioxidant activity of *Ammi visnaga* (L) phenolic extracts and their effects on planktonic and biofilm growth of food spoilage *Bacillus cereus*. *International journal of biosciences*. **2**(4), 32-45.
- **Bock B., (2011)**. Base de données nomenclaturale de la flore de France, version 4.02. Tela Botanica, Montpellier (France).
- **Bishr, M. M., Desoukey, S. Y., & Magdy, M. (2014)**. The effect of soil on *Ammivisnaga* (L) Lam. plant grown in several localities of Egypt and Sudan. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. **9**(3), 62-68.
- **Brahmi, F., Chahbar, N., & Kebbouche-Gana, S. (2016)**. Insecticidal effect of *Ammivisnaga* L. (Apiaceae: Apial) methanolic extract against citrus pest, *Toxoptera auranti* (*i*) (Aphididae: Homoptera) under controlled conditions. *Journal of entomology and zoology studies*. **4**(2), 230-235.
- **Dirar, A. I., Mohamed, M. A., Osman, W. J., Abdalgadir, H., & Khalid, H. S. (2014)**. A Phytopharmacological review on four antitumor medicinal plants grown in Sudan. *Am. J. Pharm Tech Res*. **4**(5), 2249-3387.
- **Gattefossé, J. (1952)**. *L'Ammivisnaga et la Khelline*. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, **32**(353), 116-123.
- **Khalfallah, A., Labed, A., Semra, Z., Kaki, B. A., Kabouche, A., Touzani, R., & Kabouche, Z. (2011)**. Antibacterial activity and chemical composition of the essential oil of *Ammi visnaga* L. (Apiaceae) from Constantine, Algeria. *Int. J. Med. Arom. Plants*, **1**(3), 302-305.
- **Khalil, N., Bishr, M., Desouky, S., & Salama, O. (2020)**. *Ammi Visnaga* L., a

Potential Medicinal Plant : A Review. *Molecules*, 25(2), 301.

- Agnihotri VK., Agarwal SG., Dhar PL., Thappa RK., Kapahi BK., Saxena RK. et Qazi GN., 2005
- Baba Aissa F., 2000 : Encyclopédie des plantes utiles, librairie moderne, Rouïba, 368.
- Botineau M., 2010 : botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed TEC&DOC, la voisier, pari.1021-1043p.
- Bremness L., 2001 : plantes aromatiques et médicinales. BORDAS, France, 303.
- Dorman H.J., Deans S.G, 2000, Antimicrobial agents from plants: antimicrobial activity of Plant volatils oils. *Journal of Applied Microbiology*. 88: 308-316
- Gardès-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abedinzadeh Z. et Jore D., 2003 : Espèces réactives de l'oxygène : Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? Mécanismes biochimiques, p 91-96
- Guignard JL et Dupont F (2004). Botanique : Systématique moléculaire, 13^{ème} éd. Ed. Masson, Paris. 237 p.
- Il Edrissi A., 1982 : Thèse de troisième cycle: Etude des huiles essentielles de quelques Espèces Salivia, Lavandula et Mentha du Maroc, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 18-22 .
- Kebissi H., 2004 : Encyclopédie des herbes et plantes médicinales, Dar Al-Kotob Al-Ilyah, Berouth-Liban, 56
- **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M, 2008**, Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, **46**, 446-475p
- **Bassolé I.H.N., Juliani H.R, 2012**, Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, **17**(4), 3989-4006p
- **Berrebi W, 2009**, Diagnostics et thérapeutique de poche : Guide pratique du symptôme à la prescription. 5^{ème} édition, *ESTEM, Paris*, 1826p
- **Delamare G, 1999**, Dictionnaire des termes de médecine. 25^{ème} édition, *Maloine, Paris*
- **Denis F, 2002**, Les bactéries, champignons et parasites transmissibles de la mère à l'enfant. *John Libbey Eurotext, Paris*, 484p

- **Fillatre Y, 2011**, Produits phytosanitaires : Développement d'une méthode d'analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem. *Thèse de doctorat. Université d'Angers. France*, 288p
- **Hellal Z, 2011**, Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). *Mémoire de magister. Université de Tizi-Ouzou, Algérie*, 120p
- **Kadi Z., Golliot F., Astagneau P, 1995**, Guide de définition des I.N. *CCLIN, Paris-Nord*
- **Stobo J., Traill T., Hellmann D., Ladenson P., Petty B, 1996**, The principles and practice of medicine. *McGraw Hill Professional*, 1064p
- **Wenzel R.P, 1997**, Prevention and control of nosocomial infections. *3rd edition, Williams and Wilkins, Baltimore*
- **Badi N.H., Yazdani D., Mohammad Ali S., Nazari F, 2004**, Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris*. *Ind. Crops. Prod.*, **19**, 231-236p
- **Bouguerra N., Djebbar F.T., Soltani N, 2017**, Algerian *Thymus vulgaris* essential oil: Chemical composition and larvicidal activity against the mosquito *Culex pipiens*. *International Journal of Mosquito Research*, **4**(1), 37-42p
- **Brada M., Achour D., Wathelet J.-P., Lognay G, 2009**, Study of essential oils of some plants from Algeria (*Salvia officinalis*, *Thymus vulgaris* and *Ruta chalepensis*). In: 8ème congrès de la Société Algérienne de Chimie, *Béjaia, Algérie, May 26-28, 2009*
- **Giordani R., Hadeif Y., Kaloustian J, 2008**, Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, **79**(3), 199-203p
- **Imelouane B., Amhamdi H., Wathelet J.P., Ankit M., Khedid K., El Bachiri A, 2009**, Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. *International Journal of Agriculture & Biology*, **11**(2), 205-208p
- **Jordán M.J., Martínez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A., Sotomayor J.A, 2006**, Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *Industrial Crops and Products*, **24**(3), 253-263p
- **Kazemi M., Mousavi E., Bandrez N, 2012**, Chemical compositions and antibacterial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* and *Tanacetum parthenium*. *Research Journal of Soil Biology*, **4**(2), 21-31p

- **Soto-Medívil E.A., Moreno-Rodríguez J.F., Estarrón-Espinosa M., García-Fajardo J.A., Obledo-Vázquez E.N, 2006**, Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*. *e-Gnosis [online]*, **4**(16), 1-7p
- **Brahmi,F.&Kebbouche-Gana,S.(2014)**.Antibacterialactivityandchemicalcomposition of Ammi visnaga L. essential oil collected from Boumerdes (Algeria) duringthreeperiodsoftheplantgrowth.*Journalof EssentialOilBearingPlants*,**17**(6),1317-1328.
- **Günaydin,K&Beyazit,N.(2004)**.Thechemicalinvestigationsontheripefruitsof *Ammivisnaga*(Lam.)lamarckgrowinginturkey.*NaturalProductResearch*,**18**(2), 169-175.
- **Khadhri, A., Mokni, R. E., Mguis, K., Ouerfelli, I., & Araújo, M. E. M. (2011)**.Variability of two essential oils of Ammi visnaga (L.) Lam. A traditional Tunisian medicinalplant.*JournalofMedicinalPlantsResearch*,**5**(20),5079-5082.
- **Khalfallah, A., Labed, A., Semra, Z., Kaki, B. A., Kabouche, A., Touzani, R., &Kabouche, Z. (2011)**. Antibacterial activity and chemical composition of the essential oil ofAmmi visnaga L. (Apiaceae) from Constantine, Algeria. *Int. J. Med. Arom. Plants*, **1**(3), 302-305.
- **Satrani,B.,Farah,A.,Fechtal,M.,Talbi,M.,&Bouamrani,M.L.(2004)**.Compositionchimiqueetactivitéantibactérienneetantifongiquedel'huileessentiellede'Ammivisnaga(L.)Lam.DuMaroc.*ActaBotanicaGallica*,**151**(1),65-71.
- **Soro, K. N., Sabri, L., Amalich, S., Khabbal, Y., & Zaïr, T. (2015)**. Compositionchimiquede'AmmivisnagaL.(Lam.)marocaineetactivitéantibactériennedesonhuileessentielle vis-à-vis de bactéries productrices et non productrices de beta-lactamases à spectreélargi.*Phytothérapie*,**13**(3),168-175.
- **Zrira, S., Elamrani, A., Pellerin, P., Bessière, J. M., Menut, C., & Benjlali, B.(2008)**. Isolation of Moroccan *Ammi visnaga* oil: Comparison between Hydrodistillation,Steam Distillation and Supercritical Fluid Extraction. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*,**11**(1),30-35.
- **Attou A., 2017**, Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne. Thèse de Doctorat en Biologie Option. Substances Naturelles, Activités Biologiques et Synthèse,Universite Abou BekrBelkaid Tlemcen, 124p.

- Benomari F.Z., Andreu V., Kotarba J., Dib M.A., Bertrand C., Muselli A., Costa J., Djabou N, 2017, Essential Oils from Algerian Species of Mentha as New Bio-control Agents Against Phytopathogen Strains ». *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29889–29900
- Kastner G, 1969, The dependence of field and quality of thyme grown as a two year crop on the date of harvesting and the cutting height in the autumn of the year of sowing. *Pharmazie*, 24, 226-235
- Kumar D., Tiwari A.K.R., Suryavanshi P., Verma P.P.S., C Padalia R., 2022, Variation in yield and essential oil composition of Mentha spicata cultivars, Indian Journal of Agricultural Sciences 92 (2): 245–8. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i2.122230>
- Vernet P.H., Guillermin J.L., Gouyon P.H, 1977, Le polymorphisme chimique de Thymus vulgaris L. (Labiée), I. Repartition des formes chimiques en relation avec certains facteurs écologiques, *Ecologica Plantarum*, 128(2), 159-179
- Azaz A.D., Irtem H.A., Kurkcuoğlu M., Baser K.H, 2004, Composition and the *in vitro* antimicrobial activities of the essential oils of some Thymus species. *Z Naturforsch*, 59(1-2), 75-80p
- **van Vuuren S.F., Suliman S., Viljoen A.M, 2009**, The antimicrobial activity of four commercial essential oils in combination with conventional antimicrobials. *Lett Appl Microbiol*, 48(4), 440-446p
- **Burbott A. et Loomis P. (1987)** Development, oil storage of dehiscence and peltatetrichomesin *Thymus vulgaris*. *Nord J. Bot*, 3, 245-504.
- El abdali Y., Jalte Merye M., Agour A., Allali A., Chebaibi M., & Bouia A., 2024. Chemical composition, free radicals, pathogenic microbes, α -amylase and α -glucosidase suppressant properties of essential oil derived from Moroccan Mentha pulegium: in silico and in vitro approaches. *Journal of Biology and Biomedical Research*, 1(1), 46-61. <https://doi.org/10.69998/j2br3>
- Piras A., Porcedda S., Falconieri D., Maxia A., Gonçalves M.J., Cavaleiro C., Salgueiro L., 2019, Antifungal activity of essential oil from Mentha spicata L. and Mentha pulegium L. growing wild in Sardinia island (Italy), *Natural Product Research*, Volume 35, Issue 6, Pages 993-999. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1610755>.

Les annex

Annex n°1:

Milieux de culture

Bouillon nutritif (BN) (g/l)

Peptone.....	5 g
Extrait de viande.....	2.5 g
Chlorure de sodium.....	2.5g
Eau distillée.....	500 ml

Gélose nutritive (GN) (g/l)

Peptone.....	10 g
Extrait de viande.....	3 g
Extrait de levure.....	3 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Agar.....	18 g
Eau distillée.....	1000 ml

pH = 7,3 ± 0,2

Mueller Hinton gélosé (M-H) (g/l) :

Extrait de viande.....	3 g
Hydrolysate acide de caséine.....	17,5 g
Amidon.....	1.5 g
Agar.....	16 g
Eau distillée.....	1000 ml

pH = 7,3

Milieux King b

Peptone de caséine	10g
Peptone de viande.....	10g
Glycérol.....	10ml
Dipotassium phosphate	1.5g
Magnésium sulfate	1.5g
Agar.....	18g

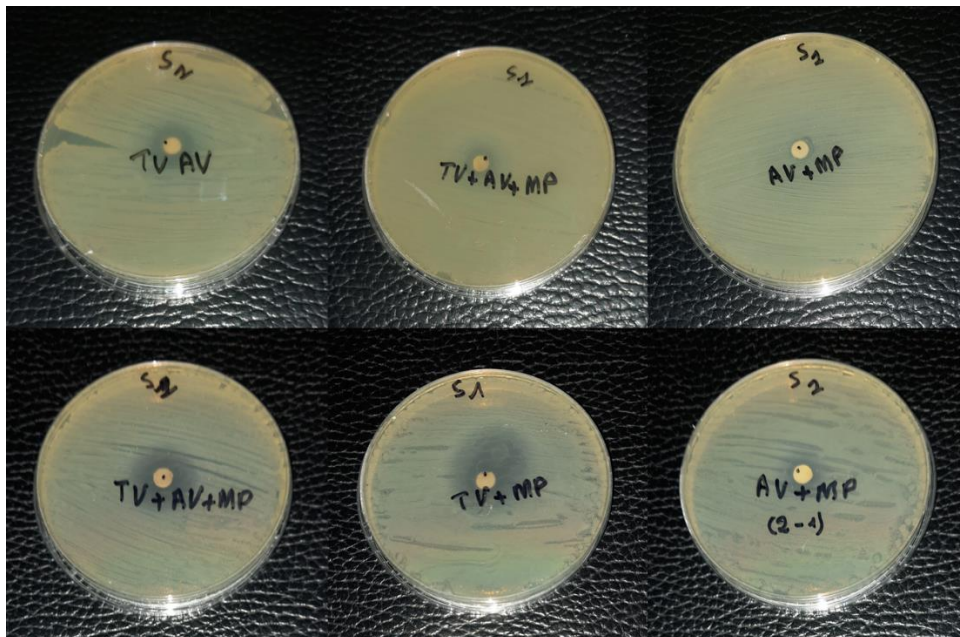
Milieu Hektoen

Dissoudre 74.16g dans un litre d'eau distillée.

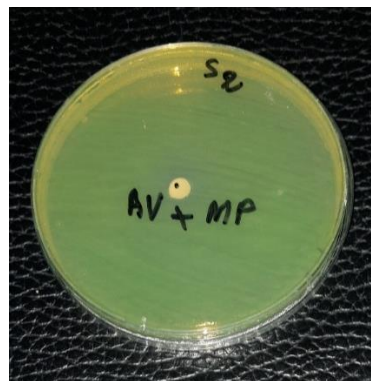
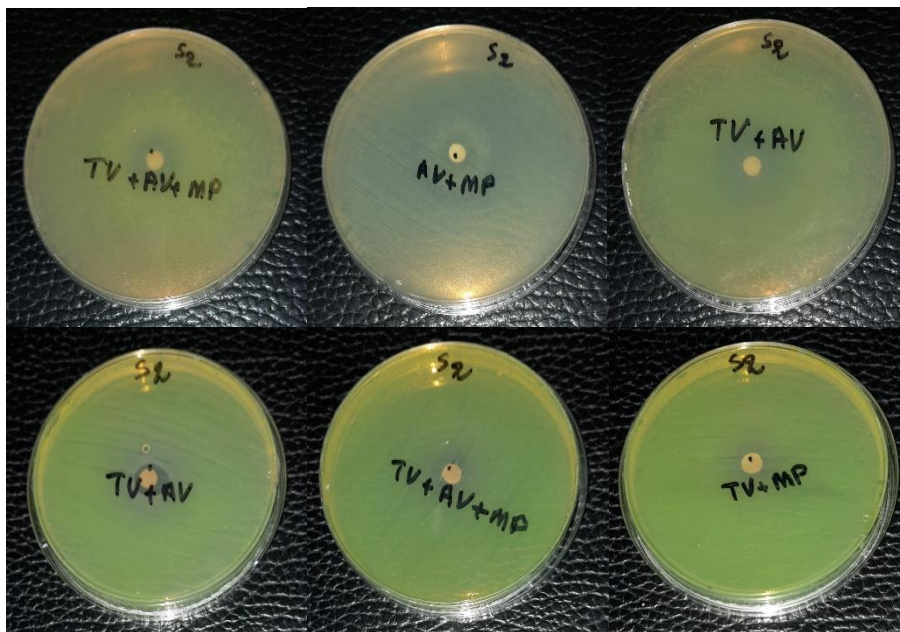
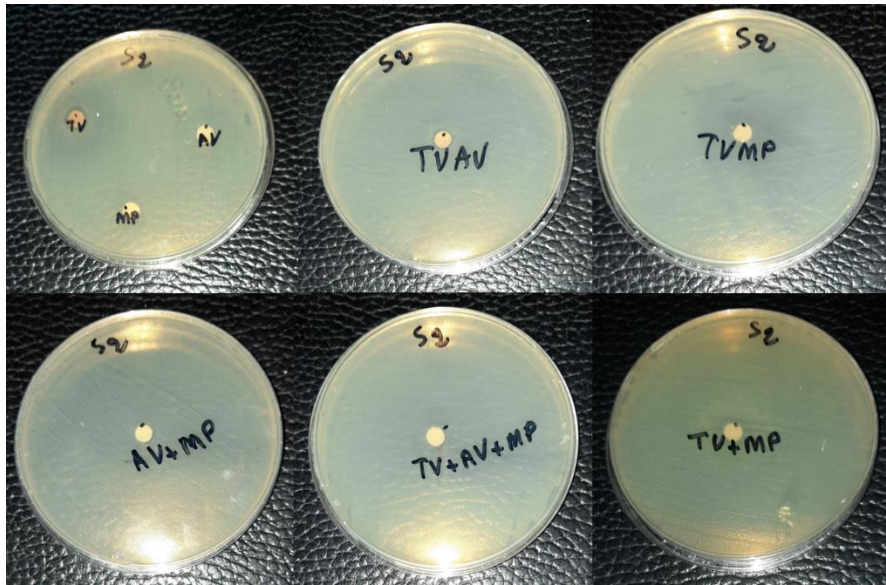
Annex n°2:

Les Photos de synergie

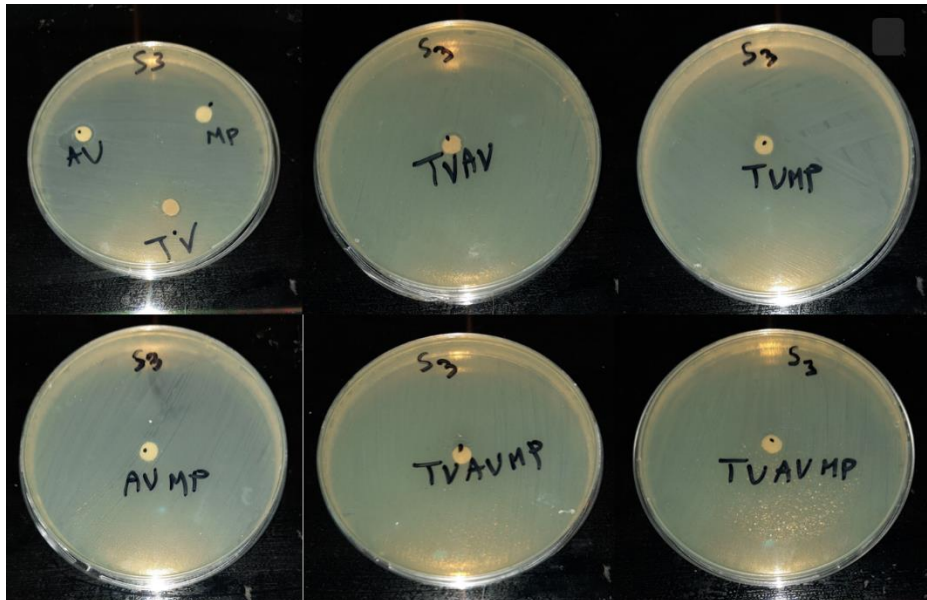
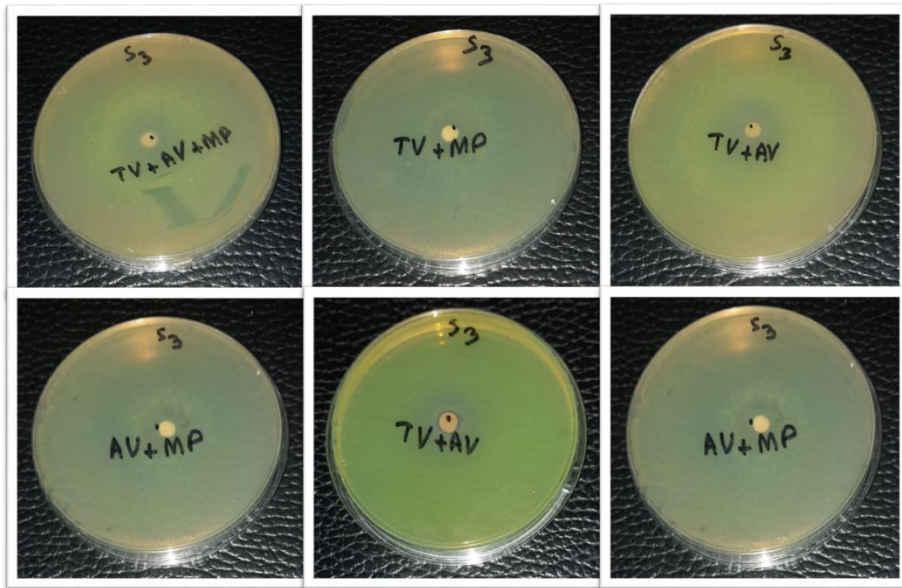
Souche 1

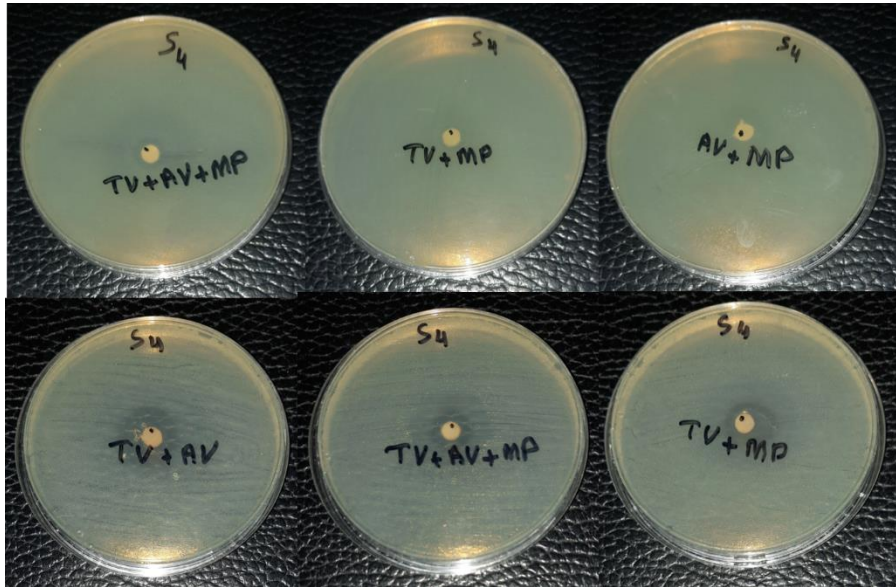
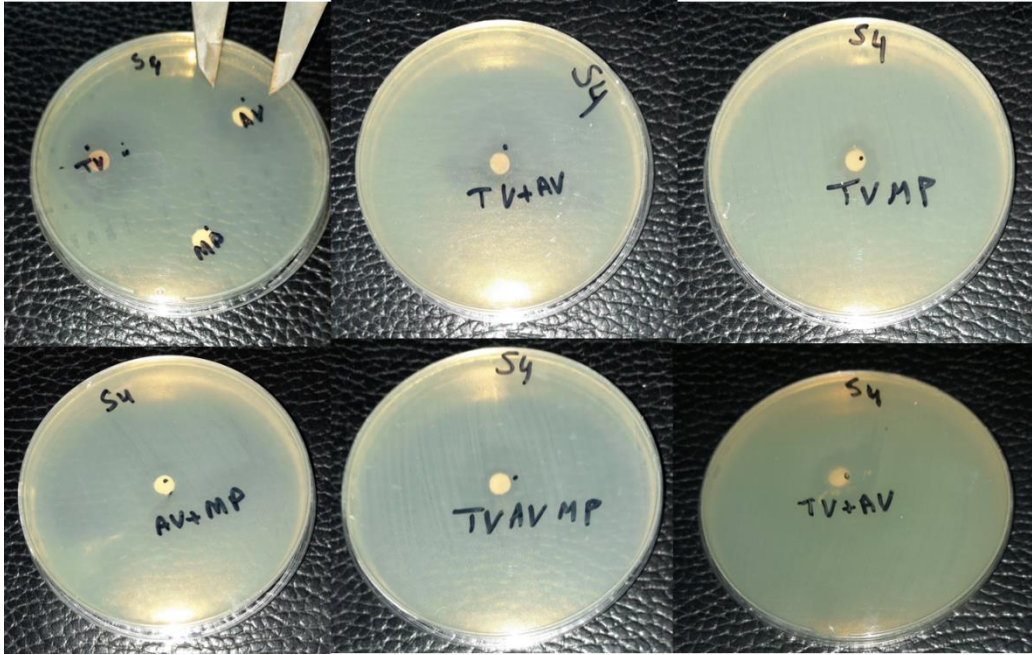


Souche 2



Souche 3





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم -
كلية علوم الطبيعة والحياة

تصريح شرقي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية
لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،

الطالب(ة): بني سويح نوري إيساس رقم التسجيل الجامعي: 2023 19 19 37 02 95 86
الحامل لبطاقة التعرف الوطنية رقم: 4.0.5.080386 والصادرة بتاريخ: 2023.03.11
عن مستند نفس

المسجل ب كلية علوم الطبيعة والحياة / قسم البيولوجيا
شعبة ميكروبيولوجيا / التخصص ميكروبيولوجيا أساسية
والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان:

Interactions Synergiques des huiles essentielles de Thymus
Vulgaris, Anni, Nisnaga et Mentha pulegium sur les bacteries
multiresistantes responsables des infections nosocomiales,
أصرح بشرقي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 15/07/2025

إمضاء المعني

