

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة شادلي بن جديد الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الكيمياء
Département de Chimie

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Chimie Analytique

THEME

**Etude phytochimique et biologique d'une
plante médicinale *Mentha Suaveolens Ehrh***

Présenté par: *GHOURI Imane*

Soutenu le : 15/06/2026

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr. ZERNIZ Nawal	MCA	Univ Chadli Bendjedid El Tarf
Encadrante: Dr. CHELOUFI Hadjer	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf
Examinatrice: Dr. DIAF Ilhem	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Année Universitaire 2025-2026



Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

À mes chers parents

Qui ont toujours été ma source de courage, de confiance et de réussite.

Merci pour votre amour infini, vos sacrifices et votre soutien inestimable.

Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de bonheur.

*À mon frère **Youcef***

*À mes sœurs **Nour El Houda** et **Asma**.*

Pour, leur soutien constant et leurs encouragements précieux,

À mon fiancé,

À sa respectable famille,

En témoignage de ma sincère gratitude pour leur soutien et leur et leur bienveillance.

À toute ma famille,

Pour leur affection et leurs encouragements.

À mes amies,

Pour leur soutien, leur aide et les beaux souvenirs partagés tout au long de ces années.

Enfin, à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin à réaliser ce travail.

Je dédie ce mémoire avec amour, reconnaissance et respect.

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, de
M'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce
modeste mémoire de fin d'études.*

*Je remercier profondément et sincèrement
ma promotrice de mémoire, **Dr. CHELOUFI Hadjer** pour tout le temps
qu'elle m'a accordé et qui a été là à chaque fois que j'avais besoin d'elle.
sa présence et sa gentillesse
qu'elle m'a témoignée, et pour m'avoir guidé par ses précieux conseils durant
la réalisation de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury :
Dr. ZERNIZ Nawal (présidente) et **Dr. DIAF Ilhem**(examinatrice)
pour l'intérêt qu'elles ont porté à ce mémoire de fin d'études en acceptant de l'examiner.*

*je n'oublie pas non plus les personnes qui ont contribué
de près ou de loin à ce sujet,*

A l'ensemble du personnel du laboratoire pédagogique

*Mes remerciements vont également aux enseignants
qui nous ont accompagnés pendant nos cursus universitaires.*

A tous mes professeurs de Chimie de l'université

Chadli Bendjedid-El Tarf

Sommaire

Introduction Générale.....	11
Syntheses bibliographique	
I. Plante médicinal.....	5
1. Généralités.....	5
2. Définition	5
3. Utilisations des plantes médicinales.....	6
a. Activité antimicrobienne, antivirale, antifongique et antiparasitaire:	6
b. En agriculture:	7
c. En alimentation :.....	7
d. En cosmétique :	7
e. Comme suppléments diététiques.	7
4. Fonctionnement des plantes médicinales	7
.5 Modes de préparation des plantes médicinales :	8
a) La décoction :	8
b) L'infusion :	8
c) La macération :	8
d) Le cataplasme:	8
e) Les compresses :	8
f) L'inhalation :	8
g) Bains de bouche et gargarismes :	9
6. Récolte-séchage et conservation des plantes médicinales.....	9
II. Métabolites Secondaires.....	10
1. Définition	10
2. Classement des métabolites secondaires :.....	10
2.1 Les composées phénoliques.....	10
2.2 Les composés Azotés.....	12
a. Les Alcaloïdes	12
b. classification des Alcaloïdes :.....	13
2.3 Les composés Terpéniques.....	13
a. Classification :	14
III. Les huiles essentielles	15
1. Historique	15

2.	Définition	16
3.	Classification des huiles essentielles :.....	17
4.	Répartition :.....	17
5.	Utilisation des huiles essentielles.....	18
6.	Composition Chimique:	18
6.1	Les composés terpéniques :	19
6.2	Les composés aromatiques.....	19
6.3	Composés d'origine diverse.....	20
7.	Propriétés des huiles essentielles.....	20
7.1	Propriétés physiques	20
7.2	Propriétés organoleptiques des HE	21
8.	Activités biologiques des huiles essentielles.....	21
8.1	Activité antioxydante	21
8.2	Activité antimicrobienne.....	21
8.3	Activités Antifongiques et insecticides.....	22
9.	Méthodes d'extractions	22
9.1	La distillation	22
9.1.1	L'hydrodistillation :.....	23
9.1.2	L'hydrodiffusion	24
9.1.3	L'entraînement à la vapeur d'eau.....	24
9.2	Extraction assistée par micro-ondes	25
9.3	Extraction par solvants volatils.....	26
10.	La méthode sur d'extraction huile essentiel	27
11.	Techniques d'analyses des huiles essentielles.....	28
I.	Généralités sur les Lamiacées	29
II.	La <i>Mentha</i>	29
1.	Origine et histoire :.....	29
.2	Le genre <i>Mentha</i>	30
3.	Origine et répartition géographique	30
4.	Classification des menthes :	31
III.	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh	31
1.	Description botanique	31
2.	Répartition géographique	32

3.	Nomenclature et taxonomie	32
4.	La toxicité.....	33
5.	Nom vernaculaires.....	33
6.	Usage médical traditionnel.....	34
7.	La composition chimique M.S	35
8.	Propriétés Pharmacologiques	36
9.	La composition chimique de l'huile essentielle de MS.....	36
10.	Activités biologiques	38

partie expérimentale

I.	Matériel et méthodes.....	41
1.	Matériel végétal.....	41
a.	La plante : <i>Mentha suaveolens Ehrh</i>	41
b.	Localisation géographique.....	41
c.	Préparation des échantillons	42
2.	Screening phytochimique.....	43
a.	Test des Flavonoïdes	43
b.	Test des coumarines.....	44
c.	Test de saponines (test de mousse):.....	44
d.	Test des huiles essentielles:	45
e.	Test de quinones libres:	45
f.	Test de stérols et tri terpènes:	46
g.	Test des Tannins :	46
h.	Test des cardinolides:	47
3.	Préparation de l'extrait végétal	47
3.1	Extraction par les solvants organique	47
3.2	Détermination du rendement.....	49
3.3	Extraction de l'huile essentielle	49
4.	L'activité biologique :	51
4.1	Souches microbiennes de référence	51
4.2	Préparation des extraits	51
4.3	Méthode de diffusion sur disque (Kirby-Bauer).....	52
	Préparation du milieu et ensemencement	52
	Dépôt des disques	52

Contrôles expérimentaux	52
4.4 Lecture et critères d'interprétation	53
II. Résultat et discussion	54
1. Screening phytochimique	54
2. Rendement en extraits et en huile essentielle(HE)de <i>M.Suaveolens Ehrh</i> :.....	54
3. Caractérisation de l'huile essentielle (HE) de <i>M. suaveolens</i> :	56
4. Les résultats de l'évaluation antibactérienne :	57
4.1 Activité antibactérienne des extraits de <i>Mentha suaveolens Ehrh</i> :	57
Discussion	60
a. Inactivité des extraits polaires	60
b. Spectre d'activité de l'huile essentielle : Gram positif vs Gram négatif.....	60
c. Intensité de l'activité et perspectives quantitatives.....	61
Conclusion générale	63
Résumé	
Abstract	
ملخص	

Liste des figures

Figure 1: les plantes médicinales.....	6
Figure 2: Structure chimique de quinine	6
Figure 3: Structure chimique des polyphénols	11
Figure 4: Structure chimique des alcaloïdes	12
Figure 5: Structure de base de l'isoprène	13
Figure 6: Les huiles essentielle	17
Figure 7: Structure chimique de certains composés aromatiques présents dans les huiles Essentielles.	19
Figure 8: Structure chimique Composés d'origine diverse	20
Figure 9: Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.....	23
Figure 10: Schème de montage de Clevenger.	24
Figure 11:L'extraction par hydrodiffusion.....	24
Figure 12: Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur.....	25
Figure 13: Schéma du montage de l'extraction par micro-onde.	26
Figure 14: Montage d'extraction par solvant	26
Figure 15: Aire des répartitions de la menthe dans le monde	300
Figure 16: <i>Mentha suaveolens Ehrh</i>	32
Figure 17: Carte de répartition en Europe et la région méditerranéenne.	32
Figure 18: Structure chimiques de la pulégone et de l'oxyde de pipériténone	37
Figure 19: La plante <i>Mentha Suaveolens Ehrh</i>	41
Figure 20: Carte de la situation géographique de la région d'El Taref.....	42
Figure 21: Protocole de préparation des échantillons	43
Figure 22: Test des Flavonoïdes.....	43
Figure 23: Test des coumarines.....	44
Figure 24: Test de saponines.....	44
Figure 25:Test des huiles essentielles	45
Figure 26: Test de quinones libres	45
Figure 27: Test des stérols et tri terpènes.....	46
Figure 28:Test des Tannins	47
Figure 29: Test des cardinolides.....	47
Figure 30: les étapes de la préparation des extraits.....	48
Figure 31: Protocol de préparation de l'extrait de Solvant par macération.	48
Figure 32: Extraction des huiles essentielles par méthode de l'hydrodistillation	50
Figure 33: l'huile essentielle	50
Figure 34: résultats d'aromatogramme des souches sensibles	59
Figure 35: résultats d'aromatogramme des souches sensibles	59

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification des composés phénoliques	11
Tableau 2: structure chimique	13
Tableau 3: Différents types des terpénoïdes	14
Tableau 4: Structure chimique types des terpénoïdes	15
Tableau 5: Classification taxonomique de l'espèce <i>Mentha suaveolens Ehrh</i>	33
Tableau 6: Principaux noms vernaculaires de <i>Mentha suaveolens Ehrh</i>	34
Tableau 7: structure chimique de quelques composants	36
Tableau 8: résultats des tests phytochimiques du <i>Mentha Suaveolens Ehrh</i>	54
Tableau 9: Rendement en (%) des extraits et de l'huile essentielle de M.Suaveolens	54
Tableau 10: Propriétés organoleptiques de l'HE de <i>Mentha suaveolens</i>	56
Tableau 11: Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm $\pm$ SD, n = 3) des extraits de <i>Mentha suaveolens Ehrh</i> . vis-à-vis des souches bactériennes de référence (ATCC).....	57

Liste des abréviations

<i>Abréviation</i>	<i>Signification</i>
<i>M</i>	<i>Mentha</i>
<i>HE</i>	<i>Huile essentielle</i>
<i>TNF</i>	<i>Tumor Necrosis Factor</i>
<i>OH</i>	<i>Fonctions Hydroxyde</i>
<i>C</i>	<i>Atome de carbone</i>
<i>O</i>	<i>Atome d'oxygène</i>
<i>H</i>	<i>Atome d'hydrogène</i>
<i>R</i>	<i>Radical</i>
<i>OCH₃</i>	<i>Methoxy</i>
<i>HCL</i>	<i>Chlorure d'hydrogène</i>
<i>KOH</i>	<i>Hydroxyde de potassium</i>
<i>MeOH</i>	<i>Methanol</i>
<i>FeCl₃</i>	<i>Chlorure ferrique</i>
<i>CHCl₃</i>	<i>Chloroforme</i>
<i>C₂H₅OH</i>	<i>Alcooléthylique, Ethanol</i>
<i>CH₃COOH</i>	<i>Acide acétique</i>
<i>H₂SO₄</i>	<i>Acide sulfurique</i>
<i>C₄H₆O₃</i>	<i>Anhydride acétique</i>

Introduction Générale

Depuis l'Antiquité, les plantes médicinales constituent une source essentielle de remèdes naturels utilisés par l'homme pour la prévention et le traitement de nombreuses maladies. Grâce à leur richesse en substances bioactives, elles ont occupé une place importante dans les pratiques thérapeutiques traditionnelles de plusieurs civilisations. Malgré les progrès considérables de la médecine moderne et le développement des médicaments de synthèse, l'intérêt porté aux plantes médicinales demeure toujours d'actualité en raison de leurs multiples propriétés biologiques et de leur potentiel thérapeutique considérable¹.

Les plantes médicinales sont impliquées dans ces différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques. Selon des études pharmacologiques plus de 1200 plantes utilisées à travers le monde en médecine traditionnelle, pour leurs activités biologiques contre diverses maladies².

De façon générale, les plantes médicinales représentent une source inépuisable depuis l'antiquité pour remèdes traditionnels et efficace, grâce aux composés actifs qu'elles contiennent tel que : les composés phénoliques, les saponosides et les huiles essentielles qui font l'objet de nombreuses recherches³. Ces composés dits métabolites secondaires qui sont utilisés comme agents aromatisants, parfums, insecticides, colorants et médicaments, elles présentent aussi de nombreuses activités : anti oxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobienne, anti-tumoral, antidiabétiques et traitent aussi des maladies cardiovasculaires⁴.

Parmi les métabolites secondaires les plus étudiés figurent les huiles essentielles, qui sont des mélanges complexes de composés aromatiques volatils produits par différentes parties des plantes telles que les feuilles, les fleurs, les fruits, les écorces ou les racines. Ces huiles sont généralement obtenues par hydrodistillation ou par entraînement à la vapeur d'eau. Leur composition chimique varie selon l'espèce végétale, les conditions climatiques, la période de récolte et la méthode d'extraction utilisée⁵.

La popularité dont jouissent depuis longtemps les huiles essentielles et les plantes aromatiques en générale reste liée à leurs propriétés médicinales en l'occurrence les propriétés

¹Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3ème éd.). Paris : Technique et Documentation

²(a)Kaurinovic B., Popovic M., Vlasicavljevic S., IJMCR, Algeria, **2016**, 4, p2321-3124

³Hellal Z., Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus, Université Mouloud Mammeri, Thèse de doctorat, **2011**.

⁴Sharma B., Viswanath G., Salunke R., Roy P., Effects of flavonoid-rich extract from seeds of *Eugenia jambolana* (L.) on carbohydrate and lipid metabolism in diabetic mice. Food Chem, **2008**, 110, p697,

⁵Frank J., **2007**. "Introduction to Computational Chemistry". Wiley, 2nd edition. 599 pages.

anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides, tonifiantes, stimulantes, et calmantes⁶.

Il existe un grand nombre d'huiles essentielles connues dans le monde et plusieurs milliers d'entre elles ont été caractérisées. Cependant, de ce nombre, une faible proportion seulement présente un intérêt commercial. Cela s'explique par la composition chimique des huiles, les différentes utilisations possibles et leur coût de production⁷

La famille des Lamiacées (Lamiaceae) est considérée comme l'une des familles végétales les plus riches en plantes aromatiques et médicinales, car elle regroupe de nombreuses espèces reconnues pour leur richesse en composés bioactifs et leurs usages traditionnels variés. Parmi ces espèces figure *Mentha suaveolens Ehrh*, utilisée en médecine traditionnelle pour traiter certains troubles de santé tels que la migraine et les douleurs intestinales. Elle est également employée de façon traditionnelle dans les bains de mariage en raison de son parfum agréable et de ses propriétés apaisantes et rafraîchissantes. Cette plante est aussi connue pour contenir une huile essentielle riche en composés actifs présentant diverses propriétés biologiques, telles que les activités antibactériennes, antioxydantes et antifongiques⁸.

En raison de l'importance traditionnelle et thérapeutique de *Mentha suaveolens Ehrh*, ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes aromatiques et médicinales locales. Il vise à étudier sa composition phytochimique à travers l'identification de ses métabolites secondaires, l'extraction de son huile essentielle, ainsi que la préparation d'extraits dans des solvants de polarité différente. L'évaluation de l'activité antimicrobienne de ces différents extraits permettra de mettre en évidence le potentiel thérapeutique de la plante en vue d'applications dans les domaines pharmaceutique et cosmétique

❖ La présentation de nos travaux se répartie comme suit :

○ **Une première partie, bibliographique**, Comportant deux chapitres dont :

⁶Fanchomme, P., Jollois, R., Pénoel, D., Mars, J., (1990). L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles : fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. R. Jollois.

⁷ Il Edrissi, A. (1982). Etude des huiles essentielles de quelques Espèces Salvia, Lavandula et Mentha du Maroc. 1982 (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Rabat.

⁸Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. Medicines, 3(4), 25.

Introduction Générale

Le premier chapitre rassemble des généralités sur les plantes médicinales et des métabolites Secondaires, les huiles essentielles et leur composition chimique ainsi que leurs domaines d'utilisation et enfin les différentes méthodes d'extraction.

Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique de *Mentha suaveolens Ehrh.* Il aborde sa répartition géographique, sa composition chimique ainsi que ses diverses propriétés pharmacologiques documentées dans la littérature.

○ Deuxième Partie : partie expérimentale

La démarche expérimentale adoptée dans ce travail est présentée dans cette section. Les matériels et les méthodes appliqués au criblage phytochimique de *Mentha suaveolens Ehrh.*, à l'obtention de son huile essentielle, ainsi qu'à la préparation des extraits (méthanolique, éthanolique et à l'acétate d'éthyle) y sont rigoureusement décrits. Ce protocole intègre également les tests d'activité antimicrobienne. L'ensemble des résultats issus de ces investigations est ensuite exposé et soumis à une discussion approfondie

En enfin, une conclusion générale rassemblant l'essentiel des résultats de ce travail.

Synthèse bibliographique

I. Plante médicinale

1. Généralités

L'utilisation des plantes pour leurs propriétés médicinales est une pratique très ancienne remontant aux premières civilisations et bien préservée depuis des siècles dans le monde entier⁹. Par exemple, elles fournissaient aux peuples qui les cultivaient de l'huile pour la cuisine, du combustible, un baume pour la peau et des fibres pour la fabrication d'étoffes. Il était aussi employé dans le traitement des bronchites, des rhumes, des furoncles ou des troubles digestifs... Comme plusieurs autres médicinales, cette espèce occupait une place importante dans les croyances traditionnelles grâce à ses nombreuses propriétés curatives. Pendant longtemps, les plantes ont été utilisées dans la pratique traditionnelle avant d'être reconnues pour leurs usages thérapeutiques¹⁰.

Depuis toujours, les plantes aromatiques et médicinales ont été une source inépuisable de principes actifs traditionnels et efficaces grâce à leurs principes actifs tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les hétérosides, les saponosides, les quinones, les vitamines et les huiles essentielles. Ces métabolites sont employés dans le domaine médical¹¹.

Selon le dernier inventaire, il ressort que seulement 10% des plus de 350 000 espèces de végétaux connus et identifiées ont été examinées de manière phytochimique et pharmacologique¹².

2. Définition

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le but de soigner¹³. Les plantes médicinales sont actives dans différents secteurs sous la forme de principes actifs, des huiles, des extraits ou des solutions, qu'elles soient aqueuses ou biologiques¹⁴. Selon le groupe consultatif de l'OMS qui a élaboré cette définition, une telle description permet également de différencier les plantes médicinales dont les propriétés

⁹Landoulsi, A., et al. (2018). "Composition chimique et activités pharmacologiques des espèces tunisiennes du genre *Eryngium* L.(Apiaceae)."

¹⁰Mebarka. (2018, juin 25). Etude de l'activité antibactérienne des Biskra, Biskra, algérie.

¹¹MAATOUG, S., & SAOUDI, N. (2024). Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique d'une plante médicinale *Mentha suaveolens*. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, Algérie.

¹²Newfel, K., & metrouh, a. (2021). Etude de l'effet analgésique d'une plante médicinale du genre *Thymus* chez un modèle biologique. Tébessa, Tébessa, Algérie.

¹³Jean Bruneton, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, Techniques et Documentation, 3e édition, 1999.

¹⁴Zbalah, H. and Y. Belarbi (2018). "Effet de séchage des plantes médicinales de la famille des Lamiacées (Romarin) sur l'activité antibactérienne."

thérapeutiques et les composants ont été scientifiquement établis des plantes traditionnellement considérées comme médicinales⁴.



Figure 1: les plantes médicinales¹⁵

3. Utilisations des plantes médicinales

a. Activité antimicrobienne, antivirale, antifongique et antiparasitaire:

Les produits naturels des plantes depuis des périodes très anciennes ont joué un rôle important dans la découverte de nouveaux agents thérapeutiques ex : la quinine obtenue à partir du quinquina « Cinchona » a été avec succès employée pour traiter la malaria, l'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*) est renommé pour ses propriétés antibactériennes, anti – infectieuses, antivirales. Mais aucune plante n'est aussi efficace que les médicaments antirétroviraux pour arrêter la réplication du VIH, antifongiques (*Adenocalyma alleaceum*, *Allium ampeloprasum*, *Allium ramosum*, *Allium sativum*, *Tulbaghia violacea*, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*).

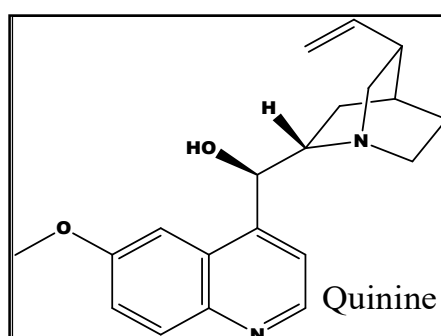


Figure 2: Structure chimique de quinine

¹⁵ Mokaddem, H., Zeghib, A., Zeghib, F., Hioun, S., Fradj, K., Kabouche, Z., & Djabri, B. (2018). A medicinal plant from Algerian arid zone. *Phytothérapie*, 16(2), 91-95.

b. En agriculture :

L'arbre *Azadirachta indica*, qui se développe dans tout le subcontinent indien, est une des plantes médicinales les plus importantes au Bangladesh, de 12 à 18 mètres de hauteur avec un périmètre atteignant jusqu'à 1.8 à 2.4 mètres. ; Les huiles de cet arbre ont des utilisations dans l'agriculture dans le contrôle de divers insectes et nématodes (vers parasites)¹⁶.

c. En alimentation :

Les plantes sont utilisées en assaisonnement, dans les boissons, les colorants et les composés aromatiques. Les épices et les herbes aromatique utilisées dans l'alimentation sont pour une part responsable des plaisirs de la table, ils sont considérés comme condiments et aromates¹⁷.

d. En cosmétique :

Dans la fabrication des produits de beauté, parfums et articles de toilette et produits d'hygiène¹⁸.

e. Comme suppléments diététiques¹⁹.

4. Fonctionnement des plantes médicinales

Au cours des dernières décennies, les recherches pharmaceutiques ont permis d'identifier la composition chimique de nombreuses plantes médicinales et de reproduire plusieurs de leurs principes actifs²⁰. Chaque plante contient une grande variété de substances actives agissant en synergie, ce qui renforce leurs effets pharmacologiques²¹. Contrairement aux médicaments allopathiques composés d'un seul principe actif, les médicaments phytothérapeutiques utilisent l'ensemble des constituants de la plante²². Ainsi, les plantes médicinales présentent des effets thérapeutiques et préventifs importants chez l'être humain²³.

¹⁶Amjad Hossain M.(2005). Neem seed oil: Bangladesh. Examples of the development of Pharmaceutical Products from Medicinal Plants. Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research (BCSIR). 10, 59-63.

¹⁷Arras G., Usai M.(2001). Fungitoxic activity of twelve essential oils âge Délavera P., 1987. Les épices, histoire, description, et usage des différents épices, aromateset condiments. (Ed) Albin Michel. 372P.

¹⁸Porter N., 2001. Essentiel oil and their production, crop and food research. Number 39.

¹⁹Anouni, M., Pelen, F., & Soulimani, R. (2013). Etude de l'activité antimicrobienne d'un mélange de 41 huiles essentielles et domaines d'application. *Phytothérapie*, 11(4), 225-236.

²⁰Künkele, U., &Lohmeyer, T. R. (2007).Plantes médicinales : identification, récolte, propriétés et emplois. ML Éditions.

²¹CIEUR CHRISTINE. (2012). Dr. Alain Carillon. La plante médicinale – notion de totum – implication en phytothérapie clinique intégrative. Ph., Société internationale de médecine en dobiogénique et de physiologie intégrative.

²²Briskin, D.P. (2000). Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. *Plant physiology*,124(2), 507 -514.

²³SIMON Y. (2001). -Mills, Evidence for the clinician - a pragmatic framework forphytotherapy, The European Phytojournal - ESCOP, Issue 2.

5. Modes de préparation des plantes médicinales :

Dans les plantes médicinales, il y a les principes actifs qui soignent. Pour obtenir ces principes actifs, il faut faire des préparations spéciales en fonction des parties de la plante (feuilles, fleurs, racines, écorces) afin de les extraire. Les différentes techniques de préparations sont :

a) La décoction :

Cette technique consiste à faire bouillir de l'eau froide dans la quelle on a mis des parties dures et épaisses des plantes et laisser cuire (tiges, racines, écorces, feuilles épaisses). Les plantes libèrent leurs substances actives dans de l'eau peu à peu au cours de la cuisson. La durée d'ébullition varie entre 10 et 20 min selon l'espèce.

b) L'infusion :

L'infusion consiste à verser de l'eau bouillante sur les parties fragiles des plantes (feuilles, fleurs) et à laisser au repos pour quelques temps. Peu à peu les substances actives sortent des plantes et on observe une coloration progressive de l'eau.

c) La macération :

Cette technique consiste à immerger les plantes dans un liquide froid (Vin, huile, alcool, eau) auquel elles donnent leurs propriétés et leurs arômes au bout d'un temps variable

d) Le cataplasme:

Il consiste à appliquer une pâte de plantes fraîches sur la partie malade.

e) Les compresses :

La compresse est l'application d'un linge que l'on a trempé dans une décoction de plantes. On l'applique ensuite sur la partie malade.

f) L'inhalation :

C'est une technique qui consiste à dégager les voies respiratoires (Nez, poumons, etc.) en respirant la vapeur chargée de substances actives des plantes. On repenche au-dessus du liquide chaud contenant de l'extrait liquide des plantes, la tête couverte d'une serviette pour respirer la vapeur pendant quelques minutes.

g) Bains de bouche et gargarismes :

On prend quelques décoctions dans l'abouche, qu'on garde en faisant des mouvements avec la bouche (ou avec la gorge). Après quelques minutes on recrache le liquide²⁴.

6. Récolte-séchage et conservation des plantes médicinales

❖ La récolte

Les plantes médicinales devront être récoltées à la saison ou à l'époque optimale pour assurer la production de matières végétales médicinales et de produits finis de la meilleure qualité possible. Le meilleur moment pour la récolte sera déterminé en fonction de la qualité et de la quantité de constituants biologiquement actifs plutôt que du volume total de la partie de la plante à récolter²⁵.

❖ Le Séchage

Le séchage des plantes médicinales est normalement, effectué après la récolte, il permet de réduire la teneur en eau afin de limiter les dégâts dus aux enzymes et autres agents biologiques tels que les moisissures et les microbes.

Le séchage doit être rapide et en endroit bien aéré et à l'abri de la lumière.

Les plantes aromatiques pas resté trop longtemps au soleil pour ne pas perdre leur parfum²⁶ le maximum de température admis pour une bonne dessiccation des plantes aromatiques ou des plantes contenant des huiles essentielles est de 30°C ; pour les autres cas, la température de dessiccation peut varier 15 à 70°C²⁷.

❖ La conservation

Les plantes médicinales sont conservées à l'abri de la lumière, air et au sec dans des récipients en porcelaine, faïence ou verre teinté, boîtes sèches en fer blanc, sacs en papier ou des caisses. Cette technique est nécessaire pour les plantes qui subissent des transformations chimiques sous l'influence des ultraviolets. Les plantes riches en produits volatiles et qui s'oxydent rapidement sont conservées dans un milieu étanche^{15, 16}.

²⁴Chahrazad, L., Djamila, N., Amira, M., & Baya, K. (2022) Contribution a une étude ethnobotanique. Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, Algérie.

²⁵World Health Organization. (2003). Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte

²⁶Djeddi, S. (2012). Les huiles essentielles "Des mystérieux métabolites secondaires": Manuel de formation destiné aux

²⁷Delille, L. (2007). Les plantes médicinales d'Algérie. ed Berti.

II. Métabolites Secondaires

1. Définition

Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures, et qui ont une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Dans plus de 200 000 structures ont été définies²⁸. Ce sont des molécules qui interviennent dans l'adaptation de la plante à son environnement ainsi que la régulation des symbioses et d'autres interactions entre les plantes et les animaux, ils constituent un ensemble des produits naturels qu'il convient d'explorer pour leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et anti-carcinogènes ou mutagènes²⁹.

2. Classement des métabolites secondaires :

Nous pouvons classer les métabolites secondaires en trois groupes, chacune renferme une très grande diversité biologique.

- **Les composées phénoliques**
- **Les composés Azotés**
- **Les composés Terpéniques**

2.1 Les composées phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des végétaux, caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre (**figure 3**), ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester, hétéroside³⁰.

Les composés phénoliques jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. Ils peuvent constituer des signaux de reconnaissance entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés³¹.

²⁸Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G. (2000). Natural products (Secondary metabolites). *Biochemistry & Molecular Biology of plants*. 1250-1318.

²⁹Hartmann, T. (2007). From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. 68, 2831–2846.

³⁰Bruneton J. 2009. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4^{ème} Edition, Lavoisier. Paris.

³¹Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie-Plantes médicinales (3^è éd). Paris: Techniques et documentations.

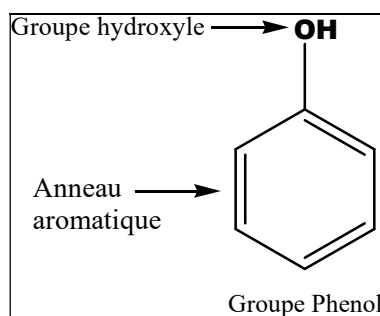


Figure 3: Structure chimique des polyphénols

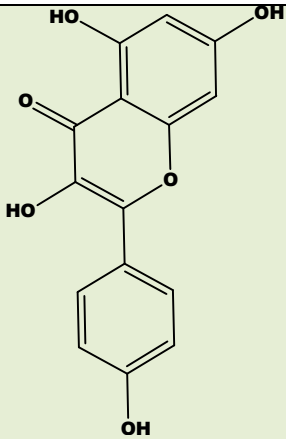
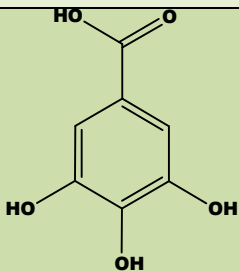
a. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques, ce terme recouvre un groupe très vaste et diversifié de composés chimiques. Ces composés peuvent être classés en un certain nombre de façons. Harborne et Simmonds (1964) ont classés en groupes ces composés sur la base du nombre d'atomes de carbone dans la molécule³². (**Tableau 1**)

Tableau 1: Classification des composés phénoliques

Squelette carboné	Classe	Exemple	Formule	Origine (exemple)
C ₆ -C ₁	Acides hydroxybenzoïques	p-hydroxybenzoïque		Epices, fraise
C ₆ -C ₃	Coumarines	Scopolétine		Citrus
C ₆ -C ₄	Naphtoquinones	Juglone		Noix

³²Hopkins, W.G. (2003). Assimilation du carbone et productivité, (2é éd). (R, Sarge, Trad.). Ed: de boeck université

C₆-C₃-C₆	Flavonoïdes * Flavonols * Anthocyanes * Flavanols * Flavanones * Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélagonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Daidzéine		Fruit, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pomme, raisin <i>Citrus</i> Soja, pois
(C₆-C₃-C₆) n	Tanins condensés			Raisin rouge, kaki

2.2 Les composés Azotés

a. Les Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés azotés, naturels, complexes, ayant une structure complexe et des propriétés pharmacologiques importantes. La découverte des médicaments (morphines, quinine, cocaïne, atropine...) et le développement de l'industrie pharmaceutique ont été très importants pour eux. En étudiant leur mécanisme d'action, ils ont été utilisés comme réactifs biologiques dans les domaines de la neurochimie et de la chimiothérapie. Ils possèdent également une capacité antioxydant³³.

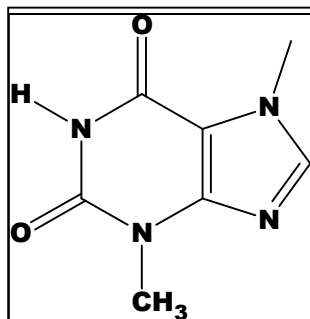


Figure 4: Structure chimique des alcaloïdes

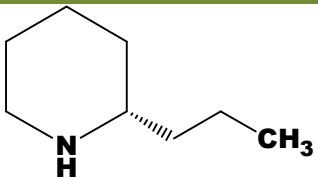
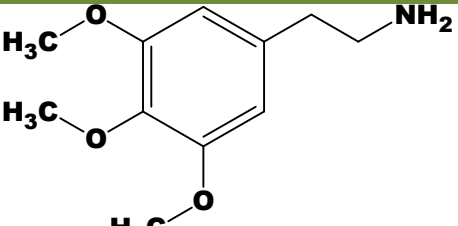
³³Chahrazad, L., Djamila, N., Amira, M., & Baya, K. (2022, septembre 14). Contribution a une étude ethnobotanique . tizi-ouzou, tizi-ouzou, algerie.

b. classification des Alcaloïdes :

Nous distinguons 3 classes :

- **Le pseudo alcaloïdes** : ne possèdent pas d'azote intra cyclique et l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale Exemple : coniine.
- **Les proto – alcaloïdes** : azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique, ils sont élaborés partir d'acide amine Exemple : mexaline.
- **Les alcaloïdes vrais** : qui l'on classe suivant la nature de leur cycle. L'atome d'azote est inclus dans un hétérocycle, bio synthétiquement formés à partir d'acide aminé, possèdent une activité pharmacologique marquée³⁴.

Tableau 2: structure chimique

	Coniine	mexaline
Structure		

2.3 Les composés Terpéniques

Les trapénoïdes sont des dérivés d'unités isoprènes à cinq atomes de carbone (unité de base) assemblés et modifiés de mille façons différente⁵⁵. Ils représentent un groupe très vaste desubstances naturelles identifiées (> 90000 molécules décrites)³⁵.

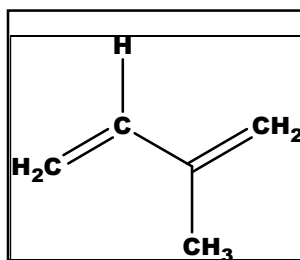


Figure 5: Structure de base de l'isoprène

³⁴MERATATE, F. (2013). Etude phytochimique et pouvoir biologique des métabolites secondaires de la plante *Zizyphora hispanica* L. de la région de M'SILA (Doctoral dissertation, Université de m'sila).

³⁵Boutefnouchet, S., Champy, P., Girard, C., Grovel, O., Hennebelle, T., Poupon, E., & Seguin, E. (2020). Pharmacognosie:Obtention et propriétés des substances actives médicamenteuses d'origine naturelle. Elsevier health Sciences. P: 32- 33 et 439.

a. Classification :

➤ Terpénoïdes et les stéroïdes

Les terpénoïdes et les stéroïdes constituent probablement la plus large classe des composés secondaires.

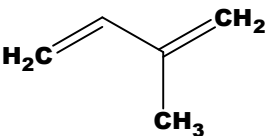
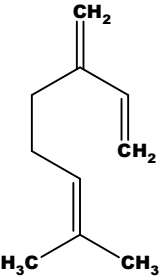
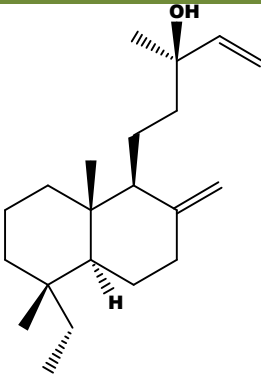
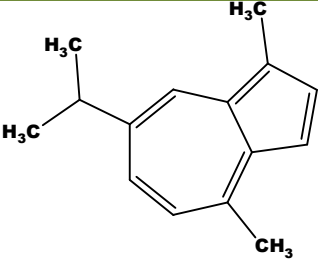
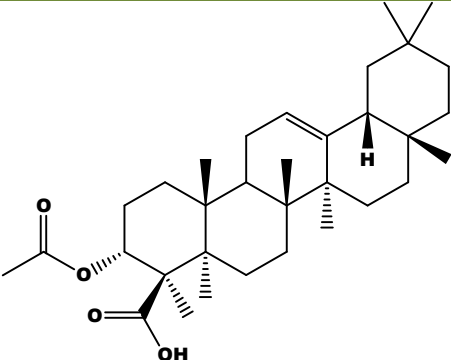
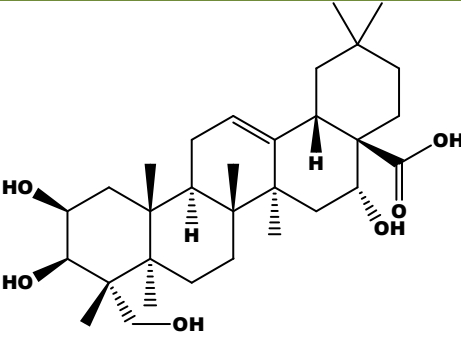
Les terpénoïdes et les stéroïdes sont issus à partir des mêmes précurseurs, et formées de l'assemblage d'unités à 5 carbones ramifiées du 2-méthylbutadiène (**polymères de l'isoprène**). Le nombre d'unités isopréniques définit les différentes classes de terpènes.

Tableau 3: Différents types des terpénoïdes³⁶

Nombre de carbone	Types du terpénoïdes
5	Hémiterpènes
10	Monoterpènes
15	Sesquiterpènes
20	Diterpènes
30	Triterpènes
40	Tétraterpènes
>40	Polyterpènes

³⁶Başer, K.H.C. and F. Demirci, (2007). Chemistry of essential oils. Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability, edited by Berger RG. New York: Springer, p. 43-86.

Tableau 4: Structure chimique types des terpénoïdes

Hémiterpènes	Monoterpènes	Diterpènes
		
Sesquiterpènes	Triterpènes	Tétraterpènes
		

III. Les huiles essentielles

1. Historique

Pendant des millénaires l'utilisation des plantes fût le principal recours de l'homme pour lutter contre les maladies. Ce fût aussi le seul point commun à toutes les grandes traditions médicinales de notre planète. Peu à peu, l'homme ne se contenta plus de préconiser l'emploi des plantes telles qu'elles se trouvaient dans la nature, mais à en extraire les principes actifs comme les huiles essentielles³⁷.

Les huiles essentielles constituent des assemblages naturels sophistiqués de composés métaboliques volatils secondaires, extraits par des procédés de distillation à la vapeur d'eau ou d'expression mécanique. Elles dérivent des diverses parties de la plante telles que les feuilles, les graines, les bourgeons, les fleurs, les branches, l'écorce, le bois, les racines, les tiges et les fruits, ainsi que des résines qui s'écoulent des troncs. Leur extraction s'effectue par des

³⁷M. S. Bineau, Aromathérapie, 2002, [http:// www. Biogassendi.com](http://www.Biogassendi.com).

méthodes de distillation à la vapeur d'eau ou de pression à froid, notamment dans le cas des agrumes. Des avancées technologiques récentes visent à optimiser la productivité, telles que l'extraction assistée par du dioxyde de carbone liquide sous haute pression et basse température, ou encore l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes³⁸.

Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d'insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, qui sont des poches sécrétrices des huiles essentielles³⁹.

2. Définition

Les HE, appelées communément essences végétales. Sont des métabolites secondaires produits par les plantes, odorant et généralement de composition complexe^{40,41},⁴²appartiennent aux différentes classes de la chimie organique : phénols(ex : carvacrol), hydrocarbures(composés terpéniques comme le limonène), alcool(ex : linalol), aldéhydes (ex : cinnamaldéhyde), cétone (ex : menthone), esters(ex : acétate de linalyle) et éthers⁴³.

Les huiles essentielles des plantes ont trouvé leur place en aromathérapie, pharmacie, cosmétique et dans la conservation des aliments. Leur utilisation est liée à leurs larges spectres d'activités biologiques reconnues⁴⁴.

Ils sont un mélange complexe de plusieurs composés d'arômes volatiles, La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme : un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus et qui sont séparés de la phase par procédés physiques⁴⁵.

³⁸Burt S., (2004.) - Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. International Journal of Food and Microbiology.p223-253

³⁹Guinoiseau E., (2010) . Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: Séparation, identification et mode d'action. Thèse Doctorat, Université De Corse- Pasquale Paoli.

⁴⁰Chiasson, H. and N. Beloin (2007). "Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre." Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec 14(1): 3-6.

⁴¹Lardry, J.-M. and V. Haberkorn (2007). "L'aromathérapie et les huiles essentielles." Kinésithérapie, la revue 7(61): 14-17.

⁴²Vigan, M. (2010)."Essential oils: renewal of interest and toxicity." European Journal of Dermatology 20(6): 685.

⁴³Oussalah, M ,caillet, S. Saucier , L. and Iacroy , M. Inhibitory effects of selected plant essential oils on four pathogen bacteria growth: E. coli O157:H7, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes. Food Control. 18 vol (5), p: 414-420. (2007).

⁴⁴Amarti, F., et al. (2010)."Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de Thymus algeriensis Boiss. & Reut. et Thymus ciliatus (Desf.) Benth. du Maroc." Biotechnologie, agronomie, société et environnement 14(1): 141-148.

⁴⁵Garnero, J. Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire: Constantes physico-chimiques. vol. Papier n°: K2. (1996).



Figure 6: Les huiles essentielles⁴⁶

3. Classification des huiles essentielles :

En fonction de leur efficacité spécifique contre les germes microbiens et de leur indice aromatique déterminé par aromatogramme, les huiles essentielles sont classées en trois catégories :

- ❖ **Les huiles majeures**
- ❖ **Les huiles médiums**
- ❖ **Les huiles terrains⁴⁷.**

4. Répartition :

Le végétal aromatique fabrique de faibles quantités d'huiles essentielles dans ses cellules excrétrices, de 0.01% à 5% de son poids, qu'il concentre ensuite dans des poches situées dans certaines de ses parties : fleur, fruit, feuille, tige, rhizome, écorce⁴⁸.

Les huiles essentielles sont situées dans des glandes minuscules dans différentes parties de la plante aromatique :

- Dans les feuilles comme pour le basilic,
- Dans les fleurs comme chez la rose,
- Dans les fruits comme chez le citron,
- Dans les grains comme pour la coriandre,
- Dans l'écorce comme pour la cannelle,
- Et pour certaines plantes. C'est dans les racines.

Rares sont les plantes dans lesquelles l'huile essentielle se concentre dans un seul organe. La plupart en sont pourvues dans toutes les parties⁴⁹

⁴⁶<https://www.christianlenart.com/laromatherapie-les-bienfaits-des-huiles-essentielles-au-quotidien/>

⁴⁷HAMADOU, F., & TOUKI, S. Extraction, Caractérisation des huiles essentielles des épices: Girofle, Poivre Noir (Doctoral dissertation) ; 2017

⁴⁸ Les huiles essentielles de A à Z <http://www.SOLUTQUE.com>

⁴⁹B. Berigaud, « Aromathérapie », éd. Parades, 2002.

5. Utilisation des huiles essentielles

Ces produits naturels présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité tels que :

➤ En pharmacie

Les HE peuvent être utilisés comme :

- L'aromatisation des médicaments destinés à la voie orale.
- Pour leurs actions physiologiques (Menthes, Verveine, Camomille).

➤ Parfumerie et cosmétologie

De nombreux parfums sont toujours d'origine naturelle et certaines HE constituent des bases des parfums.

Exemples : Rose, Jasmine, Vétiver, Ylang-ylang, etc....⁵⁰.

➤ Dans l'industrie alimentaire

Les HE (huile de citron, de menthe, de girofle) sont très utilisés dans l'aromatisation des aliments (jus de fruits, pâtisserie).

Quel que soit le secteur d'activité, l'analyse des HE reste une étape importante qui, malgré les progrès constants des différentes techniques de séparation et d'identification, demeure toujours une opération délicate nécessitant la mise en œuvre simultanée ou successive de diverses techniques⁵¹.

6. Composition chimique:

Certaines huiles essentielles ont jusqu'à 250 molécules différentes, elles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants. Il s'agit des terpènes, prépondérants dans la plupart des essences et des dérivés du phényle propane, que l'on retrouve en tant que composés majoritaires dans quelques-unes. Ils leur sont associés divers autres constituants minoritaires⁵².

⁵⁰Samir H. (2009), Mise en évidence des huiles essentielles contenues dans les plantes *Pituranthos scoparius* et *Rhantherium adpressum* de la région de Ghardaïa, Ouargla : mémoire de magister.

⁵¹Cavalli J. F. (2002) Caractérisation par CPG/IK, CPG/SMet RMN du carbone-13 d'huiles essentielles, madagascar : Université de Corse Pascal Paoli.

⁵²D.L. Pavia, G. M.Lampman, G.S.Kriz, « Introduction to organic laboratory Techniques », PP 567 – 573, W.B. Sanders, Philadelphia, 1976.

6.1 Les composés terpéniques :

Ce sont les molécules les plus répandues dans l'huile essentielle. Ces hydrocarbures sont responsables en partie, de l'odeur dégagée par les plantes et les fleurs et trouvent leurs utilisations en parfumerie⁵³.

6.2 Les composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les HEs, cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthol, l'estragole et bien d'autres⁵⁴. (Figure)

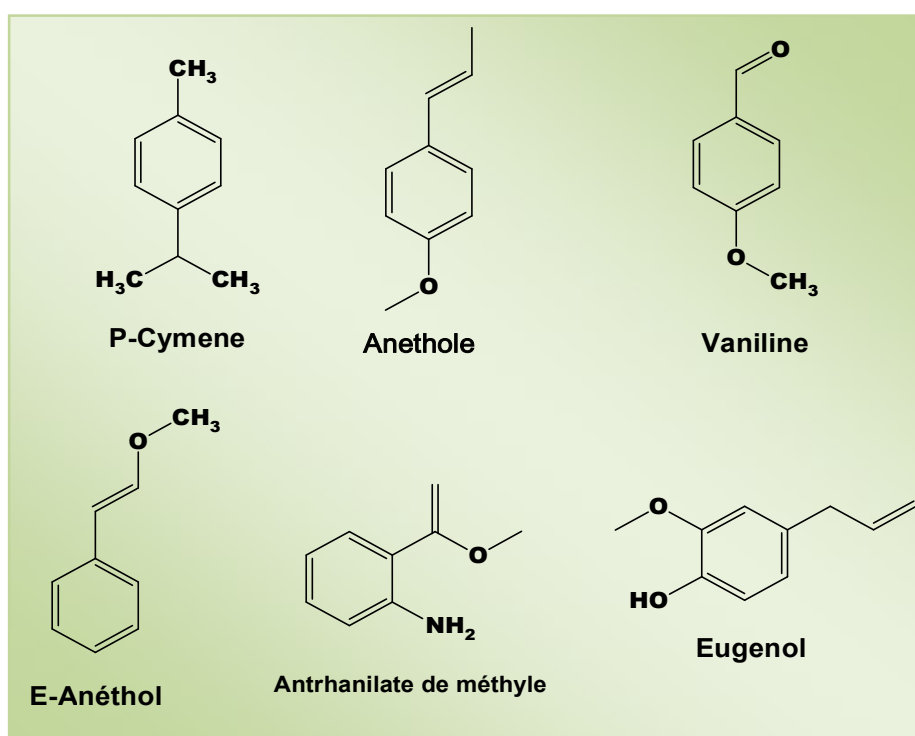


Figure 7: Structure chimique de certains composés aromatiques présents dans les huiles Essentielles.

⁵³ Berigaud, « Aromathérapie », éd. Parades, 2002.

⁵⁴ Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 2ème édition, Tec & Doc. Lavoisier, Paris.

6.3 Composés d'origine diverse

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions, généralement ils sont de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation à savoir les acides (C_3 à C_{10}), alcools, aldéhydes (octanal, décane ...), esters, lactones, produits azotés ou soufrés⁵⁵.

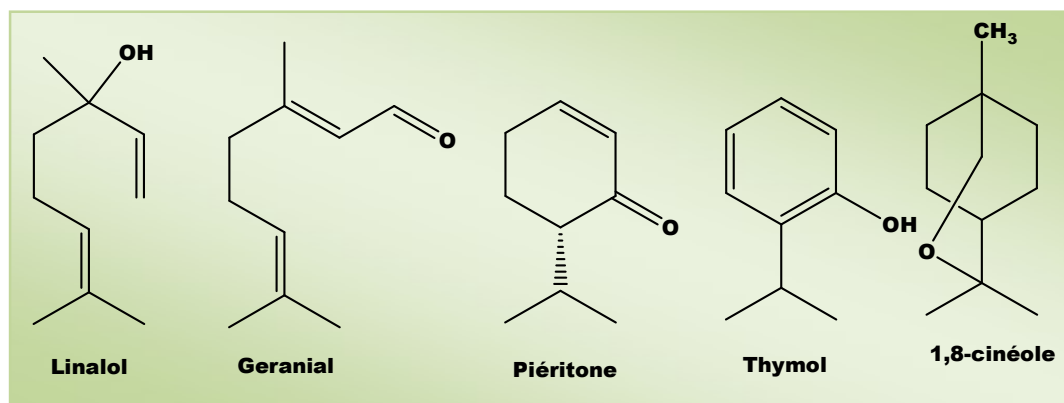


Figure 8: Structure chimique Composés d'origine diverse

7. Propriétés des huiles essentielles

7.1 Propriétés physiques

Malgré leur différence de constitution, les huiles essentielles possèdent un certain nombre de propriétés physiques communes très connues à savoir :

- A température ambiante, elles sont généralement liquides ; alors qu'elles sont volatiles à température élevée, c'est leur volatilité qui les distingue des huiles fixes telles que l'huile d'olive et l'huile d'amande douce

- Pouvoir intense de diffusion et de pénétration⁵⁶.
- Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînés à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau.
- Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau.
- un indice de réfraction élevé.
- Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation⁵⁷.

⁵⁵Keribaa, N. N. E. A., & Kehouadji, R. M. H. (2022). Les huiles essentielles des espèces du genre *Centaurea* (Mémoire de Master, Université Frères Mentouri Constantine 1).

⁵⁶J. Brunton, « Pharmacognosie photochimie, plantes médicinales », 2ème éd., Lavoisier, Paris, 1993.

⁵⁷Lakhdar L. (2015). Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans* : étude in vitro. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V de Rabat. P-27.

7.2 Propriétés organoleptiques des HE

Les huiles essentielles ont des propriétés organoleptiques communes comme le fait d'être liquides à température ambiante, d'être volatiles et entraînables à la vapeur d'eau. Elles sont aussi très odorantes et incolores ou jaune pâle sauf pour les huiles essentielles de cannelle, girofle, camomille matricaire, vétiver et bouleau où la couleur est relativement foncée⁵⁸.

8. Activités biologiques des huiles essentielles

Ces huiles sont reconnues depuis longtemps pour leurs activités biologiques et ont été utilisées dans les systèmes de guérison traditionnels du monde entier⁵⁹. Leurs diverses propriétés les rendent précieuses dans les industries agroalimentaire et cosmétique, ainsi que dans les applications en santé humaine⁶⁰.

8.1 Activité antioxydante

Les propriétés antioxydantes des huiles essentielles ont fait l'objet de nombreuses études récentes. Elles sont considérées comme des antioxydants naturels en raison de leur capacité à limiter la formation des radicaux libres et à les neutraliser. Ainsi, elles sont envisagées comme des alternatives potentielles aux antioxydants synthétiques, notamment dans certains domaines de la conservation des aliments⁶¹.

8.2 Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été largement démontrée contre plusieurs bactéries pathogènes, avec une efficacité observée à des concentrations comprises entre 0,05 % et 0,1 % dans les systèmes alimentaires⁶². Les huiles essentielles présentent généralement une activité plus importante contre les bactéries Gram positives que contre les bactéries Gram négatives. Cette différence s'explique par la présence, chez les bactéries Gram négatives, d'une membrane externe riche en lipopolysaccharides qui limite la diffusion des composés hydrophobes des huiles essentielles. Par ailleurs, l'activité antibactérienne des huiles

⁵⁸Franchomme P. et Péné D. L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois Éditeur, France, 1990.

⁵⁹Montenegro, I., Said, B., Godoy, P., Besoain, X., Parra, C., Díaz, K., & Madrid, A. (2020). Activité antifongique de l'huile essentielle et des principaux composants de *Mentha pulegium* poussant à l'état sauvage sur la côte centrale chilienne. *Agronomie*, 10 (2), 254.

⁶⁰Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Investigation of some biological activities: Essential oils' chemical characterization and a critical review. *Medicines*, 3(4), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>.

⁶¹Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A., & Maachi, R. (2016). Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 94, 197-205.

⁶²Ghabraie, M., Vu, K. D., Tata, L., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2016). Antimicrobial effect of essential oils in combinations against five bacteria and their effect on sensorial quality of ground meat. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 332-339.

essentielles dépend fortement de leur composition chimique, de la proportion des composés volatils présents ainsi que des interactions entre ces différents constituants.

8.3 Activités Antifongiques et insecticides

De nombreuses études ont souligné les divers effets biologiques des plantes aromatiques et médicinales, notamment leurs propriétés antifongiques, antibactériennes, antioxydantes et insecticides. Grâce à ces caractéristiques, les huiles essentielles pourraient potentiellement agir comme conservateur pour les aliments⁶³.

9. Méthodes d'extractions

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général, le choix la méthode d'extraction des huiles essentielles dépendra de⁶⁴.

- **La nature du matériel végétal** à traiter (graines, feuilles, ramilles)
- **Le rendement en huile** et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées
- **Le type de composés ciblés**, tels que les flavonoïdes, les huiles essentielles (H.E.), ou encore les tanins.
- **La sensibilité des constituants** aux températures élevées, qui peut influencer l'efficacité et la qualité de l'extraction

Il existe plusieurs techniques d'extraction les plus importantes peuvent être résumées comme suit:

9.1 La distillation

Il existe trois procédés principaux basés sur le principe de la distillation pour l'extraction des huiles essentielles :

1. **L'hydrodistillation**
2. **L'hydro diffusion**
3. **L'entraînement à la vapeur d'eau**⁶⁵.

Chaque méthode possède ses spécificités et est choisie en fonction de la nature du matériau végétal et des composés à extraire.

⁶³Hmiri, S., Rahouti, M., Habib, Z., Satrani, B., Ghanmi, M., & El Ajjouri, M. (2011). Évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus camaldulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 80, 824–836. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10020254>

⁶⁴Hellal Zohra. Contribution à l'étude des propriétés antimicrobiennes. (2010).

⁶⁵Hellal, Z. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri) ; 2011.

9.1.1 L'hydrodistillation :

C'est la méthode la plus employée et la plus simple pour extraire les huiles essentielles. La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel, le tout est ensuite porté à l'ébullition, les vapeurs formées sont condensées par un système de réfrigération par courants d'eau ensuite les huiles se séparent de l'eau par différence de densité en une phase aqueuse et une phase organique ⁶⁶.

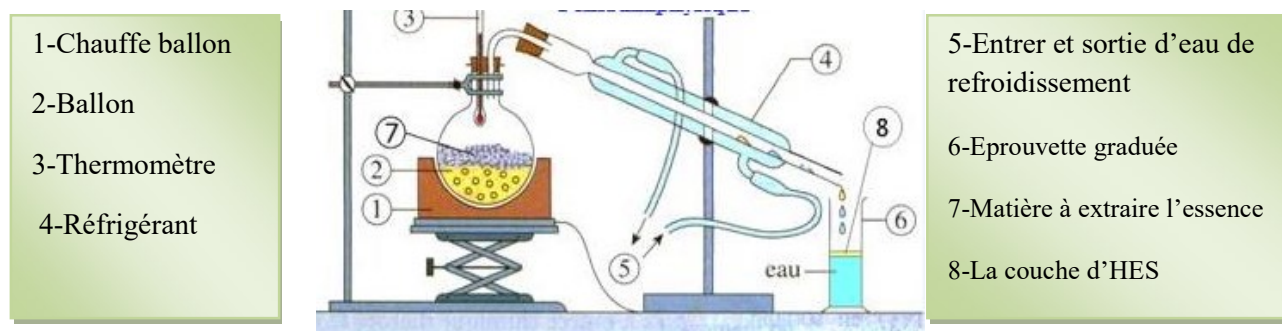


Figure 9: Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation⁶⁷.

L'hydrodistillation est généralement réalisée à l'aide d'un appareil de type Clevenger, recommandé par la Pharmacopée Européenne pour l'extraction des huiles essentielles⁶⁸.

L'appareil de Clevenger contient un ballon attaché à un tube long et à la fin il y a une colonne de condensation pour condenser les vapeurs. Tout cela ressemble à un appareil de distillation simple, diffère en ce que le dispositif contient une vanne pour vider le contenu de l'ampoule. Idéalement, il y a un tube attaché de l'ampoule et un long tube attaché au ballon. Le procédé nécessite une grande quantité de matériaux et a une consommation d'énergie élevée.

⁶⁶Ochoa, H. Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « solvant/actif ». D'origine végétale. Thèse de Doctorat de l'institut National polytechniques de Toulouse, France. (2005).

⁶⁷Kada mostefa, M. A., & Rahmani, K. Activité anti-oxydante et anti-microbienne de l'huile essentielle d'une plante médicinale *Ammoides verticillata* de la région d'Ain temouchent (Doctoral dissertation) ;2023

⁶⁸Abdellatif F, Hassani A. Chemical composition of the essential oils from leaves of *Melissa officinalis* extracted by hydrodistillation, steam distillation, organic solvent and microwave hydrodistillation. *Journal of Materials and Environmental Science*. (2015); 6(1):207-213.

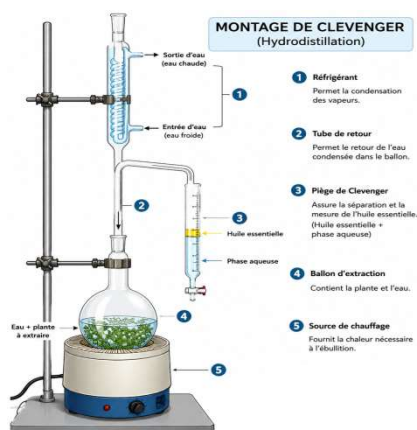


Figure 10: Schème de montage de Clevenger.

9.1.2 L'hydrodiffusion

Elle consiste à pulser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, vers le bas. Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant(Figure 11)⁶⁹.

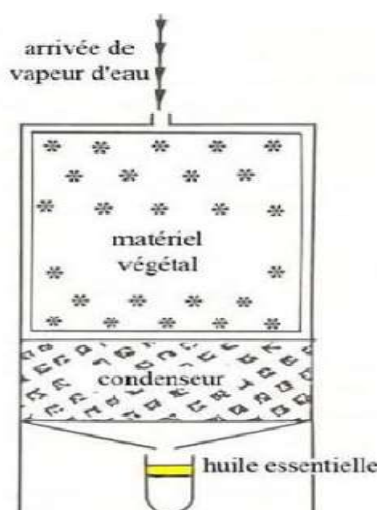


Figure 11:L'extraction par hydrodiffusion.

9.1.3 L'entraînement à la vapeur d'eau

Dans cette méthode de distillation la matière végétale située au-dessus d'une grille est traversée par un contact de vapeur d'eau durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur

⁶⁹Kessbi ,A.Etude des propriétés physicochimique et évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles d'eucalyptus globulus dans la région de Ouargla. (Master en Génie des Procédés, Univ Kasdi Marbah ,Ourgla). (2011).

pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange de vapeurs est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation⁷⁰.

La partie contenant les composés hydrosolubles est appelée eau de distillation (ou hydrolat ou eau florale), on recueille alors un mélange de composition défini de ces deux produits (Figure 12)⁷¹.

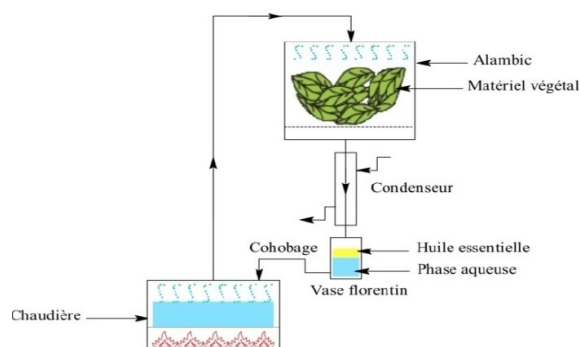


Figure 12: Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur⁷².

9.2 Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes est une technique innovante combinant l'usage des micro-ondes avec des méthodes d'extraction traditionnelles. Ce procédé repose sur le chauffage de la matière végétale dans une enceinte hermétique, où la pression est réduite de manière séquentielle. La chaleur générée entraîne la libération des composés volatils, lesquels sont extraits par la vapeur d'eau issue de l'humidité naturelle de la plante. Ces composés sont ensuite récupérés par condensation, refroidissement et décantation. De nombreuses études soulignent les avantages de cette méthode, notamment un temps d'extraction réduit, une faible consommation de solvant et un rendement d'extraction élevé⁷³.

⁷⁰Bruneton, J. Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, p: 915. **(1993)**.

⁷¹Dastmalchi, K. Damien Dorman, HJ. Oinonen, P.P. Darwis, Y. Laakso, I. Hiltunen, R. Chemical composition and in vitro antioxidative activity of a lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract. Food. Sci. tech LWT. Vol 41 (3), p :391-400. **(2008)**

⁷²HADDOUCH Djamila, N. N. B. C. Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Mentha spicata* de la région de Ain Defla ; **2019**.

⁷³Hellal, Z. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri) ; **2011**.

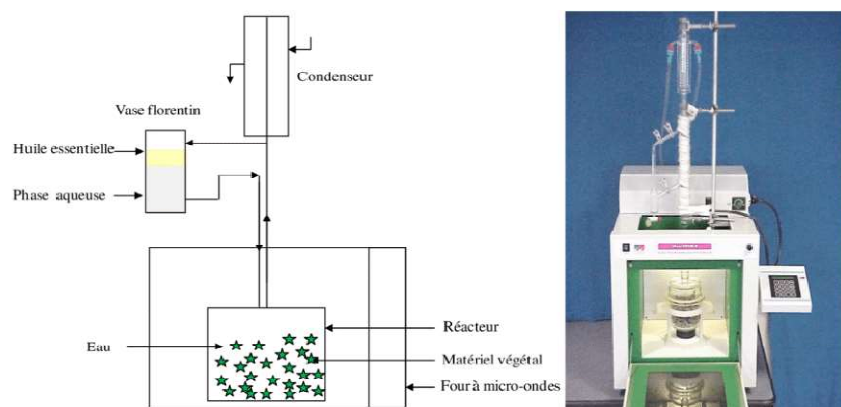


Figure 13: Schéma du montage de l'extraction par micro-onde⁷⁴.

9.3 Extraction par solvants volatils

La technique d'extraction par solvant volatil consiste à placer la matière végétale à traiter dans un extracteur, en présence d'un solvant volatil. Par des lavages successifs, le solvant se charge progressivement en huiles essentielles, avant d'être acheminé vers un concentrateur où il est distillé sous pression atmosphérique. Les solvants les plus couramment utilisés sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. Cette extraction est généralement réalisée à l'aide d'un appareil de Soxhlet ou d'un dispositif de Likens-Nickerson⁷⁵.

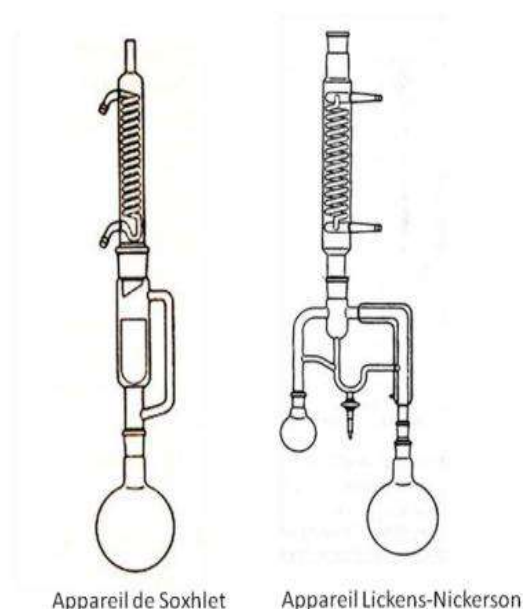


Figure 14: Montage d'extraction par solvant

⁷⁴Zenasni Leila. (2014) Thèse de doctorat : Etude du polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth gu genre *Nepta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Université Mohammed-Agdal, Rebat. Maroc.

⁷⁵HAMADOU, F., & TOUKI, S. Extraction, Caractérisation des huiles essentielles des épices: Girofle, Poivre Noir (Doctoral dissertation) ;2017

10. La méthode sur d'extraction huile essentiel

Selon une étude Sara el kharraf ei al (2020), les méthodes d'extraction des huiles essentielles diffèrent entre la méthode traditionnelle (hydrodistillation classique) et la méthode non conventionnelle (hydrodistillation non conventionnelle). La méthode traditionnelle consiste à exposer la matière végétale à des températures élevées pendant une longue période, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'huile et une consommation d'énergie importante.

En revanche, la méthode non conventionnelle permet une extraction plus rapide et plus efficace, grâce à la combinaison de la distillation à l'eau et à la vapeur dans le même appareil, ce qui améliore le transfert de masse et augmente le rendement d'extraction.

Les résultats ont montré que cette méthode se caractérise par un coefficient cinétique élevé $k(2,98)$ et un temps d'extraction réduit à environ (70 min) seulement, contre 2 à 3 heures pour la méthode traditionnelle, ce qui témoigne d'une réduction de la consommation d'énergie et d'une amélioration de l'efficacité d'extraction⁷⁶.

Brahmi et al. (2016) ont indiqué que l'extraction des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Mentha suaveolens Ehrh* a été réalisée par hydrodistillation, permettant d'obtenir des huiles dont la composition chimique a été analysée par GC/MS. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études antérieures qui confirment que l'hydrodistillation constitue une méthode de référence pour l'extraction des huiles essentielles des plantes aromatiques, en raison de sa simplicité et de son efficacité. Toutefois, certaines recherches ont montré que d'autres techniques d'extraction, telles que la distillation à la vapeur ou l'extraction assistée par solvants, peuvent influencer le rendement et la composition chimique des huiles essentielles. Ainsi, les variations observées entre les études sont généralement attribuées aux conditions d'extraction, à l'origine géographique des plantes ainsi qu'aux facteurs environnementaux⁷⁷.

⁷⁶El Kharraf S, Farah A, Miguel MG, El-Guendouz S, El Hadrami EM. Two extraction methods of essential oils: Conventional and non-conventional hydrodistillation. J Essent Oil Bear Plants. **2020**;23(5):870–889.

⁷⁷Brahmi, F., Abdenour, A., Marongiu, B., Porcedda, S., Piras, A., Falconieri, D., Yalaoui-Guellal, D., Elsebai, M. F., Madani, K., & Chibane, M. (2016). Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Huds growing in Algeria. Industrial Crops and Products.

11. Techniques d'analyses des huiles essentielles

11.1 La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est la méthode d'analyse la plus couramment employée pour les huiles essentielles. Elle est particulièrement bien adaptée à leur étude en raison de leur richesse en composés volatils. Cette technique permet une identification à la fois qualitative et quantitative des différents constituants présents dans une huile essentielle. Les analyses sont généralement effectuées sur des colonnes capillaires de polarités variées. Le chromatographe peut être couplé à divers types de détecteurs, tels que le détecteur à ionisation de flamme (FID) ou celui à conductivité thermique, bien que ces derniers ne fournissent pas d'informations structurales. En revanche, le couplage de la CPG à un spectromètre de masse (CPG/SM) permet d'obtenir des données structurales précises sur les composés analysés⁷⁸

11.2 La chromatographie en phase gazeuse couplé spectrométrie de masse avec (GC-MS)

Les premiers dispositifs de routine combinant CPG et spectrométrie de masse avec colonnes capillaires sont apparus en 1975. Depuis, cette méthode n'a cessé de se perfectionner et s'applique aujourd'hui à de nombreux secteurs : agroalimentaire (analyse des aliments et de l'eau), pétrochimie (carburants, matières plastiques), et produits naturels (parfums, cosmétiques, médecine). Dans le domaine des huiles essentielles, le couplage CPG/SM constitue aujourd'hui la méthode d'analyse de référence⁷⁹.

⁷⁸Nebié, 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)

⁷⁹Paolini, J. (2005). Caractérisation des huiles essentielles par CPG/IR, CPG/SM-(IE et IC) et RMN du carbone-13 de *Cistus albidus* et de deux *Asteraceae* endémiques de Corse : *Eupatorium cannabinum* subsp. *corsicum* et *Doronicum corsicum* [Thèse de doctorat, Université de Corse Pascal Paoli]

I. Généralités sur les Lamiacées

La région méditerranéenne d'une manière générale et l'Algérie en particulier, avec son climat doux et ensoleillé est particulièrement favorable à la culture des plantes aromatiques et médicinales. La production des huiles essentielles à partir de ces plantes pourrait constituer à ce titre une source économique importante pour notre pays. Cette étude porte sur la famille des Lamiacées (labiales) du latin labia (lèvre) signifiant que les fleurs ont une forme caractéristique à deux lèvres^{80,81}.

La famille des Lamiacées englobe une grande variété de plantes aromatiques, distribuées principalement dans les pays à climat tempéré⁸². Elle comprend environ 220 genres et plus de 4000 espèces, dont le genre Menthe avec ses 25 espèces⁸³. La classification taxonomique de ces espèces est très difficile⁸⁴, en raison de la grande diversité dans leurs caractères morphologiques⁸⁵ et l'hybridation fréquente survenant dans les populations sauvages ou cultivées⁸⁶.

II. La *Mentha*

1. Origine et histoire :

Il en existe de nombreuses espèces de menthe, mais l'histoire de la menthe remonte à l'époque des Egyptiens, qui la cultivaient, déjà, mais les japonais connaissaient le menthol depuis plus de deux mille ans.

A l'époque gréco- romaine, on attribuait à la menthe de remarquables propriétés thérapeutiques : Hippocrate a décrit ses vertus stomatiques et diurétiques, Charlemagne a ordonné la culture de la menthe parmi les cultures des essences médicales qu'il a imposés.

⁸⁰Singh, G. (2007). Chemistry of terpenoids and carotenoids. 1er Ed. Discovery: India.

⁸¹Naghbi F., Mosaddegh M., Mohammadimotamed M., Ghorbani A. (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2: 63-79.

⁸²Derwich E., Chabir R., Taouil R. And Senhaji O. (2011) In-vitro antioxidant activity and GC/MS studies on the leaves of *Mentha piperita* (Lamiaceae) from Morocco. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research 3(2): 130-136..

⁸³Arijit S. and Arpita B. (2013) Documentation of some ethno-medicinal plants of family Lamiaceae in bankura district, West Bengal, India. International Research Journal of Biological Sciences 2(6): 63-65.

⁸⁴Denslow M.W. and Poindexter D. B. (2009) *Mentha suaveolens* and *M. rotundifolia* in north Carolina: a clarification of distribution and taxonomic identity. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 3(1): 383-389.

⁸⁵Lorenzo D., Paz D., Dellacassa E., Davies P., Vila R. and Congueral S. (2002) Essential oils of *Mentha pulegioides* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. Brazilian archives of biology and technology 45(4): 519-524.

⁸⁶Šarić-Kundalić B., Fialová S., Dobeš C., Ölzant S., Tekel'ová D., Grančai D., Reznicek G., Saukel. J. (2009) Multivariate numerical taxonomy of *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars. Scientia Pharmaceutica 77: 851-876..

Chapitre II

L'utilisation de véritable menthe poivrée s'est cependant répandue au cours de la seconde moitié du 18^{ème} siècle, lancée par les Anglais qui la diffusent en Europe, en Amérique et en Asie⁸⁷.

La menthe actuellement cultivée trouve son origine en 1696 en Angleterre. Ou la menthe aquatique fut plantée. Cette culture donna naissance à une plante très aromatique que se répandit rapidement⁸⁸.

2. Le genre *Mentha*

Le genre *Mentha* compte environ **25** espèces réparties dans cinq sections : *Audibertia*, *Eriodontes*, *Pulegium*, *Preslia* et *Mentha*.

La section *Mentha* regroupe les espèces les plus communes: *M.suaveolens*, *M. longifolia*, *M. aquatica* et *M. arvensis*. Ces espèces sauvages se différencient par l'architecture de leur inflorescence, la pilosité de leur corolle et du limbe ainsi que le caractère sessile ou pétiolé des feuilles.

3. Origine et répartition géographique

La *Mentha*, originaire d'Europe du Sud et de l'Ouest, s'étend vers le nord jusqu'aux Pays-Bas, se trouve principalement dans des bioclimats semi-arides, humides à variantes chaudes, tempérées, et dans des étages de végétation allant de l'infra méditerranéen au méso-méditerranéen. Elle est couramment observée le long des rivières, dans les plaines et les montagnes⁸⁹.

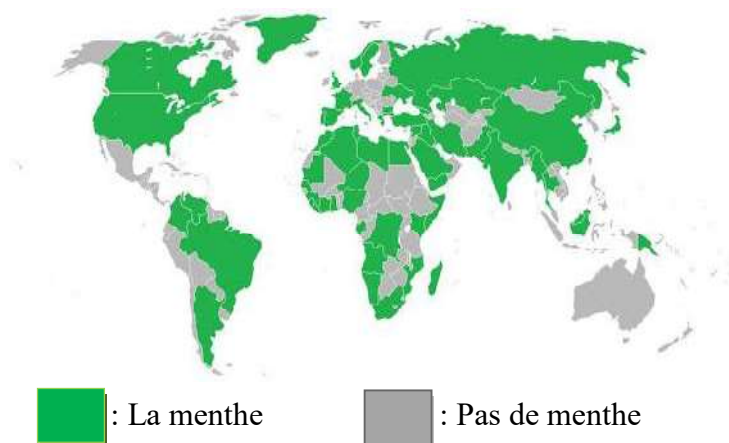


Figure 15: Aire des répartitions de la menthe dans le monde⁹⁰.

⁸⁷N .Jorek, « Épices et plantes aromatiques », Guide point vert ; Mars, **1983**.

⁸⁸H. Roques, « Précis de botanique pharmaceutique » ; phanérogame, librairie Maloine. S. A. Paris, **1959**.

⁸⁹Božović,M. Pirolli,A . Ragno,R.(**2015**). *Menthasuaveolens*Ehrh.(Lamiaceae) Essential Oil and Its Main Constituent Piperitenone Oxide: Biological Activities and Chemistry vol(20),p 8605-8633

⁹⁰Yvan T., Pharmacologie 8ème Edit. Masson. Paris-Milan-Barcelone ; 388 p. (**1997**).

4. Classification des menthes :

- On distingue plusieurs espèces de mentha :

Menthe verte « *Mentha viridis* ».

Menthe poivrée « *Mentha piperita* ».

Menthe pouliot « *Mentha pulegium* ».

Menthe à feuilles rondes « *Mentha Suaveolens* »

Menthe aquatique « *Mentha aquatica* »

Menthe des champs « *Mentha arvensis* »

Menthe de Java « *Mentha Javanica* ».

Menthe du Canada « *Mentha canadensis* ».

Menthe crépue « *Mentha spicata* ».

Menthe bergamote « *Mentha citrata* »⁹¹.

- Dans notre étude nous intéressons à l'espèce *Mentha suaveolens* Ehrh.

III. *Mentha suaveolens* Ehrh

1. Description botanique

Mentha suaveolens Ehrh, également appelée Menthe de pomme ou "timarssat" en langue arabe, est une plante herbacée vivace qui peut atteindre jusqu'à 100 cm de hauteur. Sa tige est dressée, quadrangulaire et recouverte de poils blancs denses, ramifiée de manière monopodiale avec des entre-nœuds courts. Ses feuilles sont vert clair, opposées, ridées, ovales-oblongues à orbiculaires, mesurant de 3 à 4,5 cm de long et de 2 à 4 cm de large. Les petites fleurs, d'une longueur de 5 mm, sont regroupées en épis terminaux et s'épanouissent de juillet à septembre⁹².

⁹¹ <http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Mentha.html>. 2005.

⁹² Bounihi, A. (2016). Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation.



Figure 16: *Mentha suaveolens* Ehrh⁹³

2. Répartition géographique

La forme vert sauvage se trouve dans l'ouest de l'Europe du Danemark à l'est de l'Europe et de l'Afrique du Nord et les Canaries, présente généralement le long des berges, des champs, les rives des lacs humides et le long des routes. et aussi présente en Amérique et au Japon^{94,95}.

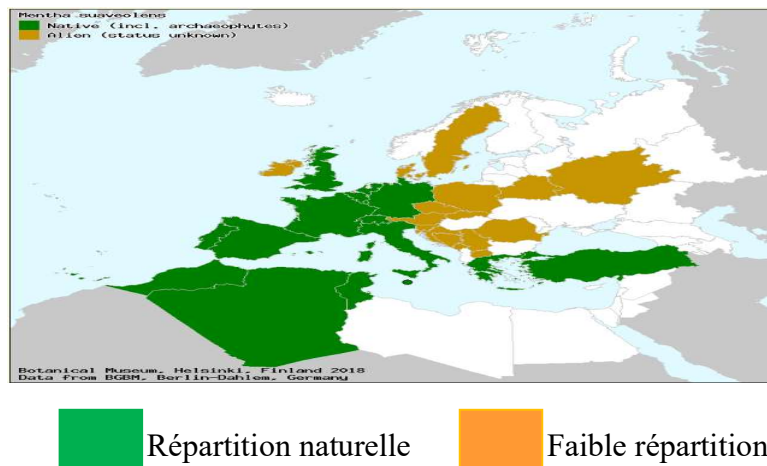


Figure 17: Carte de répartition en Europe et la région méditerranéenne⁹⁶.

3. Nomenclature et taxonomie

La classification classique de l'espèce *Mentha suaveolens* Ehrh est représentée dans le tableau

⁹³ https://www.gardensonline.com.au/gardenshed/plantfinder/show_902.aspx

⁹⁴ Lawrence, B. M. (2006). Mint: the genus *Mentha*, CRC Press.

⁹⁵ Sutour, S. (2010). Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de Kumquats, Université de Corse

⁹⁶ Mifsud, S. (2002). "Menthasuaveolens (Round-leaved Mint): MaltaWildPlants. com-the online Flora of the Maltese Islands."

Chapitre II

Tableau 5: Classification taxonomique de l'espèce *Mentha suaveolens* Ehrh⁹⁷.

Règne	la classification d'Ernst Haeckel.
Sous-règne	<i>Viridaeplantae</i>
Super-division	<i>Asteranae</i>
Division	<i>Streptophyta</i>
Classe	<i>Equisetopsida</i>
Sous-classe	<i>Magnolidae</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Sous-famille	<i>Nepetoideae</i>
Genre	<i>Mentha</i>
Espèces	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh

4. La toxicité

La toxicité de *Mentha suaveolens* Ehrh varie principalement en fonction de la quantité consommée et de la sensibilité individuelle. Bien que cette plante soit largement utilisée comme herbe culinaire ou dans des infusions, il est essentiel de noter qu'une consommation excessive peut entraîner des effets indésirables potentiels⁹⁸.

5. Nom vernaculaires

Mentha suaveolens Ehrh, connue sous le nom vernaculaire de « timarssat » en arabe, fait l'objet de divergences taxonomiques. Si certains auteurs la considèrent comme un hybride issu du croisement entre *Mentha longifolia* et *Mentha rotundifolia*^{99,100}, d'autres soutiennent que *Mentha rotundifolia* et *Mentha suaveolens* désignent en réalité une seule et même espèce.¹⁰¹

⁹⁷Fournet, J. (2002.) Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. Nouvelle édition revue et augmentée. CIRAD, Montpellier - Gondwana Editions, La Trinité. 2538 pp

⁹⁸Belkhodja H., (2016). Effet des biomolécules extraites à partir de différentes plantes de la région de Mascara : Evaluation biochimique des marqueurs d'ostéo articulation et de l'activité biologique. Thèse de Doctorat LMD 3ème Cycle en sciences biologiques. Université de Mustapha Stambouli, Mascara.

⁹⁹Kokkini S., Papageorgiou VP. (1988). Constituents of Essential Oils from *Mentharotundifolia* Growing Wild in Greece. Planta Med. 38, p. 166–167.

Chapitre II

Cette dernière ambiguïté taxonomique a d'ailleurs été confirmée par notre professeure Pr. BOUTABIA (Botaniste à la faculté des sciences et de la nature et de la vie, Université Chadli Bendjedid), qui nous a expliqué que l'appellation *Mentha suaveolens Ehrh* désigne en réalité le nom scientifique actualisé en systématique que ce soit la botanique ou la zoologie.

❖ Les principales appellations sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Principaux noms vernaculaires de *Mentha suaveolens Ehrh*¹⁰².

Langue	Nom
Arabe	تمرسات (Timarssat)
Dialecte algérien	الضمران-الضمان-صابونالعرايس
Français	Menthe à feuilles rondes
Anglais	Green-mint
Allemande	Grüne-minze
Italie	Mentaverde

6. Usage médical traditionnel

Mentha suaveolens Ehrh est largement utilisée en médecine traditionnelle, dans les préparations culinaires, les confiseries, ainsi qu'en cosmétique et parfumerie. Elle est réputée pour ses bienfaits dans le traitement des douleurs gastriques, des diarrhées, des refroidissements et des affections respiratoires. Les feuilles de cette plante sont recommandées en cataplasme ou en inhalation en cas de fièvre¹⁰³.

¹⁰⁰Lorenzo D., Paz D., Dellacassa E., Davies P., Vila R., Canigual S. (2002). Essential Oils of *Menthapulegium* and *Mentharotundifolia* from Uruguay. Bras. Arch. Boil. Technol. **45** (4), p. 519–524

¹⁰¹Hendriks H., Van Os FHL. (1976). Essential Oils of two chemotypes of *M. Suaveolens* during ontogenesis. Phytochemistry **15**, p. 1127–1130

¹⁰²Belkhouja H., (2016). Effet des biomolécules extraites à partir de différentes plantes de la région de Mascara : Evaluation biochimique des marqueurs d'ostéo articulation et de l'activité biologique. Thèse de Doctorat LMD 3ème Cycle en sciences biologiques. Université de Mustapha Stambouli, Mascara

¹⁰³Lahsissene H., Kahouadji A., Tijane M., Hseini S. (2009). catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de zaër (MAROC) (N° 186).

Chapitre II

Les abcès et les furoncles sont traités par les feuilles écrasées, ou bien par la décoction des feuilles. Cette dernière préparation en bain de bouche, supprimerait les douleurs dentaires¹⁰⁴.

Aussi, elle est utilisée contre les affections gastriques, Pulmonaires, antispasmodiques, carminatives, insecticides et alimentaires¹⁰⁵.

7. La composition chimique M.S

La composition chimique de cette plante peut varier selon différents facteurs tels que les conditions de croissance, le sol et le climat. Néanmoins, voici quelques-uns des composés chimiques courants que l'on retrouve souvent dans cette plante :

Menthol : Un composé organique naturel qui confère à la menthe son arôme caractéristique et procure une sensation de fraîcheur lorsqu'il est inhalé ou appliqué sur la peau.

Menthone : Un autre composé organique présent dans les huiles essentielles de menthe, responsable de son parfum et de son goût distinctif.

Isomenthone: Un isomère du menthone, également présent dans les huiles essentielles de menthe.

Pulegone : Un composé organique trouvé dans certaines variétés de menthe, reconnu pour ses propriétés insectifuges et répulsives.

Limonène : Un composé organique présent dans de nombreuses plantes, y compris la menthe, contribuant à leur parfum et également utilisé dans divers produits de nettoyage et de soins personnels.

Caryophyllène : Un terpène que l'on retrouve dans de nombreuses plantes, y compris la menthe, possédant des propriétés anti-inflammatoires et analgésiques.

Pinène : Un autre terpène couramment présent dans les huiles essentielles de menthe, contribuant à son parfum et retrouvé dans de nombreuses autres plantes.

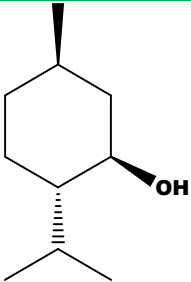
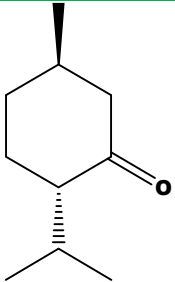
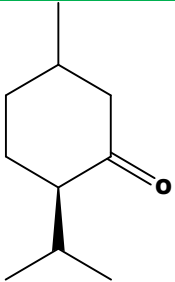
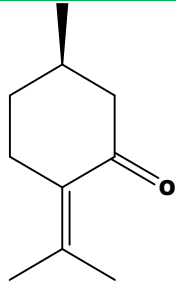
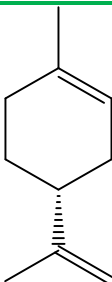
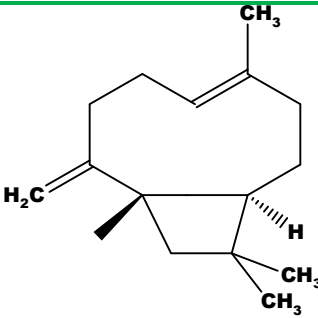
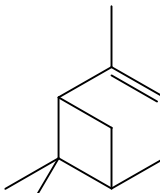
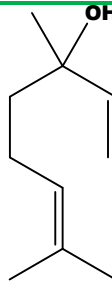
Linalol : Un alcool monoterpénique présent dans les huiles essentielles de menthe, contribuant à leur parfum et possédant également des propriétés relaxantes et apaisantes¹⁰⁶.

¹⁰⁴Boukef M.K. Médecine traditionnelle et pharmacopée : les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne - A.C.C.T, Tunisie, 350 pp. (1986).

¹⁰⁵Hmamouchi M., Les Plantes médicinales et aromatiques Marocaines : Utilisations, biologie, écologie, chimie, pharmacologie, toxicologie-Imprimerie de Fédala, Mohammedia (Maroc), 389 pp. (1999).

¹⁰⁶Baytop, T. (1984). Turkish Herbal Drugs and their Uses. Istanbul University Press.

Tableau 7: structure chimique de quelques composants

Menthol	Menthone	Isomenthone	Pulegone
			
Limonène	Caryophyllène	Pinène	Linalol
			

8. Propriétés Pharmacologiques

Cette plante est dotée de propriétés anti-inflammatoire, antiseptique et expectorante. La plus part des travaux effectuées sur *Mentha suaveolens Ehrh* visent à déterminer la composition phytochimique est plus spécialement des huiles essentielles de différents zone dans le monde¹⁰⁷⁻¹⁰⁸.

9. La composition chimique de l'huile essentielle de MS

La composition chimique des huiles essentielles de *Mentha suaveolens Ehrh* poussant dans diverses parties, du monde a fait l'objet de moins d'études comparées aux autres menthes.

Ces travaux démontrent que les huiles sont caractérisées par une forte variabilité chimique, ou les composés majoritaires changent radicalement d'un pays à un autre, voir même au sein d'un même pays. En somme ces travaux rapportent comme composés majoritaires : le pulégone, le menthol, l'oxyde de pipériténone, la carvone... etc. A titre d'exemple, le pulégone était caractérisé comme le composé majoritaire avec un pourcentage qui dépasse les

¹⁰⁷Venskutonis PR. A chemotype of *Mentha longifolia* L. from Lithuania rich in piperitenone oxide. J Essent. Oil Res. 8, p. 91-95. (1996).

¹⁰⁸Brada M., Bezzina M., Marlier M., Carlier A., and Lognay G. Chemical composition of the leaf oil of *Mentha rotundifolia* (L.) from Algeria. J. EssentOilRes., 18 (6): 663-665. (2006).

Chapitre II

(30%) en Maroc et en Tunisie¹⁰⁹⁻¹¹⁰, soit par l'oxyde de pipériténone (80.8%) en Uruguay¹¹¹ et (85.1-1.3%) en Japon¹¹².

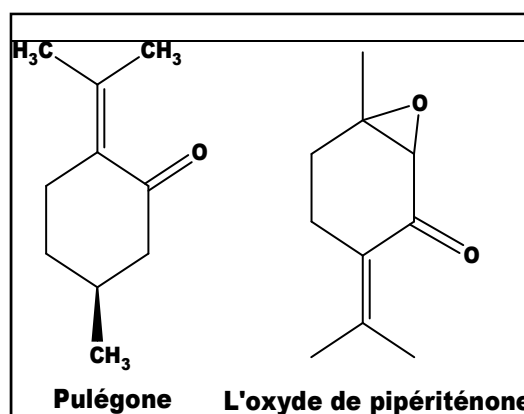


Figure 18: Structure chimiques de la pulégone et de l'oxyde de pipériténone

Dans une étude réalisée par Boutabia et al. (2020) sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha suaveolens Ehrh* récoltée dans la région de souarekh(wilaya d'El Tarf), a montré une forte proportion de monoterpènes oxygénés (62,85 %), avec une prédominance d'oxyde de piperitenone(47,52 %) comme composé majoritaire, ainsi que la présence de composés secondaires tels que le pulegone (8,44 %) et le limonène (2,81 %)¹¹³.

Selon Yakoubi et al. (2024), l'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) a montré que l'huile essentielle de *Mentha suaveolens Ehrh* récoltée dans la région de Bougara (wilaya de Blida) est principalement constituée de monoterpènes oxygénés. Parmi les principaux composés identifiés figurent l'oxyde de piperitenone (environ 21,53%), le camphre (pouvant atteindre 26,52%) et le trans-caryophyllène (environ 21,79 %)¹¹⁴.

¹⁰⁹M. EL Arch, B. Satrani, A. Farah, L. Bennani, D. Boriky, M. Fechtal, M. Blaghen, and M. Talbi, Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentharotundifolia* du Maroc, Acta Bot. Gallica Bot. Lett., vol. 150, no. 3, pp. 267-274, **2003**.

¹¹⁰L. Riahi, M. Elferchichi, H. Ghazghazi, J. Jebali, S. Ziadi, C. Aouadhi, H. Chograni, Y. Zaouali, N. Zoghalmi, and A. Mliki, "Phytochemistry, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of *Mentharotundifolia* L. in Tunisia," Ind. Crops Prod., vol. 49, pp. 883–889, **2013**.

¹¹¹D. Lorenzo, D. Paz, E. Dellacassa, P. Davies, R. Vila, and S. Canigueral, "Essential oils of *Menthapulegium* and *Mentharotundifolia* from Uruguay," Braz. Arch. Biol. Technol. Int. J., vol. 45, no. 4, pp. 519–524, **2002**.

¹¹²S. Fujita and K. Nezu, "Components of essential oils of *Mentharotundifolia* (linn.) huds. ii(studies on the essential oils of the genus Mentha. Par," Agric. Chem. Soc., vol. 59, no. 7, pp. 703–706, **1985**

¹¹³Boutabia, L., Telailia, S., Guenadil, F., & Chefour, A. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Menthapulegium* L. and *Menthasuaveolens* Ehrh. growing in North-East of Algeria. Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie, 27(2), 143–148.

¹¹⁴Yakoubi, R., Benouchenne, D., Bendjedid, S., Megateli, S., HadjSadok, T., Gali, L., & Azri, O. (2024). Chemical constituents and in vitro biological activities of *Mentharotundifolia*'s essential oils extracted by ultrasound-assisted hydrodistillation compared to conventional hydrodistillation. Biomass Conversion and Biorefinery.

Chapitre II

Selon Krache et al. (2025), l'analyse par GC-MS de l'huile essentielle de *Mentha suaveolens Ehrh* dans la wilaya de Mostaganem a permis d'identifier 77 composés représentant 98,19 % de la composition totale. Le composé majoritaire était le Cyclobutaneacetonitrile, 1-méthyl-2-(1-méthylethenyl)- avec un pourcentage de (45,60 %), suivi par le terpinen-4-ol (6,36 %), le p-menthane (5,46 %), le germacrène D (4,49 %), le myrcène (3,04 %) et le caryophyllène (2,29 %)¹¹⁵.

Selon Kasrati et al. (2015), l'analyse chimique de du même huile essentielle a révélé une forte dominance d'oxyde de pipériténone avec une teneur d'environ 48,3 %, suivi du pulégone (12,6 %), du limonène (8,4 %) et du menthone (6,1 %).¹¹⁶

Alors, une étude comparative de la composition chimique de HE étudiée dans les régions de Sandjas (wilaya de chlef) et de Rouina (wilaya d'Ain Defla) a montré l'existence de deux chémotypes différents. Le premier est caractérisé par une forte proportion d'oxyde de pipéritone (19,7–31,4 %) et d'oxyde de pipériténone (27,8–29,4 %), tandis que le second présente une teneur élevée en pipériténone (54,9 %) et en oxyde de pipériténone (17,6 %) successivement¹¹⁷.

L'ensemble de ces études montre que l'HE de la plante étudiée constitue une source prometteuse de composés bioactifs principalement représentés par les dérivés terpéniques volatils, notamment les monoterpènes et les sesquiterpènes valorisables dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et cosmétique.

10. Activités biologiques

Parallèlement à leur étude sur la composition chimique d'HE mentionnée précédemment, Boutabia et al. (2020) ont également évalué l'activité antibactérienne contre plusieurs souches microbiennes. Les résultats ont montrés que certains composés agissent en perturbant la membrane cellulaire des micro-organismes, entraînant ainsi l'inhibition de leur croissance ou leur destruction. En outre, cette huile essentielle possède une activité antioxydante grâce à sa capacité à neutraliser les radicaux libres¹¹³.

¹¹⁵Krache, F., Bensouici, M., Fellag, B., Noureddine, T., et al. (2025). Biological activity and chemical composition of essential oils of *Mentharotundifolia* against Tutaabsoluta. Scientific Reports, 15, 1411.

¹¹⁶Kasrati, A., AlaouiJamali, C., Bekkouche, K., Wohlmuth, H., Leach, D., Abbad, A., & Hassani, L. (2015). Chemical characterization and insecticidal properties of essential oils from different wild populations of *Menthasuaveolens* subsp. timija. Chemistry & Biodiversity, 12(5), 823–831.

¹¹⁷Brada, M., Bezzina, M., Wathelet, J. P., & Lognay, G. (2007). Chemical composition of the essential oil of *Mentharotundifolia* from northern Algeria. Chemistry of Natural Compounds, 43(6), 656–659.

Chapitre II

Dans le même contexte, Ben abdallah et al. (2018) ont mis en évidence des propriétés antioxydantes et une activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase d'HE de *Mentha suaveolens Ehrh* récoltée dans la région d'El Kala (wilaya d'El Tarf), suggérant un potentiel thérapeutique dans la prévention de certaines maladies neurodégénératives¹¹⁸.

Par ailleurs, Yakoubi et al. (2024) ont rapporté que HE de même plante récoltée dans la région de Bougara (wilaya de Blida), possède également des activités antimicrobiennes contre plusieurs souches bactériennes pathogènes, notamment *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterobacter aerogenes*. Cette huile essentielle a également montré des propriétés, antioxydantes et anticholinestérasiques, renforçant ainsi l'intérêt pharmacologique de ce genre végétal¹¹⁴.

En lien avec le profil chimique établi par Krache et al, l'évaluation de l'activité insecticide de cette même huile essentielle a révélé une activité importante contre les larves de *Tuta absoluta* (la mineuse de la tomate), les résultats ont révélé que le taux de mortalité augmente avec la concentration et la durée d'exposition. La concentration de 50 µl/ml a provoqué une mortalité de 82,91 % après sept jours de traitement, avec une valeur de LC50 égale à 2,88 µl/ml³⁶.

Afin d'avoir une vue d'ensemble du potentiel de la plante, l'évaluation de ses activités biologiques ne s'est pas limitée à son huile essentielle, mais a également englobé ses différents extraits, l'étude de Ferdjoui et al. (2019) dans la région de Djaemila (wilaya de Sétif) a montré que l'extraits aqueux et acétonique possèdent une activité antioxydante significative. Les résultats ont démontré leur capacité à neutraliser les radicaux libres à travers plusieurs tests, tels que DPPH et ABTS. Cet effet est principalement attribué à la richesse des extraits préparés en acide rosmarinique et autres composés phénoliques, leur conférant ainsi un rôle protecteur contre le stress oxydatif et les maladies associées¹¹⁹.

L'ensemble de ces données bibliographiques met en évidence le fort potentiel phytochimique et biologique de *Mentha suaveolens Ehrh*. Cette vue d'ensemble pose ainsi les bases théoriques nécessaires à la valorisation de la plante qui fait l'objet de notre étude expérimentale.

¹¹⁸Benabdallah, A., Boumendjel, M., Aissi, O., Rahmoune, C., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2018). Chemical composition, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibitory of wild *Mentha* species. South African Journal of Botany, 116, 131–139.

¹¹⁹Ferdjoui, S., Belhatab, R., & Al-Zoubi, R. M. (2019). Chemical composition and antioxidant effect of *Mentharotundifolia* extracts. Pharmacognosy Journal, 11(3), 521–526.

Partie expérimentale

Notre travail a été fractionné en deux parties d'études : la première partie est l'étude phytochimique de la plante étudiée «*Mentha suaveolens Ehrh*», et pour la deuxième partie une étude biologique sur l'activité antimicrobiennes de différents extraits préparés. Ces études ont été effectuées au sein de:

- Laboratoire pédagogique de Chimie, département de chimie, Université Chadli Bendjedid- El Tarf.
- Laboratoire pédagogique de Chimie, département de Science de la Nature et de la Vie, Université Chadli Bendjedid- El Tarf.
- Laboratoire pédagogique de Microbiologie, faculté des sciences biologique, Université des sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger.

I. Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

a. La plante : *Mentha suaveolens Ehrh*

Notre étude a été menée sur des feuilles de *Mentha Suaveolens Ehrh* que nous avons récoltées en avril 2026, dans une zone située à l'université El-Chadli Ben Djedid, dans la province d'El Tarf. La plante a été récoltée avec le plus grand soin afin d'éviter toute dégradation des composants organiques.



Figure 19: La plante *Mentha Suaveolens Ehrh*

b. Localisation géographique

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne. Elle est délimitée : Au nord, par la mer méditerranée. À l'est, par la Tunisie (gouvernorat de

Matériels et méthodes

Jendouba). Au sud, par la wilaya de Souk Ahras. Au sud-ouest, par la wilaya de Guelma. À l'ouest par la wilaya d'Annaba.

La wilaya d'el Tarf se situe en grande partie dans la Kroumirie, au nord des Monts de la Medjerda et du "Bec de Canard", territoire tunisien s'enfonçant dans le territoire algérien et base arrière de L'ALN¹²⁰. Elle est réputée pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, et elle mérite bien son appellation de "wilaya verte". La wilaya s'étend sur une superficie de 3 339 km et le Chef lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'Est de la capitale (Figure 19)¹²¹



Figure 20: Carte de la situation géographique de la région d'El Taref.

c. Préparation des échantillons

Après la récolte, les feuilles ont été nettoyées, lavées avec de l'eau du robinet, afin de se débarrasser de toute poussière et matières étrangères comme le sable, le sol et d'autres. Puis sécher pendant 15-21 jours dans un endroit sec et à l'abri des rayons solaires, pour préserver au maximum l'intégrité des molécules. Ensuite les feuilles sèche sont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine qui a été servi pour la préparation des extraits, afin de les utilisés dans l'étude phytochimiques¹²².

¹²⁰ http://www.mapnall.com/fr/Carte-g%C3%A9ographique-Wilaya-dEl-Tarf_1104773.html.

¹²¹ Brahmia. Z, Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac mellah (parc nationale d'el-kala) pour les oiseaux marin et magister, université badji Mokhtar, Annaba, 2002.

¹²² <https://fac.unc.edu.dz>.



Figure 21: Protocole de préparation des échantillons

2. Screening phytochimique

C'est une méthode d'analyse qui a pour but de mettre en évidence la présence des métabolites secondaires présents au niveau de la plante. La détection de ces composés chimiques est basée soit sur la formation des complexes insolubles en utilisant les réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés, en utilisant des réactions de coloration¹²³.

a. Test des Flavonoïdes

Macérer 1g de la poudre dans 15 ml de HCl dilué à 1% pendant 24 h. Filtrer, prendre 2 ml du filtrat et le rendre basique avec NaOH¹²⁴.

- ❖ L'apparition d'une couleur jaune orangé indique la présence des flavonoïdes (**figure 22**)

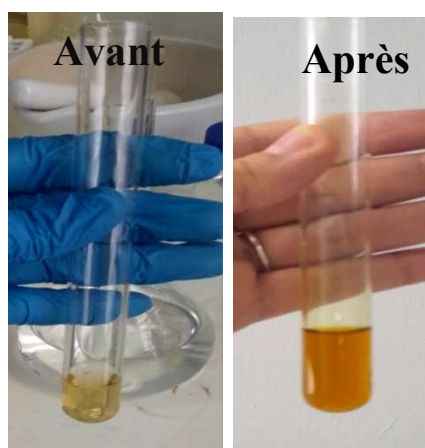


Figure 22: Test des Flavonoïdes

¹²³Badiaga M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolié Smith*, une plante médicinale africaine récoltée au Mali.

¹²⁴Azzi R. (2012), Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'ouest algérien : enquête ethnopharmacologique. Analyse pharmacotoxico-logique de figuier (*figus carica*) et de coloquinte (*citrulluscolocynthis*) chez le rat WISTAR. Thèse de doctorat, p75.

Matériels et méthodes

b. Test des coumarines

On fait bouillir 2 g de poudre dans 20 ml d'alcool éthylique pendant 15 min dans un bain-marie, après refroidissement on filtre. On prend 5 ml du filtrat auquel on ajoute 10 gouttes de KOH 10 % et quelques gouttes d'HCl 10%.

- ❖ Formation de 2 couches, la phase aqueuse virant au vert clair, Apparition à l'interface et à la surface d'une couleur vert claire au jaune d'olive indique la présence des coumarines (**figure 23**)

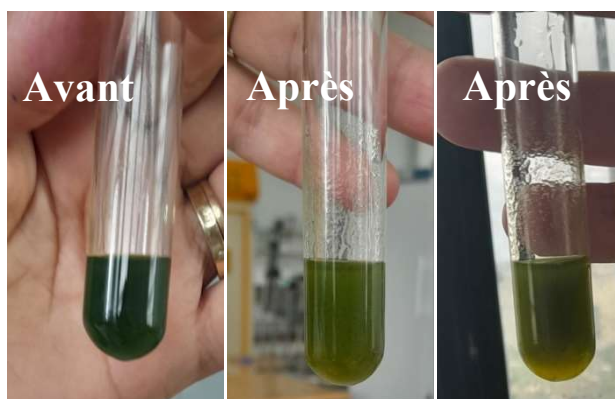


Figure 23: Test des coumarines

c. Test de saponines (test de mousse):

10 ml d'eau distillée sont ajoutés à 1g de la poudre sèche et bouillis pendant 5 mn. Le mélange est filtré, 2,5 ml du filtrat sont ajoutés à 10 ml d'eau distillée dans un tube à essai.

Le tube à essai est secoué vigoureusement pendant environ 30 s puis on laisse reposer une demi-heure¹²⁵.

- ❖ Une mousse alvéolaire moins de 1 cm, indique la présence des saponines (**figure 24**).

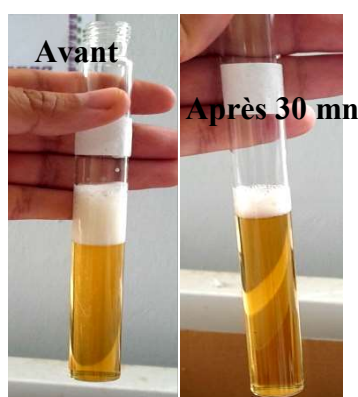


Figure 24: Test de saponines

¹²⁵Debete J M. (2005). Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia 128.nigricans* Vahl (*Caesalpinaceae*) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad. Thèse de Doctorat d'état en Pharmacie, Université de Bamako .Faculté de médecine de Pharmacie et d'odonto- Stomatologie, Mali.

d. Test des huiles essentielles:

Macérer 1 g de la poudre dans 40 ml d'eau distillée sous agitation pendant 30 mn, l'extrait est filtré, 2 ml du filtrat secoués avec 0.1 ml de NaOH diluée et une petite quantité de HCl dilué (figure 25)¹²⁶.

- ❖ Une précipité blanc est formé indique la présence des huile volatils.



Figure 25: Test des huiles essentielles

e. Test de quinones libres:

1g de matériel végétal sec broyé est placé dans un tube avec 20 ml d'éther. Après agitation et un repos de 24 h, les extraits sont filtrés et concentrés au rota vapeur. La présence de quinones libres est confirmée par l'ajoute de quelques gouttes de NaOH(1/10)¹²⁷.

- ❖ Après l'addition de NaOH, aucun changement de couleur (jaune, rouge ou violet) indique l'absence des quinones libres (figure 26).

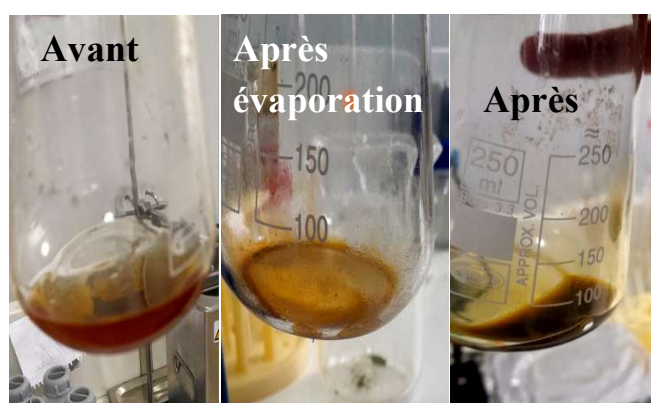


Figure 26: Test de quinones libres

¹²⁶Sofowora A. (2008). Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa. 3rd edn. Spectrum Books, Ibadan.

¹²⁷Dohou N. (2015). Approche floristique ethnobotanique. phytochimique et étude de l'activité biologique de thymelacachythroides. Thèse de doctorat, p59.

f. Test de stérols et tri terpènes:

Macérer 1g de poudre sèche dans 20 ml d'éther pendant 24 h. Filtrer puis évaporer. Le résidu obtenu est dissous à chaud dans 1ml d'anhydride acétique, additionner 0,5 d'acide sulfurique pur¹²⁸.

- ❖ L'apparition d'une couleur pourpre foncé virant au bleu puis en vert, indique la présence des stérols (**figure 27**).

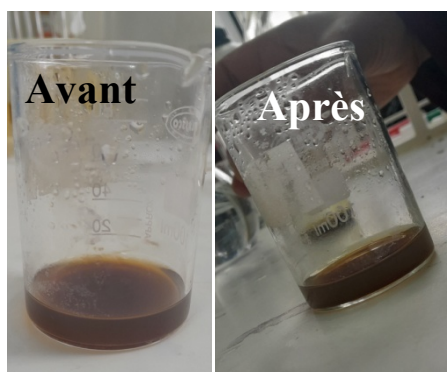
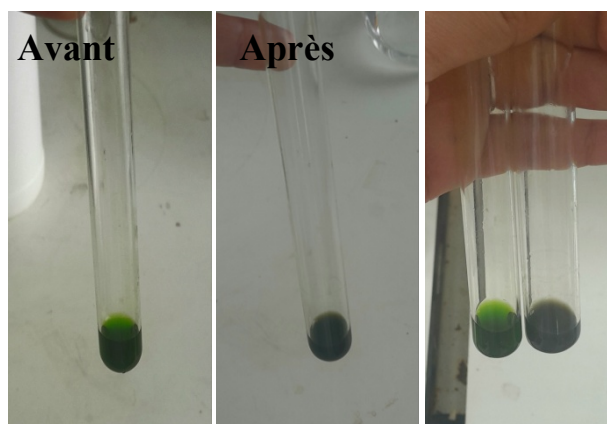


Figure 27: Test des stérols et tri terpènes.

g. Test des Tannins :

1g de la poudre sèche sont placés dans 10 ml de MeOH à 80%. Après 15 mn d'agitation le mélange est filtré. Additionner au filtrat 1 ml d'eau et 1 à 2 gouttes d'une solution de FeCl_3 diluée à 1%¹²⁹.

- ❖ L'apparition d'une couleur bleu noirâtre indique la présence des tanins (tanins galliques) (**Figure 28**).



¹²⁸Yam.M F., Ang.L F., Aeer.O Z. (2009).Salman I M., Aziz H A., Asmawi M Z., Jams, p280.

¹²⁹Bentabet L N. (2015), Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredoliaaretioi* des et *echiumvulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, p 20.

Figure 28: Test des Tannins

h. Test des cardinolides:

1g de poudre sèche est macéré dans 20 ml d'eau distillée pendant 3h. Après filtration, on prélève 10 ml de filtrat et on l'extrait avec un mélange de 10 ml de CHCl_3 et de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. On évapore la phase organique, puis on dissout le précipité dans 3 ml de CH_3COOH glacial, en ajoutant quelques gouttes de FeCl_3 , et 1 ml de H_2SO_4 concentré sur les parois du tube à essai (Figure 29)¹³⁰.

❖ L'apparition d'une couleur vert bleu indique la présence des cardinolides.



Figure 29: Test des cardinolides

3. Préparation de l'extrait végétal

L'extraction est la séparation des parties actives de plantes en utilisant des solvants sélectifs au moyen de procédures standard. C'est une opération de séparation solide/liquide: un corps solide (le végétal) est mis en contact d'un fluide (le solvant)¹³¹.

3.1 Extraction par les solvants organique

Suivant le protocole d'extraction décrit par,¹³²¹³³ une prise d'essai de 10g de poudre de matériel végétal a été mis à macérer dans 100 ml de solvant et puis laisser macérer pendant 24

¹³⁰Harbone J B. (1984), Phytochemical Methods phytochemical methods agrid to modern technique of plants analysis, Edition 1.

¹³¹Bentabet L N., Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *Echium vulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, (2015), p 20.

¹³²Biallo D., Sanogo R., Yasambou H. et autre (2004) Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae). C. R. Chimie. (7) : 1073-1080. doi: 10.1016 / j.crci.2003.12.035

¹³³Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynaracardunculus* L. organs, and their biological activities. C. R. Biologies, 331: 372-379. doi:10.1016 / j.crv.2008.02.008.

Matériels et méthodes

heures. Les solvants à polarité croissante utilisés dans l'extraction sont : méthanol, éthanol, acétate d'éthyle. Après 24 heures, la macération est filtrée sur papier filtre, pour garder un extrait pure. Celui-ci est évaporé à sec sous pression réduite à 65 C° au rotavapor.

Enfin obtenir un extrait sec, après on récupère les extraits dans des flacons en verre à l'abri de la lumière, puis conservé jusqu'à l'utilisation.



Figure 30: les étapes de la préparation des extraits.

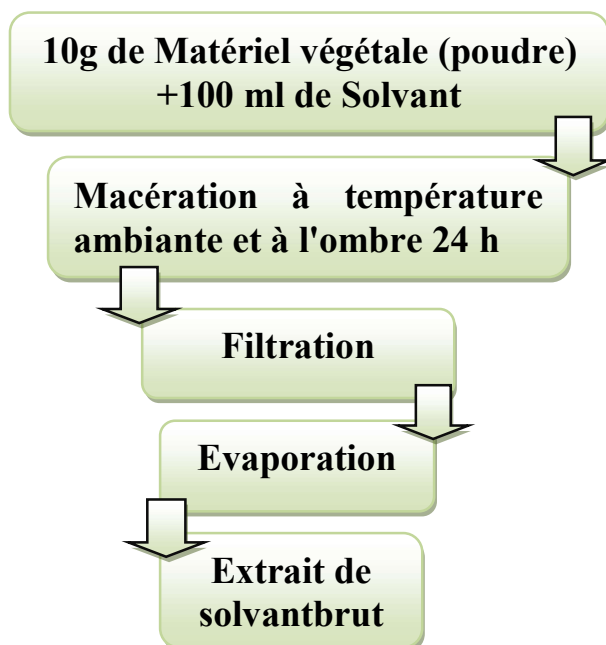


Figure 31: Protocol de préparation de l'extrait de Solvant par macération.

3.2 Détermination du rendement

Le rendement est la quantité d'extraction obtenue à partir d'une matière végétale, la détermination de cette quantité est exprimée en % par rapport à la matière sèche initialement utilisée¹³⁴.

$$R (\% \text{ MS}) = M_1 \times 10^4 / [M_0 (100 - H\%)]$$

R (% MS) : Rendement en extraits en g/100 de matière sèche

M₁ : Quantité d'extrait récupérée en g

M₀ : Quantité utilisée pour l'extraction exprimée en g

Ms : Matière sèche (MS=100-H%)

H : humidité

3.3 Extraction de l'huile essentielle

L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger.

A. Protocole d'extraction

Une quantité de 100 g de matière végétale fraîche a été introduite dans un ballon de distillation contenant 500 mL d'eau distillée. Le mélange a ensuite été porté à ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon pendant une durée de 2 à 3 heures.

Sous l'effet de la chaleur, les composés volatils ont été entraînés par la vapeur d'eau vers le réfrigérant où ils ont subi une condensation. Le distillat obtenu a été recueilli dans le dispositif de Clevenger permettant la séparation de l'huile essentielle de la phase aqueuse.

L'huile essentielle récupérée a été séchée à l'aide du sulfate de sodium anhydre afin d'éliminer les traces d'eau résiduelles.

¹³⁴Yahla, F., &Tlemsani, I. (2018). Étude de l'activité antimicrobienne des extraits d'une plante médicinale « Menthasuaveolens » de la région d'AïnTémouchent (Mémoire de Master, Option Microbiologie Appliquée). Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb d'Aïn-Témouchent, Algérie.

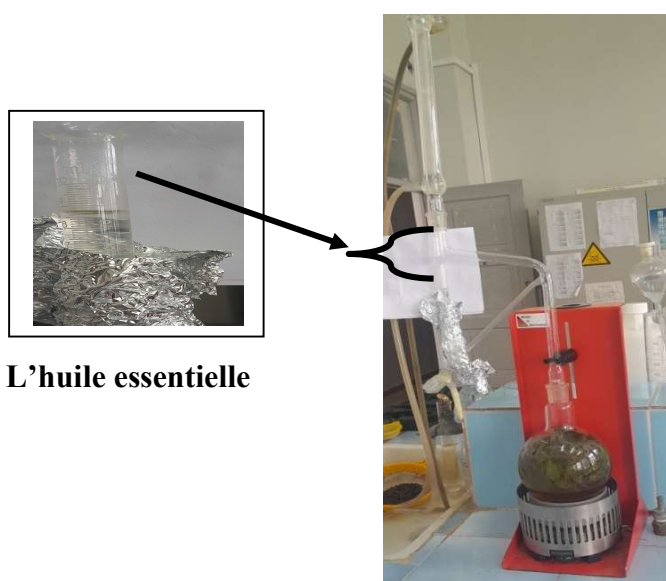


Figure 32: Extraction des huiles essentielles par méthode de l'hydrodistillation

B. Conservation de l'huile essentielle

Les HE sont sensibles à la température et à la lumière. C'est pour cela qu'on a conservé notre huile à une température voisine de 4°C et à l'abri de la lumière, enveloppée de papier d'aluminium, jusqu'à son usage pour éviter toute dégradation.



Figure 33: L'huile essentielle

C. Rendement en huile essentielle

Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule ci-dessous¹³⁵.

$$R (\%) = (m / m_0) \times 100$$

¹³⁵Carré P., 1953. Précis de technologie et de chimie industrielle. Tome 3. Ed. Ballière J.B. et Fils. Paris. France.

Matériels et méthodes

R (%) : Rendement en huile essentielle exprimé en %.

m : Masse en grammes de l'huile essentielle.

m₀ : Masse en grammes du matériel végétal sec à traiter.

4. L'activité biologique :

4.1 Souches microbiennes de référence

L'activité antibactérienne des extraits de *Mentha suaveolens* Ehrh. A été évaluée vis-à-vis de huit souches de référence ATCC, représentatives de pathogènes cliniquement pertinents. Ces souches incluent quatre espèces à Gram positif : *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Micrococcus luteus* ATCC 15307, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Bacillus cereus* ATCC 11778 ; et quatre espèces à Gram négatif : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 et *Salmonella typhi* ATCC 19430.

Les souches ont été entretenues sur gélose nutritive inclinée à 4°C et réactivées par subculture 18–24 heures avant chaque expérimentation. Les suspensions bactériennes de travail ont été préparées dans une solution de NaCl 0,9 % stérile et ajustées à une turbidité équivalant à 0,5 McFarland ($\approx 1,5 \times 10^8$ UFC/mL), conformément aux recommandations du Clinical and Laboratory Standards Institute¹³⁶.

4.2 Préparation des extraits

Quatre extraits de *Mentha suaveolens* Ehrh ont été testés : l'huile essentielle (HE), obtenue par hydrodistillation ; l'extrait à l'acétate d'éthyle (ACE) ; l'extrait méthanolique (ME) ; et l'extrait éthanolique (ET, Ethanol). Chaque extrait a été solubilisé dans le diméthylsulfoxy (DMSO) pour obtenir une solution mère à 100 mg/mL¹³⁷. Le DMSO a été préféré à l'eau en raison de sa capacité à solubiliser les composés lipophiles, notamment les terpènes constitutifs de l'HE. À la concentration résultant du dépôt de 10 µL par disque, la concentration résiduelle de DMSO dans la gélose reste en deçà du seuil inhibiteur, comme confirmé expérimentalement par les témoins négatifs¹³⁸.

¹³⁶ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests. 14^eéd. Supplement M02. Wayne, PA: CLSI; **2023**

¹³⁷ Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *Int J Food Microbiol.* **2004**;94(3):223–253.

¹³⁸ Cos P, Vlietinck AJ, Berghe DV, Maes L. (2006) Anti-infective potential of natural products: how to develop a stronger in vitro proof-of-concept. *J Ethnopharmacol.* 106(3):290–302.

4.3 Méthode de diffusion sur disque (Kirby-Bauer)

L'activité antibactérienne a été déterminée par la méthode de diffusion en gélose sur disque de papier (méthode de Kirby-Bauer), selon Bauer et al. (1966)¹³⁹ et adaptée aux extraits de plantes conformément aux recommandations du CLSI (2023)¹⁴⁰ et aux directives de Balouiri et al. (2016)¹⁴¹.

Préparation du milieu et ensemencement

La gélose Mueller-Hinton a été préparée conformément aux instructions du fabricant, stérilisée par autoclavage (121°C, 15 min) et répartie aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles (90 mm) à raison de 15 mL par boîte (épaisseur $\approx$ 4 mm), conformément aux spécifications du CLSI. Après solidification et équilibration à température ambiante, les boîtes ont été ensemencées par écouvillonnage tridirectionnel à partir de la suspension bactérienne ajustée à 0,5 McFarland.

Dépôt des disques

Des disques stériles en papier Whatman n° 1 ($\varnothing$ 6 mm) ont été imprégnés de 10 μ L de chaque extrait (soit 1 mg d'extrait par disque), puis déposés à la surface de la gélose inoculée à l'aide d'une pince stérile. Les disques ont été laissés diffuser pendant 30 min à 4°C, ensuite les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures.

Contrôles expérimentaux

Deux types de contrôles ont été systématiquement inclus dans chaque série d'essais. Le contrôle positif était constitué de disques de gentamicine (10 μ g/disque) pour les souches à Gram positif, et d'ampicilline (10 μ g/disque) pour les souches à Gram négatif. Les contrôles négatifs consistaient en des disques imprégnés de 10 μ L de DMSO pur et de 10 μ L d'eau distillée stérile, afin de vérifier l'absence d'activité intrinsèque du solvant et du support.

¹³⁹Bauer AW, Kirby WMM, Sherris JC, Turck M. (1966) Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am J Clin Pathol.* 45(4):493–496.

¹⁴⁰Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33^e éd. Supplement M100. Wayne, PA: CLSI; 2023.

¹⁴¹Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. (2016) Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. *J Pharm Anal.*;6(2):71–79.

4.4 Lecture et critères d'interprétation

Après incubation, les diamètres des zones d'inhibition de croissance (ZIC) ont été mesurés en millimètres, le diamètre du disque (6 mm) inclus. Toute $ZIC \leq 6$ mm a été enregistrée comme 0 mm (absence d'activité antibactérienne). Les essais ont été réalisés en triplicata ($n = 3$) et les résultats exprimés en moyenne $\pm$ écart-type. L'interprétation de l'activité a été basée sur les critères de Balouiri et al. ¹⁴¹ :

ZIC (mm, disque inclus)	Activité
≤ 8	Nulle ou négligeable
9 – 12	Modérée
> 12	Forte

II. Résultat et discussion

1. Screening phytochimique

Les résultats des tests phytochimiques de l'extrait de *Mentha Suaveolens Ehrh* sont repris dans le tableau ci- dessous (**tableau 8**)

Tableau 8: résultats des tests phytochimiques du *Mentha Suaveolens Ehrh*

Groupes chimiques	Résultats
Flavonoïdes	++
Coumarines	++
Saponines	+++
Huiles essentielles	+
Quinones libres	-
Stérols et tri terpènes	+
Tannins	+++
Cardinolides	-

(+) présence, (-) Absence

Le screening phytochimique réalisé sur le *Mentha Suaveolens Ehrh* a révélé la présence des composés chimique tels que les flavonoïdes, coumarines, saponines, huiles essentielles, stérols et tri terpènes, tannins. D'autre part l'absence totale de deux composés cardinolides et quinones libres.

Pour le test des alcaloïdes l'indisponibilité de réactif de Mayar ou Bouchardât n'a pas permis de réaliser ce test.

2. Rendement en extraits et en huile essentielle(HE)de *M.Suaveolens Ehrh* :

Les rendements en extraits méthanol, éthanol, acétate d'éthyle, ainsi qu'en huile essentielle sont enregistrés au (**tableau 9**).

Tableau 9: Rendement en (%) des extraits et de l'huile essentielle de *M.Suaveolens Ehrh*

	Extrait méthanol	Extrait éthanol	Extrait acétate d'éthyle	Huile essentielle
Rendement %	2.9%	4%	8%	1.27%

À partir des résultats obtenus, nous constatons que l'extrait à l'acétate d'éthyle présente le rendement d'extraction le plus élevé (8%), suivi de l'extrait éthanol(4%) puis de l'extrait méthanol (2.9%). Cette différence de rendement peut être attribuée à la polarité des solvants utilisés ainsi qu'à leur capacité à extraire les différents métabolites secondaires présents dans *Mentha suaveolens Ehrh.*

Ce qui corrobore avec les travaux de Ciulei (1980)qui a démontré que la différence de rendement au sein du même organe d'une plante en relation avec le solvant utilisé s'explique par le fait que la fixation des composés chimiques de la plante par un solvant donné peut dépendre de sa polarité et/ou de la teneur en composés apolaires ou de l'organe végétal considéré¹⁴².

Cependant, il reste difficile de comparer nos résultats à ceux de la bibliographie, car le rendement n'est que relatif et semble être lié aux propriétés des plantes ainsi qu'à l'origine géographique, aux conditions environnementales, à la durée du stockage, à la période de la récolte et aussi aux méthodes d'extraction appliquées, le rapport poids de la plante/volume du solvant et les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée¹⁴³.

Le rendement en huile essentielle de *M.suaveolens* obtenu par hydrodistillation étant de l'ordre de 1,27%; en est supérieur aux résultats de ceux obtenus par **Arab et al. 2016** (0,95%) dans la région (Sétif, Algérie)¹⁴⁴. Dans d'autres régions d'Algérie, notre résultat est inférieur aux rendements obtenus par **Lehbab (2013)** à Tlemcen (1,7%)¹⁴⁵ et supérieur aux résultats de **Brada et al. 2006** (0,2%)¹⁴⁶.

¹⁴²Ciulei I., **1980**.Methodology for Analysis of Vegetable Drugs. PraticalMannuals on the Industrial Utilization of Medicinal and Aromatic Plants (3rd edn). Arta Grafica: Romania.

¹⁴³Seladji M., **2015**. Etude phytochimique, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits de cinq plantes médicinales et analyses de leurs huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Biologie Cellulaire et Biochimie. Université Abou BekrBelkaid Tlemcen. Option: Produits naturels, aspects ntritionnels et activités biologiques, 157 p.

¹⁴⁴Arab R., Bounechada M., Ramdani M., **(2016)**. Chemical composition and insecticidal activity of *Mentharotundifolia* L. on *Rhyzoperthadominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) from Algeria. Advences in Environnemental Biology, 10 (10) : 13-19.

¹⁴⁵Lehbab A., **(2013)**. Etude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits de *Mentharotundifolia* L. (Domrane) de la région de Tlemcen Composition chimique des huiles essentielles. Mémoire de Master en Biologie, Université Abou Bekr

¹⁴⁶Brada M., Bezzina M., Marlier M., Lognay G.C., **(2006)**. Chemical Composition of the Leaf oil of *Mentharotundifolia* (L.) from Algeria. Journal of Essential Oil Research.18: 663-665

Résultat et discussion

En d'autres pays, le rendement de notre étude en huile essentielle de *M.suaveolens*Ehrh est inférieur à celui de **Derwich et al. 2010** (1,54% au Maroc)¹⁴⁷. En outre, notre résultat est supérieur aux résultats de **Riahi et al. 2013** à Beja (1.26%) et à Bizerte (1.04%) en Tunisie¹⁴⁸. Ainsi, le rendement obtenu dans notre étude confirme que *Mentha suaveolens Ehrh* constitue une source intéressante d'huile essentielle, dont la production peut varier en fonction des conditions environnementales et expérimentales.

3. Caractérisation de l'huile essentielle (HE) de *M. suaveolens Ehrh*

• Caractéristiques organoleptiques

La détermination des propriétés organoleptiques est une étape nécessaire de vérification et de contrôle de la qualité de l'HE. Les paramètres organoleptiques de nos échantillons de l'HE de *M. suaveolens Ehrh* sont présentés dans le **Tableau 10**.

Tableau 10: Propriétés organoleptiques de l'HE de *Mentha suaveolens Ehrh*

Propriétés	Aspect	Couleur	Odeur
HE de <i>M. suaveolens</i> Ehrh	Liquidetrès visqueux	Jaune foncé	Très forte

Ces caractéristiques sont les mêmes que ceux rapportées dans la littérature, par :

- **Boutabia et al. (2020)** : pour un échantillon de la même espèce, collecté de la région de Souarekh (Nord-Est de l'Algérie), où l'HE est extrait par la même méthode de distillation¹⁴⁹.
- **Riahi et al. (2013)** : pour des échantillons de la Tunisie, Ils ont signalé que l'HE a été de couleur jaunâtre et une odeur de la menthe très forte et persistante¹⁵⁰.
- **Aichouni et Mouderrress (2018)** : ont obtenu une HE de couleur jaune pâle et une odeur pénétrante, extraite par la même méthode¹⁵¹.

¹⁴⁷Derwich E., Benziane Z., Taouil R., Senhaji O and Touzani M., (2010). Comparative Essential oil Composition of Leaves of *Mentharotundifolia* and *Menthapulegium* a Traditional Herbal Medicine in Morocco; Am. Eurasian J. Sustain. Agric., 4(1): 47-54. Belkaid, Tlemcen, 57p.

¹⁴⁸Riahi L., El ferchichi M., Ghazghazi H., Jebali J., Ziadi S., Aouadhi C., Chograni H., Zaouali Y., Zoghalmi N., Mliki A., (2013).Phytochemistry, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of *Mentharotundifolia* L. in Tunisia. Industrial Crops and Products, 49: 883-889

¹⁴⁹Boutabia L.; Telailia S.; Guenadil F. etChefrour A. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Menthapulegium* L.And*Menthasuaveolens*Ehrh.growing in north-east of Algeria. Tom. XXVII, Issue 2, AnaleleUniversității din Oradea, FasciculaBiologie: 143-148.

¹⁵⁰Riahi L.; Elferchichi M.; Ghazghazi H.; Jebali J.; Ziadi S.; Aouadhi C. et al.(2013). Phytochemistry, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oilsof*Mentharotundifolia* L. in Tunisia. IndustrialCrops and Products, vol.49: 883-889.

Résultat et discussion

- **Benbouali (2006)** : a signalé que l'HE de *Mentha Suaveolens Ehrh* est de couleur jaune foncé et une odeur propre à la matière végétale¹⁵².

4. Les résultats de l'évaluation antibactérienne :

4.1 Activité antibactérienne des extraits de *Mentha suaveolens Ehrh* :

Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne des différents extraits de *Mentha suaveolens Ehrh* sont présentés dans le Tableau 11. Les témoins négatifs (DMSO pur et eau distillée stérile) n'ont induit aucune zone d'inhibition pour l'ensemble des huit souches testées, validant l'absence d'interférence du solvant et du support.

Tableau 11: Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm $\pm$ SD, n = 3) des extraits de *Mentha suaveolens Ehrh*. vis-à-vis des souches bactériennes de référence (ATCC).

Souche (ATCC)	HE	ACE	ME	ET	DMSO	H ₂ O dist.	ATB (mm)
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633 (G+)	8,7 $\pm$ 0,6	0	0	0	0	0	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853 (G-)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (G-)	0	0	0	0	0	0	19 $\pm$ 3
<i>Micrococcus luteus</i> ATCC 15307 (G+)	7,7 $\pm$ 0,6	0	0	0	0	0	24 $\pm$ 2
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603 (G-)	7,7 $\pm$ 1,2	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (G+)	11,7 $\pm$ 1,2	0	0	0	0	0	14
<i>Salmonella typhi</i> ATCC 19430 (G-)	8,7 $\pm$ 1,2	0	0	0	0	0	18 $\pm$ 2
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778 (G+)	9,0 $\pm$ 1,0	0	0	0	0	0	20 $\pm$ 2

HE : huile essentielle ; ACE : extrait acétate d'éthyle ; ME : extrait méthanolique ; ET : extrait éthanolique (Ethanol) ; DMSO : contrôle négatif ; H₂O dist. : contrôle négatif ; ATB : antibiotique de référence (G = Gentamicine 10 μ g/disque pour G+ ; Ap = Ampicilline 10 μ g/disque pour G-). Les cases vertes indiquent une activité détectable.

¹⁵¹Aichouni C. et Mouderrès F. (2018). Etude de la composition chimique des huiles essentielles de *Mentharotundifolia L.* Récoltée dans deux régions Mekhatia et Bathia. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en science agronomique, option Production Animale, Département Sciences Agronomiques, Université Djilali Bounaama, Khemis Miliana : 29p

¹⁵²Benbouali M. (2006). Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales : *Mentharotundifolia* & *Thymus vulgaris*. Mémoire de Magister en Génie des procédés, Département de Génie des procédés. Université Hassiba Ben Bouali, Chlef: 133p.

Résultat et discussion

Parmi les quatre extraits testés, **seule l'huile essentielle (HE) a présenté une activité antibactérienne détectable**. En revanche, les extraits acétate d'éthyle (ACE), méthanolique (ME) et éthylique (ET) se sont révélés totalement inactifs vis-à-vis de l'ensemble des huit souches testées, et ce à la concentration élevée de 100 mg/mL (1 mg/disque).

L'**HE** a exercé une activité inhibitrice détectable vis-à-vis de six des huit souches. Les deux souches totalement résistantes à l'HE sont *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 25922 (ZIC = 0 mm pour les trois réplicats). Les zones d'inhibition obtenues sur les souches sensibles sont les suivantes : *B. subtilis* ATCC 6633 : $8,7 \pm 0,6$ mm ; *M. luteus* ATCC 15307 : $7,7 \pm 0,6$ mm ; *K. pneumoniae* ATCC 700603 : $7,7 \pm 1,2$ mm ; *S. aureus* ATCC 25923 : **$11,7 \pm 1,2$ mm** ; *S. typhi* ATCC 19430 : $8,7 \pm 1,2$ mm ; *B. cereus* ATCC 11778 : $9,0 \pm 1,0$ mm.

L'activité la plus élevée a été enregistrée vis-à-vis de *S. aureus* ATCC 25923 (ZIC = $11,7 \pm 1,2$ mm), correspondant à une activité *modérée* selon les critères de Balouiri et al. (2016). *B. cereus* ($9,0 \pm 1,0$ mm) et *B. subtilis* et *S. typhi* (8,7 mm chacun) montrent également une activité faible à modérée, tandis que *M. luteus* et *K. pneumoniae* (7,7 mm) se situent à la limite inférieure de détection. Il convient de rappeler que le halo réel au-delà du disque de 6 mm varie de 1,7 mm (*M. luteus*, *K. pneumoniae*) à 5,7 mm (*S. aureus*), témoignant d'une activité intrinsèque globalement modeste¹⁴¹.

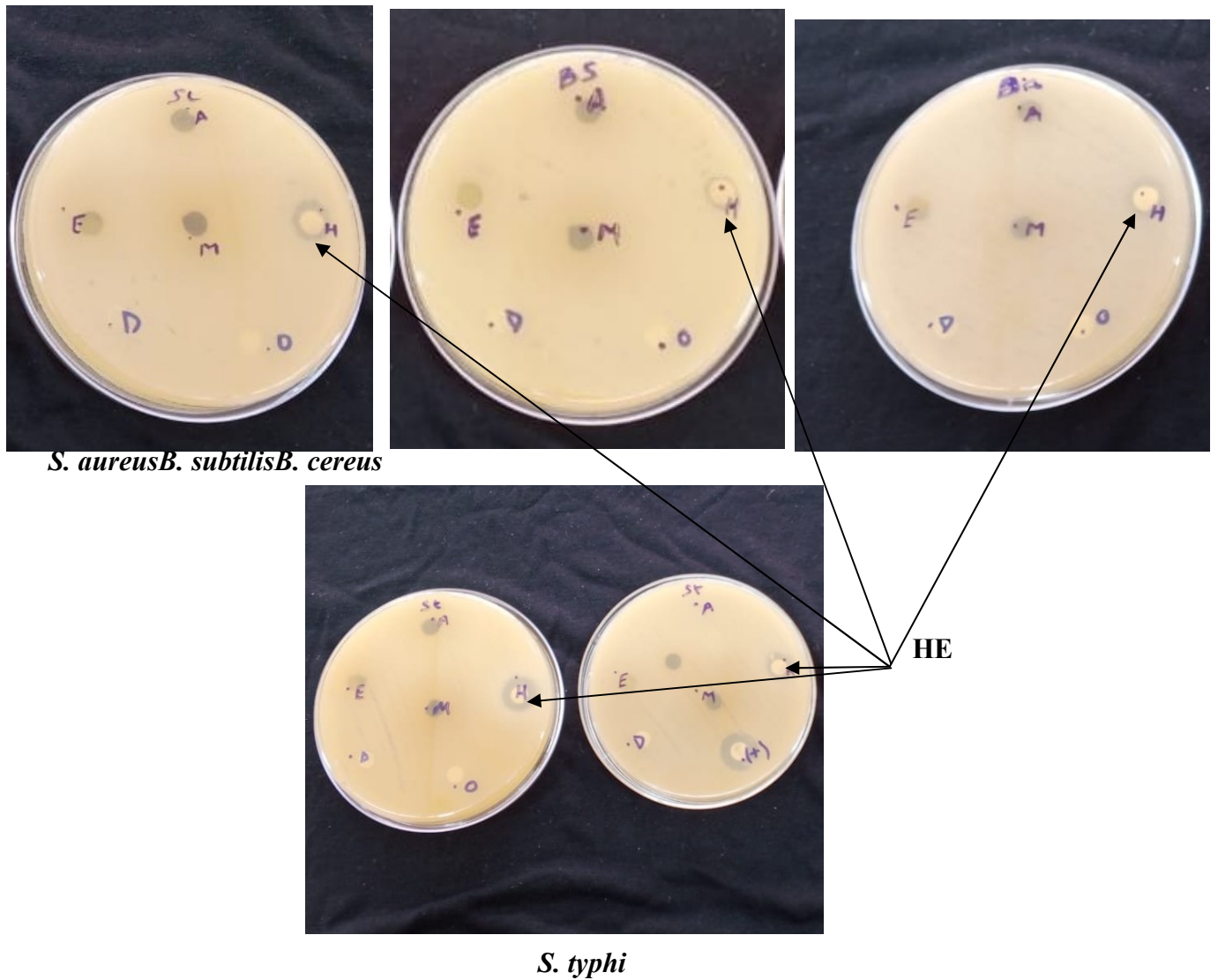


Figure 34 : résultats d'aromatogramme des souches sensibles *S. aureus*, *S. typhi*, *B. cereus* et *B. subtilis*

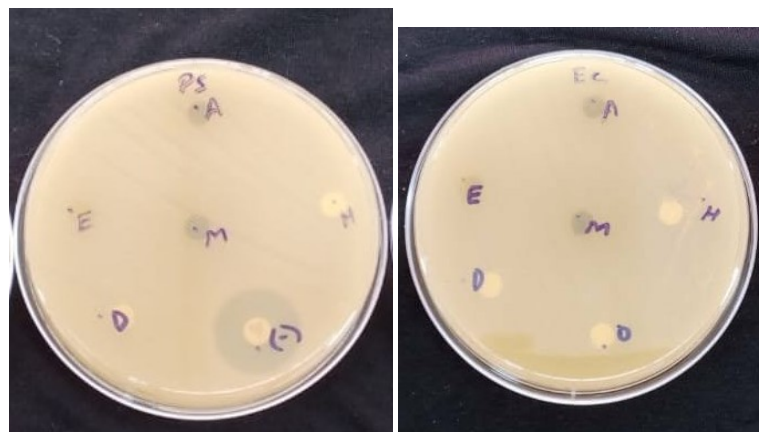


Figure 35 : résultats d'aromatogramme des souches résistantes *P. aeruginosa* et *E. coli*

Discussion

a. Inactivité des extraits polaires

L'inactivité totale des extraits ACE, ME et ET de *Mentha suaveolens Ehrh* à 100 mg/mL vis-à-vis de l'ensemble des huit souches testées peut s'expliquer par plusieurs mécanismes non mutuellement exclusifs. Premièrement, les composés principalement responsables de l'activité antimicrobienne des espèces de menthe sont les terpènes volatils (menthol, menthone, pulegone, carvone, 1,8-cinéole), préférentiellement concentrés dans la fraction distillée (HE) et non dans les fractions polaires extractibles par solvant organique¹⁵³. Ces composés, par leur nature lipophile, s'intercalent dans les bicouches phospholipidiques membranaires, altèrent la perméabilité et le potentiel de membrane, et désorganisent les protéines fonctionnelles membranaires¹⁵⁴.

Deuxièmement, bien que les extraits polaires contiennent potentiellement des composés phénoliques actifs (acide rosmarinique, lutéoline, apigénine, acide caféique), leur teneur dans les extraits bruts de *M. Suaveolens Ehrh* utilisés n'est pas connue et peut être insuffisante pour induire une inhibition détectable par diffusion sur disque. Gulluce et al. (2007) et Hajlaoui et al. (2009) ont observé, pour des espèces de menthe proches (*M. longifolia*, *M. pulegium*), une activité des extraits méthanoliques nettement inférieure à celle des HE correspondantes. Une analyse quantitative des polyphénols totaux (méthode de Folin-Ciocalteu) et un profilage HPLC des extraits polaires permettraient de contextualiser ces résultats^{155,156}.

b. Spectre d'activité de l'huile essentielle : Gram positif vs Gram négatif

L'activité de l'HE de *M. Suaveolens Ehrh* est globalement plus prononcée vis-à-vis des bactéries à Gram positif (*S. aureus*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *M. luteus*) que vis-à-vis des Gram négatif, ce qui est conforme au schéma général rapporté dans la littérature pour les HE de

¹⁵³Dorman HJD, Deans SG. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol. 2000;88(2):308–316

¹⁵⁴Hyldgaard M, Mygind T, Meyer RL. (2012) Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. Front Microbiol.;3:12.

¹⁵⁵Gulluce M, Sahin F, Sokmen M, Ozer H, Daferera D, Sokmen A, (2007) Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia L.ssp. longifolia*. Food Chem.;103(4):1449–1456.

¹⁵⁶Hajlaoui H, Trabelsi N, Noumi E, Snoussi M, Fallah H, Ksouri R, (2009). Biological activities of the essential oils and methanol extract of two cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*). World J MicrobiolBiotechnol. ;25(12):2227–2238.

Résultat et discussion

menthe¹⁵⁷. Cette différence de sensibilité est classiquement attribuée à la membrane externe asymétrique des bactéries à Gram négatif, riche en lipopolysaccharides (LPS), qui constitue une barrière sélective efficace contre les composés hydrophobes¹⁵⁴.

Un résultat notable est l'activité inhibitrice de l'HE vis-à-vis de *K. pneumoniae* ($7,7 \pm 1,2$ mm) et *S. typhi* ($8,7 \pm 1,2$ mm), deux entérobactéries à Gram négatif. Trombetta et al. (2005) ont démontré que certains monoterpènes (thymol, carvacrol, cinéole) peuvent perturber la membrane externe de certaines entérobactéries par intercalation lipophile et déstabilisation des ponts Mg-LPS, augmentant leur perméabilité membranaire¹⁵⁸. Il est remarquable que *K. pneumoniae*, qui est intrinsèquement résistante à l'ampicilline par production de bêta-lactamases chromosomiques SHV¹⁵⁹ montre une sensibilité partielle à l'HE, suggérant un mécanisme d'action fondamentalement différent des antibiotiques bêta-lactamines : action membranotrope directe plutôt qu'inhibition de la synthèse du peptidoglycane.

La résistance totale de *P. aeruginosa* et *E. coli* est en accord avec leur résistance bien documentée aux composés hydrophobes. *P. aeruginosa* dispose de pompes à efflux très efficaces (notamment MexAB-OprM) capables d'expulser activement les terpènes, couplées à une membrane externe à très faible perméabilité¹⁶⁰. De même, le système AcrAB-TolC de *E. coli* confère une résistance aux composés lipophiles des HE¹⁶¹.

c. Intensité de l'activité et perspectives quantitatives

Bien que l'HE présente une activité inhibitrice réelle, les zones d'inhibition obtenues restent globalement modestes. Cette observation doit être mise en perspective : l'HE a été testé à 1 mg/disque, soit une dose 100 fois supérieure aux antibiotiques de référence (10 µg/disque). Les ZIC obtenues pour les antibiotiques sur les souches sensibles (gentamicine : 20 mm sur *B. subtilis* ; ampicilline : 19 mm sur *E. coli*) sont nettement supérieures à celles de l'HE, malgré la différence de dose. L'activité de l'HE apparaît donc intrinsèquement limitée, ce qui

¹⁵⁷Mkaddem MG, Bouajila J, Ennajar M, Lebrihi A, Mathieu F, Romdhane M. (2010) Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of *Mentha* (*longifolia* L. and *viridis*) essential oils. *J Med Food*;13(3):696–702

¹⁵⁸Trombetta D, Castelli F, Sarpietro MG, Venuti V, Cristani M, Daniele C, (2005) Mechanisms of antibacterial action of three monoterpènes. *Antimicrob Agents Chemother*;49(6):2474–2478.

¹⁵⁹Bush K, Jacoby GA. (2010) Updated functional classification of beta-lactamases. *Antimicrob Agents Chemother*;54(3):969–976.

¹⁶⁰Strateva T, Yordanov D. (2009) *Pseudomonas aeruginosa* — a phenomenon of bacterial resistance. *J Med Microbiol*;58(9):1133–1148.

¹⁶¹Sokovic M, Glamoclija J, Marin PD, Brkic D, van Griensven LJ. (2010);Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. *Molecules*. 15(11):7532–7546.

Résultat et discussion

souligne la nécessité de déterminer la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) par microdilution en milieu liquide¹⁶². Pour une quantification rigoureuse¹⁴¹.

La composition chimique des HE de *M.suaveolens Ehrh* est sujette à une variabilité chémotypique importante selon la région de récolte, le stade phénologique et les conditions pédoclimatiques (certains chémotypes sont riches en pinocamphone/pinocarvone, d'autres en pulegone ou carvone). En l'absence d'une analyse GC-MS de l'HE utilisée, aucune corrélation structure-activité ne peut être établie. Mkaddem et al. (2010) ont montré que les HE de menthe riches en composés monoterpéniques oxygénés présentent généralement des activités plus élevées. Cette analyse chimique représente une étape indispensable à une valorisation scientifique rigoureuse des résultats¹⁷⁵.

¹⁶²Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests. 14^eéd. Supplement M02. Wayne, PA: CLSI; 2023.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a porté sur l'étude phytochimique et la valorisation biologique d'une plante médicinale appartenant à la famille des Lamiacées, *Menthasuaveolens*, largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses nombreuses propriétés thérapeutiques.

Les analyses phytochimiques réalisées ont permis de mettre en évidence la présence de plusieurs métabolites secondaires d'intérêt, notamment les flavonoïdes, les coumarines, les saponines, les tanins, les stérols et triterpènes ainsi que les huiles essentielles. La présence de ces composés témoigne de la richesse chimique de cette espèce végétale et pourrait expliquer ses nombreuses propriétés biologiques rapportées dans la littérature.

L'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger a permis d'obtenir un rendement de 1,27 %, avec une variation du rendement des extraits organiques en fonction du solvant utilisé. Les résultats ont montré que l'extrait d'ACE a présenté le rendement le plus élevé (8 %), suivi de l'extrait ET (4 %) puis de l'extrait ME (2,9 %). Ces résultats témoignent de la capacité de l'acétate d'éthyle d'entrer en contact avec un grand nombre de composés par conséquent l'augmentation du pouvoir de solubilisation et de transfert de matière.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de différents extraits végétaux préparés a révélé une inactivité totale des extraits d'ACE, ME et ET (à 100 mg/mL) contre les huit souches testées, contrastant avec l'huile essentielle (HE) qui a manifesté une action inhibitrice, bien que modeste comparativement aux antibiotiques témoins (Gentamicine et Ampicilline).

Cette HE a ainsi inhibé de façon sélective trois souches sensibles, *staphylococcus aureus* ATCC 25923, SI : *Salmonella typhi* ATCC 19430, BC : *Bacillus cereus* ATCC 11778 avec deux souches totalement résistantes qui sont *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 2592.

Enfin, cette étude contribue à la valorisation de cette plante médicinale et ouvre des perspectives prometteuses pour l'identification détaillée de ses constituants chimiques ainsi d'élargir la recherche d'autre application dans les domaines pharmaceutique, alimentaire, agriculture et cosmétique.

Résumé

Le présent travail est consacré à l'étude phytochimique et à l'évaluation du potentiel biologique de *Mentha suaveolens* Ehrh. (Lamiaceae), une espèce aromatique et médicinale récoltée dans la région d'El Tarf (Algérie). Le criblage phytochimique préliminaire a mis en évidence une richesse en métabolites secondaires, caractérisée par la présence de flavonoïdes, de coumarines, de saponines, de tanins, de stérols et triterpènes, ainsi que d'huiles essentielles. L'extraction de la fraction volatile par hydrodistillation a permis d'obtenir une huile essentielle avec un rendement de **1.27%**. En parallèle, l'extraction par solvants organiques a montré une variabilité des rendements, l'extrait à l'acétate d'éthyle se distinguant par le taux le plus élevé (8 %). L'évaluation de l'activité antibactérienne *in vitro* des différents extraits végétaux préparés vis-à-vis de huit souches bactériennes de référence a révélé une efficacité exclusive de l'huile essentielle, les extraits organiques s'étant révélés totalement inactifs. Cette huile essentielle a manifesté une action inhibitrice modérée à l'égard de certaines souches, particulièrement *Staphylococcus aureus*, tandis que les germes Gram-négatifs tels qu'*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* ont présenté un profil de résistance marqué.

Mots-clés : *Mentha suaveolens* Ehrh., huile essentielle, screening phytochimique, métabolites secondaires, activité antibactérienne, hydrodistillation.

Abstract

The present work is devoted to the phytochemical study and the evaluation of the biological potential of *Mentha suaveolens* Ehrh. (Lamiaceae), an aromatic and medicinal species harvested in the El Tarf region (Algeria). Preliminary phytochemical screening revealed a richness in secondary metabolites, characterized by the presence of flavonoids, coumarins, saponins, tannins, sterols, triterpenes, and essential oils. The extraction of the volatile fraction by hydrodistillation yielded an essential oil with a choice of 1.27 %. In parallel, organic solvent extraction showed variability in yields, with the ethyl acetate extract exhibiting the highest rate (8%). The *in vitro* antibacterial activity evaluation of the different extracts prepared against eight reference bacterial strains revealed an exclusive efficacy of the essential oil, whereas the organic extracts proved to be completely inactive. This essential oil demonstrated moderate inhibitory action against certain strains, particularly *Staphylococcus aureus*, while Gram-negative bacteria such as *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* exhibited a marked resistance profile.

Keywords: *Mentha suaveolens* Ehrh., essential oil, phytochemical screening, secondary metabolites, antibacterial activity, steam distillation.

ملخص

يُكرّس هذا العمل للدراسة الكيميائية النباتية وتقييم الإمكانيات البيولوجية لنبات *Mentha suaveolens Ehrh.* (*Lamiaceae*)، وهو نوع عطري وطبي يتم حصاده في منطقة الطارف (الجزائر). أظهر الفحص الكيميائي النباتي الأولي غنىً بالمستقلبات الثانوية، تتميز بوجود الفلافونويدات، والكومارينات، والصابونينات، والتانينات، والستيرولات، والترتيربينات، بالإضافة إلى الزيوت العطرية. سمح استخلاص الجزء المتطاير عن طريق التقطير المائي بالحصول على زيت عطري بنسبة عائد بلغت 1.27%. في المقابل، أظهر الاستخلاص بالمذيبات العضوية تبايناً في العوائد، حيث تميز المستخلص باستخدام أسيتات الإيثيل بأعلى معدل (8%). كشف تقييم النشاط المضاد للبكتيريا في المختبر لمختلف المستخلصات النباتية المحضرة مقابل ثماني سلالات بكتيرية مرجعية عن فعالية حصرية للزيت العطري، حيث تبين أن المستخلصات العضوية غير فعالة تماماً. وأظهر هذا الزيت العطري تأثيراً مثبطاً معتدلاً تجاه بعض السلالات، ولا سيما المكورات العنقودية الذهبية، في حين أظهرت الجراثيم سالبة الجرام مثل الإشريكية القولونية والزائفة الزنجارية مقاومة ملحوظة.

الكلمات المفتاحية: *Mentha suaveolens Ehrh.*، الزيت العطري، الفحص الكيميائي النباتي، المستقلبات الثانوية، النشاط المضاد للبكتيريا، التقطير البخار.