

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Laboratoire de microbiologie appliquée à l'agroalimentaire, au biomédical et à l'environnement «
LAMAABE »

Mémoire de MASTER

Présenté par

DJEDOUI Amina

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Nutrition et pathologie

**Réévaluation de L'activité antimicrobienne de
certaines plantes médicinales**

Soutenue le 09/07/2025, devant le jury composé de :

Cherif Antar Asma	MCA	Présidente	Université de Tlemcen
Zenati Fatima	MCB	Examinatrice	Université de Tlemcen
Badid Naima	MCA	Encadrante	Université de Tlemcen
Nas Fatima	MCB	co-encadrante	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024-2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

À la clôture de ce chapitre important de ma vie,
je ne peux que témoigner ma profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant,
pour l'immensité de Sa bienveillance et la subtilité de Sa protection.

Ce travail, bien que modeste en apparence, recèle une profondeur que seules quelques âmes sont capables de
porter...

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes parents bien-aimés,
qui se sont entièrement consacrés à mon éducation ainsi qu'à celle de mes frères et sœurs.
Puisse Dieu faire de vos efforts une lumière dans ce monde et dans l'au-delà,
une lumière à laquelle on se réfère dans les moments d'obscurité,
et un refuge pour autrui dans les temps d'épreuve.

J'adresse également mes remerciements les plus sincères à chaque enseignant qui a transmis son savoir avec
honnêteté et dévouement,
ainsi qu'à l'ensemble des professeurs qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours académique.
Vous avez éclairé mon esprit et réconforté mon âme.

Je remercie particulièrement l'enseignante Dr.BADID encadrante et responsable de la spécialité NUTRITION
ET PATHOLOGIE

pour son accompagnement dès les débuts de ce travail,
et son engagement dans le développement de la recherche scientifique.

Je remercie également Madame Dr NAS Fatima, encadrante secondaire,
pour ses orientations précieuses dans le travail en laboratoire.

Je tiens par ailleurs à exprimer ma gratitude à l'ensemble de l'équipe du laboratoire LAMAAB.

Mes remerciements vont également à l'équipe du laboratoire de biochimie de la Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie
pour leur disponibilité et leur soutien.

Je remercie toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce travail modeste

J'adresse également mes sincères remerciements au Centre Étudiant ize, au Centre de Langues, à la Mosquée Al-Qods, à l'Association Culturelle Choumou Telemcen, ainsi qu'à l'ensemble des structures et centres qui ont, chacun à leur manière, enrichi ma formation et nourri mon élévation intellectuelle et spirituelle.

Hommage à toutes les âmes nobles et loyales, hommage et une pensée de gratitude à mon premier guide à l'université, Pr. Amine Derfouf — un témoignage de reconnaissance pour tout ce qu'il m'a apporté, ainsi qu'à l'ensemble de ses étudiants. Qu'Allah le récompense pour ses conseils éclairés. Merci également à tous ceux qui m'ont coachée avec sincérité dans divers domaines.

et salutations à toutes les personnes sincères, où qu'elles soient.

Je remercie tous mes collègues dans les différents domaines d'activité où j'ai évolué ; nous avons toujours été unis par l'amour du bien et la volonté d'y œuvrer sincèrement.

Je remercie enfin tous ceux auprès de qui j'ai été étudiante,
et ceux qui ont été mes étudiants, grâce à Dieu.

Je ne peux conclure qu'en affirmant, avec certitude :
Il a toujours veillé sur moi, dans ce qui est visible comme dans ce qui est caché.

﴿ إِنَّهُ كَانَ بِي حَفِيًّا ﴾

Dédicace

Je dédie humblement ce travail :

À Dieu Tout-Puissant, source infinie de force, de lumière et de sagesse.

À mes parents bien-aimés, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices silencieux et leurs prières
inlassables.

À mes frères et sœurs, pour leur soutien constant et leur présence apaisante.

À tous les membres de ma famille, dont la noblesse de cœur m'a toujours portée.

À toute personne persévérante, passionnée par le savoir et engagée sur le chemin de l'apprentissage.

À toutes les âmes fidèles, sincères et bienveillantes, qui m'ont soutenue de près ou de loin.

Que ce modeste travail soit le reflet de ma profonde gratitude et un hommage à chacun d'entre vous.

Amina

ملخص:

في ظل تزايد مقاومة الميكروبات وارتفاع تكاليف الرعاية الصحية، يتجه الاهتمام العالمي نحو بدائل طبيعية، متاحة ومستدامة. ويندرج هذا العمل في إطار هذه الرؤية من خلال تقييم الفعالية المضادة للميكروبات لخمسة نباتات طبية مستعملة في الطب *Thymus vulgaris*، (الخزامى) *Lavandula angustifolia*، (الكافور) *Cinnamomum camphora*: التقليدي، وهي (الصدر) *Ziziphus spina-christi* (القرنفل) و *Syzygium aromaticum*، (الزعرن) *vulgaris*.

تم تجفيف الأجزاء النباتية المختارة، ثم طحنها وغربلتها (بمناخل 250 ميكرومتر)، قبل أن تُحضّر منها نوعان من المستخلصات بواسطة تقنية الاستخلاص بالارتجاع: مستخلص مائي (بماء مقطر) وآخر كحولي مائي (70% إيثانول). وقد تم اختبار النشاط المضاد للميكروبات لهذه المستخلصات باستخدام طريقة النشر في الأوساط المغذية ضد ست سلالات بكتيرية ممرضة تمثل البكتيريا موجبة وسالبة الغرام.

أظهرت النتائج أن المستخلصات الكحولية، خصوصاً مستخلصي الزعرن والقرنفل، تمتلك فعالية مثبطة قوية. وقد تميز مستخلص الكافور الكحولي على وجه الخصوص بقطر تثبيط بلغ 21 مم ضد أما المستخلصات المائية فقد أظهرت فعالية معتدلة، مما يشير إلى احتوائها على *Bacillus cereus*. مركبات نشطة بيولوجياً مثل الفلافونويدات، التانينات، الزيوت الأساسية والقلويدات.

وقد كشفت تركيبات المستخلصات عن تأثير مضاد في الغالب، باستثناء تفاعل بسيط تآزري ضد وتبرز هذه الدراسة أهمية نوع المذيب في كفاءة الاستخلاص، ودور *Micrococcus luteus*. المركبات الدهنية في الفعالية، كما تؤكد على الإمكانات العلاجية لهذه النباتات في تحضير تركيبات طبيعية موجهة للاستعمالات الصيدلانية أو التجميلية أو التغذوية العلاجية.

النباتات الطبية، المقاومة الميكروبية، المستخلصات النباتية، المستقلبات الثانوية، **الكلمات المفتاحية:** مضادات الميكروبات، الطب التقليدي.

Résumé :

Face à l'augmentation de la résistance microbienne et à la montée des coûts de santé, l'intérêt mondial se porte vers des alternatives naturelles, accessibles et durables. Ce mémoire s'inscrit dans cette perspective en évaluant le potentiel antimicrobien de cinq plantes médicinales issues de la pharmacopée traditionnelle : *Cinnamomum camphora* (camphre), *Lavandula angustifolia* (lavande), *Thymus vulgaris* (thym), *Syzygium aromaticum* (clou de girofle) et *Ziziphus spina-christi* (jujubier). Après séchage, broyage et tamisage des plantes, deux types d'extraits ont été préparés par extraction à reflux : aqueux (eau distillée) et hydro-alcoolique (70 % éthanol). Leur activité antimicrobienne a été testée par la méthode de diffusion sur puits contre six souches bactériennes pathogènes, à Gram positif et négatif.

Les résultats montrent que les extraits hydro-alcooliques, notamment ceux du thym et du clou de girofle, ont une activité inhibitrice marquée. L'extrait éthanolique de camphre s'est particulièrement distingué avec un diamètre d'inhibition de 21 mm contre *Bacillus cereus*. Les extraits aqueux ont montré une activité plus modérée, suggérant la présence de métabolites bioactifs comme les flavonoïdes, tanins, huiles essentielles et alcaloïdes. Les combinaisons d'extraits ont majoritairement révélé un effet antagoniste, sauf une légère synergie contre *Micrococcus luteus*.

Cette étude met en évidence l'importance des solvants dans l'efficacité d'extraction, le rôle des composés lipophiles, et le potentiel thérapeutique de ces plantes pour des formulations naturelles à visée pharmaceutique, cosmétique ou nutraceutique.

Mots-clés : Plantes médicinales, résistance microbienne, extraits végétaux, métabolites secondaires, antimicrobien, médecine traditionnelle.

Abstract:

In a context marked by the rise of microbial resistance and increasing healthcare costs, global interest is shifting toward natural, accessible, and sustainable alternatives. This study aligns with that perspective by evaluating the antimicrobial efficacy of five medicinal plants commonly used in traditional medicine: *Cinnamomum camphora* (camphor), *Lavandula angustifolia* (lavender), *Thymus vulgaris* (thyme), *Syzygium aromaticum* (clove), and *Ziziphus spina-christi* (jujube).

The selected plant parts were dried, ground, and sieved (250 µm mesh), before two types of extracts were prepared using reflux extraction: an aqueous extract (distilled water) and a hydroalcoholic extract (70% ethanol). The antimicrobial activity of these extracts was assessed using the agar well diffusion method against six pathogenic bacterial strains representative of both Gram-positive and Gram-negative bacteria.

The results showed that hydroalcoholic extracts, particularly those of thyme and clove, exhibited strong inhibitory activity. The ethanolic extract of camphor was especially noteworthy, showing a 21 mm inhibition zone against *Bacillus cereus*. Aqueous extracts showed moderate activity, suggesting the presence of bioactive compounds such as flavonoids, tannins, essential oils, and alkaloids.

Extract combinations generally revealed an antagonistic effect, except for a slight synergy observed against *Micrococcus luteus*. This study highlights the importance of solvent choice in extraction efficiency, the role of lipophilic compounds, and underscores the therapeutic potential of these plants in the formulation of natural products for pharmaceutical, cosmetic, or nutraceutical applications.

Keywords: Medicinal plants, microbial resistance, plant extracts, secondary metabolites, antimicrobial activity, traditional medicine.

Table des matières :

Remerciement	
Dédicace	
ملخص:	
Résumé :	
Abstract:	
Liste des Figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Synthèse Bibliographiques

Chapitre 1 Plantes Médicinales

I. Généralités sur les plantes médicinales	6
II. Composition chimique des plantes médicinales :	7
les métabolites secondaires actifs	7
3. Fonctions biologiques des composés bioactifs des plantes médicinales	9
4. Intérêt thérapeutique et nutritionnel des plantes médicinales	10
1. <i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Le camphre :	11
Activité pharmacologique	12
Composés chimiques de <i>Cinnamomum camphora</i>	13
Le clou de girofle :	16
Usage traditionnel :	16
Activité pharmaceutique :	16
Activités pharmacologiques du clou de girofle (en notes) :	17

Composés essentiels :	18
Présentation botanique de <i>Thymus vulgaris</i> L. (Thym commun).....	20
Usage traditionnel de <i>Thymus vulgaris</i> L.....	21
Activité pharmacologique de <i>Thymus vulgaris</i> L.....	21
Composés actifs.....	22
Présentation botanique et importance écologique et religieuse de <i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	25
Usage traditionnel de <i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	26
Composés bioactifs essentiels de <i>Ziziphus lotus</i>	27
Monde microbien :	28
I. Introduction générale au monde microbien.....	28
II. Les bactéries pathogènes	29
III. Mécanismes de pathogénicité.....	31
IV. Lutte contre les agents pathogènes.....	32
V. Alternatives naturelles : intérêt des plantes médicinales antimicrobiennes.....	35

Chapitre 2 Matériel et Méthodes

•Matériel biologique :	37
1.Matière végétal :	37
2.Souches microbiennes :	37
3.Préparation de l'échantillon et extraction :	38
4 Analyse microbiologique :	40
➤Mode opératoire :	40
1.Préparation du milieu de culture.....	40
2.Préparation des suspensions bactériennes	40
3. Standardisation de la densité bactérienne	41
4. Ensemencement du milieu de culture	41
5. Création des puits et ajout des extraits	41
6. Incubation	41

Chapitre 3 :Résultats et discussion

1.Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits aqueux et éthanolique	44
2.L'étude comparative des extraits individuels et combinés ainsi que l'interprétation de leurs interactions :	48
Discussion :	49
Conclusion générale	51
Références bibliographiques	53

Liste des Figures

figure 1:structures chimiques des composés bioactifs du métabolisme secondaire des plantes influencées par les effets abiotiques.	8
Figure 2:Camphrier (<i>Cinnamomum camphora</i>) – Feuilles et écorce utilisées pour l’extraction du camphre	15
Figure 3:structure chimique du camphre	15
Figure 4:Clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>) – Boutons floraux contenant de l’eugénol	19
Figure 5:Structure d’eugénol composé essentiel du clou de girofle.....	20
Figure 6:Thym (<i>Thymus vulgaris</i>) – Partie aérienne riche en huile essentielle à activité antimicrobienne	24
Figure 7:structure chimique du carvacrol.....	25
Figure 8:Jujubier (<i>Ziziphus lotus</i>) – Feuilles traditionnellement utilisées en médecine populaire maghrébine	28
Figure 9:structure de parois de bactéries à gram positif et à gram négatif	29
Figure 10:Formes morphologiques des bactéries	30

Liste des Tableaux

Tableau 1:Composition de l'huile essentielle de Cinnamomum camphora (Skikda, Algérie) (Selon l'étude de Cherif, M., Boughendjioua, H., & Sakhraoui, N. (2024))	14
tableau 2:principaux constituants de l'huile essentielle de thymus vulgaris l.....	23
Tableau 3:pathologies d'origine bactérien (WHO, 2023 ; CDC, 2024 ; Mayo Clinic, 2024)	31
Tableau 4:Antibiotiques – Classes, cibles bactériennes et spectre d'activité.....	34
Tableau 5;souches microbiologiques et leurs caractéristiques principales	38
Tableau 6:Comparaison des solvants d'extraction – Eau distillée (100 %) vs Éthanol 70 % (70 % éthanol / 30 % eau) : (Adapté de Azwanida, 2015)	39
Tableau 7:Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits aqueux et éthanoliqes vis-à-vis les souches bactériennes	44
Tableau 8:Étude comparative de l'activité antimicrobienne des extraits individuels et en combinaison, et interprétation de leurs interactions (synergie, additivité ou antagonisme) vis-à-vis des souches bactériennes	49

Liste des abréviations

Introduction

Depuis la nuit des temps, les plantes médicinales représentent l'un des piliers fondamentaux de la médecine traditionnelle dans de nombreuses civilisations. Utilisées empiriquement pour traiter une large gamme de maladies, elles sont riches en composés bioactifs naturels tels que les flavonoïdes, les terpènes, les alcaloïdes, les saponines et les tanins, qui leur confèrent des propriétés thérapeutiques précieuses, notamment antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, hypoglycémiantes ou encore digestives (Ekor, 2014 ; Tiwari et al., 2011). Aujourd'hui, avec l'essor des approches scientifiques et la redécouverte du potentiel médicinal des substances naturelles, ces plantes suscitent un intérêt croissant de la part de la communauté scientifique et médicale, non seulement pour leurs effets thérapeutiques directs, mais aussi pour leur contribution à la prévention nutritionnelle des maladies.

Parallèlement, le monde est confronté à une crise sanitaire silencieuse mais redoutable : la résistance antimicrobienne. L'usage excessif, inapproprié ou prolongé des antibiotiques a entraîné une augmentation rapide du nombre de micro-organismes pathogènes multirésistants, rendant les traitements conventionnels inefficaces, voire obsolètes (WHO, 2020). Ce phénomène constitue une menace majeure pour la santé publique mondiale, compromettant les acquis thérapeutiques des dernières décennies. Dans cette optique, les plantes médicinales apparaissent comme une alternative prometteuse, notamment par leur capacité à agir sur des cibles microbiennes multiples, réduisant ainsi les risques de développement de résistances (Cowan, 1999 ; Rahman et al., 2021). Certaines études ont démontré que des extraits de plantes comme le thym (*Thymus vulgaris*), le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) ou le jujubier (*Ziziphus lotus*) exercent une activité inhibitrice significative sur des souches bactériennes telles que *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ou *Pseudomonas aeruginosa* (Borges et al., 2015).

Au-delà de leurs vertus pharmacologiques, les plantes médicinales jouent également un rôle clé dans le domaine de la nutrition fonctionnelle, en contribuant à une alimentation à la fois protectrice, régulatrice et curative. Elles sont de plus en plus intégrées dans les régimes alimentaires sous forme de compléments nutritionnels, de boissons médicinales ou comme ingrédients actifs dans des formulations alimentaires ciblées. Leur consommation régulière peut participer au maintien de l'homéostasie, à la modulation du microbiote intestinal, à la régulation glycémique et lipidique, et à la prévention des maladies métaboliques chroniques telles que le diabète, l'hypertension ou l'obésité (Hashemi & Abediankenari, 2013 ; Ghasemzadeh et al., 2016). Ces approches

nutritionnelles basées sur des extraits végétaux s'inscrivent pleinement dans une vision intégrative de la santé, alliant prévention, bien-être et traitement.

Malgré leur ancienneté d'usage, les plantes médicinales restent encore insuffisamment explorées dans une démarche scientifique rigoureuse. La standardisation des méthodes d'extraction, la caractérisation biochimique des composés actifs, ainsi que l'évaluation de leur efficacité et de leur toxicité constituent autant de défis à relever pour garantir leur usage sécurisé et rationnel dans les domaines thérapeutique et nutritionnel. Le recours à des méthodologies modernes, telles que l'analyse chromatographique, la microbiologie expérimentale et la pharmacologie, permet aujourd'hui de revisiter les savoirs traditionnels sous un œil scientifique, en valorisant les connaissances empiriques accumulées au fil des siècles (Tiwari et al., 2011 ; Ekor, 2014).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la formation universitaire du Master en Nutrition et Pathologie, qui vise à doter les étudiants d'une expertise multidisciplinaire à l'interface entre les sciences de la nutrition, la biologie, la pharmacognosie et la microbiologie. L'objectif est de développer des compétences solides dans l'évaluation des effets des aliments et des extraits végétaux sur la santé humaine, en tenant compte des enjeux actuels comme l'antibiorésistance, la transition alimentaire et les maladies liées au mode de vie. L'étude des plantes médicinales dans ce cadre ne se limite pas à leur identification botanique, mais englobe l'ensemble du processus de valorisation scientifique, allant de l'extraction des principes actifs à l'expérimentation microbiologique, en passant par l'interprétation des résultats et leur application en formulation médicale ou nutritionnelle.

Ainsi, la redécouverte des plantes médicinales sous le prisme de la recherche scientifique moderne offre une réponse innovante et durable aux défis sanitaires contemporains. Elle permet de conjuguer les apports traditionnels à la rigueur scientifique, dans une démarche globale de promotion de la santé, de prévention nutritionnelle et de lutte contre la résistance microbienne.

Le thème de ce mémoire de fin d'étude s'inscrit dans ces visions majeures, et vise également à ouvrir d'autres perspectives de recherche scientifique et d'application thérapeutique, notamment dans le développement de solutions naturelles alternatives face à la résistance croissante aux antimicrobiens conventionnels.

Synthèse Bibliographiques

Chapitre 1

Plantes Médicinales

I. Généralités sur les plantes médicinales

Les plantes médicinales représentent depuis toujours une source précieuse de soins pour l'humanité. Utilisées depuis l'Antiquité dans toutes les civilisations (égyptienne, grecque, chinoise, indienne, arabe, etc.), elles ont permis de traiter de nombreuses affections bien avant l'avènement de la médecine moderne. La médecine traditionnelle repose essentiellement sur l'usage empirique de ces plantes, dont les effets thérapeutiques ont été transmis de génération en génération.

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), plus de 80 % de la population mondiale utilise encore les plantes médicinales pour répondre à ses besoins de santé primaire, en particulier dans les pays à faibles revenus (WHO, 2020). Toutefois, leur usage ne se limite plus aux médecines traditionnelles : ces dernières décennies ont vu une résurgence de l'intérêt scientifique pour ces ressources naturelles, notamment en raison de leur richesse en métabolites secondaires et de leur potentiel thérapeutique face à certaines maladies chroniques ou infectieuses (Ekor, 2014).

Les plantes médicinales contiennent une multitude de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, saponines, huiles essentielles et acides phénoliques, qui leur confèrent des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, antifongiques et immunomodulatrices (Tiwari et al., 2011). Ces propriétés font d'elles une alternative sérieuse, ou du moins un complément, aux traitements conventionnels, notamment dans un contexte marqué par une résistance croissante des agents pathogènes aux antibiotiques de synthèse.

La valorisation des plantes médicinales s'intègre aujourd'hui dans une démarche scientifique rigoureuse visant à identifier, isoler et évaluer les principes actifs végétaux, dans le but de développer des produits thérapeutiques naturels, sûrs et efficaces. Ainsi, la recherche moderne vise à faire le pont entre les savoirs traditionnels et les exigences de la pharmacologie contemporaine, en assurant l'innocuité, la standardisation et l'efficacité des extraits végétaux.

II. Composition chimique des plantes médicinales :

les métabolites secondaires actifs

Les plantes médicinales tirent leur efficacité thérapeutique de la richesse de leur composition chimique, notamment en métabolites secondaires. Contrairement aux métabolites primaires (glucides, lipides, protéines), qui sont essentiels à la survie de la plante, les métabolites secondaires ne sont pas directement impliqués dans les fonctions vitales, mais jouent des rôles écologiques, protecteurs et bioactifs importants (Verpoorte, 2000).

Ces composés secondaires sont d'un intérêt majeur en pharmacognosie, car ils sont responsables de la plupart des propriétés thérapeutiques des extraits végétaux. Parmi les plus étudiés, on retrouve :

1. Les flavonoïdes

Ce sont des composés phénoliques largement répandus dans le règne végétal. Ils agissent comme antioxydants puissants, protègent les cellules contre le stress oxydatif, et possèdent des activités anti-inflammatoires, antivirales et antimicrobiennes. Ils sont également impliqués dans la protection cardiovasculaire (Panche et al., 2016).

2. Les alcaloïdes

Ce sont des composés azotés souvent très actifs, connus pour leurs effets analgésiques, anesthésiques, antiparasitaires et antitumoraux. La morphine, la quinine ou la caféine sont des exemples d'alcaloïdes d'origine végétale utilisés en médecine (Wink, 2010).

3. Les saponines

Ce sont des glycosides végétaux dotés de propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et immunostimulantes. Elles peuvent également réduire la perméabilité membranaire des bactéries et jouer un rôle dans l'absorption intestinale du cholestérol (Sparg et al., 2004).

4. Les tanins

Ce sont des polyphénols astringents capables de précipiter les protéines. Ils sont réputés pour leurs effets antimicrobiens, antidiarrhéiques et antioxydants, et sont souvent présents dans les écorces, racines et feuilles des plantes médicinales (Scalbert, 1991).

5. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges volatils de composés terpéniques (monoterpènes, sesquiterpènes, etc.) qui confèrent aux plantes leurs arômes caractéristiques. Elles ont démontré une forte activité antibactérienne, antifongique, insecticide et anti-inflammatoire, souvent utilisée en aromathérapie et phytothérapie (Bakkali et al., 2008).

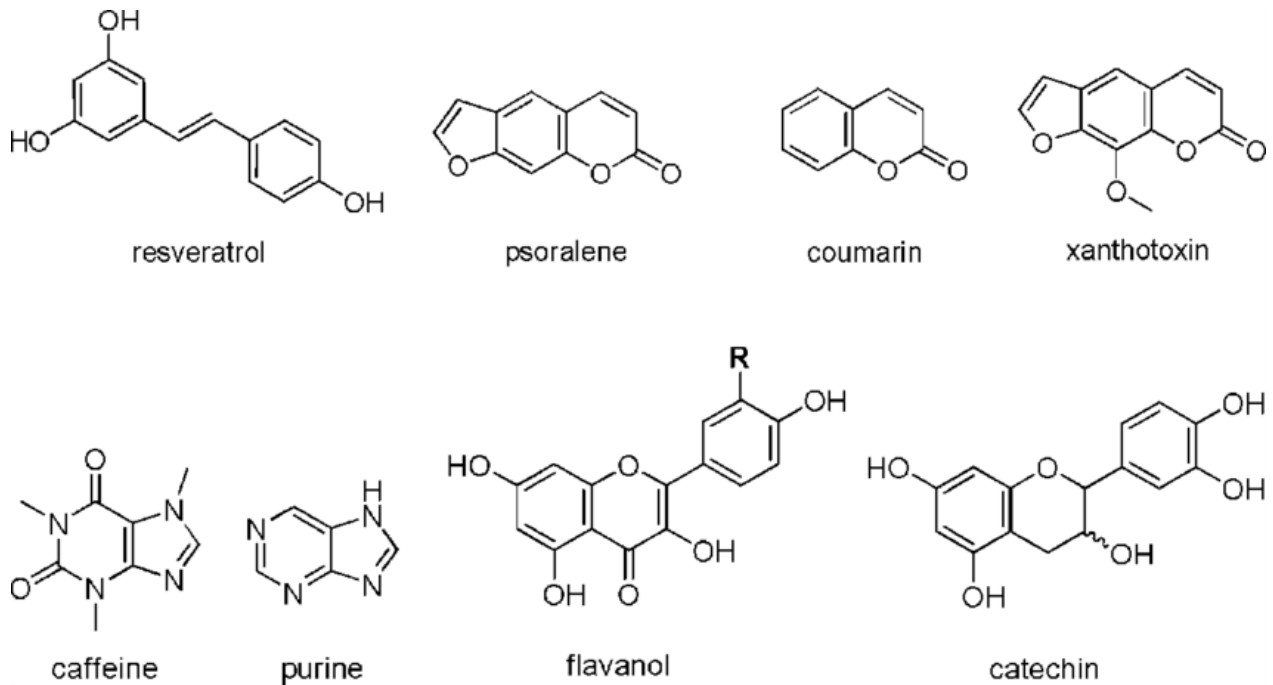


FIGURE 1: STRUCTURES CHIMIQUES DES COMPOSES BIOACTIFS DU METABOLISME SECONDAIRE DES PLANTES INFLUENCEES PAR LES EFFETS ABIOTIQUES.

3. Fonctions biologiques des composés bioactifs des plantes médicinales

Les métabolites secondaires présents dans les plantes médicinales ne sont pas seulement des produits de défense pour la plante ; ils possèdent également un large éventail d'activités biologiques bénéfiques pour la santé humaine. Leurs effets pharmacologiques ont été largement étudiés dans le cadre de la recherche () pharmacognosie, en microbiologie, ainsi qu'en nutrition fonctionnelle. Les principales fonctions thérapeutiques reconnues incluent :

3.1. Activité antimicrobienne

De nombreux composés végétaux ont démontré une efficacité significative contre des souches bactériennes, fongiques et virales. Les flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, saponines et huiles essentielles interfèrent avec la membrane cellulaire des micro-organismes, altèrent la perméabilité, inhibent les enzymes ou interagissent avec l'ADN bactérien. Par exemple, les huiles essentielles riches en monoterpènes comme le thymol ou l'eugénol perturbent l'intégrité des membranes cellulaires bactériennes, entraînant leur lyse (Burt, 2004). Cette propriété est particulièrement intéressante dans le contexte de la résistance aux antibiotiques, où les extraits de plantes constituent une alternative naturelle prometteuse (Cowan, 1999).

3.2 Activité antioxydante

Les flavonoïdes, acides phénoliques et tanins sont bien connus pour leur capacité à neutraliser les radicaux libres, limitant ainsi les dommages oxydatifs aux cellules et tissus. Cette action antioxydante est essentielle dans la prévention du vieillissement cellulaire, des maladies cardiovasculaires, du cancer et des affections neurodégénératives (Panche et al., 2016).

3.3 Activité anti-inflammatoire

Certains composés végétaux inhibent la production de médiateurs de l'inflammation comme les prostaglandines, les cytokines ou les enzymes telles que la COX-2. Cette activité a été démontrée notamment pour les flavonoïdes, les terpénoïdes et les alcaloïdes. Ces effets sont utiles dans le traitement des maladies inflammatoires chroniques telles que l'arthrite, les maladies intestinales inflammatoires ou les infections cutanées (Pavan et al., 2012).

3.4 Activité antifongique et antivirale

Les huiles essentielles et plusieurs composés phénoliques possèdent également des propriétés fongicides et virucides. Ils inhibent la croissance des champignons pathogènes (comme *Candida albicans*) en perturbant leur paroi cellulaire ou en inhibant les enzymes essentielles à leur survie. Certains extraits végétaux ont aussi montré des effets antiviraux contre des virus comme l'herpès, l'hépatite ou la grippe, via l'inhibition de la réplication virale (Jassim et Naji, 2003).

3.5 Autres activités biologiques

Les plantes médicinales présentent aussi des effets antiparasitaires, analgésiques, hypoglycémiant, hypolipémiants et même anticancéreux. Ces multiples propriétés renforcent leur intérêt dans une approche globale et intégrée de la santé humaine, tant sur le plan curatif que préventif.

4. Intérêt thérapeutique et nutritionnel des plantes médicinales

Les plantes médicinales suscitent un intérêt croissant tant pour leurs vertus curatives que pour leur potentiel nutritionnel, ce qui en fait des éléments clés d'une approche globale de santé. Riches en composés bioactifs, elles sont capables d'agir à la fois en prévention et en traitement de nombreuses affections, tout en améliorant l'état nutritionnel global de l'individu.

4.1. Intérêt thérapeutique

Les plantes médicinales possèdent une grande diversité de propriétés pharmacologiques dues à la présence de métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, les saponines, les tanins et les huiles essentielles. Ces composés leur confèrent une activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antioxydante, antiparasitaire, antitumorale ou encore antidiabétique (Ekor, 2014 ; Tiwari et al., 2011).

Dans un contexte marqué par l'augmentation de la résistance bactérienne aux antibiotiques, plusieurs extraits végétaux ont démontré leur efficacité contre des souches multirésistantes, faisant d'eux de potentielles alternatives thérapeutiques naturelles (Cowan, 1999). De plus, la phytothérapie est généralement bien tolérée, avec moins d'effets secondaires que les traitements synthétiques lorsqu'elle est bien utilisée (Gurib-Fakim, 2006).

4.2. Intérêt nutritionnel

Au-delà de leurs effets thérapeutiques, certaines plantes médicinales jouent également un rôle important dans le domaine de la nutrition fonctionnelle. Consommées sous forme d'infusions, de poudres ou intégrées dans les aliments (épices, condiments, thés...), elles apportent des antioxydants naturels, des vitamines (A, C, E), des minéraux (fer, zinc, calcium) et des fibres alimentaires bénéfiques à la santé digestive et métabolique (**Panche et al., 2016 ; Kumar et al., 2011**).

Certaines plantes médicinales comme le thym, le curcuma, le gingembre, ou le clou de girofle sont intégrées dans l'alimentation pour prévenir le stress oxydatif, renforcer le système immunitaire et réguler le métabolisme. Leur utilisation dans des régimes traditionnels est désormais appuyée par des études scientifiques qui confirment leurs effets bénéfiques sur la santé humaine (Benzie & Wachtel-Galor, 2011).

3. Une approche intégrée et durable

L'intérêt actuel pour les plantes médicinales réside dans leur capacité à répondre à des enjeux de santé publique, en particulier dans la prévention des maladies chroniques, la lutte contre les infections résistantes, et l'amélioration de l'état nutritionnel. Elles sont également accessibles, biodégradables et culturellement acceptées, ce qui en fait des outils pertinents dans le cadre de la médecine intégrative et durable.

1. *Cinnamomum camphora* (L.) **Le camphre :**

Cinnamomum camphora (L.) J. Presl, répertorié par la WCSP (World Checklist of Selected Plant Families), est un arbre à feuilles persistantes appartenant à la famille des Lauraceae et à l'ordre des Laurales. Originaire d'Asie de l'Est (Chine, Japon, Taïwan), il est aujourd'hui largement cultivé dans les régions subtropicales telles que l'Inde, l'Australie et l'Afrique du Nord pour ses usages médicinaux et aromatiques (Fayazmiya et al., 2022). L'arbre peut atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur. Ses feuilles sont ovales, alternes, à trois nervures principales, et dégagent une forte odeur camphrée lorsqu'on les froisse. Les fleurs, petites et blanchâtres, sont disposées en cymes, tandis

que le fruit est une baie noire. L'ensemble de la plante — feuilles, bois et racines — renferme une huile essentielle riche en composés volatils tels que le camphre, le 1,8-cinéole et le linalool (Khare, 2007 ; The Plant List, 2021).

Usage traditionnel du camphre

Cette plante médicinale est profondément enracinée dans les médecines traditionnelles, notamment Unani, ayurvédique et chinoise. En médecine Unani, le camphre est considéré comme ayant un tempérament froid et sec au troisième degré, et est utilisé pour modérer la chaleur corporelle. Il est traditionnellement prescrit pour le traitement de divers troubles : respiratoires (toux, catarrhe, pleurésie), digestifs (diarrhée bilieuse, flatulences), cutanés (inflammations, irritations) et neurologiques (céphalées, insomnie). Il est appliqué localement sous forme d'huile ou de pommade, ou administré par voie orale à très faible dose. Il constitue également un ingrédient clé de nombreuses préparations traditionnelles, notamment l'Arq Ajeeb, réputée pour ses effets antiseptiques, analgésiques et préventifs contre les infections (Fayazmiya et al., 2022 ; Ansari et al., 2017 ; Rahman et al., 2020).

Toutefois, un surdosage en camphre peut provoquer une toxicité systémique, se manifestant par des vomissements, tremblements, convulsions, dépression du système nerveux central, apnée, voire coma (Usmani, Jahan & Sofiya, 2022). L'Arq Ajeeb a également été recommandée par l'AYUSH comme remède préventif pendant la pandémie de COVID-19.

Activité pharmacologique

Les extraits et composés isolés de *Cinnamomum camphora* ont montré, selon la littérature, un large éventail d'activités pharmacologiques, validées par des études in vitro et in vivo, soulignant leur potentiel thérapeutique multifactoriel :

- Activité antimicrobienne : efficacité démontrée contre plusieurs souches pathogènes, notamment *Micrococcus luteus* et *Candida albicans*, avec des zones d'inhibition significatives (jusqu'à 25 mm dans certaines études). (Singh, B.,)

- Activité antifongique : effet notable contre divers champignons pathogènes. (*Sapaar, T et al 2017*)
- Activité antioxydante : L'huile essentielle de *Cinnamomum camphora* présente une activité antioxydante significative, liée à la présence de composés phénoliques et monoterpéniques tels que le camphre, le linalool, le 1,8-cinéole, le borneol et le nerolidol, capables de neutraliser les radicaux libres et de protéger les cellules du stress oxydatif (*Fazmiya et al., 2022 ; Rahman et al., 2020*).
- Activité anti-inflammatoire et hépatoprotectrice : L'huile essentielle de *Cinnamomum camphora* a démontré une activité anti-inflammatoire significative, notamment par la réduction de la production de NO, TNF- α , IL-6 et IL-1 β dans les cellules microgliales, via l'inhibition des voies ERK1/2 et STAT1 (*Lee et al., 2020*). Par ailleurs, l'administration de camphre chez des rats n'a pas entraîné d'élévation des enzymes hépatiques (ALT, AST), suggérant un effet protecteur ou une absence de toxicité hépatique à doses modérées (*Chen, J. et al 2020*)
- Autres effets biologiques : des études récentes rapportent également des propriétés anticancéreuses, antidiabétiques, antispasmodiques et cicatrisantes, renforçant l'intérêt pharmacologique du camphre.

Composés chimique de *Cinnamomum camphora*

Les feuilles, l'écorce et les autres parties de *Cinnamomum camphora* sont reconnues pour leur richesse en composés volatils, principalement des monoterpènes oxygénés, qui constituent les principes actifs majeurs de l'huile essentielle. Le camphre est le composé prédominant, pouvant représenter plus de 90 % selon le chémotype et la partie végétale. D'autres composants importants incluent le 1,8-cinéole, le linalool, le camphène, le limonène et le borneol, avec des proportions variables selon la région, la saison, et la méthode d'extraction. Ces composés sont responsables des propriétés biologiques largement rapportées dans la littérature : antimicrobienne, antioxydante, anti-inflammatoire (*Satyral et al., 2013 ; Cherif & Boughendjioua, 2024 ; Fayazmiya et al., 2022*).

TABLEAU 1: COMPOSITION DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *CINNAMOMUM CAMPHORA* (SKIKDA, ALGERIE) (SELON L'ETUDE DE CHERIF, M., BOUGHENDJIOUA, H., & SAKHRAOUI, N. (2024))

Composés	% de l'huile essentielle
Camphre	36,81 %
α -Pinène	9,91 %
D-Limonène	8,63 %
Camphène	6,99 %
Autres 13 composés majeurs	~31,2 %
Total (17 composés)	93,57 %



FIGURE 2: CAMPHRIER (*CINNAMOMUM CAMPHORA*) – FEUILLES ET ECORCE UTILISEES POUR L'EXTRACTION DU CAMPHRE

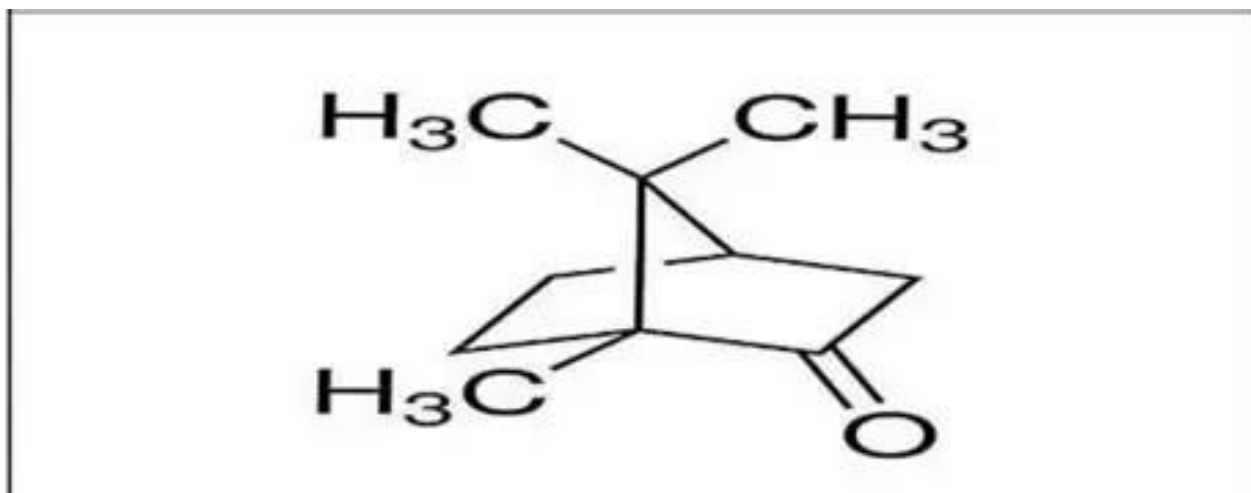


FIGURE 3: STRUCTURE CHIMIQUE DU CAMPHRE

Le clou de girofle :

Le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) fait partie des épices les plus précieuses et a été utilisé pendant des siècles comme agent conservateur des aliments et à de nombreuses fins médicinales. Originaire de l'Indonésie, cette espèce est désormais répandue et cultivée dans plusieurs autres régions en raison de ses propriétés intéressantes, y compris au Brésil dans l'État de Bahia. Cette plante représente l'une des sources les plus riches en composés phénoliques tels que l'eugénol, l'acétate d'eugénol et l'acide gallique, et possède un grand potentiel pour des applications pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaires et agricoles.

Usage traditionnel :

Cette plante médicinale est recommandée traditionnellement dans la cuisine du monde entier, et en particulier en Europe et en Asie comme épice économique. Grâce à son effet aromatisant, elle s'apparente à un ajout riche et épicé aux recettes, et agit comme agent conservateur des aliments, notamment la viande (El-Saber Batiha, G. et al., 2020). Elle est largement utilisée dans la cuisine du monde entier, en particulier en Europe et en Asie (Hosseinzadeh, S. et al., 2015), comme le décrit la médecine indienne ayurvédique et la médecine chinoise (Shahroom N.S.B. et al., 2016). Les clous de girofle sont également essentiels dans la fabrication de remèdes médicinaux. Khan et al. (Khan, M. R. et al., 2018) ont mis en évidence que le clou de girofle est riche en minéraux tels que le calcium, le fer, le phosphore, le sodium, le potassium, ainsi qu'en vitamines A et C.

Activité pharmaceutique :

Selon la revue de Cortés-Rojas et al. (2020), le clou de girofle, riche en eugénol, eugényl acétate et β -caryophyllène, présente un vaste spectre d'activités thérapeutiques très puissantes. Le clou de girofle possède une vaste gamme d'activités pharmaceutiques attribuées à la richesse de son huile essentielle en composés phénoliques, notamment l'eugénol, l'eugényl acétate et le β -caryophyllène. L'eugénol, représentant jusqu'à 85 % de l'huile essentielle, est principalement responsable de ses effets analgésiques, anti-inflammatoires et antiseptiques. Il agit en inhibant l'enzyme cyclooxygénase (COX), réduisant ainsi la synthèse des prostaglandines pro-

inflammatoires (Cortés-Rojas et al., 2014). Le β -caryophyllène présente, quant à lui, une activité anti-inflammatoire via son interaction avec les récepteurs cannabinoïdes de type 2 (CB2), ce qui en fait un candidat prometteur pour les traitements des douleurs chroniques et inflammatoires (Fayazmiya et al., 2022). De plus, l'ensemble de ces substances contribue à une activité antimicrobienne marquée, notamment contre les bactéries Gram+ telles que *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*, ainsi que contre des souches fongiques comme *Candida albicans*, par altération de la perméabilité membranaire (Chaieb et al., 2007). L'eugénol a également démontré des effets antioxydants puissants en neutralisant les radicaux libres et en protégeant les membranes cellulaires du stress oxydatif, ce qui soutient ses applications en prévention du vieillissement cellulaire et des maladies métaboliques.

Activités pharmacologiques du clou de girofle (en notes) :

- Activité analgésique (antidouleur)
 - ✧ Composé responsable : Eugénol
 - ✧ Mécanisme : inhibition des récepteurs de la douleur et de l'enzyme cyclooxygénase (COX).
- Activité anti-inflammatoire
 - ✧ Composés : Eugénol, β -Caryophyllène
 - ✧ Action : réduction de la production de médiateurs inflammatoires (ex : prostaglandines).
- Activité antimicrobienne (antibactérienne et antifongique)
 - ✧ Composés : Eugénol, Caryophyllène
 - ✧ Cibles : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, etc.
 - ✧ Mécanisme : altération de la membrane cellulaire des micro-organismes.
- Activité antioxydante
 - ✧ Composés : Eugénol, Flavonoïdes
 - ✧ Rôle : piégeage des radicaux libres, protection des cellules contre le stress oxydatif.
- Activité antiparasitaire
- Utilisée traditionnellement contre les parasites intestinaux.

- Action démontrée sur certains protozoaires et helminthes.
- Activité anticancéreuse (potentielle)
- Composé : Eugénol
- Action : inhibition de la prolifération de cellules tumorales (études *in vitro*).
- Activité anesthésique locale
- Utilisation : soulagement des douleurs dentaires, anesthésie topique.
- Activité insecticide et répulsive
- Action contre les moustiques et autres insectes (application de l'huile essentielle).
- Activité gastroprotectrice
- Aide à soulager les ballonnements, les flatulences et les douleurs gastriques.

Composés essentiels :

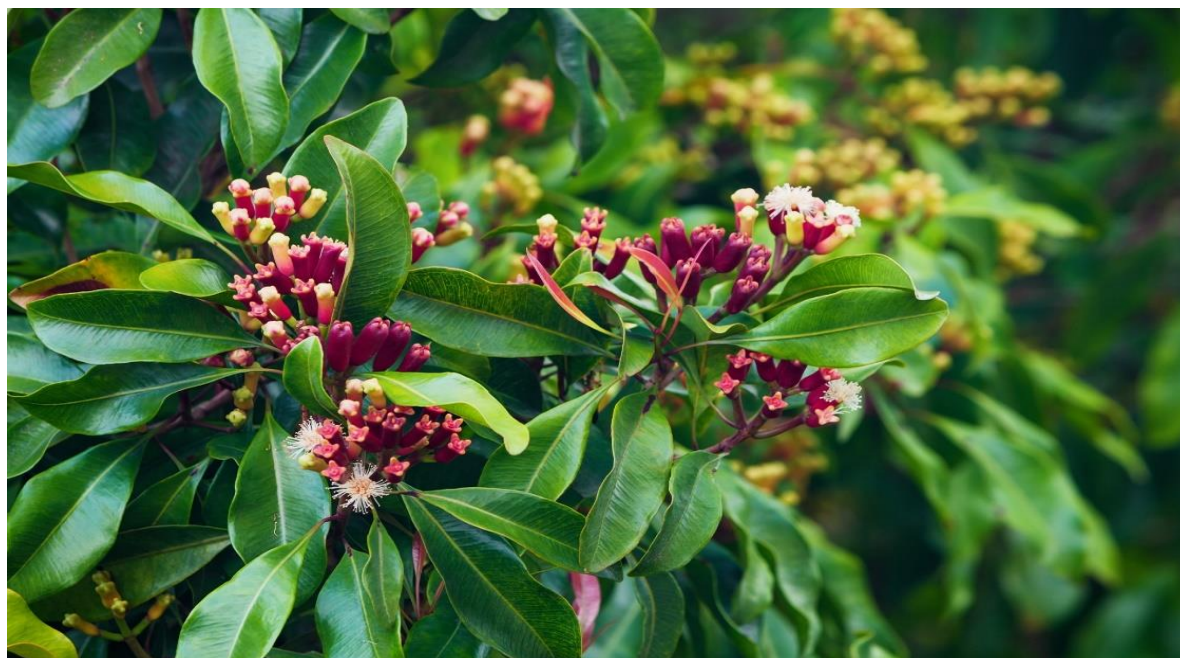
Composition chimique de l'huile essentielle de clous de girofle

Ce tableau est tiré du tableau 1 de l'article *Chemical Composition, Antibacterial Properties and Mechanism of Action of Essential Oil from Clove Buds against Staphylococcus aureus*, où 22 composés ont été identifiés, représentant 95,8 % de l'huile essentielle totale.

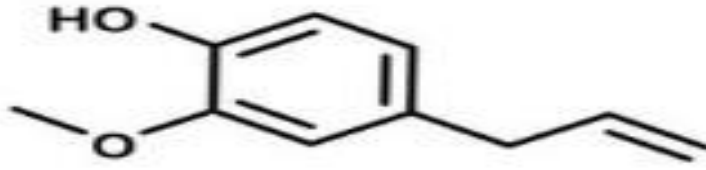
TABLEAU 2: CHEMICAL COMPOSITION, ANTIBACTERIAL PROPERTIES AND MECHANISM OF ACTION OF ESSENTIAL OIL FROM CLOVE BUDS AGAINST STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Composé	Aire de pic (%) ^a	Composé	Aire de pic (%) ^a
2-Pinène	0.02	Eugénol	76.23
α -Pinène	0.03	β -Caryophyllène	11.54
Eucalyptol	0.14	α -Caryophyllène	0.64

Composé	Aire de pic (%) ^a	Composé	Aire de pic (%) ^a
Salicylate de méthyle	0.06	(-)-b-Cadinene	0.12
Chavicol	0.09	β -Sélinène	0.25
4-Allylanisole	0.13	α -Sélinène	0.16
Anéthol	0.11	Oxyde de caryophyllène	4.29
α -Muurolene	0.01	Jasmone	0.07
α -Copaene	0.05	Ledol	0.03
Valencene	0.01	Globulol	0.04
Acétate d'eugényle	1.76	Cedrene	0.02



**FIGURE 4: CLOU DE GIROFLE (SYZYGIUM AROMATICUM) – BOUTONS FLORAUX
CONTENANT DE L'EUGENOL**



Eugenol

FIGURE 5: STRUCTURE D'EUGENOL COMPOSE ESSENTIEL DU CLOUS DE GIROFLE

2. *Thymus vulgaris* L. (Thym commun) :

Présentation botanique de *Thymus vulgaris* L. (Thym commun)

Thymus vulgaris L. est un sous-arbrisseau vivace et aromatique, appartenant à la famille des Lamiaceae, originaire du bassin méditerranéen. Il est particulièrement adapté aux climats secs et ensoleillés (Borugă et al., 2014). Il atteint généralement une hauteur de 20 à 40 cm, avec des tiges principales lignifiées à la base et des tiges secondaires pubescentes à section quadrangulaire, typiques des Lamiaceae (Borugă et al., 2014 ; WHO, 2002). Les feuilles, petites (4 à 12 mm), sont opposées, sessiles, de forme linéaire à lancéolée, avec des bords légèrement enroulés vers le bas. Leur surface est densément recouverte de poils glandulaires contenant les huiles essentielles, principalement composées de thymol, carvacrol, *p*-cymène et γ -terpinène (Borugă et al., 2014 ; Marchese et al., 2016). Ces feuilles sont persistantes, vert grisâtre, et confèrent à la plante son odeur caractéristique. Les fleurs, hermaphrodites, sont regroupées en inflorescences terminales compactes appelées

glomérules. Elles présentent une corolle bilabée, de couleur rose pâle à violacée, favorisant une pollinisation entomophile. La floraison a lieu entre mai et juillet, selon les conditions climatiques locales (WHO, 2002 ; EMA, 2013).

Sur le plan écologique, *Thymus vulgaris* est une plante xérophile qui pousse spontanément dans les garrigues méditerranéennes, les terrains secs, calcaires, rocailloux et bien drainés, en pleine exposition solaire. Cette adaptation à des conditions édaphiques extrêmes explique sa répartition naturelle dans le sud de l'Europe et en Afrique du Nord (Borugă et al., 2014 ; EMA, 2013 ; WHO, 2002).

Usage traditionnel de *Thymus vulgaris* L.

Thymus vulgaris L., couramment utilisé en médecine traditionnelle méditerranéenne, est réputé pour ses propriétés expectorantes, antiseptiques, digestives et antispasmodiques. Les infusions de feuilles et de sommités fleuries sont traditionnellement administrées pour soulager la toux, la bronchite, les maux de gorge et l'asthme léger, grâce à leur action sur les voies respiratoires (Li et al., 2021). En usage digestif, le thym est utilisé pour traiter les ballonnements, coliques et parasitoses intestinales, notamment dans les pharmacopées populaires d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (Shafei et al., 2021). En application externe, l'huile essentielle ou les décoctions servent à désinfecter les plaies, à soulager les douleurs musculaires et articulaires, et à traiter diverses affections cutanées d'origine infectieuse ou inflammatoire. Ces usages, largement documentés dans les traditions européennes et arabes, sont aujourd'hui reconnus comme base d'indication pour plusieurs préparations phytothérapeutiques (Li et al., 2021 ; Shafei et al., 2021).

Activité pharmacologique de *Thymus vulgaris* L.

Plante aromatique du bassin méditerranéen, *Thymus vulgaris* L. est largement étudiée pour ses nombreuses propriétés biologiques. Riche en métabolites secondaires actifs, notamment les phénols monoterpéniques comme le thymol et le carvacrol, elle occupe une place importante en phytothérapie moderne, appuyée par de nombreuses données expérimentales.

1. Activité antimicrobienne

L'huile essentielle de thym présente une activité antibactérienne et antifongique notable.

Elle inhibe la croissance de micro-organismes pathogènes tels que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* ou encore *Candida albicans*, grâce à l'action synergique de ses composants majeurs (Marchese et al., 2016 ; Li et al., 2021).

2. Activité antioxydante
Les extraits de thym exercent une forte activité antioxydante, en piégeant les radicaux libres et en réduisant les dommages oxydatifs. Cet effet est attribué à la présence élevée de thymol, de carvacrol et d'autres composés phénoliques (Li et al., 2021).
3. Activité anti-inflammatoire
Des études ont montré que le thym module la réponse inflammatoire en réduisant la production de cytokines pro-inflammatoires comme TNF- α et IL-6. Cet effet a été observé sur des modèles cellulaires et animaux (Shafei et al., 2021).
4. Effet antitussif et expectorant
Le thym facilite l'expectoration et diminue les spasmes bronchiques. Il est particulièrement utile dans le traitement des infections des voies respiratoires supérieures, notamment la toux, la bronchite et la pharyngite (Li et al., 2021 ; EMA, 2013).
5. Autres activités
En plus de ses effets respiratoires et anti-infectieux, le thym présente des propriétés antispasmodiques sur le muscle lisse intestinal, une activité hépatoprotectrice, ainsi qu'un effet immunomodulateur, confirmés par des essais précliniques récents (Shafei et al., 2021 ; Li et al., 2021).

Composés actifs

Thymus vulgaris L., plante médicinale largement utilisée en phytothérapie, se distingue par la richesse de son huile essentielle en composés bioactifs. Parmi ceux-ci, le thymol, le carvacrol, le *p*-cymène et le γ -terpinène sont les plus représentatifs et justifient le choix de cette espèce pour ses propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. Le tableau ci-dessous présente les principaux constituants identifiés dans une étude récente, à l'aide de techniques analytiques telles que la chromatographie CEC-DAD couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS)

TABLEAU 3: PRINCIPAUX CONSTITUANTS DE L'HUILE ESSENTIELLE DE THYMUS VULGARIS L.

Catégorie	Composé	Quantité dans l'EO ($\mu\text{g}/100 \mu\text{L}$)
Monoterpènes	<i>p</i> -Cymène	9.4 ± 0.6
	α -Terpinène	0.7 ± 0.2
	γ -Terpinène	4.0 ± 0.7
	β -Myrcène	2.1 ± 0.4
	Limonène	0.4 ± 0.1
	Bicycliques monoterpènes	β -Pinène
Monoterpénols	Thymol	43.3 ± 1.4
	Carvacrol	20.7 ± 2.3
	Linalol	0.7 ± 0.2
	α -Terpineol	0.2 ± 0.1
Bicycliques monoterpénols	Bornéol	1.3 ± 0.4
Lactones sesquiterpéniques	β -Caryophyllène	3.1 ± 0.5



FIGURE 6:THYM (THYMUS VULGARIS) – PARTIE AERIENNE RICHE EN HUILE ESSENTIELLE A ACTIVITE ANTIMICROBIENNE

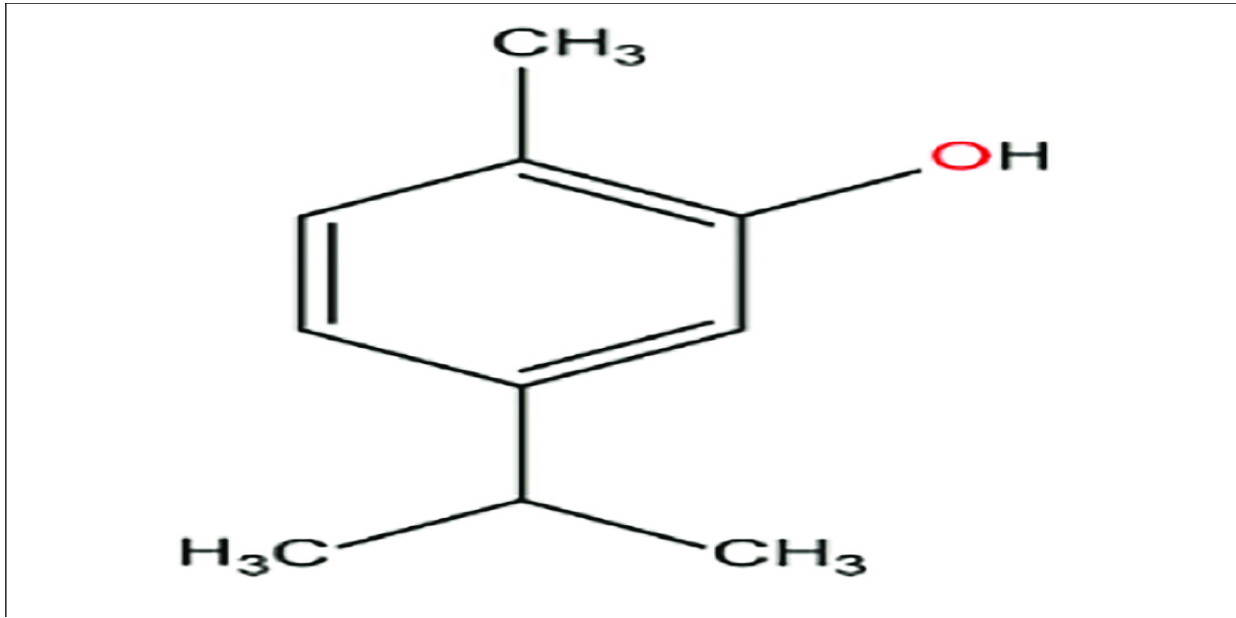


FIGURE 7:STRUCTURE CHIMIQUE DU CARVACROL

Présentation botanique et importance écologique et religieuse de *Ziziphus lotus* (L.) Lam.

Ziziphus lotus (L.) Lam., appartenant à la famille des Rhamnaceae, est un arbuste xérophile, épineux, vivace et très ramifié, pouvant atteindre de 1 à 3 mètres de hauteur. Il se caractérise par des rameaux épineux, des feuilles alternes, ovales à elliptiques et coriaces, ainsi qu'un système racinaire profond qui lui confère une excellente adaptation aux environnements arides. La floraison a lieu en été, sous forme de petites fleurs jaunâtres groupées en cymes, suivies de drupes charnues comestibles, localement appelées "nnaga" en Algérie (Bekkar et al., 2021 ; Chaieb et al., 2023).

Spontanément présent dans le bassin méditerranéen, *Z. lotus* est particulièrement bien représenté en Algérie, notamment dans les régions steppiques et sahariennes telles que Tlemcen, Naâma, Djelfa, Laghouat, El Bayadh et Biskra. Il joue un rôle essentiel dans la lutte contre l'érosion et la désertification, grâce à sa capacité à fixer les sols et à améliorer la structure des écosystèmes fragiles (Chaieb et al., 2023).

Sur le plan phytogéographique, cette espèce est largement étudiée pour sa richesse en métabolites secondaires, notamment les polyphénols, flavonoïdes et saponines, responsables de nombreuses activités biologiques (antioxydantes, antimicrobiennes, etc.). Bekkar et al. (2021), dans une étude menée à Mascara (Algérie), ont confirmé que les extraits phénoliques de *Z. lotus* présentaient une forte activité antioxydante et antibactérienne, justifiant ainsi son usage traditionnel dans la pharmacopée populaire.

Au-delà de ses applications écologiques et pharmacologiques, le jujubier (sedr) occupe une place spirituelle importante dans la tradition islamique. Il est mentionné dans le Coran (Sourate Al-Waqi'a, v. 28-29) comme un arbre du Paradis, et ses feuilles sont traditionnellement utilisées pour le lavage des défunts, en raison de leurs propriétés purificatrices et antiseptiques.

Usage traditionnel de *Ziziphus lotus* (L.) Lam.

Ziziphus lotus, connu localement sous les noms de sedr ou jujubier sauvage, est une plante médicinale emblématique des régions steppiques et arides d'Algérie, intégrée depuis des siècles dans les pratiques thérapeutiques populaires. Les fruits (*nnaga*) sont consommés pour leurs effets toniques, digestifs et antioxydants, tandis que les feuilles sont utilisées en infusion, décoction ou poudre pour traiter diverses affections : inflammations cutanées, plaies, douleurs musculaires, troubles digestifs et respiratoires. Appliquées en usage externe, elles agissent comme cicatrisant, antiseptique et antiparasitaire naturel (Bekkar et al., 2021 ; Chaieb et al., 2023).

Dans le milieu rural algérien, les feuilles séchées et broyées sont aussi utilisées comme shampoing traditionnel, permettant de purifier le cuir chevelu, de lutter contre les pellicules et de fortifier les cheveux. Certaines préparations sont également appliquées sur la peau en cas de piqûres, abcès, eczéma ou rhumatismes (Bensouilah et Zidani, 2019).

Sur le plan rituel et religieux, le sedr est valorisé dans la tradition islamique, notamment pour le lavage rituel des défunts (*ghusl al-mayyit*), où ses feuilles broyées sont mélangées à l'eau, comme rapporté dans les recueils de hadiths. Il est également utilisé dans la roqya char'iyya, en usage externe ou dilué dans de l'eau potable, pour la purification spirituelle, conformément à certaines pratiques sunnites (Islamweb.net, 2023).

Cet usage empirique, encore largement répandu en Algérie, est désormais soutenu par les études scientifiques modernes, qui attribuent à *Z. lotus* une richesse exceptionnelle en flavonoïdes, tanins, alcaloïdes et saponines, justifiant son classement comme plante médicinale fonctionnelle (Chaieb et al., 2023).

Composés bioactifs essentiels de *Ziziphus lotus*

D'après Chaieb et al. (2023), plus de 181 composés bioactifs ont été identifiés dans les extraits de feuilles, fruits, racines et graines. Ces composés appartiennent aux familles suivantes :

TABLEAU 4; PRINCIPALES FAMILLES DE COMPOSES BIOACTIFS PRESENTS DANS LES PLANTES MEDICINALES, LEURS LOCALISATIONS ET CONCENTRATIONS RAPPORTEES .(JI, X., SHEN, Y., & SUN, H. (2019).

Famille de composés	Exemples clés et localisation	Concentration notable
Flavonoïdes	Quercétine, rutine, naringine (feuilles, fruits)	Jusqu'à 22 composés identifiés
Terpènes volatils	Hexahydrofarnésyl acétone, E-nerolidol (huile essentielle)	>23 % du mélange extrait
Acides gras	Acides oléique (~88 %), linoléique	Profil lipidique riche (54–88 %)
Alcaloïdes	Lotusine A–G (racines)	Jusqu'à 7 cyclopeptides isolés
Saponines triterpéniques	Acide bétulinique, alphaltolique	~9838 mg/kg dans la racine
Secoiridoïdes	Oléosides, oléuropéine	Présents dans les feuilles et les tiges

Ces composés bioactifs expliquent les propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, cytotoxiques, antidiabétiques et anxiolytiques attribuées au sedr dans la littérature pharmacologique.



FIGURE 8:JUJUBIER (ZIZIPHUS LOTUS) – FEUILLES TRADITIONNELLEMENT UTILISEES EN MEDECINE POPULAIRE MAGHREBINE

Monde microbien :

I. Introduction générale au monde microbien

Le monde microbien regroupe un ensemble d'organismes microscopiques invisibles à l'œil nu, incluant les bactéries, les champignons, les protozoaires et les virus. Bien que souvent associés aux maladies, la majorité de ces micro-organismes remplissent des fonctions écosystémiques essentielles telles que la dégradation de la matière organique, la fixation de l'azote, la biodégradation de polluants, ou encore la régulation homéostasique via le microbiote intestinal (Prescott et al., 2017).

L'équilibre du microbiote humain, constitué de plus de 10^{14} micro-organismes, est aujourd'hui reconnu comme un facteur central dans le maintien de la santé, notamment en modulant la réponse immunitaire, la digestion et même certains aspects neurocomportementaux (Belkaid & Hand, 2014). Toutefois, lorsque cet équilibre est rompu (dysbiose), certains micro-organismes opportunistes ou pathogènes peuvent proliférer et causer des infections.

II. Les bactéries pathogènes

1. Classification selon la paroi bactérienne : Coloration de Gram

La classification des bactéries selon la coloration de Gram, mise au point par Hans Christian Gram en 1884, repose sur la composition chimique de la paroi cellulaire. Elle constitue une méthode fondamentale pour orienter le diagnostic et le traitement antimicrobien :

- Gram positif (G+) : possèdent une paroi épaisse composée principalement de peptidoglycane (20-80 %), responsable de la rétention du cristal violet. Exemples : *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*.
- Gram négatif (G-) : caractérisées par une fine couche de peptidoglycane et une membrane externe riche en lipopolysaccharides (LPS), souvent associée à une plus grande résistance aux antibiotiques. Exemples : *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Pseudomonas aeruginosa*. (Madigan et al., 2018 ; Tortora et al., 2020)

Gram Positive and Gram Negative Bacteria

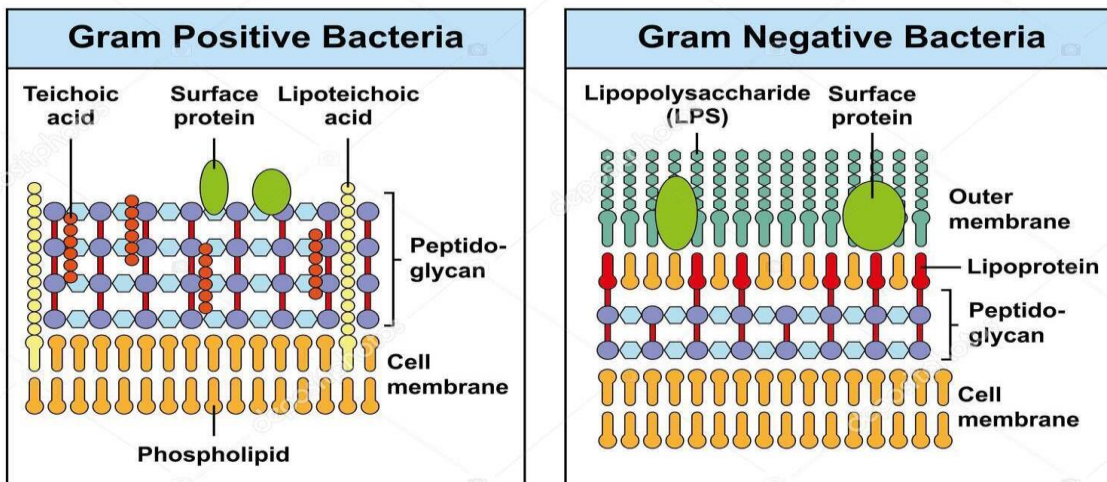


FIGURE 9: STRUCTURE DE PAROIS DE BACTERIES A GRAM POSITIF ET A GRAM NEGATIF

3. Formes morphologiques des bactéries pathogènes

TABLEAU 5; PRINCIPALES FORMES MORPHOLOGIQUES DES BACTERIES ET EXEMPLES ASSOCIES (PRESCOTT ET AL., 2017)

Forme	Description	Exemples
Coques	Bactéries sphériques, seules, en paires, en chaînes ou en amas	<i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i>
Bacilles	Forme allongée en bâtonnet, droite ou légèrement incurvée	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella spp.</i>
Spirilles	Spirales rigides, hélicoïdales, avec flagelles externes	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Helicobacter pylori</i>
Spirochètes	Spirales flexibles, à déplacement par filaments internes	<i>Treponema pallidum</i> , <i>Borrelia spp.</i>

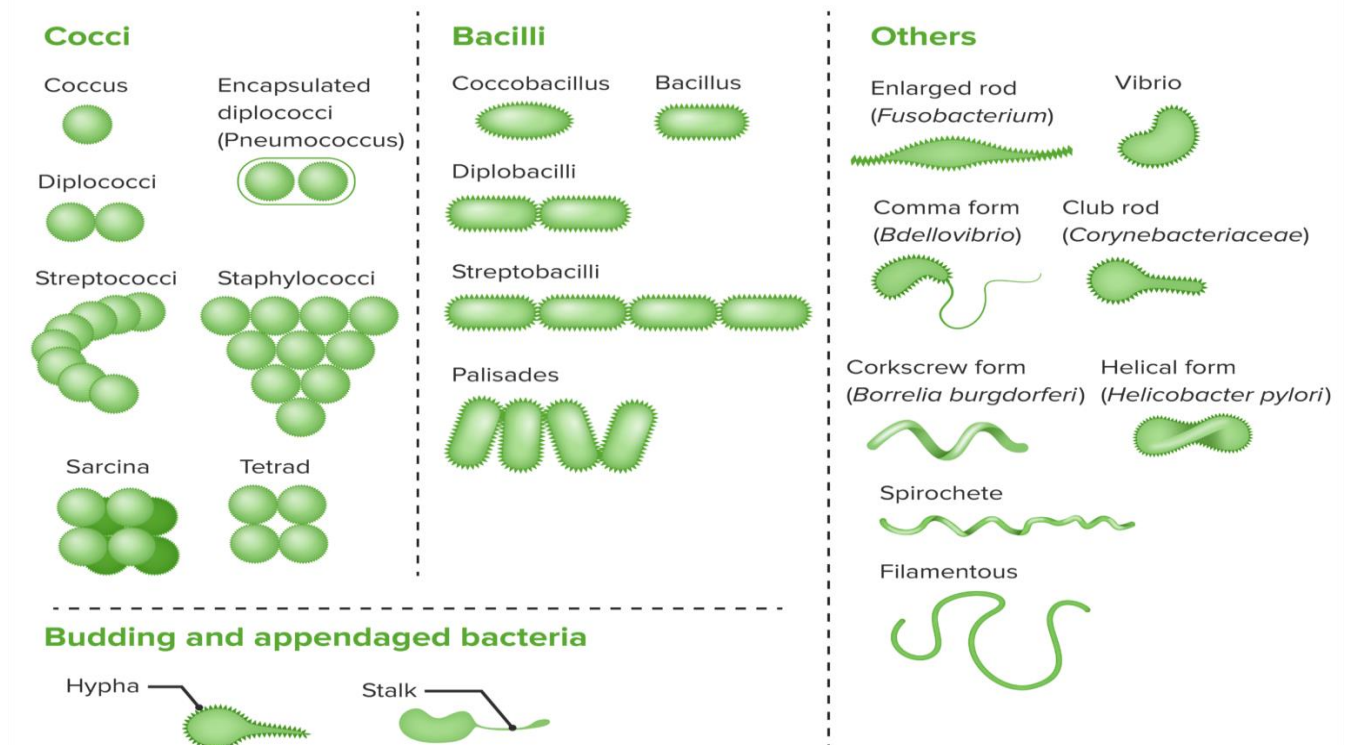


FIGURE 10: FORMES MORPHOLOGIQUES DES BACTERIES

4. Exemples de maladies bactériennes

TABLEAU 6: PATHOLOGIES D'ORIGINE BACTÉRIEN (WHO, 2023 ; CDC, 2024 ; MAYO CLINIC, 2024)

Maladie	Agent bactérien	Transmission	Organe ciblé
Infection urinaire	<i>E. coli</i> uropathogène	Voie urinaire ascendante	Vessie, urètre
Pneumonie communautaire	<i>S. pneumoniae</i> , <i>Klebsiella spp.</i>	Inhalation	Poumons
Gastro-entérite	<i>Salmonella spp.</i> , <i>E. coli</i> ETEC	Eau ou aliments contaminés	Intestin grêle
Méningite bactérienne	<i>Neisseria meningitidis</i>	Voie respiratoire ou hémotogène	Méninges
Infection cutanée	<i>S. aureus</i> , <i>S. pyogenes</i>	Contact direct ou traumatisme	Peau et tissus mous

III. Mécanismes de pathogénicité

Les bactéries pathogènes déploient des stratégies complexes pour coloniser l'hôte, échapper aux défenses immunitaires et induire des altérations tissulaires.

1. Facteurs de virulence

- Adhésion : via des adhésines, pili ou fimbriae, permettant l'ancrage sur les cellules épithéliales (Klemm & Schembri, 2000).
- Invasion : les enzymes extracellulaires (hyaluronidase, collagénase) facilitent la diffusion des bactéries dans les tissus (Finlay & Falkow, 1997).
- Toxines :
 - *Exotoxines* : protéines sécrétées, ciblant des fonctions spécifiques (ex. : neurotoxines de *Clostridium botulinum*).

- *Endotoxines* : composants de la membrane externe des bactéries Gram⁻ (LPS), impliqués dans les réponses inflammatoires systémiques sévères (Raetz & Whitfield, 2002).
- Biofilm : matrice polymérique adhésive qui confère une protection collective contre les antibiotiques et la phagocytose (*P. aeruginosa*, *S. epidermidis*) (Hall-Stoodley et al., 2004).

2. Évitement du système immunitaire

- Camouflage antigénique : variation antigénique chez *Neisseria gonorrhoeae* (Criss & Seifert, 2012).
- Inhibition de la phagocytose : via des capsules polysaccharidiques ou protéines de surface, comme la protéine A de *S. aureus* (Foster, 2005).

3. Interactions hôte–pathogène

La réponse immunitaire de l’hôte, associée à l’état du microbiote commensal, influence directement l’issue de l’infection. Une dysbiose peut aggraver la colonisation bactérienne et faciliter la virulence des pathogènes (Belkaid & Hand, 2014).

IV. Lutte contre les agents pathogènes

1. Prévention et hygiène

La réduction du risque d’infection repose sur des mesures prophylactiques :

- Stérilisation : destruction totale des micro-organismes (autoclavage, UV, chaleur sèche).
- Antisepsie : désinfection des tissus vivants (alcool, chlorhexidine).

Vaccination : immunisation active contre des pathogènes ciblés (*Corynebacterium diphtheriae*, *Bordetella pertussis*). (WHO, 2023 ; Wilson et al., 2019)

2. Traitements conventionnels

- Antibiothérapie ciblée selon l'antibiogramme : β -lactamines, aminoglycosides, macrolides, fluoroquinolones.
- Limites : émergence croissante des souches multirésistantes (BMR), ex. : *Klebsiella pneumoniae* productrice de carbapénémases, *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (MRSA) (Nordmann et al., 2012).

TABLEAU 7: ANTIBIOTIQUES – CLASSES, CIBLES BACTERIENNES ET SPECTRE D'ACTIVITE

Antibiotique	Classe	Bactéries ciblées	Spectre	Références
Amoxicilline	Bêta-lactamine (pénicilline)	<i>Streptococcus spp.</i> , <i>E. coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Large spectre	(Kohanski et al., 2010)
Amoxicilline + ac. clavulanique	Bêta-lactamine + inhibiteur β -lactamase	<i>H. influenzae</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>	Large spectre	(Livermore, 1995)
Ciprofloxacine	Fluoroquinolone	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>E. coli</i>	Large spectre	(Hooper, 2001)
Gentamicine	Aminoside	<i>Klebsiella spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>S. aureus</i>	Gram – et certains +	(Davies & Wright, 1997)
Vancomycine	Glycopeptide	<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA), <i>Enterococcus spp.</i>	Gram + uniquement	(Leclercq & Derlot, 1988)
Érythromycine	Macrolide	<i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Mycoplasma</i> , <i>Chlamydia</i>	Gram + principalement	(Retsema & Fu, 2001)
Tétracycline	Tétracycline	<i>Rickettsia</i> , <i>Borrelia</i> , <i>Chlamydia</i> , <i>Brucella</i>	Large spectre	(Chopra & Roberts, 2001)
Métronidazole	Nitro-imidazolé	<i>Bacteroides fragilis</i> , <i>Clostridium spp.</i> (anaérobies)	Anaérobies	(Edwards, 1993)
Rifampicine	Rifamycine	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Staphylococcus</i> (en association)	Spectre étroit	(Hartmann et al., 1967)

V. Alternatives naturelles : intérêt des plantes médicinales antimicrobiennes

Face à la montée alarmante de l'antibiorésistance, les extraits de plantes médicinales apparaissent comme une piste thérapeutique complémentaire et innovante. Ils contiennent une diversité de métabolites secondaires bioactifs tels que les phénols, terpénoïdes, alcaloïdes et flavonoïdes, qui présentent des propriétés antibactériennes avérées.

TABLEAU 8: PRINCIPALES PLANTES MEDICINALES, LEURS COMPOSES ACTIFS ET BACTERIES CIBLEES. BURT, S. (2004).

Plante médicinale	Composés actifs	Bactéries ciblées
<i>Thymus vulgaris</i>	Thymol, carvacrol	<i>S. aureus</i> , <i>P. aeruginosa</i>
<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugénol	<i>E. coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>
<i>Zingiber officinale</i>	Gingérol	<i>Salmonella spp.</i> , <i>E. coli</i>

De nombreuses études *in vitro* ont démontré l'efficacité de ces extraits contre des souches pathogènes, parfois multirésistantes (El-Saber Batiha et al., 2020 ; Bouhdid et al., 2016).

Chapitre 2

Matériel et Méthodes

- Matériel biologique :

1. Matière végétal :

Afin de réaliser cette étude, cinq plantes médicinales ont été sélectionnées en raison de leurs propriétés biologiques reconnues, notamment leur activité antimicrobienne.

Il s'agit du camphrier (*Cinnamomumcamphora*), de la lavande (*Lavandulaangustifolia*), du thym (*Thymus vulgaris*), du jujubier (*Ziziphus lotus*) et du clou de girofle (*Syzygiumaromaticum*). Ces espèces ont été choisies selon la littérature pour leur usage traditionnel dans le traitement des infections cutanées et buccales, ainsi que pour leur richesse en composés bioactifs tels que les huiles essentielles, les flavonoïdes et les composé phénoliques . Les parties végétales utilisées ont été collectées en mars 2025, séchées à une température de 40 °C, puis broyées jusqu'à obtenir une granulométrie de 250 µm. Elles ont ensuite été conservées dans des bocaux sombres. Le taux d'humidité résiduel était nul (0 %).

2. Souches microbiennes :

Les microorganismes utilisées dans cette étude étaient déjà préalablement existantes au niveau du laboratoire de microbiologie LAMAAB avec ATCC, sont largement reconnues pour leur pouvoir pathogène, leur capacité croissante à développer des résistances aux antibiotiques conventionnels (WHO, 2017), ainsi que pour leur implication fréquente dans les infections d'origine nosocomiale et communautaire.

Le tableau suivant démontre les types de souches utilisées ; leurs caractéristiques principales et leur références ATCC

TABLEAU 9; SOUCHES MICROBIOLOGIQUES ET LEURS CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

Souche	Type c	Caractéristique principale	Référence ATCC
<i>Bacillus Cereus</i>	Bactérie gram + positif sporulée	Endospore , aérobie /facultative Productrice de toxines alimentaires	ATCC 14579
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Bactérie gram + Coque	Cocci en amas, non pathogène, communément isolée sur la peau humaine, souvent utilisé en microbiologie de référence	ATCC 4698
<i>Pseudo Mona Aeruginosa</i>	Bactérie gram négatif Bacille	-Aérobie stricte , résistante aux antibiotiques , sécrète des pigments fluorescents et pathogène nosocomiale fréquent	ATCC 27853
<i>Escherichia Coli</i>	Bactérie gram négatif Bacille	-Entérobactérie commensale intestinale , recommandée en test de routine et antibiogramme	ATCC 25922
<i>MicrococcusLuteus</i>	Bactérie à gram + Positif Coques	Cocci, non pathogène, généralement isolée sur la peau humaine ; souvent utilisée en microbiologie de référence	ATCC 4698

3. Préparation de l'échantillon et extraction :

La poudre végétal de cinq plantes (5g) sont extrait par décoction aqueux (100 %) et éthanolique(70 %)Azwanida, N. N. (2015).

➤ Méthode opératoire :

Choix et principe de méthode & solvants à extraire :

Les plantes, récoltées régionalement , ont été préalablement séchées à l'air libre dans un endroit sec et bien ventilé, puis réduites en poudre fine à l'aide d'un broyeur adapté.

Pour chaque espèce végétale étudiée, deux types de solvants ont été employés : l'éthanol à 70 % (v/v) et l'eau distillée à 100 %. Une quantité de 5 g de poudre a été introduite dans des ballons à fond rond surmontés de réfrigérants, où les solvants ont été ajoutés. L'extraction a été réalisée à une température douce de 70 °C pendant 30 minutes. Après refroidissement, les extraits ont été filtrés à l'aide de papier filtre, puis transférés dans des boîtes de Pétri en verre stériles préalablement tarées. Le séchage a été effectué dans une étuve à 40 °C pendant 24 heures.

Une fois évaporé, les extraits ont été récupérés en les solubilisant dans un volume déterminé d'eau distillée. Les solutions ainsi obtenues ont été transférées dans des tubes à essai en verre stériles, étiquetés soigneusement: nom de plante, type de solvant utilisé et concentration de l'extrait puis conservés à une température de 4 °C jusqu'à leur utilisation.

Les critères des solvants sont illustrés dans le tableau suivant :

TABLEAU 10: COMPARAISON DES SOLVANTS D'EXTRACTION – EAU DISTILLÉE (100 %) VS ÉTHANOL 70 % (70 % ETHANOL / 30 % EAU) : (ADAPTE DE AZWANIDA, 2015)

Critère	100 % Eau distillée	70 % Éthanol / 30 % Eau
Polarité du solvant	Très polaire	Moyennement polaire
Composés extraits	Hydrosolubles	Large spectre (hydro- & liposolubles)
Rendement en composés actifs	Modéré	Élevé
Usage courant	Infusions, décoctions	Extraits concentrés, teintures
Activité biologique attendue	Faible à modérée	Forte (surtout antimicrobienne)
Avantages	Non toxique, bon marché, écologique	Extraction plus complète, bonne pénétration cellulaire
Inconvénients	Peu efficace pour les composés lipophiles	Inflammable, évaporation nécessaire si usage sensible
Applications courantes	Infusions, décoctions, préparations douces	Teintures, extraits concentrés, usage thérapeutique

4 Analyse microbiologique :

➤ **Mode opératoire :**

La méthode de diffusion en puits permet de tester et d'observer visuellement l'effet inhibitrice de différents extraits ou concentrations dans un milieu stérile, ou elle offre une bonne sensibilité pour la détection d'activités antimicrobiennes modérées à fortes.

Elle est couramment utilisée dans les études d'évaluation de substances naturelles ou synthétique à visée antimicrobienne, ce qui facilite la comparaison avec des travaux antérieurs (Balouiri *et al.*, 2016).

Principe :

- Activation des spores :

Les souches bactériennes ont d'abord été activées à partir des stocks conservés (gélose inclinée ou souche congelée). En cas de conservation par congélation, un prélèvement stérile a été ensemencé sur gélose nutritive (ou TSA), puis incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures. La pureté des colonies a été vérifiée visuellement. Une colonie isolée a ensuite été prélevée et réensemencée par stries sur une nouvelle gélose stérile pour purification, suivie d'une incubation aux mêmes conditions.

Pour estimer le pouvoir inhibiteur des extraits étudiés, les étapes suivantes ont été rigoureusement suivies :

1. Préparation du milieu de culture

Le milieu de culture Mueller-Hinton a été liquéfié à une température de 40 °C. Dans des conditions aseptiques, il a été versé dans des boîtes de Pétri stériles, puis laissé à température ambiante pour se solidifier.

2. Préparation des suspensions bactériennes

Les suspensions bactériennes ont été préparées à partir de cultures microbiennes âgées de 24 heures. Une colonie isolée a été prélevée aseptiquement et transférée dans un tube à hémolyse contenant du bouillon nutritif stérile. Le mélange a ensuite été homogénéisé à l'aide d'un vortex afin d'obtenir une suspension bactérienne homogène.

3. Standardisation de la densité bactérienne

La densité optique (DO) des suspensions a été mesurée à l'aide d'un colorimètre, et ajustée pour correspondre à une DO comprise entre 0,08 et 0,1, conformément à la norme 0,5 de l'échelle de McFarland, afin d'assurer une standardisation de l'inoculum 10^6 UFC/ml

4. Ensemencement du milieu de culture

L'ensemencement des boîtes de gélose Mueller-Hinton a été réalisé aseptiquement devant des becs bunsen ,à l'aide d'un écouvillon stérile, en étalant uniformément la suspension bactérienne sur toute la surface du milieu

5. Création des puits et ajout des extraits

Des puits de 6 mm de diamètre ont été creusés aseptiquement dans la gélose à l'aide d'embouts stériles (embouts jaunes). Un volume de 100 μ L de chaque extrait de concentration 0.1 mg/ml a été introduit dans les puits respectifs.

6. Incubation

Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures. À l'issue de l'incubation, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits.

L'évaluation de l'activité antibactérienne de notre extrait aqueux et éthanoliques a été faite sur souches bactériennes. La sensibilité des souches vis-à-vis des différents concentrations d'extrait et d'antibiotique est classée selon le diamètre d'inhibition en adoptant l'échelle établie par **Ponce et al. (2003)** :

Non sensible (-) ou résistante diamètre <0,8 cm.

Sensible (+) : diamètre compris entre 0,9 à 1,4 cm.

Très sensible (++) : diamètre compris entre 1,5 à 1,9cm.

Extrêmement sensible (+++) diamètre > 2 cm.

- Matériel non biologique :

Regardez partie Annex

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

1. Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits aqueux et éthanolique

Le tableau montre que les résultats des effets variables selon la souche bactérienne testée, reflétant l'efficacité antibactériennes des extraits.

TABLEAU 11: EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE DES EXTRAITS AQUEUX ET ETHANOLIQUES VIS-A-VIS LES SOUCHES BACTERIENNES

Souches Bactériennes	Extraits	Thym Aqueux	Thym + Etha-nol	Sedr Aqueux	Sedr + Ethanol	Camphre Aqueux	Camph. + Ethanol	Lavand e aqueux	Lav a. + Etha-nol	Clous de girofle Aqueux	Clous de girofle + Ethanol
	Bactérie gram + Bacillus Cereus	-	8	15	-	9	21	-	-	13	12
Bactérie gram + Staphylococcus Aureus	-	-	-	-	±	17	-	-	-	14	
Bactérie gram - Pseudomonas Aeruginosa	-	-	-	-	-	14	-	-	-	13	
Bactérie gram + Micrococcus Luteus	-	-	-	-	-	18.5	-	-	13	16	
Bactérie gram - Escherichia Coli	-	10	±	-	10	14	-	-	-	-	

Le tableau montre que l'extrait éthanolique de camphre a un pouvoir inhibiteur élevé, significatif, (Bacillus cereus, Staphylococcus, Pseudomonas, Micrococcus et Escherichia coli) avec des diamètres de zones d'inhibition variant entre 14 mm et 21 mm suivie de l'extrait éthanolique de clous de girofle, qui présente un pouvoir inhibiteur significatif modéré vis-à-vis des souches bactériennes notamment Bacillus cereus, Staphylococcus, Pseudomonas, et Micrococcus avec des

zones d'inhibition variant de 12 mm à 16 mm par rapport l'extrait aqueux de thym, l'extrait aqueux et ethanolique de lavande ne montre aucun pouvoir inhibiteur significatif.

Tandis que, l'extrait éthanolique de thym et l'extrait aqueux de camphre manifestent un pouvoir inhibiteur non significatif vis-à-vis de deux souches bactériennes, à savoir *Bacillus cereus* et *E. coli*, avec des zones d'inhibition allant de 8 mm à 10 mm. Par ailleurs, L'extrait aqueux de cèdre et l'extrait aqueux de clous de girofle présentent des pouvoirs inhibiteurs similaires contre *Bacillus cereus*, avec des diamètres de zones d'inhibition compris entre 13 mm et 15 mm. Enfin, les souches bactériennes de *Micrococcus* présentent une sensibilité particulière à l'extrait aqueux de clous de girofle, avec un diamètre de zone d'inhibition de 13 mm.

Des études similaire mené par Benabdeslem Maamar (2022) démontre que des diamètres de zones d'inhibition bien marqués de l'extrait de camphre vis-à-vis de toutes les souches testées, à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*.

D'autres études reporté par Wu et al. (2019) ont mis en évidence les mécanismes d'action de cette extrait vis-à-vis *E.coli* induit une dégradation partielle de la membrane cytoplasmique, une augmentation de la perméabilité cellulaire et une fuite du contenu intracellulaire. Les analyses FTIR ont également révélé une altération des structures secondaires et tertiaires des protéines bactériennes.

De plus, Yu et Dong (2021) ont révélé que l'extrait présente une activité antimicrobienne en inhibant plusieurs fonctions essentielles des bactéries, telles que le métabolisme, la chémotaxie et l'adhésion, tout en activant des mécanismes de défense, comme le montre l'analyse transcriptomique (RNA-seq).

Par ailleure, Poudel et al. (2021) expliquent l'efficacité antibactérienne de l'extrait de camphrier, riche en camphre, 1,8-cinéole, linalool et safrole, par une synergie d'action particulièrement notable entre le camphre et le 1,8-cinéole, plus efficace que chaque composé pris isolément.

Enfin, selon Jugreet et al. (2020), l'extrait de camphrier induit une perturbation de l'intégrité membranaire bactérienne, se traduisant par une augmentation de la perméabilité, une fuite des ions intracellulaires (notamment K^+), une perte d'ATP et un effondrement du potentiel membranaire.

Elle inhibe également les pompes à protons, altérant le transport membranaire et la respiration cellulaire.

En outre, les études menées par Pandey et al. (2025) ont montré qu'un extrait éthanolique à 70 % de clou de girofle induit une zone d'inhibition de 12,6 mm contre *Bacillus subtilis*. De manière générale, les extraits éthanoliques et aqueux de clou de girofle présentent une activité antibactérienne notable, notamment contre *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, en raison de leur richesse en composés phénoliques tels que l'eugénol (Cortés-Rojas et al., 2014).

D'autre étude, Burt (2004) montre que l'extrait du clou de girofle, sont capables d'inhiber in vitro plusieurs agents pathogènes tels que *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *E. coli* O157:H7, *Shigelladysenteriae*, *B. cereus* et *S. aureus*, à des concentrations allant de 0,2 à 10 µL/mL. Ces effets sont attribués à des composés actifs comme l'eugénol, le thymol, le carvacrol et le cinnamaldéhyde, dont les concentrations inhibitrices minimales (CIM) se situent entre 0,05 et 5 µL/mL. Ces composés agissent en perturbant la perméabilité membranaire, entraînant la fuite d'éléments intracellulaires.

D'après Nazzaro et al. (2013) et Chaieb et al. (2007), montre que la molécule de l'eugénol du clou de girofle altère la membrane cytoplasmique, inhibe certaines enzymes respiratoires et provoque une dénaturation des protéines membranaires, entraînant la perte d'intégrité cellulaire et la mort des micro-organismes. Ce mode d'action explique son efficacité contre des souches variées, y compris résistantes, telles que *S. aureus* et *E. coli*.

Tandis que, les études rapporté par **Fani et Kohanteb (2017) montre que** l'efficacité de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* contre plusieurs agents pathogènes buccaux — *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, *Aggregatibacteractinomycetemcomitans* et *Porphyromonasgingivalis* — a généré des zones d'inhibition comprises entre **7,5 et 42 mm** avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) respectives de **1,9 µg/mL** et **3,6 µg/mL**

Dans une autre étude, menée par **Muthalagu et Natarajan (2024)** a montré que l'encapsulation de l'huile essentielle de thym (TEO) dans une matrice de ZIF-8 (ZIF-8@TEO) permet une libération contrôlée dépendante du pH, accompagnée d'un effet antibactérien synergique. Ce nanoconjugué a démontré une activité marquée contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et

Pseudomonas aeruginosa, ainsi qu'une inhibition notable de la formation de biofilm. Ces résultats suggèrent son intérêt potentiel dans la formulation de films d'emballage alimentaire antimicrobiens.

Par ailleurs, **Brito-Junior et al. (2025)** ont rapporté que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* exerce une activité antibactérienne significative contre *Escherichia coli* d'origine alimentaire, avec des valeurs de **CMI et MBC égales à 512 µg/mL**. Toutefois, son association avec des antimicrobiens synthétiques a révélé, dans la majorité des cas, un effet antagoniste. Ces résultats soulignent le potentiel du thym en tant qu'alternative naturelle pour la prévention des infections d'origine alimentaire.

En revanche, une autre étude montre que l'activité antimicrobienne des extraits éthanolique de *Lavandula angustifolia*, présentait la plus forte concentration en substances actives biologiques (SAB) et une **activité antimicrobienne marquée** contre un large éventail de pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*) ainsi que de leur capacité à inhiber ou détruire les biofilms microbiens *in vitro*.

En plus des recherches similaires rapporté par Mihaela Alexandra Bogdan et al., 2021 ; H. Rostami et al., 2012 ; Magdalena Walasek-Janusz, 2022 ont mis en évidence l'efficacité de l'huile essentielle de lavande. L'analyse GC/MS de l'huile essentielle présente une composition dominée par le **linalol (14,93 %)**, le **camphre (14,11 %)**, l'**acétate de linalyle (11,17 %)** et l'**eucalyptol (10,99 %)** avec des valeurs de **CMI comprises entre 88,7 et 177,5 µg/mL**.

Concernant, l'extrait aqueux de *Ziziphus spina-christi* (sedr) des études similaire rapporté par Al-Zaemey et al. (2021) ont montré une activité antibactérienne marquée de l'extrait éthanolique du sedr, avec des zones d'inhibition bien visibles contre plusieurs souches. De même, dans une étude comparative menée par Boulouar et Daas (2012), les extraits méthanoliques de différentes parties de *Z. spina-christi* se sont révélés les plus efficaces contre des bactéries Gram positif et Gram négatif, tandis que les extraits aqueux étaient inactifs, et aucun des extraits n'a montré d'effet antifongique.

Une étude plus récente rapporté par Gebrehiwot et al., (2024) a permis d'isoler plusieurs triterpènes bioactifs des racines de la plante, notamment l'acide bétulinique, le lupeol et l'acide ursolique, qui ont montré une activité antibactérienne significative *in vitro*. Leur mécanisme d'action combine la

perturbation de la membrane bactérienne (avec fuite du contenu intracellulaire) et l'inhibition enzymatique ciblée (ex. : ADN gyrase). De leur côté, Ads et Hassan et al. (2022) ont identifié deux triterpènes lupaniques majeurs, la bétuline et l'acide bétulinique, isolés à partir de *Z. spina-christi*, qui ont présenté une bonne efficacité contre des souches à Gram positif. Les analyses *in silico* ont confirmé leur affinité de liaison avec des protéines essentielles comme l'ADN gyrase, la dihydrofolate réductase et la β -lactamase. Leur structure amphiphile permettrait aussi une désorganisation de la membrane cytoplasmique bactérienne. Enfin, selon Ali, Attia et Elsharkawy (2022), les extraits riches en flavonoïdes et composés phénoliques exercent leur action antimicrobienne principalement via deux voies : la rupture de la membrane microbienne et l'inhibition d'enzymes clés, ce qui corrobore l'ensemble des résultats précédents

2.L'étude comparative des extraits individuels et combinés ainsi que l'interprétation de leurs interactions :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ils révèlent des effets variables selon la souche bactérienne testée, ce qui reflète la complexité des interactions entre les phytocomplexes.

TABLEAU 12:ÉTUDE COMPARATIVE DE L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE DES EXTRAITS INDIVIDUELS ET EN COMBINAISON, ET INTERPRETATION DE LEURS INTERACTIONS (SYNERGIE, ADDITIVITE OU ANTAGONISME) VIS-A-VIS DES SOUCHES BACTERIENNES.

Souches Bactériennes	Zone Girofle + Ethanol	Zone Girofle Aqueux	Zone Camphre + Ethanol	Zone combinaison Girofle Ethanolique + Camphre Ethanolique	Effet Interprété	Zone combinaison Camphre Ethanolique + Girofle . Aqueux	Effet Interprété
Bacillus Cereus	12	13	21	12	Antagonisme marqué	15	Antagonisme
Staphylococcus Aureus	14		17	9	Antagonisme marqué	15	Antagonisme
Pseudomonas Aeruginosa	13		14	11	Antagonisme	11	Antagonisme
MicrococcusL uteus	16	13	18.5	13	Antagonisme	18	Indifférence ; Légère synergie
Escherichia Coli			14	9	Antagonisme marqué	12	Antagonisme

Discussion :

Le tableau montre que l'activité antimicrobienne la **combinaisons des extraits**, notamment **clou de girofle éthanolique + camphre éthanolique** ou **camphre éthanolique + girofle aqueux**, ont dans la majorité des cas entraîné une **réduction de l'effet antibactérien**, par rapport l'extrait seuls indiquant un **effet antagoniste** . Cela est particulièrement marqué chez *B. cereus*, *S. aureus*, et *E. coli*, où les zones d'inhibition diminuent significativement.

Cette **antagonisme** pourrait être dû à **une interaction chimique entre certains composés actifs**, réduisant leur biodisponibilité ou provoquant une compétition pour les mêmes cibles bactériennes. Par exemple la combinaison de l'eugénol et le camphre:

- L'**eugénol**, principal composé actif du clou de girofle, possède des propriétés antimicrobiennes bien documentées, principalement par **déstabilisation de la membrane cytoplasmique bactérienne**, **perturbation de la production d'ATP** et **inhibition enzymatique** (Marchese et al., 2017 ; Devi et al., 2010).
- Le **camphre**, un monoterpène bicyclique, agit également par **désorganisation membranaire** et **altération du potentiel transmembranaire**, ce qui conduit à des fuites intracellulaires (Burt, 2004 ; Nazzaro et al., 2013).

Cependant, la **combinaison de deux** extrait pourrait entraîner des **interférences moléculaires**, réduisant leur efficacité respective. Cela pourrait expliquer la **baisse d'activité antimicrobienne observée dans les associations**, notamment contre les bactéries Gram négatif (*E. coli*, *P. aeruginosa*), connues pour leur **paroi externe résistante**.

En revanche, *Micrococcus luteus* a montré une **légère synergie** avec la combinaison de l'extrait éthanolique de **camphre et l'extrait aqueux de girofle**, avec une zone d'inhibition de 18 mm (vs. 16–18.5 mm pour les extraits seuls), suggérant que certains composés hydrophiles du girofle pourraient ici renforcer l'action lipophile du camphre.

Ces résultats, confirment que les **effets combinés de phyto-extraits ne sont pas toujours synergiques**, et qu'une connaissance fine des **interactions des molécules bioactives et des molécules bioactives -cibles bactériennes** est indispensable pour optimiser les formulations antimicrobiennes à base de plantes.

Conclusion générale

Cette étude de réévaluation de l'activité antimicrobienne de plantes médicinales largement connues dans l'usage traditionnel a démontré l'efficacité de certaines plantes vis-à-vis des souches bactériennes connues par leur résistance aux antibiotiques synthétiques, ce qui renforce le regain d'intérêt pour la phytothérapie sous l'œil scientifique,

Notre étude a révélé le fort pouvoir antimicrobien du cinnamum camphora par des zones d'inhibitions remarquables, notamment celle éthanolique : 21mm vis-à-vis *Bacillus cereus*,

Aucune activité antimicrobienne n'a été observée sur le sédatif aqueux, le thym et la lavande, indiquant ainsi le rôle essentiel du choix du solvant d'extraction des molécules bioactives.

Le clou de girofle éthanolique a démontré aussi une activité indiquant ainsi son pouvoir inhibiteur des bactéries, notamment gram - ex *Staphylococcus aureus* 16mm.

Le thym dans notre étude a démontré un pouvoir dit inhibiteur sur différentes bactéries.

Le sédatif éthanolique n'a montré aucune activité, bien que l'aqueux ait exercé son inhibition.

Cette réévaluation incite à ouvrir la porte à une recherche plus approfondie sur les plantes médicinales ; leurs méthodes d'extraction afin de bénéficier de son maximum de composé actif, ainsi que d'ouvrir des opportunités économiques en valorisant et exploitant les ressources naturelles algériennes et les introduisant dans des produits alimentaires, médicinaux thérapeutiques

Références bibliographiques

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

Baranauskaitė, J., Kubilienė, L., Marksa, M., Majienė, D., & Paškevičius, A. (2022). Bioactive phytochemicals in Lavandula species: a review of their composition, biological properties and therapeutic potential. *Plants*, 11(12), 1594. <https://doi.org/10.3390/plants11121594>

Bensouilah, M., & Zidani, S. (2019). Usages ethnobotaniques et propriétés pharmacologiques du Ziziphus lotus en Algérie occidentale. *Revue des Bioressources*, 9(1), 32–41.

Borugă, O., Jianu, C., Mișcă, C., Goleț, I., Gruia, A. T., & Horhat, F. G. (2014). Thymus vulgaris essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Medicine and Life*, 7(3), 56–60.

Boulenouar, N., Daas, A., & Benkeblia, N. (2012). Antibacterial activity of essential oils extracted from some medicinal plants against three pathogenic bacteria. *Asian Journal of Medical and Pharmaceutical Research*, 1(1), 41–48.

Boughendjioua, H. (2017). Etude de la composition chimique de la lavande cultivée dans la région de Sétif (Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 86, 165–176.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mahdouani, K., & Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological activity of clove essential oil, Eugenia caryophyllata (Syzygium aromaticum L. Myrtaceae): A short review. *Phytotherapy Research*, 21(6), 501–506. <https://doi.org/10.1002/ptr.2124>

Chaieb, S., et al. (2023). Ziziphus lotus L.: Ethnobotanical, phytochemical, and pharmacological properties—A review. *Pharmaceuticals*, 16(4), 575. <https://doi.org/10.3390/ph16040575>

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>

Diass, K., Bennouna, A., Bouyahya, A., & Salhi, N. (2023). Chemical composition and antibacterial activity of *Lavandula officinalis* Chaix essential oil from Morocco. *Plants*, 12(7), 1571. <https://doi.org/10.3390/plants12071571>

Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 177. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>

Fani, M. M., & Kohanteb, J. (2017). Inhibitory activity of thymol and carvacrol on some oral pathogens. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 22(4), 660–666.

Gebrehiwot, H., Gebremariam, B., & Belay, G. (2024). In silico and in vitro antimicrobial study of phytochemicals from *Ziziphus spina-christi* leaves. *International Research in Biochemistry*, 2024, Article ID 7551813.

Islamweb.net (2023). How to wash the deceased with camphor and Sidr leaves. <https://www.islamweb.net/en/fatwa/44331>

Jugreet, B. S., Suroowan, S., Rengasamy, K. R. R., & Mahomoodally, M. F. (2020). Essential oils as potential antimicrobial agents against foodborne pathogens: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.025>

Kuttae Viswanathan, A., Perera, C. O., & Yin, Y. (2024). Antimicrobial and anti-biofilm efficacy of *Lavandula angustifolia* essential oil against oral *Candida albicans*. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 14(6), 815–824.

Marchese, A., Arciola, C. R., Barbieri, R., Silva, A. S., Nabavi, S. F., Tzvetkov, N. T., ... & Nabavi, S. M. (2017). Update on monoterpenes as antimicrobial agents: Mechanistic perspective. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(6), 668–689. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2017.1295225>

Marchese, A., Orhan, I. E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A., Nabavi, S. F., ... & Nabavi, S. M. (2016). Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *Food Chemistry*, 210, 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.122>

Mujawah, A. A. H., et al. (2022). GC-MS analysis and antibacterial potential of Cinnamomum camphora essential oil. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 26(15), 5372–5379. https://doi.org/10.26355/eurrev_202208_29404

Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria: Inhibition of biofilm formation and antimicrobial resistance. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>

Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>

Poudel, D. K., Timsina, B., Shin, D. H., Lee, H. G., Kim, Y. H., & Kim, D. Y. (2021). Tissue-specific essential oil profiling of Cinnamomum camphora and its antibacterial and antioxidant activities. *Molecules*, 26(17), 5132. <https://doi.org/10.3390/molecules26175132>

Sateriale, D., Cimini, S., Tarsitano, M., & Angelis, M. D. (2023). Antibiofilm and antibacterial activity of thyme essential oil against *Bacillus cereus*. *Antibiotics*, 12(3), 485. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030485>

Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30(12), 3875–3883. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)83426-L](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)83426-L)

Sparg, S. G., Light, M. E., & Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2–3), 219–243. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.016>

Subhan, M. S. A., et al. (2023). *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry (clove) as a promising antimicrobial agent: activity against *E. coli*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, en ligne.

Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: A review. *International Pharmaceutica Scientia*, 1(1), 98–106.

WHO. (2002). *WHO monographs on selected medicinal plants: Volume 2*. Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42052>

WHO. (2020). *WHO global report on traditional and complementary medicine 2019*. Organisation mondiale de la Santé. <https://www.who.int/publications/i/item/978924151536>

Wu, K., Zeng, J., Su, M., Wang, Y., Liang, R., & Lin, J. (2019). Vapor-phase antibacterial mechanism of Cinnamomum camphora essential oil. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2546–2555. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1104>

Xu, J. G., Liu, T., Hu, Q. P., Cao, X. M., & Yin, J. F. (2016). Chemical composition and antibacterial properties of clove essential oil. *Molecules*, 21(9), 1194. <https://doi.org/10.3390/molecules21091194>

Yu, Y., Zhang, Y., Lin, J., Liang, R., & Su, M. (2021). RNA-sequencing analysis reveals antibacterial mechanism of Cinnamomum camphora essential oil against E. coli. *PeerJ*, 9, e11081. <https://doi.org/10.7717/peerj.11081>

Annexes

TABLEAU – MATERIEL NON BIOLOGIQUE UTILISE DANS L'ETUDE

Catégorie	Matériel utilisé
Matériel verrier	Ballons rodés, béchers, fioles jaugées, tubes à essai en verre, erlenmeyers, boîtes de Pétri en verre
Matériel de filtration	Papier filtre (Whatman), entonnoirs, tamis métalliques (250 µm)
Matériel de chauffage & séchage	Étuve (40 °C), plaque chauffante, système de reflux, bec Bunsen
Matériel de broyage et préparation	Broyeur à main, mortier et pilon, tamis de granulométrie
Matériel de culture microbiologique	Milieu Müller-Hinton solide, écouvillons stériles, micropipettes, pointes stériles, boîtes de Pétri
Matériel de stockage	Bocaux sombres hermétiques, flacons compte-gouttes, seringues stériles, tubes en verre stériles
Liquides et solvants	Eau distillée, éthanol à 70 %, solution nutritive
Hygiène et sécurité	Produits de nettoyage, blouses, gants, solution désinfectante
Autres	Lampe à alcool (lambou), agitateurs, pinces, supports de filtration, huile de silicone





Figure : broyage de plantes médicinale (Originale)



Figure : pesage de poudre des échantillons(Originale)



Figure : Préparation des extraits végétaux dans des ballons rodés pour une extraction par reflux. (Originale)



Figure : extraction par reflux (Originale)



Figure : séchage des extraits après filtration dans des boites de pétries en verre 24h à 40c

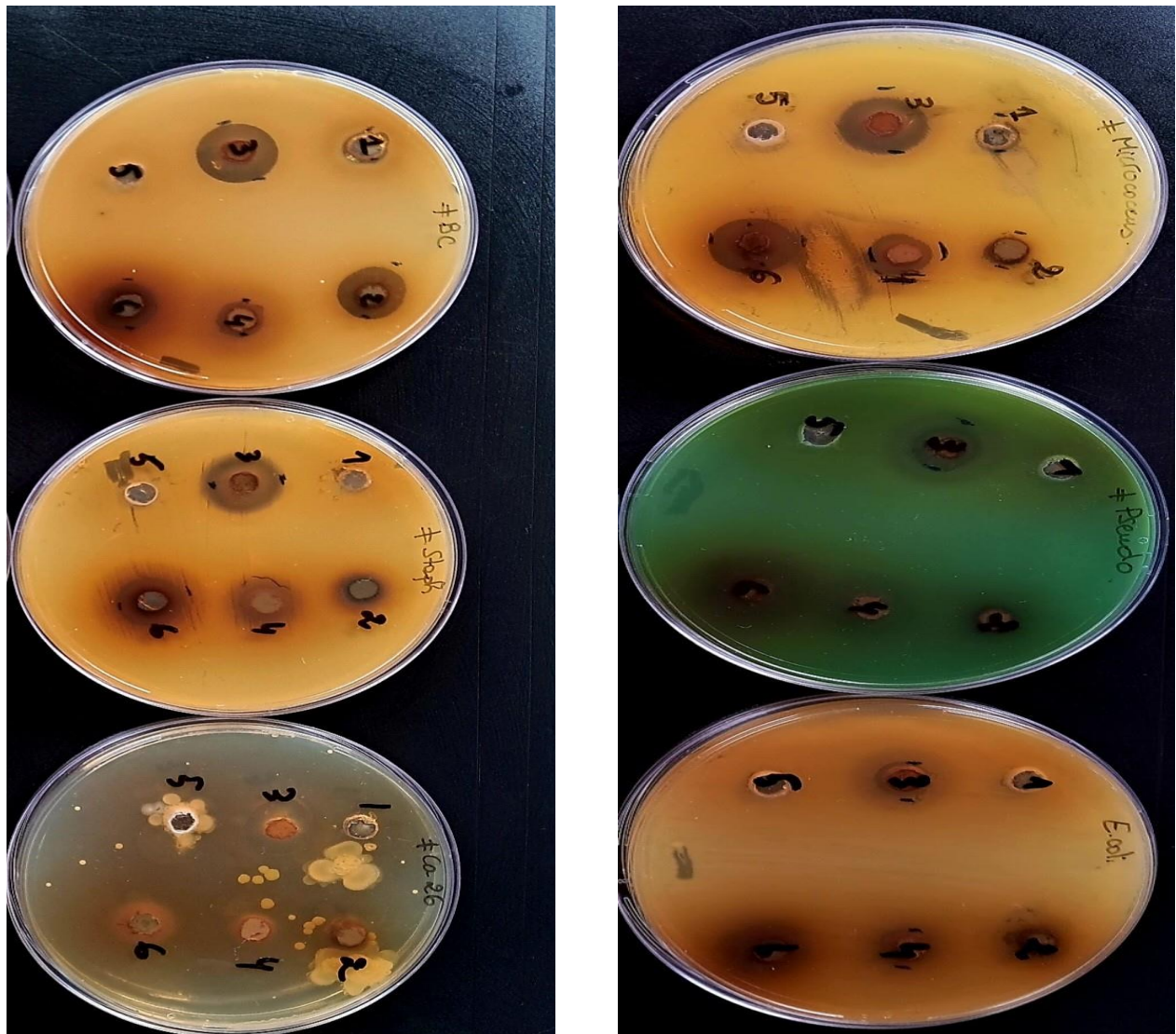


Figure : Résultat d'activité antimicrobienne des extraits vis-à-vis les souches bactériennes (originale)



Figure : Recuperation des extraits dans les tubes en verre (Originale)



Figure : Incubation des boites de pétrie 37°C / 24h (Originale)

ملخص

في ظل تزايد مقاومة الميكروبات والبحث عن حلول طبيعية بديلة، هدف هذا العمل إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لخمسة نباتات طبية من الطب التقليدي، وهي : *Syzygium aromaticum* (الزعرتر)، *Thymus vulgaris* (الخزامى)، *Lavandula angustifolia* (الكافور)، *Cinnamomum camphora* (القرنفل)، و *Ziziphus spina-christi* (الصدر). تم تحضير مستخلصات مائية وكحولية-مائية واختبارها ضد ست سلالات بكتيرية ممرضة باستخدام طريقة الانتشار في الأوساط الصلبة.

أظهرت النتائج أن المستخلصات الكحولية للزعرتر والقرنفل والكافور أظهرت نشاطاً مضاداً للبكتيريا ملحوظاً، حيث بلغ قطر منطقة التثبيط للمستخلص الكحولي للكافور 21 مم ضد *Bacillus cereus* بينما أظهرت المستخلصات المائية نشاطاً متوسطاً. أما تركيبات المستخلصات فقد أظهرت في الغالب تأثيراً تشافرياً، باستثناء سلالة *Micrococcus luteus* حيث لوحظ تأثر طفيف. تؤكد هذه الدراسة على أهمية نوع المذيب وطبيعة المركبات الدهنية في فعالية النشاط المضاد للبكتيريا، وتفتح آفاقاً لاستغلال هذه النباتات في الصناعات الدوائية والمنتجات الطبيعية العلاجية.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، المقاومة الميكروبية، المستخلصات النباتية، النشاط المضاد للميكروبات، المركبات الثانوية، الطب التقليدي، البكتيريا إيجابية الغرام، البكتيريا سالبة الغرام.

Résumé

Face à la montée de la résistance antimicrobienne et à la recherche de solutions naturelles, ce travail de mémoire a évalué l'activité antimicrobienne de cinq plantes médicinales issues de la pharmacopée traditionnelle : *Cinnamomum camphora*, *Lavandula angustifolia*, *Thymus vulgaris*, *Syzygium aromaticum* et *Ziziphus spina-christi*. Des extraits aqueux et hydro-alcooliques ont été préparés et testés contre six souches bactériennes pathogènes par la méthode de diffusion sur puits.

Les résultats ont montré que les extraits éthanoliques de thym, clou de girofle et camphre présentaient une activité antimicrobienne notable, avec un diamètre d'inhibition maximal de 21 mm pour l'extrait de camphre contre *Bacillus cereus*. Les extraits aqueux ont affiché une activité plus modérée. Les combinaisons d'extraits ont majoritairement révélé un effet antagoniste, sauf pour *Micrococcus luteus*, où une légère synergie a été observée. L'étude confirme ainsi l'importance des solvants et des composés lipophiles dans l'activité antimicrobienne, et ouvre des perspectives pour la valorisation de ces plantes en santé naturelle et industrie pharmaceutique.

Mots clés : plantes médicinales , résistance microbienne ,extraits végétaux, pouvoir antimicrobien , métabolites secondaires , médecine traditionnel , bactérie gram positif , bactérie gram négatif

Abstract

In light of the growing issue of antimicrobial resistance and the search for natural alternatives, this dissertation evaluated the antimicrobial activity of five medicinal plants traditionally used in folk medicine: *Cinnamomum camphora*, *Lavandula angustifolia*, *Thymus vulgaris*, *Syzygium aromaticum*, and *Ziziphus spina-christi*. Aqueous and hydroalcoholic extracts were prepared and tested against six pathogenic bacterial strains using the well diffusion method.

The results showed that ethanolic extracts of thyme, clove, and camphor exhibited significant antimicrobial activity, with the camphor ethanolic extract achieving a maximum inhibition zone of 21 mm against *Bacillus cereus*. Aqueous extracts displayed moderate activity. Most extract combinations showed antagonistic effects, except for *Micrococcus luteus*, where a slight synergistic effect was observed. This study confirms the importance of solvent type and lipophilic compounds in antimicrobial efficacy and highlights the potential value of these plants in natural health products and pharmaceutical applications.

Keywords: Medicinal plants, microbial resistance, plant extracts, antimicrobial activity, secondary metabolites, traditional medicine, Gram-positive bacteria, Gram-negative bacteria.