



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Et Sciences de la Terre et de l'Univers



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

*Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire, au Biomédical et
à l'environnement*
« LAMAABE »

MEMOIRE

Présenté par

Askeur Amani Et Ziane Anouar Oussama

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie
Option : Microbiologie Fondamentale

Thème

Evaluation de l'effet antibactérien de l'extraits de plante

Ocimum basilicum

Soutenu le 04/06/2023, devant le jury composé de

Présidente	BOUALI W.	MCA	Université Tlemcen
Encadrante	MKEDDER I.	MCA	Université Tlemcen
Examinatrice	KHOLKHAL W.	MCB	Université Tlemcen

Année universitaire 2022-2023

Remerciement

Avant tout, la louange au Dieu le plus puissant pour ce qu'il nous a donné, comme santé, volonté et surtout patience pour pouvoir achever ce modeste travail.

Ensuite, nos profonds remerciement s'adresse à notre encadrante

Mme MKEDDER Ilham

Pour avoir accepté d'encadrer notre travail, pour ses conseils, son encouragement et son soutien

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury, qui nous font l'honneur d'examiner notre travail :

*il y a le président et l'examineur Mme **BOUALI Wafa** et Mme*

KHOLKHAL W

Un grand merci pour nos chers professeurs qui nous ont fait découvrir le monde de la biologie et qui nous ont donné les bases de la recherche pendant notre parcours universitaire.

En fin, nous remerciements toute personne qui a contribué, de près ou loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Je remercie tout d'abord « Allah » le tout puissant pour la volonté, la santé et la
patience*

Je dédie ce mémoire,

A mes chers parents

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leur prière
tout au long de mes études.*

A mon cher frère et mes chères sœurs

Ali , Amina, Sihem, Meriem, Imen

pour leur appui et leur encouragement.

A mes chères amies

Ilyes , Monaim, Ashraf

*, pour leurs encouragements, et leur soutien moral ainsi pour les moments
agréables que nous avons passés ensemble.*

A mon binom

AMANI et à sa famille.

A mes collègues

*Pour leurs disponibilités, amitiés, et soutiens apporté depuis le jour de notre
connaissance.*

Anouar Cussama

Dédicace

*Je remercie tout d'abord « Allah » le tout puissant pour la volonté, la santé et la
patience*

Je dédie ce simple travail

À mes chers parents

Qui m'ont aidé, porté, et encouragés, qui m'ont permis de

Continuer mes études dans les meilleures conditions et

Qui m'ont appris à jamais baisser les bras

Pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé

A ma chère sœur et mes chers frères

Hayet , Abdellaziz , Moncef

Je leurs souhaite une vie pleine de bonheur et de succès

A mes chères amies

pour leurs aide et supports dans les moments difficiles

*A mon binôme **Anouar** et à sa famille.*

*À toute personne que je connais de près ou de loin, a toute la promotion Master
II Microbiologie Fondamentale.*

AM-AM9

Table des matières

Remerciement.....	
Dédicace.....	
Listes des figures.....	
Listes des tableaux	
Introduction	13

Synthèse bibliographique

1.	Définition	3
2.	Caractéristiques	3
	2.1. Composition chimique complexe	3
	2.2. Volatilité	4
	2.3. Propriétés thérapeutiques.....	4
	2.4. Puissant.....	4
	2.5. Utilisations variées	4
3.	Composition chimique	4
	3.1. Terpènes	5
	3.2. Alcools.....	5
	3.3. Esters	5
	3.4. Phénols	6
	3.5. Cétones	6
4.	Méthodes d'extraction.....	7
	4.1. Hydrodistillation.....	8
	4.2. Distillation à la vapeur.....	8
	4.3. Extraction par solvant organique.....	9
	4.4. Pression à froid	10
	4.5. Extraction de fluide supercritique (SCFE)	10
	4.6. Extraction assistée par micro-ondes (MAE).....	11

4.7.	Extraction assistée par ultrasons (EAU).....	12
5.	Les propriétés biologiques	12
5.1.	Activité antifongique	12
5.2.	Activité antibiofilm	14
6.	Utilisations des huiles essentielles	15
6.1.	Aromathérapie	15
6.2.	Soins de la peau	15
6.3.	Massage	15
6.4.	Nettoyage.....	15
6.5.	Culinaire	16
6.6.	Insectifuge	16
6.7.	Soulagement de la douleur	16
6.8.	Santé respiratoire	16
6.9.	Soutien du sommeil	16
6.10.	Soins capillaires.....	16
6.11.	Amélioration de l'humeur	17
6.12.	Méditation et yoga.....	17
7.	Toxicité des huiles essentielles	17
8.	Quelques plantes aromatiques (plantes à huiles essentielles)	18

Matériel et méthodes

1.	Matériels.....	21
1.1.	Matériel biologique	21
1.2.	Matériel végétale	21
1.3.	Les milieux de culture et les solvants.....	21
2.	Les méthodes.....	22
2.1.	Extraction des huiles essentielles	22
2.1.1.	Rendement.....	23
2.2.	Préparation de la suspension microbienne (l'inoculum)	23
2.3.	Tests d'activité antimicrobienne.....	23
2.3.1.	Méthode de diffusion sur gélose (Aromatogramme)	23

Résultats et discussion

1.	L'extraction	26
2.	Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles pures de la plante	28
	Conclusion générale	33
	Références bibliographiques	35

Liste des figures

Figure 1 : Structures de certains composants des huiles essentielles.....	7
Figure 2 : Montage de l'hydrodistillation.....	8
Figure 3 : Dispositif expérimental utilisé dans la distillation à vapeur.....	9
Figure 4 : Extraction par solvant organique	10
Figure 5 : extraction par micro-onde	11
Figure 6 : Feuilles d' <i>Ocimum basilicum</i>	21
Figure 7 : L'appareil d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation « Clevenger ».	22
Figure 8 : Principe de l'aromatogramme.....	24
Figure 9 : Huile essentielle d' <i>Ocimum basilicum</i>	27
Figure 10 : Effet antibactérien d'huile de Basilic sur les différentes souches testées.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quelques plantes aromatiques..... 18

Tableau 2 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum*.. 268

Tableau 3 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) d'huiles de basilic vis-à-vis des différentes souches bactériennes 30

Tableau 4 : Les valeurs des concentrations minimales inhibitrices CMI obtenues sur Microplaque 330

الملخص

Ocimum basilicum ، يسمى الريحان الحلو باللغة الإنجليزية ، و "Tulsi" باللغة الهندية و "Raihan" باللغة العربية هو نبات سنوي يستعمل كزينة تجارية في المناطق المعتدلة الاستوائية والدافئة من العالم بما في ذلك آسيا وإفريقيا ، ويمكن لهذا النبات أن يقدم مزايا كبيرة ، لوفرتها ، وقدرتها على توفير الزيوت الأساسية ، أو المستخلصات المطلوبة بكثرة في الصناعات الغذائية أو الدوائية.

في هذه الدراسة، تم تقييم تأثير الزيوت الأساسية المستخرجة بالتقطير المائي من أوراق الريحان ضد أربع سلالات بكتيرية *Escherichia.coli*، *Pseudomonas aeruginosa*، *Staphylococcus.aureus*، *subtilis bacillus* الأروماتوغرام وطريقة التخفيف الدقيق في وسط سائل.

أظهرت النتائج أن الزيوت لها تأثير على جميع السلالات باستثناء *Pseudomonas aeruginosa* ويمكن استخدامه كبديل طبيعي لمحاربة الالتهابات البكتيرية.

الكلمات المفتاحية : بازيليكوم الأوسيموم، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للبكتيريا

Résumé

Ocimum basilicum, communément appelé le basilic doux en anglais, "Tulsi" en hindi et "Raihan" en arabe est une plante annuelle largement connue comme plante ornementale commerciale dans les régions tropicales et tempérées chaudes du monde, y compris l'Asie, l'Afrique, l'Amérique.

Cette plante peut offrir des avantages non négligeables, par le fait de sa disponibilité, et sa capacité à fournir des huiles essentielles, ou extraits, largement demandés dans les industries alimentaire ou pharmacologique.

Dans la présente étude, les propriétés antibactériennes des huiles essentielles extraites par l'hydrodistillation à partir des feuilles de Basilic ont été évaluées vis-à-vis de quatre souches bactériennes, à savoir *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, et *Bacillus subtilis* en utilisant la méthode de diffusion par disque et la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

Les résultats ont montré que l'HE d'*Ocimum basilicum* a une activité antibactérienne significative contre les différentes souches de référence testées à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*.

Ces résultats révèlent que ce dernier (le basilic) pourrait être utilisé comme une alternative naturelle pour lutter contre les infections bactériennes.

Mots clés : *Ocimum basilicum*, huiles essentielles, activité antibactérienne

Abstract

Ocimum basilicum, commonly called sweet basil in English, "Tulsi" in Hindi and "Raihan" in Arabic is an annual plant widely used as a commercial ornamental in the tropical and warm temperate regions of the world, including Asia, Africa, and America.

This plant can offer significant advantages, due to its availability, and its ability to supply essential oils, or extracts, widely in demand in the food or pharmacological industries.

In the present study, the antibacterial properties of essential oils extracted by hydrodistillation from basil leaves were evaluated against four bacterial strains, namely *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* using the method of disc diffusion and determination of the minimum inhibitory concentration (MIC).

The results showed that HE of *Ocimum basilicum* has a significant antibacterial activity against the various strains tested with the exception of *Pseudomonas aeruginosa*. These results reveal that the latter (basil) could be used as a natural alternative to fight bacterial infections.

Keywords: *Ocimum basilicum*, essential oils, antibacterial activity

Introduction

Les infections causées par les micro-organismes pathogènes sont une menace majeure pour la santé humaine dans le monde entier. Les bactéries, les virus, les champignons et les parasites peuvent provoquer des infections qui peuvent être légères ou potentiellement mortelles. Pour traiter ces infections, les antibiotiques ont été largement utilisés depuis leur découverte dans les années 1940, ce qui a permis de traiter efficacement de nombreuses infections bactériennes et de sauver des millions de vies (Ventola, 2015)

Cependant, cette utilisation généralisée a conduit à l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques, ce qui a nécessité le développement de nouveaux médicaments pour lutter contre ces infections. (Ventola, 2015)

Grace à leur richesse en composés bioactifs, les plantes aromatiques peuvent offrir une alternative naturelle et prometteuse pour prévenir ces infections. (Alves *et al.*, 2021)

Les plantes aromatiques ont été utilisées depuis des siècles pour leurs propriétés médicinales, culinaires, aromatiques et cosmétiques. Les huiles essentielles extraites de ces plantes sont très prisées pour leurs bienfaits sur la santé, leur parfum envoûtant et leurs utilisations diverses. Les huiles essentielles peuvent être utilisées en aromathérapie, en cuisine, en cosmétique et en parfumerie, offrant une variété d'utilisations bénéfiques pour l'Homme. (Ali *et al.*, 2019)

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire consiste à évaluer l'effet antibactérien de l'extrait de plante *Ocimum basilicum* vis-à-vis de quelques micro-organismes pathogènes.

Synthèse bibliographique

1. Définition

Les huiles essentielles sont des extraits végétaux concentrés qui sont généralement obtenus par distillation.

Ce sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatiles, isolées des plantes par hydrodistillation ou par expression mécanique (**Kalemba et Kunicka, 2003**). Elles sont appelés "essentiels" parce qu'ils contiennent "l'essence" ou l'arôme unique et les composés caractéristiques de la plante dont ils sont extraits (**Chen et al., 2017**); (**Lee et al., 2017**). Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'herbes, d'écorces, de bois, de racines ou de fruits (**Burt, 2004**), mais également à partir des gommages qui s'écoulent du tronc des arbres.

Chaque huile essentielle a une composition chimique unique qui lui donne son arôme caractéristique et ses propriétés thérapeutiques.

Les constituants d'une huile essentielle sont principalement des composés terpéniques lipophiles, on y trouve également des phénylpropanoïdes ou des dérivés hydrocarbonés aliphatiques à chaîne courte de faible poids moléculaire (**Belaidi, 2020**)

Les huiles essentielles sont utilisées pour un large éventail de buts, y compris l'aromathérapie, le massage, et d'autres thérapies alternatives. Ils sont également utilisés comme remèdes naturels pour une variété de problèmes de santé, tels que l'anxiété, le stress et l'insomnie. Certaines huiles essentielles sont également utilisées comme insectifuges naturels et comme ingrédients dans les cosmétiques et les produits de soins personnels (**Chatgpt, 2023**).

2. Caractéristiques

Les huiles essentielles sont des liquides volatils très concentrés qui sont extraits de diverses parties des plantes, comme les fleurs, les feuilles, l'écorce, les racines et les graines. Ils sont connus pour leurs arômes distincts et leurs propriétés thérapeutiques. Voici certaines des caractéristiques des huiles essentielles :

2.1. Composition chimique complexe

Les huiles essentielles sont composées de centaines de composés différents, dont des terpènes, des alcools, des phénols et des esters. La composition spécifique d'une huile essentielle peut

varier selon l'espèce végétale, la partie de la plante utilisée et la méthode d'extraction (**Adams, 2007**).

2.2. Volatilité

Les huiles essentielles sont très volatiles, ce qui signifie qu'elles s'évaporent rapidement à température ambiante. C'est pourquoi ils sont souvent utilisés en aromathérapie, car l'arôme peut rapidement remplir une pièce (**Tisserand et Young, 2014**).

2.3. Propriétés thérapeutiques

Les huiles essentielles ont un large éventail de propriétés thérapeutiques, comme des effets antimicrobiens, antioxydants, anti-inflammatoires et analgésiques (**Averbeck et al., 2023**).

2.4. Puissant

Les huiles essentielles sont très concentrées, il faut donc les utiliser avec prudence. Ils doivent être dilués avant utilisation, car ils peuvent provoquer une irritation cutanée ou des réactions allergiques s'ils sont utilisés non dilués (**Tisserand et Young, 2014**).

2.5. Utilisations variées

Les huiles essentielles peuvent être utilisées à diverses fins, comme l'aromathérapie, le massage, les soins de la peau et comme ingrédients dans les produits de nettoyage, les produits de soins personnels et d'autres articles ménagers (**Worwood, 2016**).

3. Composition chimique

La composition de nombreuses huiles essentielles a été décrite dans la littérature. Elle varie en fonction de différents facteurs, incluant les espèces végétales dont elles sont extraites, le stade de développement des plantes, les organes prélevés, la période et la zone géographique de récolte (**Burt, 2004 ; Gonny et al., 2004 ; Delaquis et al., 2002**). (**Figure 1**)

Chaque huile essentielle a une combinaison unique de composés chimiques qui lui donnent son arôme caractéristique et ses propriétés thérapeutiques (**Chatgpt, 2023**).

Les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux classes en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes (**Buchanan et al., 2000**). La classe des terpénoïdes est la plus variée au niveau structural. Les terpénoïdes, dont 25 000 sont connus comme métabolites secondaires, dérivent du précurseur isoprénique à cinq carbones,

l'isopenténylpyrophosphate. Les plus petits terpénoïdes sont les hémiterpénoïdes (C₅), qui sont formés d'une seule unité isoprénique. Les autres molécules, appartenant à cette classe, résultent de la condensation de plusieurs isoprènes. Ainsi, les monoterpénoïdes (C₁₀) sont constitués de deux unités isopréniques alors que les sesqui-terpénoïdes (C₁₅) sont formés par l'association de trois isoprènes. Les mono- et les sesquiterpénoïdes sont les plus représentés dans les huiles essentielles. Les phénylpropanoïdes, ou composés phénoliques, sont biosynthétisés à partir des acides aminés aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine. Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle. Les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes confèrent aux huiles essentielles leurs propriétés biologiques (**Kalemba et Kunicka, 2003**).

L'activité de ces molécules dépend, à la fois, du caractère lipophile de leur squelette hydrocarboné et du caractère hydrophile de leurs groupements fonctionnels. Les molécules oxygénées sont généralement plus actives que les molécules hydrocarbonées. Une liste, visant à classer les constituants des huiles essentielles en fonction de l'intensité de leur activité, a d'ailleurs été établie,

les composés phénoliques, comme le thymol, le carvacrol et l'eugénol sont, du fait du caractère acide de leur substituant hydroxyle sont les plus actifs. (**Kalemba et Kunicka, 2003**).

Parmi les composés chimiques trouvés dans les huiles essentielles nous citons :

3.1. Terpènes

Ce sont des hydrocarbures qui donnent aux huiles essentielles leurs arômes caractéristiques. Ils sont souvent présents en concentrations élevées dans les huiles essentielles, et comprennent des composés comme le limonène et la pinène (**Chatgpt, 2023**).

3.2. Alcools

Ce sont des composés qui contiennent un groupe hydroxyle (-OH) attaché à un atome de carbone. On les trouve souvent en petites concentrations dans les huiles essentielles et comprennent des composés comme le linalol et le géraniol (**Chatgpt, 2023**).

3.3. Esters

Ce sont des composés qui contiennent un groupe carboxyle (-COO) et un groupe hydroxyle (-OH) attachés au même atome de carbone. Ils sont souvent présents dans les huiles essentielles

en petites concentrations et comprennent des composés comme l'acétate de lavande et l'acétate de bornyle (**Chatgpt, 2023**).

3.4. Phénols

Ce sont des composés qui contiennent un cycle aromatique et un groupe hydroxyle (-OH). On les trouve souvent en petites concentrations dans les huiles essentielles, notamment dans l'eugénol et le thymol (**Chatgpt, 2023**).

3.5. Cétones

Ce sont des composés qui contiennent un groupe carbonyle (-CO) attaché à un atome de carbone. Ils sont souvent présents dans les huiles essentielles en petites concentrations et comprennent des composés comme le menthone et le camphre. Il convient de noter que la composition chimique des huiles essentielles peut varier selon l'espèce végétale, la méthode d'extraction, les conditions de croissance et d'autres facteurs. Par conséquent, il est important d'utiliser des huiles essentielles provenant de sources réputées et de consulter un aromathérapeute qualifié ou un professionnel de la santé avant de les utiliser (**Chatgpt, 2023**).

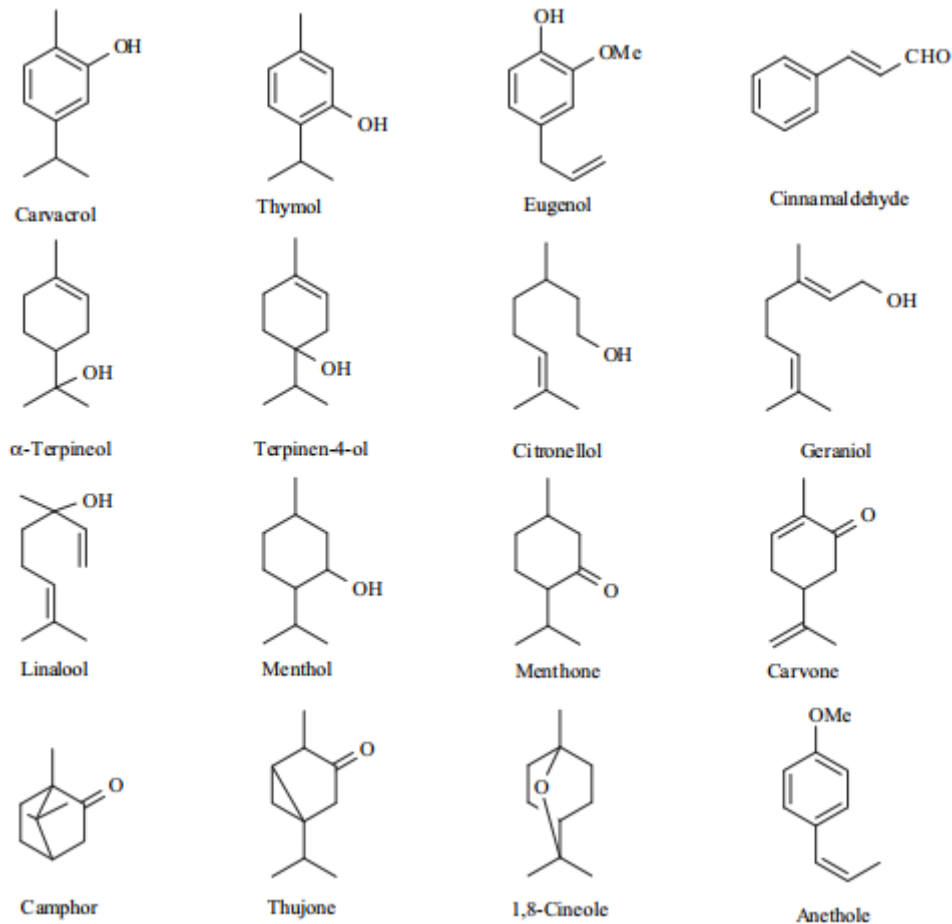


Figure 1 : Structures de certains composants des huiles essentielles. (Kalemba et Kunicka, 2003).

4. Méthodes d'extraction

Les herbes aromatiques ou leurs parties, telles que les feuilles, les fleurs, l'écorce, les graines et les fruits, sont soumis à des processus d'extraction après avoir été collecté à des stades spécifiques de maturité et stockés dans des conditions contrôlées (lumière, température et humidité) (Chatgpt, 2023).

Les techniques d'extraction sont essentiellement divisées en méthodes classiques et conventionnelles et en méthodes innovantes. Les méthodes classiques sont basées sur la distillation de l'eau par chauffage, pour extraire les HE de la matière végétale, il s'agit de l'hydrodistillation, distillation à la vapeur, l'hydrodiffusion, l'extraction par solvant organique et le pressage à froid (Elkady et Abuzinadah, 2021).

De nouvelles technologies d'extraction ont été développées afin de surmonter certains des inconvénients des méthodes conventionnelles. Méthodes telles que l'extraction assistée par

ultrasons et l'extraction assistée par micro-ondes utilisant des sources d'énergie qui rendent le processus plus écologique. D'autre part, des méthodes telles que l'extraction de fluide supercritique et l'extraction de liquides sous-critiques permettent aux composants non polaires du matériau d'être extrait (Stratakos et Koidis ,2016)

4.1. Hydrodistillation

L'hydrodistillation est la méthode la plus ancienne et la plus simple pour extraire les HE. Cette méthode se caractérise par un contact direct entre le solvant et la matière végétale, c'est-à-dire que la matière première est immergée dans de l'eau bouillante (Silva, 2011) ; (Clevenger, 1928). (Figure 2).

Dans cette procédure, les parois cellulaires sont brisées, et l'huile est évaporée avec l'eau, puis condensée en un mélange de vapeur d'eau et de composés volatils de matières premières végétales. Cependant, ces deux phases (composés volatils et eau) sont non miscibles, rendant possible une séparation supplémentaire en fonction de la différence de densité (Masango, 2005).

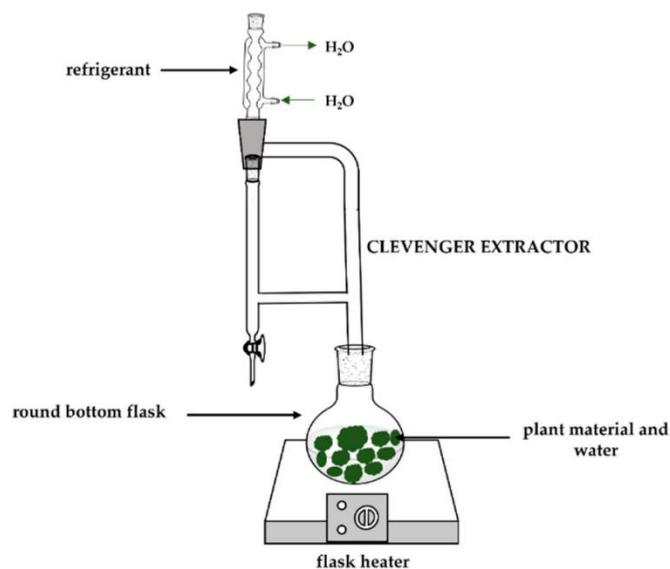


Figure 2 : Montage de l'hydrodistillation (Clevenger, 1928)

4.2. Distillation à la vapeur

La distillation à la vapeur est l'une des méthodes préférées pour extraire les HE. La procédure d'extraction est basée sur les mêmes principes que l'hydrodistillation. La différence réside

essentiellement dans l'absence de contact entre le substrat à extraire et l'eau, ce qui entraîne une réduction du temps d'extraction. (Carlos *et al.*, 2022)

L'échantillon est placé dans une colonne où la partie inférieure est reliée à un ballon avec de l'eau sous chauffage (**figure 3**). La partie supérieure est reliée à un condenseur, où la vapeur produite passe à travers l'échantillon, prélevant des huiles essentielles au condenseur. Ce processus provoque la condensation du mélange eau-huile, et ce mélange peut être séparé par extraction liquide-liquide (Agustian *et al.*, 2017).

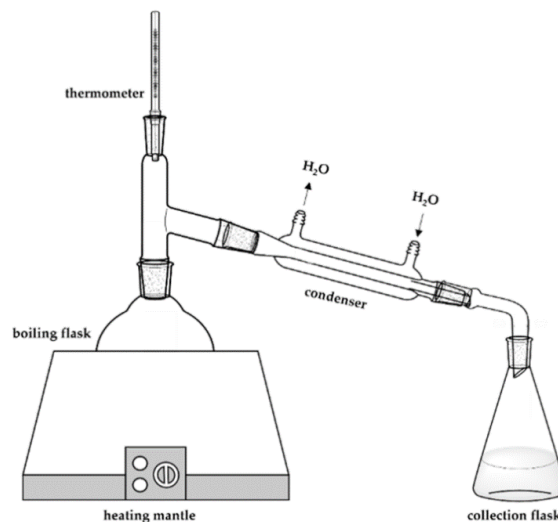


Figure 3 : Dispositif expérimental utilisé dans la distillation à vapeur

4.3. Extraction par solvant organique

Certaines huiles essentielles (comme la rose et le jasmin) ont une faible stabilité thermique et sont incapables de résister à des températures élevées. Dans ces cas, les solvants organiques à faible température d'ébullition, chimiquement inertes et à faible coût peuvent être utilisés.

Dans l'extraction par solvant organique (**Figure 4**), l'échantillon est mis en contact avec le solvant organique (qui peut être de l'hexane, du benzène, du toluène ou de l'éther de pétrole, entre autres) pendant une période qui permet le transfert du contenu soluble de l'échantillon. La matrice extraite est concentrée par évaporation du solvant présent dans la phase liquide. Cette méthode permet à l'échantillon d'être en contact permanent avec une quantité de solvant frais et, à la fin du processus, il n'est pas nécessaire d'effectuer une filtration, tant que les rendements sont élevés (Luque de Castro et García-Ayuso, 1998).

4.4. Pression à froid

Les huiles essentielles sont extraites mécaniquement par pression à froid, ce qui permet de briser les glandes oléifères et de libérer les huiles volatiles. Au cours de ce processus, une émulsion aqueuse se forme, L'huile présente peut être obtenue par centrifugation, décantation ou distillation fractionnée. (Dima et Dima , 2015).

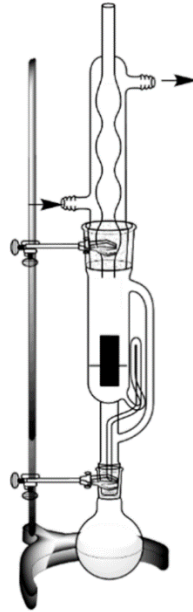


Figure 4 : Extraction par solvant organique

4.5. Extraction de fluide supercritique (SCFE)

L'extraction de fluide supercritique est une technique efficace, écologique et propre pour isoler les HE. Dans cette technique, les fluides supercritiques sont utilisés comme agents d'extraction en raison de l'état supercritique des fluides, conférant d'excellentes caractéristiques pour le processus d'extraction, telles que faible viscosité, haute densité (proche de celle d'un liquide), et haute diffusivité (puissance de pénétration élevée). (Carlos *et al.*, 2022)

Plusieurs substances peuvent être utilisées comme solvants supercritiques, comme l'eau, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane, l'éthylène et l'éthane. Toutefois, le CO₂ est le solvant le plus utilisé en raison de son point critique facilement atteint (basse température et pression, 31,2° C et 72,9 atm, respectivement), de sa faible toxicité et réactivité, de son faible coût et de son inflammabilité. Après avoir choisi la température et la pression idéales pour l'extraction,

le fluide supercritique traverse l'échantillon et les huiles sont dissoutes et extraites. Par la suite, la solution d'extraction est maintenue à une pression inférieure au point critique et à mesure que la pression diminue, le fluide supercritique passe à l'état gazeux et perd sa capacité de résolution, étant recyclé (Ehrlich *et al.*, 2019).

4.6. Extraction assistée par micro-ondes (MAE)

En raison de la nécessité d'utiliser des méthodes d'extraction plus écologiques et écoénergétiques, l'extraction assistée par micro-ondes (**Figure 5**) est devenue une alternative aux méthodes classiques. L'échantillon est placé dans un réacteur à micro-ondes sans solvant, où l'énergie électromagnétique qui est convertie en chaleur augmente la température interne des cellules d'échantillon en raison de l'évaporation de l'humidité présente. La pression interne augmente, les glandes se rompent et l'huile essentielle est libérée (Hamzaoui *et al.*, 2020).

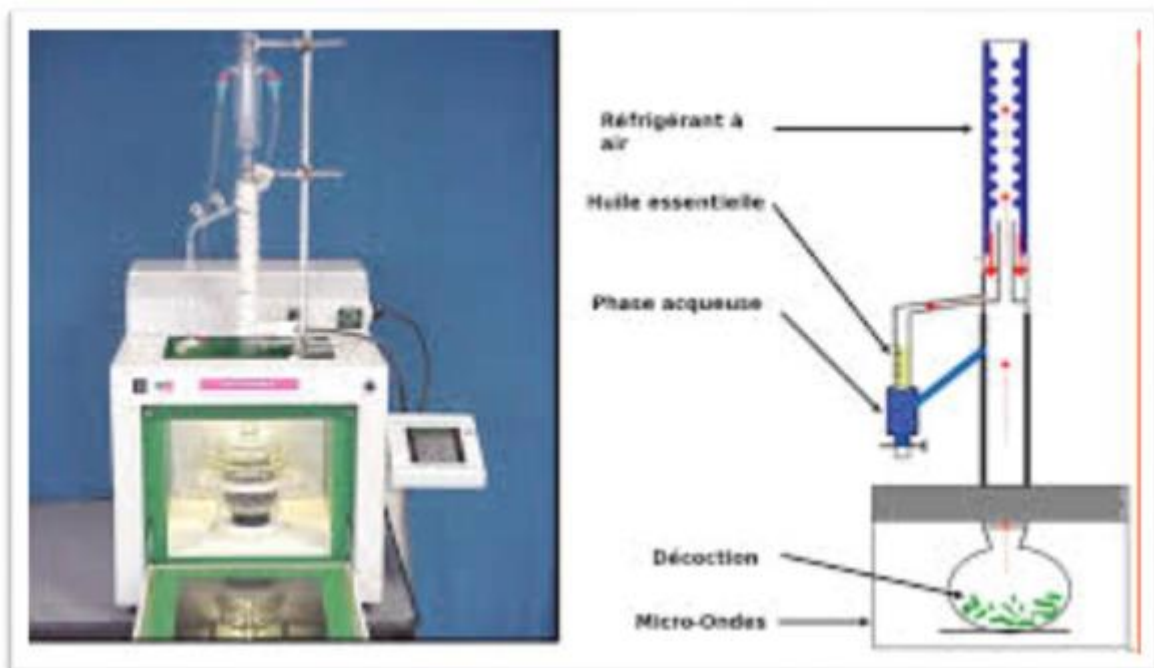


Figure 5 : extraction par micro-onde (Mengel *et al.*, 1993)

4.7. Extraction assistée par ultrasons (EAU)

L'énergie des ultrasons permet l'intensification de l'extraction HE (Al-Mushhin *et al.*, 2021), par conséquent, il est généralement combiné avec d'autres techniques d'extraction afin d'accélérer le processus d'extraction et d'augmenter la vitesse de transfert de masse. L'échantillon est immergé dans un solvant et soumis à des ultrasons.

Cette méthode, par des mouvements de solvant rapides, induit une vibration mécanique des parois et des membranes de l'échantillon qui provoque la libération d'huiles essentielles (Carlos *et al.*, 2022). Dans certaines régions, il est déjà considéré comme une méthode d'application à grande échelle, comme dans l'industrie médicale et alimentaire, où il est utilisé pour augmenter la qualité du substrat extrait, réduire le temps de travail et augmenter le rendement (Long *et al.*, 2021)

5. Les propriétés biologiques

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés volatils qui sont extraits de diverses parties des plantes, comme les fleurs, les feuilles, l'écorce, les racines et les graines. Ces composés ont un large éventail de propriétés biologiques qui sont généralement liées à leur composition chimique (Averbeck, 2008).

Par exemple, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles est souvent associée à des composés comme les terpènes, les alcools et les phénols. Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles sont associées à des composés tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les caroténoïdes. Certaines études ont également montré que les huiles essentielles peuvent avoir un effet sur le système nerveux central, avec des propriétés sédatives, antidépresseur et anxiolytiques possibles (Averbeck, 2008).

De nombreuses huiles essentielles, comme les huiles de cannelle, de piment, de laurier et d'origan, présentent un pouvoir anti-oxydant (Karioti *et al.*, 2006 ; Mantle *et al.*, 1998). Un effet anti-inflammatoire a été décrit pour les huiles essentielles de *Protium strumosum*, *Protium lewellyni*, *Protium grandifolium* (Siani *et al.*, 1999) ,ou, plus récemment, pour l'huile essentielle des racines de *Carlina acanthifolia* (Dordevic *et al.*, 2007), qui est capable d'inhiber l'inflammation induite par une injection de carraghénane chez le rat.

Certaines huiles essentielles présentent des activités anti-tumorales et sont utilisées dans le traitement préventif de certains types de cancers. L'huile essentielle, isolée des graines de

Nigella sativa L., démontre une activité cytotoxique in vitro contre différentes lignées 50 cellulaires tumorales. In vivo, elle limite la prolifération de métastases hépatiques et retarde la mort des souris ayant développé la tumeur P815 (Mbarek *et al.*, 2007). L'huile essentielle de *Melissa officinalis* s'est, quant à elle, révélée efficace contre des cellules de lignées cancéreuses humaines, incluant les cellules leucémiques HL-60 et K562 (De Sousa *et al.*, 2004). D'autres applications médicales sont étudiées. Les travaux de (Jafri *et al.*, 2001) ont prouvé la capacité de l'huile essentielle de cardamome à limiter la formation d'ulcères gastriques induits par l'éthanol (Jafri *et al.*, 2001). Il a également été démontré que les huiles essentielles facilitent la pénétration transdermique de substances médicamenteuses lipophiles, comme l'oestradiol (Monti *et al.*, 2002). Des travaux tentent également d'analyser les effets des huiles essentielles sur le comportement (Umezu, 1999) ou d'évaluer la possibilité de les utiliser dans la lutte contre l'addiction à certaines drogues, comme la nicotine (Zhao *et al.*, 2005).

5.1 Activité antibactérienne

La première mise en évidence de l'action des huiles essentielles contre les bactéries a été réalisée en 1881 par Delacroix (Boyle, 1955). Depuis, de nombreuses huiles ont été définies comme antibactériennes (Burt, 2004). Leur spectre d'action est très étendu, car elles agissent contre un large éventail de bactéries, y compris celles qui développent des résistances aux antibiotiques. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (Kalemba et Kunicka, 2003).

Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries Gram positives que sur les bactéries Gram négatives. Toutefois, les bactéries Gram négatives paraissent moins sensibles à leur action et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire (Burt, 2004).

Il existe cependant quelques exceptions. Les bactéries Gram négatives *Aeromonas hydrophila* (Wan *et al.*, 1998) et *Campylobacter jejuni* (Wannissorn *et al.*, 2005) ont été décrites comme particulièrement sensibles à l'action des huiles essentielles. La bactérie reconnue comme la moins sensible à leurs effets reste néanmoins la bactérie Gram négative *Pseudomonas aeruginosa* (Dorman et Deans, 2000).

La croissance des bactéries, résistantes et multi-résistantes aux antibiotiques, peut être inhibée par certaines huiles essentielles.

Les huiles d'agrumes, de lavande, de menthe, de genévrier, de l'arbre à thé, de thym et d'eucalyptus se révèlent particulièrement efficaces contre les staphylocoques dorés résistants à la méthicilline (SARM) (51 **Tohidpour et al., ; 2010 May et al., 2000**) et les entérocoques résistants à la vancomycine (ERV) (**Fisher et Phillips, 2009**). Les huiles essentielles, isolées de deux espèces de thym de Corée, *Thymus magnus* et *Thymus quinquecostatus*, sont également capables d'inhiber la croissance de bactéries résistantes comme *Streptococcus pneumoniae*, *Samonella typhimurium*, *Salmonella entereditis* et *Staphylococcus aureus* (**Shin et Kim, 2005**).

5.1. Activité antifongique

Les effets antifongiques de nombreuses huiles essentielles, incluant les huiles de Thym, de Citronnelle, de Cannelle et de l'arbre à Thé (**Burt, 2004**) ont été décrites. L'activité des huiles extraites des achillées, *Achillea fragrantissima* (**Barel et al., 1991**), *A. setacea*, *A. teretifolia* (**Unlu et al., 2002**) et *A. millefolium* (**Candan et al., 2003**), contre la levure pathogène *Candida albicans*, a également été mise en évidence. L'efficacité de ces huiles essentielles est généralement liée à leur composition chimique, qui comprend des composés tels que terpènes, alcools, esters, phénols et cétones (**Rajendran, 2020**).

5.2. Activité antibiofilm

De nombreuses études scientifiques ont montré que certaines huiles essentielles ont une activité antibiofilm. Le biofilm est une communauté microbienne complexe qui peut se former sur diverses surfaces, y compris les dispositifs médicaux, et qui peut être difficile à éliminer (**Nostro et Papalia, 2023**).

Khan et al. (2014) ont étudié l'activité antibiofilm de plusieurs huiles essentielles, notamment celles de cannelle, d'Eucalyptus, de Thym et de Romarin, contre des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méthicilline. Les résultats ont montré que toutes les huiles essentielles testées ont inhibé la formation de biofilms.

El Abed et al. (2017) ont évalué l'activité antibiofilm de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. contre des souches de *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats ont montré que l'huile essentielle a inhibé la formation de biofilms et a perturbé l'intégrité des biofilms déjà formés.

Balouiri et al. (2016) ont étudié l'activité antibiofilm de l'huile essentielle de *Mentha piperita* L. contre des souches de *Candida albicans*. Les résultats ont montré que l'huile essentielle a inhibé la formation de biofilms et a détruit les biofilms déjà formés.

6. Utilisations des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont utilisées pour un large éventail de buts, y compris l'aromathérapie, le massage, et d'autres thérapies alternatives. Ils sont également utilisés comme remèdes naturels pour une variété de problèmes de santé, tels que l'anxiété, le stress et l'insomnie. Certaines huiles essentielles sont également utilisées comme insectifuges naturels et comme ingrédients dans les cosmétiques et les produits de soins personnels (**Battaglia, 2003**).

Les huiles essentielles ont de nombreuses utilisations et applications. Voici quelques exemples :

6.1. Aromathérapie

Les huiles essentielles peuvent être utilisées en aromathérapie pour favoriser la relaxation, réduire le stress et l'anxiété et améliorer l'humeur. Ils sont souvent diffusés dans l'air ou ajoutés à un bain chaud (**Perry et al., 2019**).

6.2. Soins de la peau

Des huiles essentielles peuvent être ajoutées aux produits de soins pour améliorer l'apparence de la peau et réduire les signes du vieillissement. Ils sont souvent ajoutés aux nettoyants pour le visage, toners et hydratants (**Cavanaugh et al., 2022**) ; (**Akhavan Amjadiet Silva, 2010**) .

6.3. Massage

Les huiles essentielles peuvent être ajoutées aux huiles de massage ou aux lotions pour améliorer les bienfaits thérapeutiques du massage. Ils peuvent aider à réduire la douleur, l'inflammation et la tension musculaire. (**Chatgpt, 2023**).

6.4. Nettoyage

Des HE peuvent être ajoutés aux produits de nettoyage naturels pour aider à désinfecter et désodoriser les surfaces. Par exemple, l'huile de Théier est un désinfectant naturel qui peut être ajouté aux sprays de nettoyage tout usage. (**Chatgpt, 2023**).

6.5. Culinaire

Certaines huiles essentielles peuvent être utilisées en cuisine pour ajouter de la saveur aux plats. Par exemple, on peut ajouter de l'huile de citron ou d'orange aux produits de boulangerie ou aux vinaigrettes. (Chatgpt, 2023).

6.6. Insectifuge

Certaines huiles essentielles, comme la Citronnelle et l'Eucalyptus, peuvent être utilisées comme insectifuge naturel (El-Haj *et al.*, 2015); (Arnason *et al.*, 2012) ; (Maia et Moore, 2011).

6.7. Soulagement de la douleur

Les HE peuvent être utilisés localement pour soulager la douleur et l'inflammation, par exemple, l'huile de Menthe poivrée a un effet rafraîchissant qui peut aider à apaiser les muscles endoloris, et l'huile de Lavande a des propriétés anti-inflammatoires qui peuvent aider à réduire la douleur, et l'enflure (D'Aquila *et al.*, 2022).

6.8. Santé respiratoire

L'huile d'Eucalyptus est couramment utilisée pour aider à soulager la toux et la congestion, tandis que l'huile de Menthe poivrée peut aider à ouvrir les voies respiratoires (Ghadiri *et al.*, 2023).

6.9. Soutien du sommeil

Les huiles peuvent être utilisées pour favoriser un sommeil réparateur. L'huile de Lavande est un choix populaire pour ses propriétés apaisantes et relaxantes, et peut être diffusée ou ajoutée à un bain chaud avant le coucher. (Chatgpt, 2023).

6.10. Soins capillaires

Des huiles essentielles peuvent être ajoutées aux shampooings, revitalisants et autres produits de soins capillaires pour favoriser la santé des cheveux et du cuir chevelu. Par exemple, l'huile de Romarin est censée stimuler la croissance des cheveux, tandis que l'huile d'arbre à thé peut aider à réduire les pellicules et promouvoir un cuir chevelu sain. (Chatgpt, 2023).

6.11. Amélioration de l'humeur

Les huiles essentielles peuvent être utilisées pour améliorer l'humeur et le bien-être émotionnel. Par exemple, on croit que l'huile de bergamote aide à réduire le stress et l'anxiété, tandis que l'huile d'ylang ylang est connue pour ses effets stimulants et calmants (**Dagenais et al., 2011**).

6.12. Méditation et yoga

Les huiles essentielles peuvent être utilisées pendant la méditation et les pratiques de yoga pour aider à améliorer l'expérience. Par exemple, l'huile d'encens est souvent utilisée pour promouvoir des sentiments de paix et de détente, tandis que l'huile de Santal est censée aider à augmenter la concentration (**Chen et al., 2017**); (**Lee et al., 2017**).

7. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances naturelles extraites de plantes, qui sont utilisées dans de nombreux domaines, notamment la médecine alternative, la cosmétique et l'aromathérapie. Cependant, il est important de noter que les huiles essentielles peuvent être toxiques si elles sont mal utilisées. En effet, les huiles essentielles peuvent provoquer des effets indésirables tels que des irritations cutanées, des réactions allergiques, des nausées, des vomissements et des convulsions. De plus, certaines huiles essentielles peuvent être dangereuses pour les femmes enceintes, les nourrissons et les jeunes enfants. Les huiles essentielles peuvent interagir avec certains médicaments, y compris les antidépresseurs, les anticoagulants et les médicaments pour la pression artérielle. Il est important de consulter un professionnel de santé avant d'utiliser des huiles essentielles si vous prenez des médicaments. (**Tisserand et Young, 2014**).

Les femmes enceintes et allaitantes doivent être particulièrement prudentes lorsqu'elles utilisent des huiles essentielles, car certaines huiles peuvent être dangereuses pour le fœtus ou le nourrisson. Il est recommandé de consulter un professionnel de santé avant d'utiliser des huiles essentielles pendant la grossesse ou l'allaitement. Les huiles essentielles doivent être stockées dans des flacons en verre foncé, à l'abri de la lumière et de la chaleur. Elles ont une durée de conservation limitée et doivent être remplacées régulièrement (**Tisserand et Young, 2014**).

8. Quelques plantes aromatiques (plantes à huiles essentielles)

Le tableau ci-dessous présente quelques plantes à huiles essentielles avec leurs différents effets biologiques (Djilani et Dicko , 2012). (Tableau 1).

Tableau 1 : Quelques plantes aromatiques

Plante	Effets biologiques
الخزامى Lavande (<i>Lavandula angustifolia</i>)	aide à la relaxation et réduction du stress, antiseptique, anti-inflammatoire
الكينا Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>)	effet expectorant, soulage les problèmes respiratoires, anti-inflammatoire, antiseptique, répulsif d'insectes.
النعناع الفلفلي Menthe poivrée (<i>Mentha x piperita</i>)	effet stimulant, soulage les maux de tête, facilite la digestion, antispasmodique, anti- inflammatoire.
الليمون Citron (<i>Citrus limon</i>)	rafraîchissant, améliore l'humeur, antiseptique, aide à la digestion.
شجرة الشاي Arbre à thé (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	effet antifongique, antiviral et antibactérien, soulage les problèmes de peau, antiseptique.
الإكليل الأبيض Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	effet stimulant, améliore la concentration, soulage les douleurs musculaires, antioxydant.

<p>القرفة</p> <p>Cannelle (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)</p>	<p>effet antifongique, antiviral et antibactérien, aide à la digestion, anti-inflammatoire.</p>
<p>القرنفل</p> <p>Clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>)</p>	<p>effet analgésique, antifongique, antiviral et antibactérien, soulage les douleurs dentaires, stimule la digestion</p>
<p>الزعتر</p> <p>Thym (<i>Thymus vulgaris</i>)</p>	<p>effet antiseptique, expectorant, anti-inflammatoire, soulage les douleurs articulaires et musculaires.</p>
<p>اللبان</p> <p>Encens (<i>Boswellia carterii</i>)</p>	<p>effet anti-inflammatoire, analgésique, antifongique, aide à la relaxation.</p>
<p>الريحان</p> <p>Basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)</p>	<p>Effet anti-inflammatoire, Effet antioxydant, Effet antibactérien , Effet sur la digestion</p>

Matériel et méthodes

Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agro-alimentaire, au Biomédical et l'Environnement (LAMAABE) de l'Université Abou-Bekr Belkaid-Tlemcen.

1. Matériels

1.1. Matériel biologique

Dans cette étude nous avons utilisé quatre souches bactériennes de référence dont deux à Gram positif qui sont *Bacillus subtilis* ATCC 6633 et *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et deux à Gram négatif qui sont *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 25922

1.2. Matériel végétale

Cette étude a été réalisée sur les feuilles d'*Ocimum basilicum*, acheté chez herboriste le mois de février.



Figure 6 : Feuilles d'*Ocimum basilicum*.

1.3. Les milieux de culture et les solvants

Pour les cultures bactériennes, nous avons utilisé des milieux liquides et solides suivants :

- **Milieux de culture liquides**
 - Bouillon de cœur de cerveau BHIB
 - Bouillon Muller – Hinton : utilisé pour la détermination des CMI.

- **Milieux de culture solides**

- Gélose Mueller Hinton : c'est un milieu standardisé recommandé pour l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des bactéries peu exigeantes.

2. Les méthodes

2.1. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des l'HE a été réalisée par la méthode d'hydrodistillation, Cette méthode consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un ballon rempli d'eau distillée qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (**Bruneton, 1999**). Ce procédé nécessite l'appareil de type « Clevenger » qui est la technique la plus couramment utilisée à l'échelle des laboratoires d'extraction d'huiles essentielles.

La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes contenues dans ces cellules. Les vapeurs chargées des huiles essentielles sont condensées dans un réfrigérant et récupérées dans une ampoule à décanter. La séparation de l'huile et l'eau se fait par différence de densité.

L'huile essentielle extraite est conservée à +4°C dans des flacons en verre opaques fermés hermétiquement jusqu'à utilisation ultérieure.



Figure 7 : L'appareil d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation « Clevenger »

2.1.1. Rendement

Selon la norme **AFNOR (1986)**, les rendements en HEs ont été calculés par rapport au matériel végétal sec. C'est le rapport entre la masse de l'huile extraite et la masse de la matière végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$R_{HE} = [M_{HE}/M_S] \times 100$$

R : rendement en huile essentielle.

M_{HE}: la masse d'huile essentielle.

M_S : la masse de la matière végétale en g

2.2. Préparation de la suspension microbienne (l'inoculum)

A partir des cultures conservées, des colonies bactériennes sont prises à l'aide d'une pipette pasteur boutonnée. Ces colonies sont inoculées dans des tubes à vis contenant 5 ml de bouillon BHIB (Bouillon de cœur de cerveau), les cultures de *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* sont incubés pendant 24 h à 37 °C par contre *Bacillus subtilis* est incubé à 30°C.

La suspension bactérienne est ajustée à 0.5MacFarland c'est-à-dire : d'une densité optique allant de 0,08 à 0,13 lue à 625 nm, qui correspond approximativement à $1-2 \times 10^8$ UFC/ml. L'ensemencement de l'inoculum se fait par écouvillonnage sur la gélose Muller Hinton par des stries serrées tout en tournant la boîte à 60° à trois reprises.

2.3. Tests d'activité antimicrobienne

2.3.1. Méthode de diffusion sur gélose (Aromatogramme)

C'est une méthode qualitative consiste à mesurer le rayon d'inhibition par dispersions d'huiles essentielles sur des organismes pathogènes (germes bactéries virus parasites...).

Des disques de papier Wattman de 6 mm de diamètre ont été préparés, stérilisés à l'autoclave, imprégnés de 20 µL d'HE pure. Puis les déposés à la surface des boîtes ensemencées ; les boîtes sont laissées diffusées, puis incubées à 37°C pendant 18-24h et à 30°C pendant 18-24h pour

Bacillus subtilis (**Figure N°8**). L'expérience a été réalisée en trois exemplaires et la lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (en mm) ; le résultat étant la moyenne des trois essais.

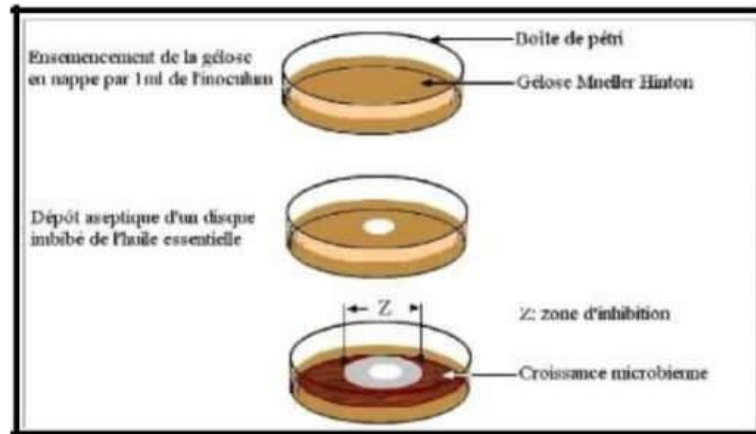


Figure 8 : Principe de l'aromatogramme. (Zaika ,1988).

2.3.2. Méthode de microdilution en milieu liquide

C'est une méthode quantitative, qui nous permet de déterminer la plus petite concentration suffisante de solution testée pour inhiber la croissance d'une souche bactérienne (CMI) ou de tuer le germe (CMB). Le test a été réalisé dans une microplaque stérile à 96 puits dans un milieu liquide selon les recommandations de CLSI (CLSI, 2010).

Une série de dilution d'huile essentielle à 1/2 a été préparée dans le bouillon Müller-Hinton en ajoutant le Tween 80 dans le but d'avoir une miscibilité totale de l'huile dans le bouillon. L'inoculum à 10^8 UFC/ml a été dilué à 1/100 pour avoir la concentration de 10^5 UFC/ml.

La première colonne des puits est marquée comme contrôle négatif, rempli que par le bouillon Muller Hinton, tandis que la dernière colonne des puits représente le contrôle positif rempli que par que la suspension bactérienne. Chaque puits reçoit un volume final de 200 μ L.

Les microplaques ont été incubées à 37°C pendant 24h et la lecture est effectuée à l'œil nu. La CMI est définie comme étant la plus faible concentration par laquelle aucune turbidité n'est montrée.

Résultats et discussion

Le basilic est une plante aromatique annuelle connue depuis des siècles pour ses propriétés médicinales. Le basilic où الريحان est très populaire dans le monde arabe en raison de sa riche saveur épicée et poivrée.

Ses feuilles sont simples, opposées, longues de 3 à 11 cm, larges de 1 à 6 cm, ovales, aiguës et généralement dentées. Elles contiennent de nombreuses glandes oléifères qui stockent les huiles essentielles (Kathirvel *et al.*, 2012).

Les huiles essentielles de Basilic sont utilisées en médecine populaire pour favoriser la digestion, stimuler la circulation respiratoire et soulager la fatigue mentale, et les symptômes du rhume. Il est également appliqué en externe sur la peau pour traiter l'acné (Matiz *et al.*, 2012).

De nombreuses études scientifiques ont été menées dans le monde entier pour étudier le potentiel antimicrobien de l'huile essentielle de basilic pour la recherche de nouveaux agents ayant des propriétés antimicrobiennes intéressantes (Shirazi *et al.*, 2014); (Vlase *et al.*, 2014).

C'est dans ce contexte qui s'inscrit l'objectif de notre travail qui consiste à l'extraction des huiles essentielles des feuilles de basilic et à tester leur pouvoir antibactérien.

1. L'extraction

L'extraction des huiles essentielles (figure N°9) a été réalisée par l'hydrodistillation et les caractéristiques organoleptiques ainsi que le rendement sont illustrées dans le tableau N°2.

Tableau 2 : les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum*

Huile essentielle	<i>Ocimum basilicum</i>
Caractéristiques	
Aspect	Liquide limpide
Couleur	Jaune
Odeur	Forte odeur (agréable)
Rendement (%)	0,37

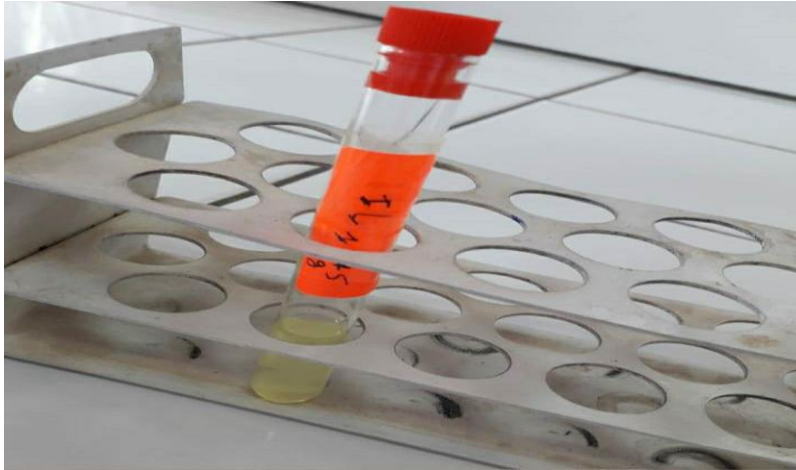


Figure 9 : Huile essentielle d'*Ocimum basilicum*

Le rendement obtenu est similaire à celui obtenu par **Akono *et al.* (2012)**, qui a enregistré un taux d'huile essentielle de basilic égale à 0,37 %.

En revanche, **Teuscher *et al.* (2005)**, ont obtenue des rendements allant de 0,02 à 0,5% dans les feuilles fraîches et 0,2 à 2,7% dans les feuilles séchées. Notre rendement reste plus faible.

Cette variabilité de rendement peut être liée à l'état des feuilles utilisées (fraîches ou séchées). Les rendements d'extraction de l'huile essentielle d'*O.basilicum* subissent une variation notable en fonction du temps de séchage de la matière végétale. En effet, à l'état frais, le rendement est de 1,10% et passe à 0,97% après 24 heures de séchage et 0,79% après 23 jours de séchage, soit une baisse de près de 30%. (**Dabire *et al.*, 2011**).

Après la récolte des feuilles d'*O.basilicum*, l'activité de biosynthèse est réduite ce qui entraînerait une baisse de la production d'huile essentielle dans la matière végétale. La diminution du rendement peut être aussi due à des pertes par évaporation et/ou une activité de biosynthèse qui se poursuit longtemps après la récolte de la matière végétale (**Tonzibo *et al.*, 2000b**).

La variabilité de rendement pourrait également être liée à la période de récolte, aux facteurs édaphiques et climatiques ou alors à l'état physiopathologique de la plante (**Tchoumboungang *et al.*, 2006 ; Tchoumboungang *et al.*, 2005**).

2. Évaluation de l'activité antibactérienne des huiles pures de la plante

Ocimum basilicum

Des souches bactériennes de référence ont été utilisées pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum*. Cette évaluation a été réalisée in vitro par la méthode de diffusion dans le milieu gélose suivi de la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) sur microplaque. Les résultats des diamètres des zones d'inhibition sont présentés dans le **Tableau N°3** et (**Figure N°10**).

L'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne est donnée par **Mutai et al. (2009)** qui ont proposé une échelle pour l'estimation de l'activité antimicrobienne, qui classe les zones d'inhibition de la croissance en cinq catégories suivantes :

Zone d'inhibition ≥ 21 mm : très forte activité antimicrobienne

Zone d'inhibition 16-20 mm : forte activité antimicrobienne

Zone d'inhibition 11-15 mm : activité antimicrobienne modérée

Zone d'inhibition 6-10 mm : faible activité antimicrobienne

Zone d'inhibition < 6 mm : absence d'activité antimicrobienne ou résistance aux agents antimicrobiens testés.

Tableau 3 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) d'huiles de basilic vis-à-vis des différentes souches bactériennes

Souche	<i>HE d'Ocimum basilicum</i>
	Diamètres des zones d'inhibition (mm)
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	15
<i>B.subtilis</i> ATCC 6633	9.67
<i>E.coli</i> ATCC 25922	10
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	6

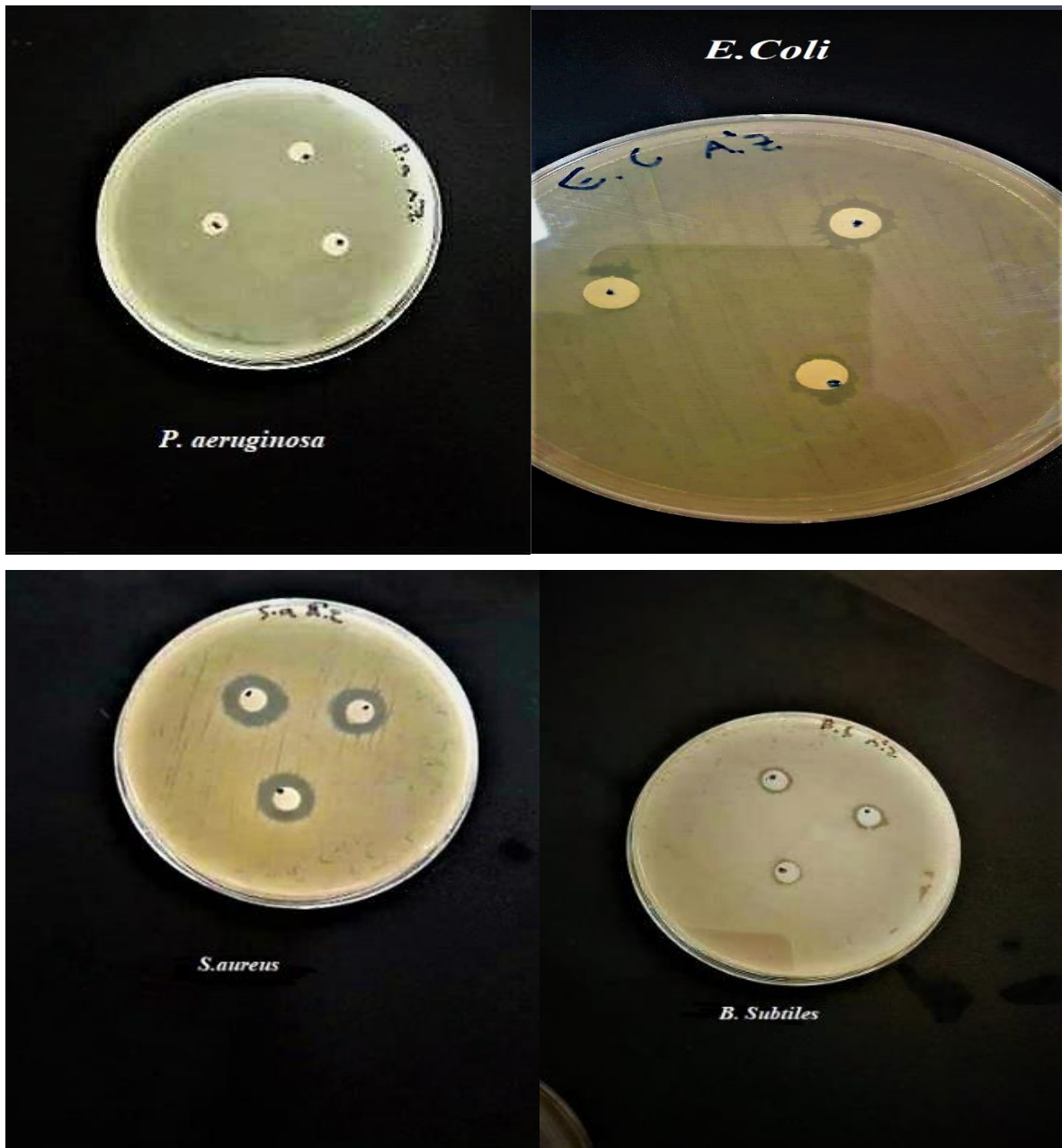


Figure 10 : Effet antibactérien de l'huile essentielle de Basilic sur les différentes souches

Suite à nos résultats, il a été observé que, l'huile de basilic a montré une activité antibactérienne intéressant vis-à-vis de toutes les bactéries testées à l'exception de *P. aeruginosa*.

Les résultats obtenus par la méthode de diffusion de disque a indiqué que *S. aureus* et *E.Coli* étaient les microorganismes les plus sensibles et présentaient les zones d'inhibition les plus larges (15 mm), (10 mm) respectivement.

Une faible activité a été observée contre *B.subtilis* avec les plus petites zones d'inhibition (9,67 mm).

La méthode de microplaque nous a permis d'obtenir des valeurs de concentrations minimales inhibitrices, et on note que l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* exerce une activité inhibitrice vis-à-vis *Staphylococcus aureus* avec une CMI de 2mg/ml. Pour *Bacillus subtilis* et *E.coli* nous avons obtenus le même résultat (CMI =1 mg/ml). (**Tableau N°4**)

Tableau 4 : Les valeurs des concentrations minimales inhibitrices CMI obtenues sur Microplaque

Souche	Concentration minimale inhibitrice CMI (mg/ml)
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	2
<i>B.subtilis</i> ATCC 6633	1
<i>E.coli</i> ATCC 25922	1

Hussain et al. (2008) ont révélé les CMI des huiles essentielles *O. basilicum* d'Iran sur plusieurs souches microbiennes, notamment *E. coli* et *S. aureus*. Ils ont enregistré la valeur de CMI pour *S. aureus* de 1, 5 mg/ml, et 2,1mg/ml pour *E.coli*.

Nos résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans d'autres études antérieures, **Meen et al.(2015)** ; **Hussain et al. (2008)**) ; ont montré que l'huile de basilic a un effet préférentiellement plus efficace contre plusieurs les souches bactériennes à Gram positif.

Al Abbasy et al. (2015) ont observé que l'huile de basilic a inhibé la croissance de *S.aureus* et *E. coli* et que *P. aeruginosa* s'est révélé très résistant.

Une autre étude de **Srivastava et al. (2014)** a montré que l'huile de basilic n'a aucune activité sur *P. aeruginosa*.

Suppakul et al., (2003) ont rapporté que les huiles essentielles de basilic présentent une bonne activité antimicrobienne contre un large éventail de contre une large gamme de micro-organismes. **Wannissorn et al. (2005)** ont signalé que l'huile essentielle d'*O. Basilicum* présentait une activité une activité antibactérienne modérée.

Plusieurs autres études antibactériennes menées ailleurs sur le basilic doux, ont montré qu'il était actif contre toute une série de micro-organismes et ont lié l'activité antimicrobienne antimicrobienne à une teneur élevée en linalol. (**Hussain et al., 2008**) ; (**Tankeo et al., 2014**)

Les activités antimicrobiennes des huiles essentielles d'*O. basilicum* peuvent être dues en partie à la présence d'une linalol(**Sokovic et Van Griensven, 2006**) ; (**Koutsoudaki et al .,2005**) ; (**Sartoratotto et al., 2004**) ; (**Suppakul et al., 2003**) .

En revanche, **Bozin et al.(2006)** et **Lopez et al,(2005)** ont montré que les souches de bactéries Gram-positives étaient plus sensibles aux huiles essentielles d'*O.basilicum*. Il a été rapporté que les huiles volatiles sont généralement plus actives contre les bactéries Gram-positives que contre les bactéries Gram-négatives. Gram-positives que contre les bactéries Gram-négatives, car ces dernières possèdent une membrane externe entourant leur paroi cellulaire (**Saha et al., 2013**).

Par contre, dans l'étude de **Maidi et Dahia. (2022)** l'huile de basilic semblait être préférentiellement plus actif sur les bactéries à Gram négatif, ceci est dû à la présence de composés ressemblant à Carvacole où thymol qui sont capables de désintégrer la membrane externe des bactéries à Gram négatif, en libérant les lipopolysaccharides (LPS), ce qui permet l'augmentation de la perméabilité de la membrane cytoplasmique. (**Burt, 2004**).

D'une façon générale, l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *O. basilicum* peut s'expliquer d'une part, par les composés majoritaires et les alcools terpéniques et autres hydrocarbures et phenols (**Goetz et al. ,2012**) et d'autre part, par la synergie entre tous les constituants volatils et peuvent être l'origine d'une activité beaucoup plus prononcée que celle prévisible pour les composés majoritaires(**Zhiri et al., 2005**) ; (**Burt, 2004**) ; (**Lahlou; 2004**).

De plus, la variabilité du pouvoir bactéricide est due certainement à la sensibilité des microorganismes aux différents composés chimiques qui dépendent de la nature de l'espèce végétale, des chémotypes et des conditions climatiques. (**Rasooli et al., 2005**).

L'activité antibactérienne des substances actives d'origine végétale dépend surtout du type de bactéries, Gram positif ou Gram négatif (**Bekhechi et al., 2008**) ; (**Liu et al., 2004**). En effet, Les bactéries Gram négatif possèdent une enveloppe plus complexe et plus difficilement franchissable, constituée de 3 parties : la membrane externe, l'espace périplasmique contenant des enzymes et des nutriments, et la membrane plasmique. La membrane externe est constituée d'une double couche de phospholipides avec une partie hydrophile à l'extérieur, et une partie hydrophile à l'intérieur, et une partie hydrophobe au centre. Elle est, également, constituée de protéines dont les porines. Cette membrane externe peut, également, contenir des lipopolysaccharides. La membrane externe est reliée au peptidoglycane par des lipoprotéines (**Silhavy et al., 2010**). Alors que les bactéries à Gram positif sont moins protégées contre les agents antibactériens (**Hogan et Kolter, 2002**).

Cette différence structurale rend les bactéries à Gram positif plus sensibles à l'action de divers composés naturels tels que les huiles essentielles et les extraits de plantes(**Adida et al., 2014**) ; (**Kalemba et Kunicka., 2003**) .

Conclusion générale

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et leurs huiles essentielles possède des propriétés biologiques très intéressantes qui trouvent de nombreuses applications dans plusieurs domaines. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales sont un réservoir de substances bioactives, et d'autre part les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se retournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme.

Dans le cadre d'une valorisation de ces ressources, nous avons choisi d'évaluer l'activité antibactérienne d'*Ocimum basilicum* (Basilic), une plante largement utilisée en pharmacopée traditionnelle pour ses vertus thérapeutique.

L'huile essentielle des feuilles de basilic a été obtenue par hydrodistillation avec un rendement de 0,37 %.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* a été réalisée *in vitro* par la méthode de diffusion sur milieu gélosé vis-à-vis de quatre souches bactériennes. Les résultats de l'aromatogramme ont démontré que notre HE présente un important pouvoir inhibiteur contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*, cependant aucun effet inhibiteur contre *Pseudomonas aeruginosa* n'a été observé.

Les résultats de cette étude suggèrent que les huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* peut être une source d'agent antibactérien naturel.

Pour enrichir ce travail, il serait intéressant à l'avenir d'approfondir cette étude en essayant de déterminer la composition chimique de cette huile, d'évaluer d'autres activités telles que l'activité antifongique, antibiofilm, et antioxydante.

Références bibliographiques

-A-

Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*.18 (4) : 803-806.

Akhavan Amjadi, L. B., & Silva, P. H. M. (2020). Essential Oils and Their Applications in the Skin: A Review. *Molecules*, 25(18), 4228.

Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601-611.

Alves, M. J., Ferreira, I. C., & Dias, J. (2021). Aromatic plants and their extracts: Bioactive compounds, antimicrobial effects and alternative solutions for innovative pharmaceutical developments. *Antibiotics*, 10(6), 649.

-B-

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and chemical toxicology*, 46(2) : 446-475.

Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2): 71-79.

Barel S, Segal R, Yashphe J (1991). The antimicrobial activity of the essential oil from *Achillea fragrantissima*. *Journal of Ethnopharmacology*. 33: 187-191.

Boyle W (1955).Spices and essential oils as preservatives. *American Perfumer & Essential Oil Review*. 66:25-28

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., & Anackov, G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oil of some lamiaceae species and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54: 1822-1828.

Buchanan BB, Gruissem W, & Jones RL. (2000). Biochemistry & Molecular Biology of Plants. *American Society of Plant Physiologists: Rockville, MA*, p 1367.

Burt S (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods –a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94: 223-253.

-C-

Candan F, Unlu M, Tepe B, Daferera D, Polissiou M, Sokmen A, Akpulat HA. (2003) Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology* . 87: 215-220

Chatgpt (2023) .développée par OpenAI.

Chen, Y., Wu, Y., & Tseng, Y. (2017). Aromatherapy benefits autonomic nervous system regulation for elementary school faculty in Taiwan. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-9.

Clevenger, J. F. (1928). Apparatus for volatile oil determination, Description of New Type. *American Perfumer & Essential Oil Review*, 467-503.

CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). M07-A8. (2010). Methods for dilution antimicrobial susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically; Approved standard-Eighth Edition.

Constantin D, Roger H.C. NEBIE , André BELANGER , Mouhousine NACRO et Faustin S. SIB (2011). Effet du séchage de la matière végétale sur la composition chimique de l'huile essentielle et l'activité antioxydante d'extraits de *Ocimum basilicum* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 5(3): 1082-1095.

-D-

Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, & Mazza G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*.74: 101-109.

De Sousa AC, Alviano DS, Blank AF, Alves PB, Alviano CS, & Gattass CR. (2004) *Melissa officinalis* L. essential oil: antitumoral and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. **56**:677-681.

Dima, C., & Dima, S. (2015). Essential oils in foods: Extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science*. **5** : 29-35.

Djilani, A. & Dicko, A., (2012). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of *Mentha viridis* (L). *Journal of Materials and Environmental Science*, **3**(4) : 670-677.

Dordevic S, Petrovic S, Dobric S, Milenkovic M, Vucicevic D, Zizic S, & Kukic J .(2007). Antimicrobial, anti-inflammatory, anti-ulcer and antioxidant activities of *Carlina acanthifolia* root essential oil. *Journal of Ethnopharmacology* . **109**: 458-463.

-E-

El Abed, N., Kaabi, B., Guermazi, S., Ben Hassen, A., Messadi, L., Attia, H., & Ksouri, R. (2017). In vitro anti-biofilm activity of *Mentha pulegium* essential oil against *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Microbiology*. **123**(4) ,10-13

Elkady, M. F., & Abuzinadah, O. A. (2021). Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential—an overview. *Foods and Raw Materials*, **9**(1), 17-31.

-F-

Fisher K, & Phillips C (2009). In vitro inhibition of vancomycin-susceptible and vancomycinresistant *Enterococcus faecium* and *E. faecalis* in the presence of citrus essential oils. *British Journal of Biomedical Science*. **66**: 180-185.

Fitriady, M. A., Sulaswatty, A., Agustian, E., Salahuddin, & Aditama, D. P. F. (2017). Steam distillation extraction of ginger essential oil: Study of the effect of steam flow rate and time process. *AIP Conference Proceedings*, **1803**, 020032-1-020032-10.

-G-

Goetz P & Ghedira K., (2012). Mécanisme d'action antibactérienne des huiles essentielles, *Collection Phytothérapie Pratique*. 193-208

Gonny M, Bradesi P, & Casanova J. (2004). Identification of the components of the essential oil from wild Corsican *Daucus carota* L. using ¹³C-NMR spectroscopy. *Flavour and Fragrance Journal*.19:424-433.

-H-

Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., & Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*.108 (3): 986-995.

-J-

Jafri MA, Farah, Javed K, & Singh S. (2001). Evaluation of the gastric antiulcerogenic effect of large cardamom (fruits of *Amomum subulatum* Roxb). *Journal of Ethnopharmacology*. **75**: 89-94.

-K-

Kalemba D, & Kunicka A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*.10: 813-829

Karioti ,A., Vrahimi-Hadjilouca, T., Droushiotis, D., Rancic, A., Hadjipavlou-Litina, D., & Skaltsa H. (2006). Analysis of the essential oil of *Origanum dubium* growing wild in Cyprus. Investigation of its antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Planta Medica*.72: 1330-1334.

Kathirvel, P., & Ravi, S. (2012). Chemical composition of the essential oil from basil (*Ocimum basilicum* Linn.) and its in vitro cytotoxicity against HeLa and HEP-2 human cancer cell lines and NIH 3T3 mouse embryonic fibroblasts. *Natural Product Research*, 26(12) : 112-1118.

Khan, M. S. A., Zahin, M., Hasan, S., & Husain, F. M. (2014). Inhibition of quorum sensing regulated bacterial functions by plant essential oils with special reference to clove oil. *Letters in Applied Microbiology*. 58(4) : 335-341

Koulivand, P. H., Ghadiri, M. K., & Gorji, A. (2013). Lavender and the nervous system. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 681304.

Koutsoudaki, C., Krsek, M., & Rodger, A. (2005). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil and the gum of Pistacia lentiscus Var. chia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 7681-7685.

-L-

Lahlou, M., (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*. 18 : 435-448.

Lee, S. Y., & Kim, N. S. (2017). Effects of lavender aromatherapy on insomnia and depression in women college students. *Taehan Kanho Hakhoe Chi*. 47(6): 769-779.

Lopez, P., Sanchez, C., Batlle, R., & Nerin, C. (2005). Solid and vaporphase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected food borne bacterial and fungal strains. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 53 : 6939-6946.

Luque de Castro, M. D., & García-Ayuso, L. E. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*, 369: 1-10.

-M-

Maia, M. F., & Moore, S. J. (2011). Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria journal*. 10(1): S11.

Mantle D, Anderton JG, Falkous G, Barnes M, Jones P, Perry EK. (1998). Comparison of methods for determination of total antioxidant status: application to analysis of medicinal plant essential oils. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry & Molecular Biology*. 121 : 385-391

- Martin, J., Martin, R. J., Kulakowski, J., & Cavanaugh, J. R. (2022).** Aromatherapy and essential oils. In StatPearls. *Treasure Island, FL: StatPearls Publishing.*
- Martínez-Abad, A., Ramos, M., Hamzaoui, M., Kohonen, S., Jiménez, A., & Garrigós, M. C. (2020).** Optimisation of sequential microwave-assisted extraction of essential oil and pigment from lemon peels waste. *Foods.* 9 : 1493,18-26.
- Masango, P. (2005).** Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production.* 13 : 833-839.
- Matiz, G., Osorio, M. R., Camacho, F., Atencia, M., & Herazo, J. (2012).** [Effectiveness of antimicrobial formulations for acne based on orange (*Citrus sinensis*) and sweet basil (*Ocimum basilicum L*) essential oils]. *Biomedica.* 32(1) :125-133.
- May J., Chan CH., King A., Williams L., & French GL. (2000).** Time-kill studies of tea tree oils on clinical isolates. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* 45 : 639-643.
- Mbarek LA., Mouse HA., Elabbadi N., Bensalah M., Gamouh A., Aboufatima R., Benharref A., Chait A., Kamal M., Dalal A., & Ziyad A.(2007).** Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa L.*) extracts. Anti-tumor effect of blackseed (*Nigella sativa L.*) extracts. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* . 40: 839-847
- Mengel P., Beh D., Bellido G.M., & Monpon B., (1993).**Extraction des huiles essentielles par micro onde. *Parfums cosmétiques aromes.* 66-67
- Mishra, L. C., Singh, B. B., & Dagenais, S. (2011).** Scientific basis for the therapeutic use of essential oils. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research.* 2(3) : 69-80.
- Monti, D., Chetoni, P., Burgalassi, S., Najarro, M., Sætton, MF., & Boldrini, E. (2002).** Effect of different terpene-containing essential oils on permeation of estradiol through hairless mouse skin. *International Journal of Pharmaceutics.* 237 : 209-214
- Mutai, C., Bii, C., Rukunga, G., & Mwitari, P. (2009).** Antimicrobial activity of stem bark extracts of *Warburgia salutaris* (Bertol. f) Chiov. and *Zanthoxylum chalybeum* Engl. against selected pathogens. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology.* 3(4): 142-146.

-N-

Nostro, A., & Papalia, T. (2014). Antimicrobial activity of essential oils against biofilm-forming bacteria. In *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education* (Vol. 1, pp. 1149-1156). Formatex Research Center.

-P-

Patrick Akono Ntonga , Philippe Belong , François Tchoumboungang , Eric- Moïse Bakwo Fils , Henri Fankem . (2012). Composition chimique et effets insecticides des huiles essentielles des feuilles fraîches d'*Ocimum canum* Sims et d'*Ocimum basilicum* L. sur les adultes d'*Anopheles funestus* ss, vecteur du paludisme au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*. 59: 4340– 4348

Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*. 9(8) : 721-726.

Perry, R., Terry, R., & Watson, L. K. (2019). Is lavender an anxiolytic drug? A systematic review of randomised clinical trials. *Phytomedicine*. 65: 153089.

-R-

Rajendran, S. (2020). Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for human health. In: Singh, M., & Rathoure, A.K. (Eds.). *Plant-Based Natural Products and Formulations: Synthesis, Properties, and Medicinal Applications*. IGI Global.

Rasooli I., (2005). Antibacterial and Chemical Properties of *Thymus persicus* Essential Oils at Pre and Flowering Stages. *Targeted Screening of MAPs, Economics & Law*, 4: 139-147.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*. 57 : 405-424.

-S-

Saha, S., Dhar, T. N., Sengupta, C., & Ghosh, P. (2013). Biological activities of essential oils and methanol extracts of five *Ocimum* species against pathogenic bacteria. *Czech Journal of Food Sciences*. 31(2): 194-202.

Sandhu, H. K., Sinha, P., Emanuel, N., Kumar, N., Sami, R., Khojah, E., & Al-Mushhin, A. A. M. (2021). Effect of ultrasound-assisted pretreatment on extraction efficiency of essential oil and bioactive compounds from citrus waste by-products. *Separations*. 8, 244.

Sartoratotto, A., Machado, A. L. M., Delarmelina, C., Figueira, G. M., Duarte, M. C. T., & Rehder, V. L. G. (2004). Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*. 35: 275-280.

Shin S, & Kim JH (2005). In vitro inhibitory activities of essential oils from two Korean thymus species against antibiotic-resistant pathogens. *Archives of Pharmacal Research*. 28: 897-901

Shirazi, M. T., Gholami, H., Kavooosi, G., Rowshan, V., & Tafsiry, A. (2014). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Tagetes minuta* and *Ocimum basilicum* essential oils. *Food Science & Nutrition*. 2(2) : 146-155.

Siani AC, Ramos MF, Menezes-de-Lima OJr, Ribeiro-dos-Santos R, Fernadez-Ferreira E, Soares RO, Rosas EC, Susunaga GS, Guimaraes AC, Zoghbi MG, & Henriques MG. (1999). Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from the leaves and resin of species of *Protium*. *Journal of Ethnopharmacology*. 66 : 57-69.

Silva, M. G. F. (2011). Atividade antioxidante e antimicrobiana in vitro de óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de manjerona (*Origanum majorana* L.) e manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.) [Bachelor's thesis, Graduation Conclusion Work]. Federal Technological University of Paraná, Londrina, Brazil.

Sokovic, M., & Van Griensven, L. J. L. D. (2006). Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. *European Journal Plant Pathology*. 116: 211-224.

Sousa, V. I., Parente, J. F., Marques, J. F., Forte, M. A., & Tavares, C. J. (2022). Microencapsulation of Essential Oils: A Review. *Polymers*, 14(10), 1730.

Stratakos, A., & Koidis, A. (2016). Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. In *Methods for Extracting Essential Oils* (pp. 31-38). In V.R. Preedy (Ed.), Academic Press: Cambridge, MA, USA.

Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S. W. (2003). Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51: 3197-3207.

-T-

Tankeo, S. B., Lacmata, S. T., Noumedem, J. A., Dzoyem, J. P., Kuate, J. R., & Kuete, V. (2014). Antibacterial and antibiotic-potential activities of some Cameroonian food plants against multi-drug resistant Gram-negative bacteria. *Chinese Journal of Integrative Medicine*. 20(7) : 546-554.

Tchoumboungang F, Avam zollo P, Dagne E, Mekonnen Y, (2005). In vivo anti malarial activity of essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Ocimum gratissimum* on mice infected with *Plasmodium berghei*. *planta medica*, 71: 20-23.

Tchoumboungang, F. & al., (2006). Variability in the chemical compositions of the essential oils of five *Ocimum* species from Tropical African Area. *Journal of Essential Oil Research.*, 18 : 194-199.

Teuscher E., R. Anton & A. Lobstein, (2005).- *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Lavoisier, Paris, 522 p.

Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential oil safety: a guide for health care professionals.* Elsevier Health Sciences.

Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals (2nd ed.).* Churchill Livingstone.

Tohidpour A, Sattari M, Omidbaigi R, Yadegar A, Nazemi J (2010). Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Phytomedicine*. 17 : 142-145

Tonzibo ZF, Bonzi-Coulibaly Y, Chalchat JC, N'Guessan T, Sib FS. (2000). Etude de la variation au cours du séchage de la teneur et de la composition chimique des huiles essentielles d'*Eucalyptus citriodora* acclimaté en Côte d'Ivoire : interconversion possible entre composés hydrogénés et oxygénés. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*. 10: 1-10.

Traboulsi, A. F., El-Haj, S., Tueni, M., Taoubi, K., & Nader, N. A. (2015). Insecticidal and repellent activities of the essential oils of *Myrtus communis* leaves and *Citrus hystrix* fruit against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Bulletin of insectology*. 68(1): 31-40.

-U-

Umezu, T. (1999). Anticonflict effects of plant-derived essential oils. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 64 : 35-40.

Unlu M, Daferera D, Donmez E, Polissiou M, Tepe B, & Sokmen A (2002). Compositions and the in vitro antimicrobial activities of the essential oils of *Achillea setacea* and *Achillea teretifolia* (Compositae). *Journal of Ethnopharmacology*. 83: 117-121.

-V-

Vlase, L., Benedec, D., Hanganu, D., Damian, G., Csillag, I., Sevastre, B., et al. (2014). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities and phenolic profile for *Hyssopus officinalis*, *Ocimum basilicum* and *Teucrium chamaedrys*. *Molecules*. 19(5): 5490-507.

Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics*, 40(4), 277-283.

-W-

Wan J, Wilcock A, & Coventry MJ (1998). The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Applied Microbiology*.84: 152-158.

Wannissorn B, Jarikasem S, Siriwangchai T, & Thubthimthed S (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*. 76 : 233-236

Worwood, V. A. (2016). *The Complete Book of Essential Oils and Aromatherapy* (25th Anniversary Edition). New World Library.

-Y-

Yousefi, M.; Rahimi-Nasrabadi, M.; Pourmortazavi, S.M.; Wysokowski, M. (2019).; Jesionowski, T.; Ehrlich, H.; Mirsadeghi, S. Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC— Trends in Analytical Chemistry* . 118: 182–193.

-Z-

Zaika, L.L. (1988). Spices and Herbs: Their Antimicrobial Activity and Its Determination. *Journal of Food Safety*. 9 : 97-118.

Zhao RJ, Koo BS, Kim GW, Jang EY, Lee JR, Kim MR, Kim SC, Kwon YK, Kim KJ, Huh TL, Kim DH, Shim I, & Yang CH. (2005). The essential oil from *Angelica gigas* NAKAI suppresses nicotine sensitization. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 28: 2323-2326.

Zheng, S., Zhang, G., Wang, H. J., Long, Z., Wei, T., & Li, Q. (2021). Progress in ultrasound-assisted extraction of the value-added products from microorganisms. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 37: 1-14.

Zhiri, A., & Baudoux, D. (2005). *Huiles Essentielles Chémotypées et leurs synergies. Edition Inspir Development.*

ملخص

Ocimum basilicum ، يسمى الريحان الحلو باللغة الإنجليزية ، و "Tulsi" باللغة الهندية و "Raihan" باللغة العربية هو نبات سنوي يستعمل كزينة تجارية في المناطق المعتدلة الاستوائية والدافئة من العالم بما في ذلك آسيا وإفريقيا ، ويمكن لهذا النبات أن يقدم مزايا كبيرة ، لوفرتها ، وقدرتها على توفير الزيوت الأساسية ، أو المستخلصات المطلوبة بكثرة في الصناعات الغذائية أو الدوائية.

في هذه الدراسة، تم تقييم تأثير الزيوت الأساسية المستخرجة بالتقطير المائي من أوراق الريحان ضد أربع سلالات بكتيرية *Bacillus subtilis* ، *Staphylococcus aureus*، *Pseudomonas aeruginosa*، و *Escherichia coli* وذلك باستخدام طريقة الروماتوغرام وطريقة التخفيف الدقيق في وسط سائل.

أظهرت النتائج أن الزيوت لها تأثير على جميع السلالات باستثناء *Pseudomonas aeruginosa* و يمكن استخدامه كبديل طبيعي لمحاربة الالتهابات البكتيرية.

الكلمات المفتاحية : بازيليكوم الأوسيموم، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للبكتيريا

Résumé

Ocimum basilicum, communément appelé le basilic doux en anglais, "Tulsi" en hindi et "Raihan" en arabe est une plante annuelle largement comme plante ornementale commerciale dans les régions tropicales et tempérées chaudes du monde, y compris l'Asie, l'Afrique, l'Amérique. Cette plante peut offrir des avantages non négligeables, par le fait de sa disponibilité, et sa capacité à fournir des huiles essentielles, ou extraits, largement demandés dans les industries alimentaire ou pharmacologique.

Dans la présente étude, les propriétés antibactériennes des huiles essentielles extraites par l'hydrodistillation à partir des feuilles de Basilic ont été évaluées vis-à-vis de quatre souches bactériennes de référence, à savoir *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, et *Bacillus subtilis* en utilisant la méthode la méthode de diffusion par disque et la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

Les résultats ont montré que l'HE d'*Ocimum basilicum* a une activité antibactérienne significative contre les différentes souches testées à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*.

Ces résultats révèlent que ce dernier (le basilic) pourrait être utilisé comme une alternative naturelle pour lutter contre les infections bactériennes.

Mots clés : *Ocimum basilicum*, huiles essentielles, activité antibactérienne

Abstract

Ocimum basilicum, commonly called sweet basil in English, "Tulsi" in Hindi and "Raihan" in Arabic is an annual plant widely used as a commercial ornamental in the tropical and warm temperate regions of the world, including Asia, Africa, and America. This plant can offer significant advantages, due to its availability, and its ability to supply essential oils, or extracts, widely in demand in the food or pharmacological industries.

In the present study, the antibacterial properties of essential oils extracted by hydrodistillation from basil leaves were evaluated against four bacterial strains, namely *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* using the method of disc diffusion and determination of the minimum inhibitory concentration (MIC). The results showed that HE of *Ocimum basilicum* has a significant antibacterial activity against the various strains tested with the exception of *Pseudomonas aeruginosa*.

These results reveal that the latter (basil) could be used as a natural alternative to fight bacterial infections.

Keywords: *Ocimum basilicum*, essential oils, antibacterial activity