



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
de l'Univers
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence : 2024/ 2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :
Tamersit nour elhouda et Oumissa rabab

Le : 2025

Etude de l'activité antimicrobienne des extraits de quelques plantes médicinales envers les bactéries responsables des sinusites chroniques

Jury :

Mr	Madjed AGGOUNI	MAA	Université de Biskra	Président
Dr.	Fethi BENBELAID	MCA	Université d'Ain Témouchent	Rapporteur
Mme.	Imene MERZOUGUI	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Avant tout, nous exprimons notre gratitude infinie à ALLAH le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la santé et la patience nécessaires pour mener à bien notre formation et accomplir ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Maître de conférences « A » **Dr. BENBELAID Fethi** pour avoir accepté de nous encadrer. Nous lui sommes profondément reconnaissants pour ses précieux conseils, son aide constante et son accompagnement tout au long de ce travail. Nous tenons à souligner qu'en dépit de son transfert à l'Université Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent, il n'a pas hésité à continuer de nous soutenir et à nous guider avec bienveillance.

Nous remercions également les membres du jury pour le temps qu'ils ont consacré à lire et évaluer notre mémoire.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers – Hadjeb, ainsi qu'à l'Université Mohamed Khider de Biskra.

Dédicace

Rabab

À ma chère mère et à mon cher père,

Merci du fond du cœur pour votre amour, votre soutien et vos précieux conseils qui ont toujours été ma lumière sur le chemin.

À mes adorables sœurs, Tounes et Hanane, et à mon cher frère Okba,

Merci pour votre tendresse, votre présence constante et vos encouragements qui ont été d'un grand soutien dans les moments les plus difficiles.

Un grand merci à mes amis, à toutes celles et ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenue.

Je tiens à remercier particulièrement Nourhane, Zoulifa et Wissal pour les éclats de rire et les moments inoubliables.

Ce travail est le fruit d'un long voyage, riche en défis et en émotions,

Je le remets à l'avenir avec espoir, en demandant à Dieu de me guider vers la réussite, la clairvoyance et la satisfaction dans les prochaines étapes de ma vie.

Dédicace

Nour

À ma mère et mon père, mon soutien éternel, à tous ceux qui étaient avec moi pendant mes études universitaires, à mes frères Aymen, Fadoua, Ahmed, Aya, merci d'être dans ma vie, à mon saffsaf, mon soutien, Ma famille qui a toujours été à mes côtés et qui me soutient toujours, m'aime, prie pour moi et me souhaite une vie heureuse.

à mon âme sœur, ma chère Nada, ma chère Zainab et Sa fille Rafif. Mes meilleurs amis, mes amis de toujours, je vous souhaite du succès et du bonheur dans votre vie. Tu as été le plus bel ajout à ma carrière universitaire. Je n'oublierai jamais nos moments ensemble.

Aux amis de l'université, Wissal, Salsabil, Soumia, et tous ceux avec qui j'ai étudié, à tous ceux qui m'ont aidé avec un mot avec des informations sur n'importe quoi... Merci

Mes amis en dehors de l'université, mes amis d'enfance et la plupart des étapes de ma vie, je vous aime.

Merci.

Table des matières

Liste des tableaux	IV
Liste des figures	VII
Liste des abréviations	VIII
Introduction	1
Synthèse Bibliographique	2
Chapitre 1: Sinusite chronique	3
1.1 Généralités	2
1.2. Anatomie et physiologie	2
1.3. Réponse immunitaire et échec de traitements	3
1.4. Agents pathogènes	4
1.4.1. Staphylococcus aureus	4
1.4.2. Pseudomonas aeruginosa	5
1.4.2.1. Facteurs de virulence	5
1.5. Biofilm et résistance aux antibiotiques	5
1.5.1. Résistance aux antibiotiques	7
Chapitre 2: Les huiles essentielles	9
2.1. Les huiles essentielles	9
2.2. Composition chimique des huiles essentielles	9
2.2.1. Composés terpéniques : terpènes et terpénoïdes	10
2.2.2. Composés aromatiques	10
2.2.3. Composés d'origines diverses	10
2.3. Biosynthèse des huiles essentielles	10
2.3.1. Voie des Terpénoïdes	10
2.3.2. Voie des Phenylpropanoïdes	10
2.4. Sécrétion et stockage	11
2.5. Propriétés et activités biologiques	11
Partie expérimentale	12
Chapitre 3: Matériel et méthodes	13
3. Matériel et méthodes	12
3.1. Origine du matériel végétale	12
3.2. Méthodes d'extraction	13
3.3. Analyse chimique	14
3.4. Activité antimicrobienne	16
3.4.1. Méthodes utilisées	19
Chapitre 4: Résultats et discussion	21
4. Résultats et discussion	21
4.1. Teneur en huiles essentielles	21
4.2. Composition chimique	22
4.3. Activité antimicrobienne	25
4.4. Discussion	34
Conclusion	36
Références bibliographiques	37
Résumés	43

Liste des tableaux

Tableau 1. Informations sur les plantes étudiées.	12
Tableau 2. Les méthodes utilisées pour l'obtention des huiles essentielles.....	13
Tableau 3. Méthodes utilisées pour caractériser les huiles essentielles étudiées.	15
Tableau 4. Souches microbiennes testées.....	16
Tableau 5. Méthodes utilisées pour déterminer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées.....	20
Tableau 6. Rendement des extractions.	21
Tableau 7. Analyses chimiques des huiles essentielles étudiées.	22
Tableau 8. Résultats de l'activité antimicrobienne	25

Liste des figures

Figure 1. Anatomie du complexe ostéoméatale qui draine les sinus paranasaux.....	3
Figure 2. Réponse immunitaire de type 2.....	4
Figure 3. Cycle de vie de biofilm " les cinq principale étapes.....	7

Liste des abréviations

HE : Huile essentielle

GC : Chromatographie en phase gazeuse

GC/MS : CG couplée à la spectrométrie de masse

GC-Fid : CG couplée à un détecteur à ionisation de flamme

CMI : Concentration minimale inhibitrice

CMB : Concentration minimale bactéricide

ATCC : Souche de référence « American Type Culture Collection »

DZI : Diamètre de zone d'inhibition

EM : Méthode de dilution sur gélose ; Extrait méthanolique

FH : Méthode de dilution sur gélose ; Fraction hexanique

FDC : Méthode de dilution sur gélose ; Fraction dichlorométhane

FAE : Méthode de dilution sur gélose ; Fraction acétate d'éthyle

CM : Méthode de dilution sur gélose ; Chloramphénicol

EA : Méthode d'overlay ; Extrait alcoolique

FB : Méthode d'overlay ; Fraction butanolique

MDG : Méthode de diffusion en gélose

MDV : Méthode de diffusion en vapeur

BDC : Blanc de Chine

RDC : Rose de Chine

BD : Blance Desi (local)

RD : Rose Desi (local)

Introduction

La sinusite chronique (SC) constitue un syndrome inflammatoire ou une infection persistante des voies respiratoires supérieures, englobant le nez et les sinus – désignés ensemble sous le nom de cavité nasosinusienne. Ce trouble, aux répercussions sanitaires non négligeables, compromet gravement la qualité de vie des patients. Aux États-Unis seulement, les dépenses de santé directement attribuées à la SC excèdent 8 milliards de dollars, tandis que ses complications peuvent s'étendre aux voies respiratoires inférieures, favorisant l'aggravation de diverses pathologies pulmonaires. La SC se pose également comme un enjeu majeur de santé publique, et elle est à l'origine de près de 20 % des prescriptions d'antibiotiques chez les adultes, contribuant ainsi de manière significative à la montée préoccupante des résistances antimicrobiennes (Benjamin et al., 2017).

Depuis l'Antiquité, l'humanité a remarqué que les plantes médicinales constituent une source précieuse de remèdes contre les infections et les intoxications. Cette tradition millénaire perdure encore aujourd'hui, aussi bien dans de nombreux pays en développement que dans les sociétés industrialisées, séduites par leurs effets bénéfiques multiples thérapeutiques, mais aussi culinaires et cosmétiques. Ces dernières années, un intérêt scientifique croissant s'est manifesté autour des plantes aromatiques et médicinales, dont les vertus biologiques telles que l'activité antimicrobienne, antioxydante et anti-inflammatoire ont été largement documentées dans la littérature. Ces propriétés, porteuses d'un potentiel d'innovation, ouvrent de nouvelles perspectives d'application dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire (Guendoul & Kerkour, 2021).

Notre étude vise à synthétiser les travaux menés sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles vis-à-vis des pathogènes responsables des infections respiratoires. Bien que de nombreuses études existent sur les propriétés des plantes médicinales en général, il existe une rareté de recherches spécifiquement dédiées à leur efficacité dans le traitement de la sinusite chronique ce qui rend ce travail particulièrement original. Ce manuscrit se structure en deux volets complémentaires : une première partie bibliographique dédiée à l'exploration des données disponibles sur la sinusite chronique et les huiles essentielles, suivie d'une seconde partie analytique présentant et confrontant les résultats obtenus par divers chercheurs quant au pouvoir inhibiteur des huiles essentielles extraites de plantes médicinales.

Synthèse

Bibliographique

Chapitre 1

Sinusite chronique

1.1 Généralités

La sinusite chronique est caractérisée par une inflammation persistante de 8 à 12 semaines causée par plusieurs facteurs à savoir microbienne (bactérien, fongique et virale), l'allergie, les polypes nasaux, des anomalies structurelles et d'autres. Les sinusites sont classées selon leur position ou localisation telles que les sinusites maxillaires, frontales et sphénoïdiennes. La sinusite chronique diffère entre les adultes et les enfants selon les symptômes et le traitement, 65~100% des enfants atteints des sinusites chroniques ont des cultures positives des aspirats sinusaux. Les symptômes les plus courants de cette maladie sont la congestion nasale, des écoulements épais, douleur ou pression faciale, diminution de l'odorat, maux de tête et fatigue ... etc. Cette affection provoque une grande détresse chez les patients et augmente le fardeau social. L'épidémiologie et la prévalence de cette maladie dans le monde varient de 5 à 14%, avec des taux de 10,9% en Europe et 11,9 % aux États-Unis (Brook, 2016).

1.2. Anatomie et physiologie

Les sinus paranasaux sont des cavités aériennes situées autour de la cavité nasale, en étroite proximité avec les orbites et la base du crâne antérieure. Ils comprennent les sinus maxillaire, ethmoïdal, sphénoïdal et frontal. Leur développement commence dès la vie fœtale et leur expansion pneumatique se poursuit jusqu'au début de l'âge adulte. Étant issus des cavités nasales, ils partagent avec elles certaines caractéristiques histologiques, notamment la muqueuse respiratoire, et sont sujets aux mêmes pathologies.

Au cours de la dernière décennie, il est apparu clairement que la région du cornet moyen et du sinus ethmoïdal antérieur constitue une zone de drainage particulièrement complexe et essentielle. Des variations anatomiques ou des anomalies de développement dans cette région peuvent favoriser l'apparition d'une sinusite chronique. La paroi interne des sinus est tapissée d'un mucopérioste fin composé d'un épithélium respiratoire cilié et de glandes muqueuses. Ces cils assurent le transport du mucus vers l'ostium naturel du sinus, facilitant ainsi son drainage.

Comme illustré à la Figure 1, la direction du mouvement ciliaire varie selon le sinus : dans le sinus maxillaire, les cils battent dans le sens de l'expansion embryonnaire, tandis que dans le sinus frontal gauche, le mouvement se fait dans le sens antihoraire, et dans le sinus frontal droit, dans le sens horaire. Cette dynamique mucociliaire joue un rôle central dans la physiopathologie de la sinusite chronique. Il est important de noter que les ouvertures créées

chirurgicalement en dehors de l'ostium naturel des sinus n'offrent pas toujours une solution durable à la pathologie chronique sous-jacente (Steinberg & Modi, 1990).

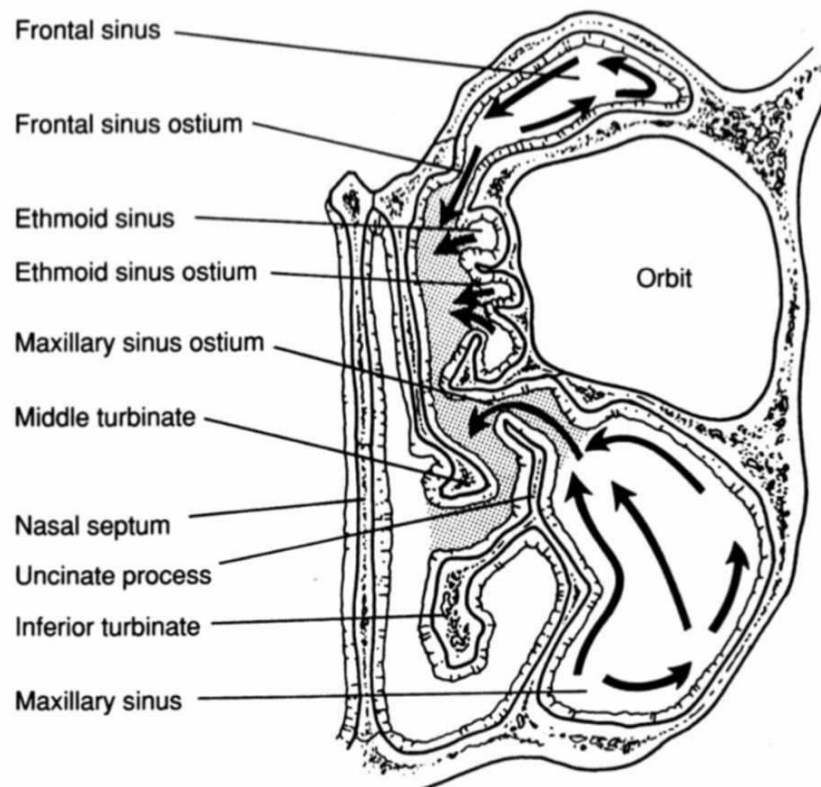


Figure 01. Anatomie du complexe ostéoméatale qui draine les sinus paranasaux (Steinberg & Modi, 1990).

1.3. Réponse immunitaire et échec de traitements

La présence de bactéries dans les sinus est bien établie. Dans la sinusite chronique, il est probable que la clairance mucociliaire et les défenses de l'hôte soient suffisamment altérées pour que la cavité sinusienne perde sa stérilité habituelle, permettant ainsi la colonisation par la flore nasale normale. Par conséquent, la sinusite chronique ne serait peut-être pas une infection au sens classique du terme, mais plutôt une anomalie anatomique perturbant le drainage et provoquant des lésions de la muqueuse sinusienne (Vlaminck et al., 2021).

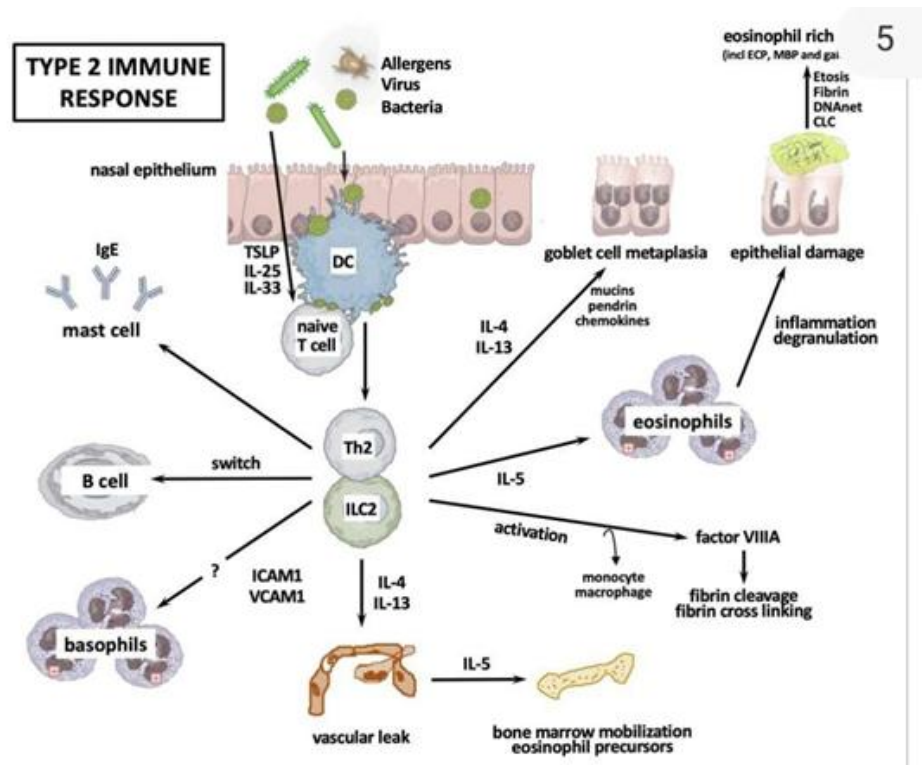


Figure 02. Réponse immunitaire de type 2. CLC, cristaux de Charcot-Leyden ; DC, cellule dendritique ; ETose, apoptose des éosinophiles ; ICAM, molécule d'adhésion intercellulaire ; Ig, immunoglobuline ; IL, interleukine ; ILC, cellule lymphoïde innée ; Th, cellule T auxiliaire ; TSLP, lymphopoïétine stromale thymique ; VCAM, molécule d'adhésion des cellules vasculaires (Vlaminck et al., 2021).

1.4. Agents pathogènes

1.4.1. *Staphylococcus aureus*

S. aureus est une bactérie à Gram positif que l'on trouve couramment sur la peau humaine, y compris dans les narines antérieures. La toxine staphylococcique de choc toxique-1 (TSST-1) provoque le syndrome de choc toxique potentiellement mortel. Il existe actuellement 22 Staphylocoque exotoxines (SE) connues. Certains gènes d'exotoxines de *Staphylococcus aureus* (SE) peuvent être co-transférés entre bactéries, de sorte que certains gènes sont généralement présents dans un groupe. Par exemple, les gènes SE seg, sei, sem, sen, seo se forment un groupe appelée gc (groupe de gènes d'entérotoxines). Sed et sej forment un autre groupe. En général, les SE sont pathogènes car ce sont des molécules porogènes qui s'insèrent dans une cellule humaine et conduisent à sa lyse. Cependant, les SE sont également capables d'agir comme des super antigènes, ils se lient à la région V bêta du récepteur des cellules T humaines, qui est distincte du site de liaison antigénique classique.

Cela conduit à une activation poly clonale intense et à une prolifération des cellules T et à une réponse immunitaire, indépendante de l'interaction antigène-récepteur classique. Il existe environ 50 domaines V bêta humains et certains SE lient à certains de ces domaines (Bendouah, 2008).

1.4.2. *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa est un bacille à Gram négatif non fermentant, aérobie strict, non sporulé, fin, mobile grâce à une ciliature polaire. C'est une espèce bactérienne opportuniste généralement inoffensive chez les individus sains. Cependant, elle devient redoutable chez les immunodéprimés. *P. aeruginosa* génome lui confère une grande capacité d'adaptation et de production de nombreux facteurs de virulence agissant de manière combinatoire (Jeannot & Guillard).

1.4.2.1. Facteurs de virulence

- Le système de sécrétion de type III (SST3) : Injecte des exotoxines (ExoU, ExoS, ExoY, ExoT) dans les cellules de l'hôte, jouant un rôle crucial dans les pneumopathies nosocomiales. Rhamnolipides : Glycolipides détergents qui lisent les globules rouges et blancs, favorisant les infections respiratoires.
- LasB : Une métalloprotéase qui dégrade les peptides antimicrobiens et composants de la matrice extracellulaire, exacerbant les infections nosocomiales et kératites.
- Quorum sensing : aussi comme un facteur de virulence. *P. aeruginosa* forme également des biofilms, structures protectrices composées de polymères et de protéines, augmentant sa résistance aux antibiotiques et rendant les infections chroniques difficiles à traiter. Ces biofilms se développent sur des surfaces dans des tissus riches en mucus (mucoviscidose, BPCO) (Jeannot & Guillard).

1.5. Biofilm et résistance aux antibiotiques

Le biofilm microbienne est une communauté sessile caractérisée par un assemblage de cellules qui sont attachées de manière irréversible à un substrat ou à une interface ou entre elles. L'ensemble de la communauté sont intégrées dans une matrice de substances polymères extracellulaires autoproduites et présentent un phénotype altéré en termes de taux de croissance et de génotype. Cette définition a des implications importantes en matière de recherche, car il a été démontré que les populations bactériennes antérieures classées comme biofilms selon les premières définitions structurelles, ne sont que des micro-colonies de

bactéries planctoniques dépourvues du phénotype intrinsèquement résistant des véritables biofilms.

Les biofilms sont fondamentalement composés de deux caractéristiques structurales à savoir les communautés microbiennes elles-mêmes, qui peuvent constituer jusqu'à 15 % du volume du biofilm, et la matrice extracellulaire (exopolysaccharides EPS) qui forme le reste du biofilm. Les biofilms contiennent généralement plusieurs espèces de bactéries coexistant souvent avec des champignons dans une relation mutuellement bénéfique appelée co-métabolisme. Ce processus facilite l'utilisation très efficace et la dégradation complète des molécules organiques et est avantageux pour l'ensemble de la communauté microbienne, ce qui fait du commensalisme un phénomène courant au sein des biofilms. Ces micro-niches déterminent non seulement les organismes qui peuvent exister et coexister, mais influencent également leur expression génétique.

La composition de la matrice est complexe et variable selon les différentes espèces bactériennes et même au sein d'une même espèce dans des conditions environnementales différentes. Malgré leur composition hétérogène, l'EPS et les protéines sont des caractéristiques essentielles communes à la plupart des matrices de biofilm, fournissant un échafaudage autour duquel les communautés microbiennes s'organisent. L'ADN extracellulaire, initialement considéré comme un simple sous-produit de la lyse cellulaire, s'est maintenant révélé être activement libéré par un mécanisme exocytotique impliquant la membrane bactérienne externe. Une étude de Whitchurch et al sur les biofilms de *P. Aeruginosa* a démontré qu'en l'absence d'ADN extracellulaire, la formation de biofilm était inhibée et que la dégradation enzymatique de l'ADN extracellulaire pouvait dissoudre les biofilms immatures, ce qui implique l'importance de l'ADN dans l'établissement précoce du biofilm (Jeannot & Guillard).

Le cycle de vie du biofilm de *Pseudomonas spp.* Comporte cinq étapes principales :

(1) Fixation réversible : Les bactéries adhèrent temporairement à une surface et peuvent encore se détacher. La détection de la surface et la signalisation intercellulaire déclenchent des changements phénotypiques pour sécuriser une adhésion plus stable.

(2) Fixation irréversible : L'adhésion devient permanente grâce à des interactions moléculaires spécifiques (adhésines, exopolysaccharides). Ces structures deviennent difficiles à éliminer sans force mécanique ou produits chimiques.

(3) **Agrégation** : Les bactéries commencent à se multiplier et produisent des substances extracellulaires qui consolident la structure du biofilm.

(4) **Maturation** : Le biofilm développe une architecture complexe et dense. Les bactéries sessiles expriment des gènes différents de leurs homologues planctoniques, ce qui modifie leur comportement dès les premières minutes de contact avec la surface.

(5) **Détachement** : Lorsque le biofilm atteint une masse critique, des bactéries se redifférencient en organismes planctoniques et se dispersent, entraînant des infections secondaires (ex. Pics de fièvre associés aux dispositifs médicaux) (Brook, 2016).

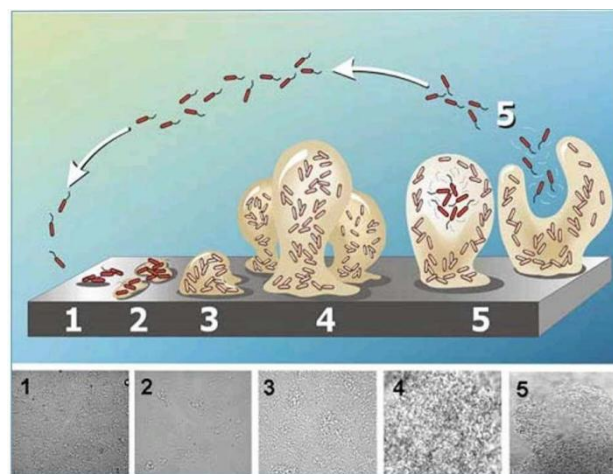


Figure 03. Cycle de vie de biofilm " les cinq principale étapes (Brook, 2016).

1.5.1. Résistance aux antibiotiques

Les biofilms bactériens confèrent une résistance accrue aux antibiotiques, rendant les bactéries 10 à 1000 fois moins sensibles que leurs homologues planctoniques. Cette résistance est multifactorielle et varie selon les organismes. Les principaux mécanismes identifiés sont :

- **Pénétration retardée** : La matrice d'exo polysaccharides peut limiter ou ralentir la pénétration de certains antibiotiques (aminoglycosides, bêta-lactamines, glycopeptides) en raison d'interactions physiques ou chimiques, permettant aux bactéries de développer des réponses adaptatives.
- **Microenvironnement et croissance réduite** : Les gradients chimiques dans le biofilm (pH, oxygène, nutriments) réduisent l'efficacité des antibiotiques. Les bactéries à croissance lente dans ces environnements sont moins sensibles aux traitements antimicrobiens.

- **Expression génétique modifiée** : Les bactéries du biofilm expriment des gènes spécifiques, notamment ceux liés aux pompes d'efflux multi drogues ou à la résistance intrinsèque, augmentant leur tolérance aux antibiotiques.
- **Persistence** : Une sous-population de cellules persistantes, hautement protégées, survit au traitement antibiotique et peut régénérer le biofilm, rendant les infections difficiles à éradiquer (Alkis ,2008).

Chapitre 2

Les huiles essentielles

2.1. Les huiles essentielles

Une huile essentielle est un produit odorant, généralement à composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, par l'un des procédés suivants : l'entraînement à la vapeur d'eau, la distillation sèche, ou un procédé mécanique approprié sans application de chaleur. L'huile essentielle est, par la suite, séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de modification significative de sa composition.

La matière première utilisée peut être fraîche, flétrie, sèche, entière, contusée ou pulvérisée. Une exception est faite pour les fruits du genre Citrus, qui doivent impérativement être traités à l'état frais. Dans ce cas, l'extraction s'effectue par expression à froid, et le produit obtenu est alors qualifié d'essence, conformément à la terminologie de l'AFNOR (Association Française de Normalisation), et non d'huile essentielle. Il convient ainsi de distinguer l'essence végétale — sécrétion naturelle produite par les plantes aromatiques et accumulée dans des structures spécialisées — de l'huile essentielle obtenue par distillation. Bien que l'objectif de la distillation soit de recueillir cette essence sans altération, le processus d'extraction peut engendrer certaines modifications chimiques (réarrangements moléculaires, hydrolyses, etc.). Cette distinction entre l'essence d'origine et l'huile essentielle résultante revêt donc une importance particulière tant sur le plan chimique que fonctionnel (Deschepper, 2017).

2.2. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de molécules variées, appartenant principalement à deux groupes chimiques en fonction de leur origine :

Les composés terpéniques (terpènes et leurs dérivés oxygénés).

Les composés aromatiques dérivés des phénylpropanoïdes.

Les huiles essentielles peuvent également contenir des composés d'origines diverses, tels que des alcools, des aldéhydes, des cétones, des esters, etc., mais en faibles quantités. Tous ces composés se caractérisent par un faible poids moléculaire (Bily, 2023).

2.2.1. Composés terpéniques : terpènes et terpénoïdes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels pouvant présenter une structure linéaire ou cyclique. Ils suivent la formule générale $(C_5H_8)_n$, où "n" représente le nombre d'unités d'isoprène (ou 2-méthylbuta-1,3-diène), de formule brute C_5H_8 . Selon la valeur de "n", les terpènes sont classés en différentes catégories : monoterpènes ($n = 2$), sesquiterpènes ($n = 3$), diterpènes ($n = 4$), etc. (Bily, 2023).

2.2.2. Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont dérivés du phénylpropane. Ils sont moins abondants que les terpènes et leurs dérivés oxygénés. Parmi eux, on trouve fréquemment des allioles et des propénylphénols (Bily, 2023).

2.2.3. Composés d'origines diverses

Selon le mode d'extraction utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire entraînés lors de l'hydrodistillation : carbures, acides, alcools, aldéhydes, esters, éthers ...etc. (Lüttge 2002).

2.3. Biosynthèse des huiles essentielles

La biosynthèse des huiles essentielles se fait suivant deux principales voies :

2.3.1. Voie des Terpénoïdes

La synthèse des terpénoïdes commence par la formation de l'isopenténylpyrophosphate (IPP), une molécule de cinq carbones. Deux voies principales mènent à sa production : la voie du mévalonate, qui part de l'acétyl-CoA et passe par l'acide mévalonique, et la voie du méthylérythritolphosphate (MEP), spécifique aux végétaux, qui utilise le pyruvate et le glycéraldéhyde-3-phosphate. L'IPP est ensuite isomérisé en diméthylallylpyrophosphate (DMAPP), qui se condense avec d'autres molécules d'IPP pour former des précurseurs plus complexes tels que le géranyl-pyrophosphate (GPP), le farnésyl-pyrophosphate (FPP) et le géranylgéranyl-pyrophosphate (GGPP). Ces composés sont à l'origine de la biosynthèse des différentes classes de terpènes, incluant les monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes et caroténoïdes. Ainsi, la diversité des terpénoïdes découle de ces réactions successives de condensation (Bily, 2023).

2.3.2. Voie des Phenylpropanoïdes

La biosynthèse des phénylpropanoïdes commence à partir de l'acide shikimique, formé par une condensation aldolique entre le phosphoénolpyruvate (PEP) et l'érythrose-4-phosphate. L'acide shikimique est ensuite transformé en acide chorismique, un intermédiaire clé dans ce métabolisme. Ce dernier subit un réarrangement pour donner l'acide préphénique, qui, après une décarboxylation et une déshydratation, conduit à l'acide phénylpyruvique. À partir de l'acide phénylpyruvique, on obtient l'acide cinnamique, précurseur fondamental des métabolites finaux tels que : les phénols, les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes, les flavonoïdes, les anthocyanosides et les tanins (Bily, 2023).

2.4. Sécrétion et stockage

La biosynthèse des huiles essentielles se déroule dans le cytoplasme de cellules sécrétrices qui varient en fonction de l'organe végétal concerné, puis elles s'accumulent généralement dans des cellules glandulaires spécifiques revêtues d'une cuticule. Par la suite, ces substances hydrophobes sont conservées et accumulées au sein de structures histologiques dédiées, généralement situées sur ou près de la surface de la plante (Abdelli, 2017).

2.5. Propriétés et activités biologiques

Les huiles essentielles sont utilisées depuis les temps anciens pour leurs propriétés thérapeutiques très variées. Ce large champ de propriétés biologiques que possèdent des huiles essentielles est dû à la diversité de molécules qu'elles renferment. Les données de la littérature indiquent que les huiles essentielles possèdent des propriétés antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoire, antispasmodiques, insecticides, insectifuges, larvicides antiprolifératives, antimalarial, cicatrisantes, neurosédatives, relaxantes, etc. (Hayat et al., 2018).

Partie expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthodes

3. Matériel et méthodes

3.1. Origine du matériel végétale

Dans le tableau (**Tab 01**) ci-dessous, toutes les informations sont récapitulées concernant les espèces végétales sur lesquelles les auteurs de notre enquête ont travaillé. Les auteurs ont établi leurs choix de plantes dépendamment de leurs propres objectifs ainsi que la région dans laquelle ils se trouvent.

Tableau 1. Informations sur les plantes étudiées.

Espèce	Région	Période de la récolte	Organe étudié	Références
<i>Thymus sipyleus</i>	Sivas/Ulaş, Turquie	Juillet 2014	Partie aérienne	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	Faisalabad, Pakistan	/	Bulbes secs	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	Nord de la Côte d'Ivoire	septembre 2017.	Feuilles	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	Municipalité d'Itaúna, État de Minas Gerais, Sud-Est Brésil.	September 2013.	Fleure	(Costa et al., 2015)
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	Budapest, Hongrie	/	/	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i>	Florina, Allemagne Sanflore, France Kohken koryo, Japon Thursday	/	/	(Inouye et al., 2001)

<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	plantation, Australie			
<i>Artemisia capillaris</i>	Jiango Chine	Juin, juillet 2013	Partie aérienne	(Yang et al.,2015)
<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	Ismir-Urla, Turkie	Septembre 2013	Partie aérienne	(Karacaet al.,2018)
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	Ayutthayo, Thailand	/	/	(Khosakueng et al., 2024)

3.2. Méthodes d'extraction

Les méthodes utilisées pour l'obtention des huiles essentielles sont résumées dans (Tab 02). La majorité des auteurs ont recouru à l'hydrodistillation en utilisant un dispositif de type Clevenger. L'hydrodistillation est une méthode qui repose sur la transformation des composés chimiques de l'état liquide à l'état gazeux. Il est relativement facile de séparer deux phases liquides non miscibles par une simple décantation.

Tableau 2. Les méthodes utilisées pour l'obtention des huiles essentielles.

Espèce	Méthode	Durée d'extraction	Référence
<i>Thymus sipyleus</i>	Hydrodistillation	3heures	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	Méthanolique et aqueuse	7-6 heures	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	Hydrodistillation	9 heures	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	Méthanolique et Alcoolique	120 heures	(Costa et al., 2015)

<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	/	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	/	/	(Inouy et al., 2001)
<i>Artinisia capillaris</i>	Hydrodistillation	3h	(Yang et al.,2015)
<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	Hydrodistillation	3h	(Karacaet al.,2018)
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	/	(Khosakueng et al., 2024)

3.3. Analyse chimique

Il est conseillé d'utiliser la chromatographie en phase gazeuse, surtout lorsqu'elle est associée à la spectrométrie de masse, pour caractériser les molécules des huiles essentielles. Ainsi, la majorité des auteurs de notre recherche ont employé la GC/MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse). La chromatographie en phase gazeuse (GC) est une méthode analytique qui permet de dissocier les composants d'un mélange pour procéder à leur identification et quantification. Elle concerne principalement les composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage (substances volatiles). La technique d'analyse GC/MS, qui signifie la chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse, associe les capacités de séparation des composés d'un échantillon propre à la chromatographie en phase gazeuse et de la spectrométrie de masse, servant à détecter et identifier les composés selon leur rapport masse/charge. Cette méthode offre la possibilité de déterminer et/ou de mesurer avec précision un grand nombre de substances

présentes en quantités extrêmement réduites, voire résiduelles. De même, la technique GC/FID (chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme) est largement utilisée pour l'analyse des huiles essentielles. Elle permet une séparation efficace des composés volatils et leur détection selon leur capacité à produire des ions dans une flamme d'hydrogène, offrant ainsi une quantification fiable et sensible des constituants, même à de faibles concentrations.

Tableau 3. Méthodes utilisées pour caractériser les huiles essentielles étudiées.

Espèce	Méthode	Référence
<i>Thymus sipyleus</i>	GC/MS GC/FID	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	Spectrophotomètre	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	GC/MS	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	/	(Costa et al., 2015)
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	GC/MS GC/FID	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	/	(Inouye et al., 2001)
<i>Artemisia capillaris</i>	/	(Yang et al., 2015)

<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	GC-MS GC-FID	(Karacaet al.,2018)
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	(Khosakueng et al., 2024)

3.4. Activité antimicrobienne

De nombreuses affections dues à des microorganismes mettent en péril la santé des êtres vivants. Cela a motivé les chercheurs à chercher des méthodes pour le combattre. Les articles choisis pour notre recherche ont traité ce sujet en évaluant l'activité antimicrobienne de leurs huiles essentielles contre des souches cliniques issues de l'hôpital et des souches de référence. Les souches utilisées dans les articles étudiées sont présentées dans le (Tab 04).

Tableau 4. Souches microbiennes testées.

Espèce	Souche	Origine	Reference
<i>Thymus sipyleus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC BAA-1026	Référence	(Demirci et al., 2018)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) ATCC 700699	Référence	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 14990	Référence	
	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 19615	Référence	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 10015	Référence	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 10145	Référence	
	<i>Moraxella catarrhalis</i> ATCC 23245	Référence	
	<i>Haemophilus influenzae</i> ATCC 49247	Référence	
<i>Allium sativum</i>	<i>Klebsiella pneumonia</i>	Clinique	(Shahid et al., 2021)
	<i>Proteus mirabilis</i>	Clinique	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Clinique	

	<i>Enterococcus faecalis</i>	Clinique	
<i>Diphasia klaineana</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Référence	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	<i>Porphyromonas gingivalis</i> FDC38	Référence	(Costa et al., 2015)
	<i>Prevotella intermedia</i> ATCC 25611	Référence	
	<i>Peptostreptococcus anaerobius</i> ATCC 27337	Référence	
	<i>Fusobacterium nucleatum</i> ATCC 10953	Référence	
	<i>Fusobacterium necrophorum</i> ATCC 25586	Référence	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	Référence	
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 33591	Référence	
	<i>Streptococcus agalactiae</i>	Clinique	
	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 19615	Référence	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Clinique	
	α -hémolytique <i>Streptococcus</i>	Clinique	
	<i>Moraxella catarrhalis</i>	Clinique	
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha</i> $\times$ <i>piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Référence	(Ács et al., 2018)
	α -hémolytique <i>Streptococcus</i>	Référence	
	<i>Moraxella catarrhalis</i>	Référence	
	<i>Haemophilus influenzae</i> (DSM 4690)	Référence	
	<i>Haemophilus parainfluenzae</i> (DSM 8978)	Référence	

	<i>Moraxella catarrhalis</i> (DSM 9143)		Référence	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>		Clinique	
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	Gram +	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Clinique	(Inouye et al .,2001)
		<i>Staphylococcus aureus</i>	Clinique	
		<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Clinique	
	Gram -	<i>Escherichia coli</i>	Clinique	
		<i>Haemophilus influenzae</i>	Clinique	
<i>Artemisia capillaris</i>	Gram+	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Clinique	(Yang et al.,2015)
		<i>Staphylococcus aureus</i>	Clinique	
		<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Clinique	
	Gram-	<i>Escherichia coli</i>	Clinique	
		<i>Haemophilus influenzae</i>	Clinique	
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Clinique	
<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	Gram+	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Clinique	(Karacet al .,2018)
		<i>Staphylococcus aureus</i>	Clinique	
		<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Clinique	
	Gram-	<i>Haemophilus influenzae</i>	Clinique	
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Clinique	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Clinique	

		<i>Moraxella catarrhalis</i>	Clinique	
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	Gram+	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Clinique	(Khosakueng et al., 2024)
	Gram-	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Clinique	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Clinique	

3.4.1. Méthodes utilisées

Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antimicrobienne sont récapitulées dans le (Tab 05) Parmi ces méthodes on trouve:

L'aromatogramme analyse la réaction des bactéries aux huiles essentielles. Un milieu gélifié dans une boîte de Pétri estensemencé par une suspension de germes, qui est préparée à partir d'un échantillon prélevé sur le patient. L'établissement de la Concentration Minimale Inhibitrice, ou CMI, correspond à la concentration d'HE la plus faible capable d'inhiber la multiplication des bactéries. Il s'agit du critère le plus fréquemment employé pour évaluer in vitro l'action antimicrobienne des produits biocides. Établissement de la concentration minimale bactéricide (CMB). La CMB est caractérisée comme étant la concentration minimale de l'huile essentielle capable d'éliminer 99,9% de la densité cellulaire finale.

Tableau 5. Méthodes utilisées pour déterminer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles étudiées.

Espèce	Méthodes	Reference
<i>Thymus sipyleus</i>	Méthode de diffusion en puits sur gélose Méthode de diffusion en vapeur CMI	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	CMI Méthode de diffusion en gélose	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	Méthode de diffusion sur gélose CMI CMB	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	CMI	(Costa et al., 2015)

<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	CMI CMB Test en phase vapeur	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	/	(Inouye et al., 2001)
<i>Artemisia capillaris</i>	Diffusion sur gélose CMI CMB	(Yang et al., 2015)
<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	Méthode diffusion en gélose CMI Méthode de diffusion en phase vapeur	(Karacaetal ., 2018)
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	CMI CMB	(Khosakueng et al., 2024)

Chapitre 4

Résultats et discussion

4. Résultats et discussion

4.1. Teneur en huiles essentielles

Les auteurs ont obtenu des teneurs en huiles essentielles variant entre 0,29 et 2,24 % (Tab 06). *Mentha spicata* a produit la teneur la plus importante (2,24 %). Effectivement, la teneur des huiles essentielles dépend de divers facteurs biotiques et abiotiques, y compris le moment de la récolte, la nature des organes récoltés, la qualité du sol et la quantité de précipitations. Par conséquent, la mise en place de conditions adéquates et l'application de méthodes innovantes et performantes peuvent optimiser l'efficacité des huiles essentielles.

Tableau 6. Rendement des extractions

Espèce	Rendements	Reference
<i>Thymus sipyleus</i>	2%	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	/	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	H1 =1,65% Les huiles essentielles des feuilles avant la floraison (H1) H2=1,53%pendantla floraison (H2)	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	/	(Costa et al., 2015)
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	/	(Inouye et al., 2001)

<i>Artenisia capillaris</i>	1.6%	(Yang et al.,2015)
<i>Mentha spicata</i> <i>Lavandula stoechas</i>	M= 2.24% L=0.29%	(Karacaet al.,2018)
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	(Khosakueng et al., 2024)

4.2. Composition chimique

D'après le tableau ci-dessous (**Tab 07**), on constate que la plupart des huiles essentielles étudiées sont constituées de composés majoritairement terpéniques tels que le thymol, le γ terpinène et le 1,8-cinéole, ainsi que des alcools comme le terpinène-4-ol et le linalool. Des molécules volatiles telles que l'eugénol, le camphre, et le trans-cinnamaldéhyde sont également très répandues dans les HE des plantes aromatiques, notamment chez certaines espèces de *Thymus*, *Mentha*, *Cinnamomum* et *Eucalyptus*. On retrouve également des composés soufrés comme l'allicine et l'alliin dans les extraits d'*Allium sativum*.

Toutefois, la chimie des huiles essentielles demeure extrêmement variée et complexe, variant selon divers paramètres tels que le développement de la plante, l'organe distillé, ou encore les techniques de séchage et d'extraction qui peuvent affecter la qualité et la concentration en actifs .

Tableau 7. Analyses chimiques des huiles essentielles étudiées.

Espèce	Composés majoritaires	Reference
<i>Thymus sipyleus</i>	• thymol • p-cymene • γ-terpinene	(Demirci et al., 2018)
<i>Allium sativum</i>	• allyldisulphide • allylcysteine • alliin • Allicin • Flavonoïdes	(Shahid et al., 2021)
<i>Diphasia klaineana</i>	• Sabinene • β-Elemol • β-Pinene	(Koné et al., 2019)

	• α-Pinene • α-Thujene • Limonene • γ-Terpinene • Terpinolen • Linalool • Terpinen-4-ol	
<i>Alpinia zerumbet</i>	• Stéroïdes • Triterpénoïdes • Saponines • Flavonoïdes • Alcaloïdes	(Costa et al., 2015)
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	• trans-cinnamaldéhyde • 1,8-cinéole • thymol • menthol • l'eugénol	(Ács et al., 2018)
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Perilla frutescens</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pelargonium graveolens</i> <i>Mentha × piperita</i> <i>Melaleuca alternifolia</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Lavandula latifolia</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Eucalyptus radiata</i> <i>Citrus medica</i>	/	(Inouye et al., 2001)
<i>Artemisia capillaris</i>	• α-pinène • β-pinène • limonène • 1,8-cinéole • pipéritone • β-caryophyllène • capilline • germacrène D	(Yang et al., 2015)
<i>Mentha spicata</i>	• Carvone • Limonène • 1,8-cinéole	(Karaca et al., 2018)
<i>Lavandula stoechas</i>	• camphre • α-fenchone	

	• acétate de bornyle • 1,8-cinéole	
<i>Ocimum tenuiflorum</i> <i>Ocimum basilicum</i> <i>Cymbopogon citratus</i> <i>Citrus hystrix</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber cassumunar</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	/	(Khosakueng et al., 2024)

4.3. Activité antimicrobienne

Les résultats de l’activité antimicrobienne sont présentés dans (Tab 08) ci-dessous.

Espèce	Souche	DZI		CMI	CMB	Reference
Thymus sipyleus	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC BAA-1026	MDG 13	MDV 65	160		(Demirci et al., 2018)
	<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) ATCC 700699	15	71	310		
	<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 14990	16	Pas de croissance	310		
	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 19615	14	50	160		
	<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 10015	12	25	310		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 10145	0	0	1250		
	<i>Moraxella catarrhalis</i> ATCC 23245	12	51	160		
	<i>Haemophilus influenzae</i> ATCC 49247	12	34	310		

<i>Allium sativum</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Extrait méthanol	Extrait eau		Extrait méthanol			Extrait eau		(Shahid et al., 2021)
		BDC 20 ± .37	BDC 13 ± .58	BDC 6.31 ± .68	BDC 7.67 ± .23					
		RDC 21 ± .57	RDC 8 ± .55	RDC 8.17 ± .30	RDC 9.20 ± .31					
		BD 27 ± .86	BD 17 ± .43	BD.81 ± .04	BD 9.76 ± .23					
		RD 26 ± .47	RD 19 ± .38	RD 5.71 ± .27	RD 8.52 ± .30					
<i>Proteus mirabilis</i>	BDC 21 ± .52	BDC 16 ± .27	BDC 6.72 ± .66	BDC 9.18 ± .30						
	RDC 20 ± .49	RDC 7 ± .62	RDC 9.18 ±.30	RDC 8.17 ± .54						
	BD 25 ± .31	BD 18 ± .98	BD 9.76 ± .23	BD 8.61 ± .08						
	RD 24 ± .66	RD 8 ± .87	RD 2.10 ± .68	RD 9.6 ±.23						
<i>Staphylococcus aureus</i>	BDC17 ± .94	BDC 15 ± .38	BDC4.66 ± .71	BDC 3.88 ± .45						
	RDC 28 ± .29	RDC 13 ± .44	RDC5.85 ± .41	RDC 9.85 ± .27						
	BD 25 ± .31	BD 15 ± .35	BD8.61 ± .08	BD 3.58 ± .18						
	RD 27 ± .19	RD 16 ± .72	RD3.79 ± .71	RD 8.21± .45						
<i>Enterococcus faecalis</i>	BDC 25 ± .18	BDC 13 ± .26	BDC5.16 ± .27	BDC 3.27 ± .90						
	RDC 27 ± .37	RDC 11 ± .53	RDC7.16 ± .50	RDC 9.52 ± .28						
	BD 26 ± .28	BD 14 ± .11	BD3.58 ± .18	BD 4.07 ± .30						
	RD 28 ± .76	RD 12 ± .39	RD3.13 ± .22	RD 4.44 ± .88						
<i>Diphasia klaineana</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923				H1 =12 ,5				H1 =25	(Koné et al., 2019)
<i>Alpinia zerumbet</i>	<i>Porphyromonas gingivalis</i> FDC38		EM	FHF	FDC	FAE	CM	EA	FB	(Costa et al., 2015)
		256	64	-	-	1	+	-		
	<i>Prevotella intermedia</i> ATCC 25611		512	128	256	256	1	-	-	
	<i>Peptostreptococcus anaerobius</i> ATCC 27337		512	128	256	256	2	-	+	
	ATCC 10953		512	64	512	512	1	-	-	
<i>Fusobacterium nucleatum</i> ATCC 25586		-	64	-	512	1	-	-		

	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853		-	-	-	-	256	+	+		
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 33591		256	512	256	128	4	-	-		
	<i>Streptococcus agalactiae</i>		-	-	-	-	2	-	-		
	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 19615		-	256	512	-	2	-	-		
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>		128	128	128	32	2	-	-		
	α-hémolytique Streptococcus		512	128	256	256	2	+	-		
	<i>Moraxella catarrhalis</i>		512	128	256	256	0.5	+	-		
<i>Syzygium aromaticum</i> <i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Mentha</i> × <i>piperita</i> <i>Cymbopogon nardus</i>	<i>Streptococcus pneumoniae</i> (DSM 20566)			Macrodilution en bouillon		essai en phase vapeu			(Ács et al., 2018)		
		Écorce de cannelle		0.06	75		0.13				
		Thym		0.11	90		0.22				
		Clou de girofle		0.25	150		0.50				
		Menthe poivrée		0.35	90		0.70				
		Citronnelle		0.09	50		0.17				
		Eucalyptus		1.41	1200		2.81				

		Pin sylvestre		0.68	> 1500	1.35	
	<i>Streptococcus mutans</i> (DSM 20533)	Écorce de cannelle		0.20	90	0.41	
		Thym		0.04	250	0.09	
		Clou de girofle		0.41	500	0.81	
		Menthe poivrée		0.70	375	1.39	
		Citronnelle		0.17	250	0.34	
		Eucalyptus		0.70	> 1500	1.41	
		Pin sylvestre		1.35	> 1500	2.71	
	<i>Streptococcus pyogenes</i> (116)	Écorce de cannelle		0,41	75	0.81	
		Thym		0,43	125	0.87	
		Clou de girofle		0,10	225	0.20	
		Menthe poivrée		0,35	250	0.70	
		Citronnelle		0,17	125	0.34	
		Eucalyptus		2,82	> 1500	5.64	
		Pin sylvestre		1,35	> 1500	2.71	
	<i>Haemophilus influenzae</i> (DSM 4690)	Écorce de cannelle		0.06	15.62	0.13	
		Thym		0.11	25	0.22	
		Clou de girofle		0.25	90	0.50	
		Menthe poivrée		0.21	50	0.43	
		Citronnelle		0.21	50	0.42	
		Eucalyptus		1.41	125	2.81	
		Pin sylvestre		1.35	500	2.70	

	<i>Haemophilus parainfluenzae</i> (DSM 8978)	Écorce de cannelle		0.06	15.62	0.13	
		Thym		0.11	31.25	0.22	
		Clou de girofle		0.25	150	0.50	
		Menthe poivrée		0.21	75	0.43	
		Citronnelle		0.11	62.5	0.21	
		Eucalyptus		0.70	200	1.41	
		Pin sylvestre		0.34	> 1500	0.68	
	<i>Moraxella catarrhalis</i> (DSM 9143)	Écorce de Cannelle		0.10	25	0.20	
		Thym		0.09	50	0.18	
		Clou de girofle		0.25	125	0.50	
		Menthe poivrée		0.35	31.25	0.70	
		Citronnelle		0.11	25	0.21	
		Eucalyptus		2.81	225	5.64	
		Pin sylvestre		0.34	> 1500	0.68	
<i>Cinnamomum verum</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	(Inouye et al., 2001)		
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/			
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/			
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/			
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/			
<i>Cymbopogon</i>	<i>Haemophilus</i>	/	/	/			

<i>citratus</i>	<i>influenzae</i>				
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Perilla frutescens</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Pelargonium graveolens</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Mentha × piperita</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	/	/	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	/	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	/	/	
	<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	
<i>Coriandrum</i>	<i>Haemophilus</i>	/	/	/	

sativum	influenzae				
	Streptococcus pyogenes	/	/	/	
	Streptococcus pneumoniae	/	/	/	
	Staphylococcus aureus	/	/	/	
	Escherichia coli	/	/	/	
Lavandula latifolia	Haemophilus influenzae	/	/	/	
	Streptococcus pyogenes	/	/	/	
	Streptococcus pneumoniae	/	/	/	
	Staphylococcus aureus	/	/	/	
	Escherichia coli	/	/	/	
Rosmarinus officinalis	Haemophilus influenzae	/	/	/	
	Streptococcus pyogenes	/	/	/	
	Streptococcus pneumoniae	/	/	/	
	Staphylococcus aureus	/	/	/	
	Escherichia coli	/	/	/	
Eucalyptus radiata	Haemophilus influenzae	/	/	/	
	Streptococcus pyogenes	/	/	/	
	Streptococcus pneumoniae	/	/	/	
	Staphylococcus aureus	/	/	/	
	Escherichia coli	/	/	/	
Citrus medica	Haemophilus influenzae	/	/	/	
	Streptococcus pyogenes	/	/	/	
	Streptococcus pneumoniae	/	/	/	
	Staphylococcus aureus	/	/	/	
	Escherichia coli	/	/	/	
Artenisia capillaris	Streptococcus pyogenes	/	52	>52	(Yang et al., 2015)
	Staphylococcus aureus	/	56	98	
	Streptococcus pneumoniae	/	32	56	
	Klebsiella pneumoniae	/	32	56	
	Escherichia coli	/	24	64	
Mentha spicata	Streptococcus pneumoniae	/	0	/	

	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	1	/	(Karaca et al., 2018)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	1	/	
	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	0.9	/	
	<i>Moraxella catanhalis</i>	/	0	/	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	0.8	/	
<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	/	0	/	(Karaca et al., 2018)
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	/	1.2	/	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	/	0.8	/	
	<i>Haemophilus influenzae</i>	/	1	/	
	<i>Moraxella catanhalis</i>	/	0	/	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	0.8	/	
<i>Basilic sacré (Ocimum tenuiflorum L.)</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	0.2	0.2	(Khosakueng et al., 2024)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	0.2	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	0.4	0.003	
<i>Basalic doux (Ocimum basilicum L.)</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	3.2	0.2	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	0.8	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	3.2	3.2	
<i>Citronnelle (Cymbopogon citratus L.)</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	0.1	0.1	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	0.1	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	0.1	0.1	
<i>Le combava (Citrus hystrix DC.)</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	0.4	0.05	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	0.8	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	1.6	0.003	
<i>Curcuma (Curcuma longa L.)</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	3.2	3.2	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	3.2	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	3.2	0.01	
<i>Gingembre cassumunar</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	1.6	1.6	

(Zingiber Cassumunar Roxb.)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	3.2	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	1.6	3.2	
Citronelle (Cymbopogon nardus Rendle.). C	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	/	0.1	0.2	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	/	3.2	0.2	
	<i>Staphylococcus epermidis</i>	/	1.6	0.1	

4.4. Discussion

Dans notre étude nous avons essayé à synthétiser les résultats des chercheurs ayant évalué l'activité antimicrobienne des plantes médicinales utilisées pour traiter les infections des sinusites. La problématique examinée par les auteurs étaient centrées sur l'évolution de l'activité antimicrobienne et anti biofilm des plantes médicinales, dans l'optique de proposer des alternatives aux antibiotiques ayant devenus inefficaces face à l'émergence croissante de bactéries résistantes.

Les résultats principaux des auteurs montrent que la teneur en huiles essentielles des espèces étudiées varie entre 0.29% et 2.24%. Cela en fonction de plusieurs facteurs tels que le type de matériel végétal utilisé, la période de récolte, les conditions de séchage et les méthodes d'extraction. D'après notre analyse, nous avons trouvé que l'espèce *Mentha spicata* a présenté un rendement acceptable de 2,24 %, tandis que *Lavandula stoechas* a affiché un rendement le plus faible de 0,29 %. Bien que ce dernier soit relativement bas, il demeure néanmoins acceptable.

La caractérisation chimique des huiles essentielles a principalement été réalisée à l'aide de la GC/M et de la GC-FID. Les auteurs ont procédé à cette caractérisation dans le but d'explorer une éventuelle corrélation entre la composition chimique des huiles essentielles et leurs activités biologiques. Il a été démontré que certains composés, tels que le γ -terpinène et le 1,8-cinéole, ainsi que des alcools comme le terpinène-4-ol et le linalool sont les principaux constituants des huiles essentielles les plus efficaces contre les microorganismes. Cependant, d'autres auteurs ont suggéré l'existence d'effets de synergie entre les molécules dans les huiles essentielles présentant une composition chimique riche (Burt, 2004).

L'évaluation de l'activité antimicrobienne par les méthodes de l'aromatogramme a démontré des profils d'activité variés en fonction des extraits et des huiles essentielles analysés. L'huile essentielle de *Thymus sipyleus* a montré une efficacité notable, avec une efficacité marquée contre les bactéries à Gram positif telles que *Staphylococcus aureus* ATCC BAA-1026, *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes* et *Streptococcus pneumoniae*, avec des diamètres de zones d'inhibition allant de 12 à 16 mm, et une inhibition totale observée sur *Staphylococcus epidermidis*. En revanche, son effet contre les bactéries à Gram négatif comme *Pseudomonas aeruginosa* était nul.

Les extraits méthanoliques et aqueux de *Allium sativum* ont démontré une activité significative, en particulier contre *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus*

aureus et *Enterococcus faecalis*, avec des zones d'inhibition pouvant atteindre 27 mm. De façon générale, les extraits méthanoliques ont révélé une activité biologique supérieure à celle des extraits aqueux.

Les résultats de l'aromatogramme sont confirmés par la méthode des micro-dilutions en milieu liquide et en phase vapeur (CMI), avec des valeurs allant de 0,1 à 200 mg/mL, traduisant une activité antimicrobienne efficace, notamment pour les huiles essentielles de *Cymbopogon citratus*, *Ocimum tenuiflorum* et *Citrus hystrix*. Les concentrations les plus faibles ont été enregistrées contre les souches *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus epidermidis*.

Conclusion

Dans ce travail, l'accent a été mis sur la comparaison de l'activité antimicrobienne de plusieurs plantes médicinales à travers l'étude des huiles essentielles. Cette approche vise à évaluer leur efficacité biologique et à explorer leur potentiel en tant qu'alternatives naturelles aux composés chimiques utilisés dans la lutte contre les micro-organismes responsables de sinusites chroniques.

Les résultats issus des études sélectionnées pour notre enquête ont mis en évidence une forte efficacité des huiles essentielles contre les souches bactériennes testées, soulignant ainsi leur importance en tant que source naturelle de composés bioactifs. Outre leur activité antimicrobienne, ces plantes présentent également un intérêt notable dans le domaine cosmétique.

Les essais *in vitro* réalisés représentent une première étape cruciale dans la recherche de substances naturelles actives. Il demeure toutefois nécessaire d'isoler et de caractériser les composés responsables de cette activité afin de mieux comprendre les mécanismes d'action impliqués.

À la lumière de ces résultats prometteurs, il est essentiel de poursuivre les recherches scientifiques sur ces espèces végétales afin d'exploiter pleinement leur potentiel. La valorisation des plantes médicinales pourrait offrir des perspectives intéressantes pour le développement de produits naturels innovants et durables dans divers secteurs tels que l'agroalimentaire, cosmétique, ainsi que la médecine humaine et vétérinaire.

Références bibliographiques

A

Abdelli, A. W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* [Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem].

Ács, K., Balázs, V. L., Kocsis, B., Bencsik, T., Böszörményi, A., & Horváth, G. (2018).

Antibacterial activity evaluation of selected essential oils in liquid and vapor phase on respiratory tract pathogens. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1), 227.

B

Bendouah, Z. (2008). Implication des biofilms dans la rhinosinusite chronique et l'évaluation des traitements avec un modèle in vitro [Mémoire de maîtrise, Université de Montréal].

Benjamin, M. R., Holbrook, E. H., Rawlings, B. A., & Kennedy, D. W. (2017). Chronic rhinosinusitis: Epidemiology and medical management. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 50(1), 31–49.

Bily, N. E. B. (2023). Composition chimique et activités biologiques d'huiles essentielles obtenues par co-distillation de quelques plantes aromatiques du Burkina Faso [Thèse de doctorat, Université Nazi Boni, Burkina Faso].

Brook, I. (2016). Microbiology of chronic rhinosinusitis. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 35(7), 1059–1068.

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

C

Costa, G. M., Suga, R. G., Oliveira, P. L., Magalhães, P. P., Farias, L. M., Duarte, L. P., & Silva, F. C. (2015). Bioactivity of extracts from *Alpinia zerumbet* against sinusitis-causing bacterial pathogens. *Revista Fitos*, 9(3), 185–194.

D

Demirci, F., Karaca, N., Tekin, M., & Demirci, B. (2018). Anti-inflammatory and antibacterial evaluation of *Thymus sipyleus* Boiss. subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* essential oil against rhinosinusitis pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 122, 117–121.

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie [Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille, Faculté de Pharmacie].

H

Hayat, S., Sabri, A. N., & McHugh, T. D. (2017). Chloroform extract of turmeric inhibits biofilm formation, EPS production, and motility in antibiotic-resistant bacteria. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 63(6), 325–338.

I

Inouye, S., Takizawa, T., & Yamaguchi, H. (2001). Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47(5), 565–573.

J

Jeannot, K., & Guillard, T. (s.d.). *Pseudomonas aeruginosa*. Collège des Enseignants de Bactériologie-Virologie. Document pédagogique ECN.

K

Kania, R. (n.d.). Infections naso-sinusiennes de l'enfant et de l'adulte. La Revue du Praticien.

Karaca, N., Demirci, B., & Demirci, F. (2018). Evaluation of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* L., *Mentha spicata* L. subsp. *spicata* L. essential oils and their main components against sinusitis pathogens. The University of Manchester Library [Accès authentifié].

Khenaka, K. (2011). Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèse ruminale chez l'ovin [Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine].

Khosakueng, M., Taweechaisupapong, S., Boonyanugomol, W., Prapatpong, P., Wongkaewkhiaw, S., & Kanthawong, S. (2024). *Cymbopogon citratus* L. essential oil as a potential anti-biofilm agent active against antibiotic-resistant bacteria isolated from chronic rhinosinusitis patients. The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research, 1–11.

Koné, Y., Boua Boua, B., Ouattara, Z., Mamyrbekova-Bekro, J. A., & Bekro, Y.-A. (2019). Influence de la floraison sur la composition chimique et l'activité anti-sinusite de l'huile essentielle des feuilles de *Diphasia klaineana* Pierre (Rutaceae) de Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 135, 13742–13749.

L

Luttge .U .K ; luge. M. Bauer .G(2002). Substances naturelles : botanique .3ème Edition, Maloine SA.192 -196.

N

Nadaf, N. H., Parulekar, R. S., Patil, R. S., Gade, T. K., Momin, A. A., Waghmare, S. R., & Sonawane, K. D. (2018). Biofilm inhibition mechanism from extract of *Hymenocallis littoralis* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 222, 121–132.

P

Psaltis, A. J. (2008). The role of bacterial biofilms in chronic rhinosinusitis [Doctoral thesis, The Queen Elizabeth Hospital, Adelaide, South Australia].
Pseudomonas aeruginosa. (n.d.). [Source à préciser].

S

Shahid, M., Naureen, I., Riaz, M., Anjum, F., Fatima, H., & Rafiq, M. A. (2021). Biofilm inhibition and antibacterial potential of different varieties of garlic (*Allium sativum*) against sinusitis isolates. *Dose-Response*, 19(4), 1–10.

Steinberg, J., & Modi, P. (1990). Chronic sinusitis. *Canadian Family Physician*, 36, 749–754, 775.

Stow, N. W. (2010). Rôle des exotoxines de *Staphylococcus aureus* dans la rhinosinusite chronique [Thèse de doctorat, Université de Genève].

V

Vlaminck, S., Acke, F., Scadding, G. K., Lambrecht, B. N., & Gevaert, P. (2021).
Pathophysiological and clinical aspects of chronic rhinosinusitis: Current concepts.

Frontiers in Allergy, 2, 741788.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى جمع وتحليل مختلف الأبحاث المنجزة حول النشاط المضاد للميكروبات وقدرة الزيوت الأساسية على تثبيط تكوّن الأغشية الحيوية. وقد تبين أن بعض الزيوت الأساسية، مثل تلك المستخلصة من *Thymus sipyleus*، تُظهر نشاطًا قويًا ضد البكتيريا الممرضة، لاسيما *Pseudomonas aeruginosa* الزائفة الزنجارية و *Staphylococcus aureus* المكورات العنقودية الذهبية. يمكن استغلال هذه الخصائص في مجالات متعددة مثل الصناعات الصيدلانية، الغذائية، والتجميلية. خلصنا إلى أن بعض النباتات تتميز بفعالية ملحوظة كمضادات ميكروبية وبخصائص مثبطة لتشكل الأغشية الحيوية.

الكلمات المفتاحية: التهاب الجيوب الأنفية المزمن، الزيوت الأساسية، النباتات الطبية، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للأغشية الحيوية.

Résumé

Cette étude vise à rassembler et analyser des recherches menées et publiées sur l'activité antimicrobienne des huiles essentielles vis-à-vis des bactéries responsables des sinusites chroniques. Il a été démontré que certaines huiles, telles que celle extraite de *Thymus sipyleus*, présentent une activité significative contre des bactéries pathogènes, notamment *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Ces propriétés peuvent être exploitées dans plusieurs domaines, tels que les industries pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. Nous avons conclu que certaines plantes présentent une efficacité remarquable en tant qu'agents antimicrobiens, avec des propriétés inhibitrices des biofilms.

Mots-clés : Sinusites chroniques, Huiles essentielles, Plantes médicinales, Activité antimicrobienne et antibiofilm.

Abstract

This study aims to compile and analyze research conducted and published on the antimicrobial activity of essential oils against bacteria responsible for chronic sinusitis. Some oils, such as that extracted from *Thymus sipyleus*, have been shown to exhibit significant activity against pathogenic bacteria, including *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. These properties can be exploited in several fields, such as the pharmaceutical, food, and cosmetic industries. We concluded that certain plants exhibit remarkable efficacy as antimicrobial agents, with biofilm-inhibiting properties.

Keywords: Chronic sinusitis, Essential oils, Medicinal plants, Antimicrobial and antibiofilm activity.



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

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

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	Lقب و اسم الطالب (ة) :
TAMER SET NOUR EL HOUDA OUMISSA RABAB	

La mention التقدير	Note(./20) العلامة	L'intitulé de mémoire عنوان المذكرة
Tra. Bien		
Etude de l'activité antitumorale des extraits de quelques plantes médicinales envers les Bactéries responsables des sinusite chronique		

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

Declaracion :	تصريح :
Je soussigné (e), (grade) à l'université de....., avoir examiné intégralement ce memoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées	أنا الممضي (ة) أسفله (الرتبة) بجامعة أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بان : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صحت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة

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



الأستاذ المشرف
.....

التاريخ
2025 / 06 / 18

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