

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 عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université d'Ain Temouchent - Belhadj Bouchaib-  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département d'Agroalimentaire



## MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

### Thème

**Etude d'activité anti-oxydante et activité antibactérienne  
des trois plantes médicinales (*Artemisia absinthium*,  
*Artemisia Herba Alba*, *Mentha pulegium*) de la région d'Ain  
Témouchent**

Soutenu le : 30/06/2025

Présenté Par :

- Melle. **SIDI ALI CHERIF Nesrin**
- Melle. **OUELD KADI Rym**

Devant le jury composé de :

Dr. DERRAG Zaineb	<b>MCA</b>	UAT.B.B (Ain Témouchent)	<b>Présidente</b>
Dr. BEGACEM Amel Fatima	<b>MAA</b>	UAT.B.B (Ain Témouchent)	<b>Examinatrice</b>
Dr. MELLAH Abdelkarim	<b>MRA</b>	CRSTRA (Naama)	<b>Invité</b>
Dr. RAHMANI Khaled	<b>MCA</b>	UAT.B.B (Ain Témouchent)	<b>Encadrant</b>
Dr. BENYOUCEF Fatima	<b>MCB</b>	UAT.B.B (Ain Témouchent)	<b>Co-Encadrant</b>

Année universitaire 2024/2025

# Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude à Dieu, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Ce mémoire a été réalisé en grande partie au sein de l'Université d'Alin Témouchent Belhadj Bouchaïb. Nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir insufflé le courage et l'énergie tout au long de notre formation.

Nous souhaitons adresser nos plus sincères remerciements à notre encadrant, le **Dr Rahmani Khaled**, pour ses enseignements, ses encouragements et ses précieux conseils tout au long de ce Master.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à notre co-encadrante, le **Dr Benyoucef Fatima**, pour son soutien et ses aides précieuses durant ce parcours.

Un grand merci aux honorables membres du jury, le **Dr Derrage Zaineb**, le **Dr Belgacem Amel Fatima** et le **Dr Mellah Abdelkarim**, pour leur disponibilité généreuse et l'intérêt qu'ils portent à ce travail.

Nous remercions également le personnel du laboratoire, **M<sup>lle</sup> Mostfaoui Liela**, **M<sup>me</sup> Mestahi Choukria** et **M<sup>R</sup>. Driif Ahmed**, pour leur contribution.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de cette étude, sans oublier nos chers parents et nos professeurs pour leur soutien indéfectible et leur patience.

# ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة النشاط المضاد للبكتيريا والمضاد للأكسدة للزيوت الأساسية لثلاثة نباتات طبية عطرية: (الشيح الأبيض) *Artemisia absinthium* و (الشيح العشبي) *Artemisia herba Alba* و (النعناع الفلفلي) *Mentha pulegium* حيث تم استخراج الزيوت الأساسية عن طريق التقطير المائي.

أظهر النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة FRAP للزيوت المدروسة تأثير مضاد للأكسدة واعد للغاية حيث اننا وجدنا قيمة  $IC_{50}$  تساوي 0.18 ملغ / مل و 1.43 ملغ / مل و 1.51 ملغ / مل كل من *Artemisia absinthium* و *herba Alba* و *Artemisia* و *Mentha pulegium* على الترتيب و هي قيم متقاربة مقارنة  $IC_{50}$  لمادة BHT في حين أن قدرة مضادات الأكسدة تبقى بعيدة نسبيا من تلك الموجودة في حمض الاسكوريك (فيتامين C).

تمت دراسة النشاط المضاد للجراثيم باستخدام طريقة الانتشار على الاقرص ضد تسعة سلالات بكتيرية: خمسة سلالات سالبة ، و أربعة موجبة الجرام حيث سجلت كل الزيوت المدروسة نشاطاً مثبطاً ضد جميع السلالات المختبرة اذ تنوع النشاط من مستوى حساس إلى مستوى حساس للغاية. أظهرت النتائج نشاطاً مضاداً للبكتيريا يختلف حسب الزيوت الأساسية والكاننات الدقيقة المختبرة. فقد أبدت الزيوت الأساسية لـ *Artemisia herba alba* و *Mentha pulegium* فعالية عالية ضد *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa*، بينما أظهرت الزيوت الأساسية لـ *Artemisia absinthium* نشاطاً ملحوظاً ضد *Bacillus cereus* و *Citrobacter freundii*. تبرز هذه النتائج الإمكانيات الكبيرة للزيوت الأساسية كبداية طبيعية للعوامل المضادة للبكتيريا التقليدية، ومع ذلك، هناك حاجة إلى أبحاث إضافية لفهم آليات العمل واستكشاف التطبيقات العلاجية المحتملة للزيوت الأساسية.

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الأساسية ، نباتات طبية عطرية ، التقطير المائي، مضاد للأكسدة ، مضاد للجراثيم.

# Résumé

Ce travail vise à étudier l'activité antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles de trois plantes médicinales aromatiques : *Artemisia absinthium* (armoïse blanche), *Artemisia herba alba* (armoïse herbacée) et *Mentha pulegium* (menthe pouliot). Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation.

L'activité antioxydante, évaluée par la méthode FRAP, a révélé un effet antioxydant très prometteur pour les huiles étudiées. Les valeurs de IC50 obtenues sont de 0,18 mg/ml pour *Artemisia absinthium*, 1,43 mg/ml pour *Artemisia herba alba* et 1,51 mg/ml pour *Mentha pulegium*, des valeurs relativement proches de celle du BHT, bien que la capacité antioxydante reste inférieure à celle de l'acide ascorbique (vitamine C).

L'activité antibactérienne a été étudiée par la méthode de diffusion sur disque contre neuf souches bactériennes, dont cinq Gram négatives (*E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* Cip A22, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. freundii* ATCC 13316, *K. pneumoniae* ATCC 13883) et quatre Gram positives (*S. aureus* ATCC 43300, *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 33862, *B. cereus* ATCC 10876). Toutes les huiles testées ont montré une activité inhibitrice contre l'ensemble des souches, avec une sensibilité variant de modérée à très élevée. Les résultats ont mis en évidence une activité antibactérienne variable selon les huiles essentielles et les microorganismes testés. Les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* et de *Mentha pulegium* ont démontré une forte efficacité contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, tandis que celle d'*Artemisia absinthium* a présenté une activité notable contre *Citrobacter freundii* et *Bacillus cereus*. Ces résultats soulignent le grand potentiel des huiles essentielles comme alternatives naturelles aux agents antibactériens conventionnels. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les mécanismes d'action et explorer les applications thérapeutiques potentielles de ces huiles essentielles.

**Mots-clés** : huiles essentielles, plantes médicinales aromatiques, hydrodistillation, antioxydant, antibactérien.

# **Abstract**

This study aims to investigate the antibacterial and antioxidant activities of essential oils derived from three aromatic medicinal plants: *Artemisia absinthium* (white wormwood), *Artemisia herba alba* (herbaceous wormwood), and *Mentha pulegium* (pennyroyal). The essential oils were extracted via hydrodistillation.

The antioxidant activity, assessed using the FRAP method, revealed a highly promising antioxidant effect for the studied oils. The IC<sub>50</sub> values obtained were 0.18 mg/ml for *Artemisia absinthium*, 1.43 mg/ml for *Artemisia herba alba*, and 1.51 mg/ml for *Mentha pulegium*, which are relatively close to the IC<sub>50</sub> value of BHT, although the antioxidant capacity remains lower than that of ascorbic acid (vitamin C).

The antibacterial activity was evaluated using the disk diffusion method against nine bacterial strains, including five Gram-negative (*E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* Cip A22, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. freundii* ATCC 13316, *K. pneumoniae* ATCC 13883) and four Gram-positive (*S. aureus* ATCC 43300, *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 33862, *B. cereus* ATCC 10876) strains. All tested oils exhibited inhibitory activity against all strains, with sensitivity ranging from moderate to very high. The results demonstrated varying antibacterial activity depending on the essential oils and the tested microorganisms. The essential oils of *Artemisia herba alba* and *Mentha pulegium* showed high efficacy against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*, while the essential oil of *Artemisia absinthium* displayed notable activity against *Citrobacter freundii* and *Bacillus cereus*. These findings highlight the significant potential of essential oils as natural alternatives to conventional antibacterial agents. However, further research is needed to elucidate the mechanisms of action and to explore the potential therapeutic applications of these essential oils.

**Keywords:** essential oils, aromatic medicinal plants, hydrodistillation, antioxidant, antibacterial.

## Liste des abréviations

---

**A. absinthum**: *Artemisia absinthum*

**A. herba-alba**: *Artemisia herba-alba*

**M. pulegium** : *Mentha pulegium*

**HE** : huile essentielle

**FRAP**: Ferric Reducing Antioxidant Power

**IC<sub>50</sub>** : concentration inhibitrice

**BMH** : Bouillon Mueller Hinton

**BHT** : l'hydroxytoluène butylé

**MHA** : muler hinton agar

**GNI** : Gélose nutritive inclinée

**M.H** : Mueller Hinton

**E. coli** : *Escherichia coli*

**P. aeruginosa** : *Pseudomonas aeruginosa*

**C. freundii** : *Citrobacter freundii*

**K. pneumoniae** : *Klebsiella pneumoniae*

**S. aureus** : *Staphylococcus aureus*

**B. cereus** : *Bacillus cereus*

**A.T.C.C.**: American type culture collection.

**Cip A22** : Centre de recherche biologiques de l'institut pasteur A

**nm**: nanomètre

**°C** : Degré Celsius

**µg** : microgramme

**µl** : microlitre

**mg/ml** : milligramme par millilitre

# Liste des figures

---

Figure_1: les plantes médicinales .....	1
Figure_02 : <i>Artemisia absinthium</i> .....	2
Figure_03 : Carte de répartition géographique d' <i>Artemisia absinthium</i> .....	4
Figure_04: <i>Artemisia Herba Alba</i> (Shih) .....	6
Figure_05 : Répartition géographique d' <i>Artemisia herba-alba</i> en Algérie .....	8
Figure_06: <i>Mentha pulegium</i> .....	10
Figure_07 : Carte de répartition géographique de <i>Mentha pulegium</i> .....	12
Figure_08 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau .....	15
Figure_09: Montage de l'extraction par solvant organique .....	16
Figure_10: Hydro distillation assistée par micro-ondes .....	17
Figure_11: Schéma de la technique d'extraction par le CO <sub>2</sub> supercritique .....	18
Figure_12: Schéma du montage de l'extraction par hydro distillation .....	20
Figure_13: les huiles essentielles .....	21
Figure_14 : historique et actuelle des huiles essentielles .....	22
Figure_15 : Teste de qualité des huiles essentielles .....	24
Figure_16 : Différents composants chimique des huiles essentielles .....	25
Figure_17 : Monoterpènes hydrocarbonés .....	26
Figure_18 : Monoterpènes oxygénés (linalol) .....	27
Figure_19 : Diterpènes hydrocarbonés (Phytol) .....	27
Figure_20 : Différents diterpènes oxygénés .....	28
Figure_21 : Sesquiterpène hydrocarboné (beta-Caryophyllene) .....	29
Figure_22 : Sesquiterpènes oxygéné (Artémisinine) .....	29
Figure_23 : Activités biologiques des huiles essentielles .....	30
Figure_24 : Mécanisme du stress oxydatif .....	31
Figure_25 : Dispositif utilise pour l'extraction des HEs .....	33
Figure_26: Séparation des HEs par décantation .....	34
Figure_27 : Mécanisme réactionnelle de la méthode FRAP .....	35
Figure_28 : Mode opératoire d'activité antioxydant par FRAP .....	36
Figure_29 : Coloration des tubes et lecture .....	37
Figure_30 : Méthode de diffusion sur disques .....	39
Figure_22 : Résultats d'activité antioxydant par FRAP .....	41
Figure_24 : Comparaison d'IC <sub>50</sub> des HEs, Acide ascorbique et de BHT déterminées par la méthode FRAP .....	42

## Liste des tableaux



<b>Tableau_01</b> : Classification de l’Absinthe .....	3
<b>Tableau_02</b> : Composition chimique de l’huile essentielle d’ <i>A. absinthium</i> .....	5
<b>Tableau_03</b> : Principaux noms vernaculaires d’ <i>Artemisia herba alba</i> .....	7
<b>Tableau_04</b> : Classification classique de l’espèce <i>Artemisia herba-alba</i> .....	7
<b>Tableau_05</b> : Composition chimique de l’huile essentielle d’ <i>Artemisia herba-alba</i> .....	9
<b>Tableau_06</b> : Principaux noms vernaculaires de <i>Mentha pulegium</i> .....	11
<b>Tableau_07</b> : Classification systématique de l’espèce de de <i>Mentha pulegium</i> .....	11
<b>Tableau_08</b> : Composition chimique de l’huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> .....	13
<b>Tableau_9</b> : Appareils de laboratoire utilisés .....	38
<b>Tableau_10</b> : Les souches utilisées dans les différents tests d’activité antibactérienne .....	38
<b>Tableau_11</b> : Milieux utilisés pour l’activité antimicrobienne d’huile essentielle .....	38
<b>Tableau_10</b> : Résultat d’extraction .....	41
<b>Tableau_11</b> : Résultat d’activité antioxydant par FRAP .....	42
<b>Tableau_12</b> : Résultats d’activités antimicrobiennes d’huile essentielle .....	43

# Table Des Matières

Remerciement .....	iv
Résumés.....	iv
Liste des abreviations .....	iv
Liste des tableaux .....	iv
Liste des figures .....	iv
Introduction .....	iv
<b>Chapitre 01 : Synthèse bibliographique .....</b>	<b>vi</b>
I. Généralités sur les plantes médicinales .....	01
I.1. Définition des plantes médicinales.....	01
2.1. Principe actif .....	02
3. Description de plantes étudiées .....	02
3.1. <i>Artemisia absinthium</i> .....	02
3.1.1. Description botanique .....	02
3.1.2. Nomenclature .....	03
3.1.3. Systématique .....	03
3.1.4. Habitat et répartition géographique .....	03
3.1.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle .....	04
3.1.6. Composition chimique (HE) .....	05
3.1.7. Toxicité .....	06
3.2. <i>Artemisia Herba alba</i> .....	06
3.2.1. Description botanique .....	06
3.2.2. Nomenclature .....	07
3.2.3. Systématique .....	07
3.2.4. Habitat et répartition géographique .....	08
3.2.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle .....	09
3.2.6. Composition chimique (HE) .....	09
3.2.7. Toxicité .....	10
3.3. <i>Menthe pulegium</i> .....	10
3.3.1. Description botanique .....	10
3.3.2. Nomenclature .....	11
3.3.3. Systématique .....	11

3.3.4. Habitat et répartition géographique .....	12
3.3.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle .....	12
3.3.6. Composition chimique (HE) .....	13
3.3.7. Toxicité .....	14
<b>Chapitre 02 : Méthodes d'extraction des huiles essentielles</b> .....	<b>15</b>
1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau .....	15
1.1. Montages .....	15
1.2. Principe .....	15
1.3. Avantage et inconvénient .....	15
2. Extraction par solvant organique .....	16
2.1. Montages .....	16
2.2. Principe .....	16
2.3. Avantage et inconvénient .....	17
3. Extraction assistée par micro-ondes .....	17
3.1. Montages .....	17
3.2. Principe .....	18
3.3. Avantage et inconvénient .....	18
4. Extraction par fluide à l'état supercritique .....	18
4.1. Montages .....	18
4.2. Principe .....	19
4.3. Avantage et inconvénient .....	19
5. Extraction par hydro distillation .....	20
5.1. Montages .....	20
5.2. Principe .....	20
5.3. Avantage et inconvénients .....	20
<b>Chapitre 03 : Les huiles essentielles</b> .....	<b>21</b>
1. Généralité sur les huiles essentielles .....	21
2. Définition .....	21
3. Utilisation historique et actuelle des huiles essentielles .....	22
4. Propriétés organoleptiques .....	23
4.1. La couleur .....	23
4.2. L'odeur .....	23
4.3. La saveur .....	23

5. Propriétés physiques .....	23
6. Propriétés reconnues des huiles essentielles .....	24
7. Critères de qualité des huiles essentielles .....	24
8. Composition chimique .....	25
8.1. Les Monoterpènes hydrocarbonés .....	26
8.2. Les Monoterpènes oxygénés.....	26
8.3. Diterpènes hydrocarbonés .....	27
8.4. Diterpènes oxygénés .....	28
8.5. Les Sesquiterpènes hydrocarbonés .....	28
8.6. Les Sesquiterpènes oxygénés .....	29
9. Activités biologiques .....	30
9.1. Activités antioxydante .....	30
9.2. Activités antibactérienne .....	31
9.3. Activités antiinflammatoire .....	32
9.4. Activités antiinsecticide .....	32
9.5. Activités anticancéreuse .....	32
<b>Chapitre 04 : Matériel et méthode.....</b>	<b>31</b>
1. Matériel végétal.....	34
2. Extraction d'huile essentielle (HE).....	34
2.1. Principe.....	34
2.2. Mode opératoire .....	34
3. Activité antioxydant de l'huile essentielle.....	35
3.1. Méthode de réduction des ions ferreux (FRAP) .....	35
3.2. Mode opératoire .....	35
4. Etude de l'activité anti microbienne.....	37
4.1. Matériel utilisé .....	37
4.2. Appareils .....	38
4.3. Matériel biologique .....	38
4.4. Milieu utilisés .....	39
4.5. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobiennes.....	39
4.5.1. Purification.....	39
4.5.2. Test de l'activité antibactérienne.....	39
4.5.3. Lecture des résultats.....	40
<b>Chapitre 05 : Résultats et discussions .....</b>	<b>31</b>

1. Résultats.....	41
1.1. Résultat d'extraction d'huile essentielle.....	41
1.2. Résultats d'activité antioxydant par FRAP.....	41
1.3. Résultats d'activités antibactériennes.....	43
2. Discussions.....	43
<b>Conclusion général</b> .....	
<b>Références bibliographiques</b> .....	

***Introduction générale***

---

**Introduction générale**

***Introduction Générale***

---



***Introduction Générale***

# Introduction générale

---

L'intérêt croissant pour les alternatives naturelles aux agents antioxydants et antibactériens synthétiques s'inscrit dans un contexte mondial marqué par la montée des résistances microbiennes et la préoccupation pour la sécurité alimentaire et sanitaire (**WHO, 2022; Ventola, 2015**). Les plantes médicinales, utilisées depuis des siècles dans diverses traditions, représentent une source précieuse de composés bioactifs susceptibles de répondre à ces enjeux contemporains (**Rates, 2001**). Parmi elles, *Artemisia absinthium*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium* occupent une place de choix dans la pharmacopée méditerranéenne, reconnues pour leurs vertus thérapeutiques et leur richesse en métabolites secondaires tels que les polyphénols, flavonoïdes et huiles essentielles (**Bora & Sharma, 2011; Ben Hsouna et al., 2013**).

Des études récentes ont mis en évidence le potentiel antioxydant élevé de ces espèces, attribué à leur capacité à piéger les radicaux libres et à protéger les cellules contre le stress oxydatif, un facteur clé dans le développement de nombreuses maladies chroniques (**Djeridane et al., 2006; Ben Hsouna et al., 2013**). Parallèlement, leurs extraits ont démontré une activité antibactérienne notable contre plusieurs souches pathogènes, ce qui ouvre des perspectives prometteuses pour le développement de nouveaux agents antimicrobiens d'origine naturelle (**Bora & Sharma, 2011; Bouyahya et al., 2017**).

Cependant, malgré l'abondance des utilisations traditionnelles et des premiers résultats scientifiques encourageants, il subsiste un besoin crucial de caractériser de manière approfondie les mécanismes d'action, la composition chimique et l'efficacité comparée de ces plantes (**Bouyahya et al., 2017**). Cette thèse vise ainsi à étudier de façon systématique l'activité antioxydante et l'activité antibactérienne de *Artemisia absinthium*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium*, en mettant l'accent sur la corrélation entre leur profil phytochimique et leurs effets biologiques. Les résultats attendus pourraient contribuer à la valorisation de ces espèces comme alternatives naturelles aux conservateurs et antibiotiques de synthèse, tout en participant à la préservation du patrimoine médicinal méditerranéen (**WHO, 2013**).

L'OMS estime que 80 % des populations des pays en développement recourent aux plantes médicinales (**WHO, 2013**), tandis que le marché global des antioxydants naturels devrait atteindre 4,5 milliards USD d'ici 2026 (**Markets and Markets, 2021**). Dans ce cadre, les

# Introduction générale

---

Artemisiaceae et Labiatae suscitent un intérêt particulier : leurs composés phénoliques (acide chlorogénique, lutéoline) et terpéniques (thuyones, pulegone) montrent des mécanismes d'action complémentaires contre le stress oxydatif et les pathogènes multirésistants (**Djeridane et al., 2006; Ben Hsouna et al., 2013**). Pourtant, moins de 15 % des espèces médicinales méditerranéennes ont fait l'objet d'analyses phytochimiques approfondies, révélant un paradoxe entre leur utilisation empirique et leur validation scientifique (**Bouyahya et al., 2017**).

**N**otre travail a été structuré en cinq parties principales :

**Le premier chapitre** présente une synthèse bibliographique sur les huiles essentielles, en mettant particulièrement l'accent sur leurs propriétés organoleptiques ainsi que sur leur importance dans divers domaines d'application.

**Le deuxième chapitre** est consacré aux différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles. Il propose un aperçu détaillé des techniques employées, tout en exposant les avantages et les inconvénients associés à chacune d'elles.

**Le troisième chapitre** dresse un bilan général des connaissances sur les plantes médicinales, leurs principes actifs, les huiles essentielles et leurs utilisations. Il aborde également la diversité de leurs compositions chimiques.

**Le quatrième chapitre** décrit la méthodologie adoptée au cours de ce travail, en détaillant les techniques d'analyse utilisées pour l'étude des extraits et des huiles essentielles.

**Le cinquième chapitre** présente les résultats des analyses réalisées, accompagnés de leur interprétation et d'une discussion critique permettant de situer ces résultats par rapport à la littérature existante.

---

**Synthèse  
bibliographique**

---



## I. Définition des plantes médicinales

Une plante médicinale, ou une partie de celle-ci, est dotée de propriétés thérapeutiques grâce à l'effet combiné et synergique de ses composés actifs, sans provoquer d'effets néfastes lorsqu'elle est utilisée aux doses recommandées (**Simon, 2001**).

Les médicaments d'origine végétale sont rigoureusement identifiés par un nom scientifique suivant le système binomial (genre, espèce, variété et auteur). L'analyse scientifique des plantes médicinales, incluant des études pharmacologiques et toxicologiques, a permis de décrypter leur composition chimique, de révéler leurs effets bénéfiques, et même de définir les doses thérapeutiques ou toxiques pour certaines d'entre elles.

À la différence d'un médicament chimique, dont l'action est spécifique et repose sur une molécule synthétique ciblant un récepteur précis, les vertus thérapeutiques d'une plante médicinale résultent de l'interaction synergique de l'ensemble de ses constituants. Par conséquent, l'efficacité de la phytothérapie est directement liée à la composition chimique de la plante (**Kacimi *al*, 2024**).

Les plantes médicinales offrent des effets à la fois curatifs et préventifs (**Simon, 2001**). Les premiers produits issus de la photosynthèse sont des métabolites primaires comme les sucres, les acides gras et les acides aminés. Par la suite, des métabolites secondaires ou spécialisés sont synthétisés, conférant des propriétés thérapeutiques à la plante (**Bruneton, 1999**).



**Figure\_01:** les plantes médicinales. (**Kacimi *al*, 2024**).

## 2. Définition du principe actif

Le principe actif est une molécule dotée de propriétés thérapeutiques, qu'elles soient curatives ou préventives, bénéfiques pour les humains ou les animaux. On le trouve dans une drogue végétale ou dans une préparation élaborée à partir de celle-ci (Pelt, 1980).

## 3. Description de plantes étudiées

### 3.1. *Artemisia absinthium*

#### 3.1.1. Description botanique

*Artemisia absinthium* (absinthe) est un sous-arbrisseau pérenne pouvant atteindre une hauteur d'un mètre. Sa tige souterraine est ligneuse, érigée et ramifiée, portant des feuilles alternes et aromatiques, bi- ou tripennées, recouvertes d'une pubescence dense et soyeuse sur les deux faces. Les feuilles inférieures présentent des lobes lancéolés et obtus, tandis que les feuilles supérieures peuvent devenir entières et linéaires. Les inflorescences se composent de petits capitules floraux jaunes, de forme globuleuse, regroupés en grappes composées et ramifiées. Le fruit est un akène de petite taille, lisse et dépourvu d'aigrette (Fatah F. Z , 2024).



Figure\_02 : *Artemisia absinthium* (Fatah F. Z, 2024)

**Racine** : La plante a un rhizome dur ; **Tige** : les tiges sont ligneuses ; ériger Tige : solide, gris argenté ; **Feuilles** : L'*absinthe* a des feuilles alternes, gris-vert dessus, presque blanches et lisses dessous, d'une longueur totale de 25 cm (Fatah F. Z, 2024).

### 3.1.2. Nomenclature

Le nom « Artemisia » provient de la déesse Artémis, qui aurait découvert les propriétés de la plante, tandis que le terme « absinthe » fait référence à son goût extrêmement amer, signifiant « imbuvable » (Yildiz et al., 2011).

- ✓ **Noms communs** : Cette plante est appelée absinthe, grande absinthe, herbe sainte, absinthe suisse, alvine ou armoise amère (Ghédira et Goetz, 2016).
- ✓ **Noms vernaculaires** : Elle est connue sous les appellations Chedjret Meriem, chaibet el adjouz, chih quoraçani, degnatech cheik, siba ou chiba (Lucienne, 2010).

### 3.1.3. Systématique

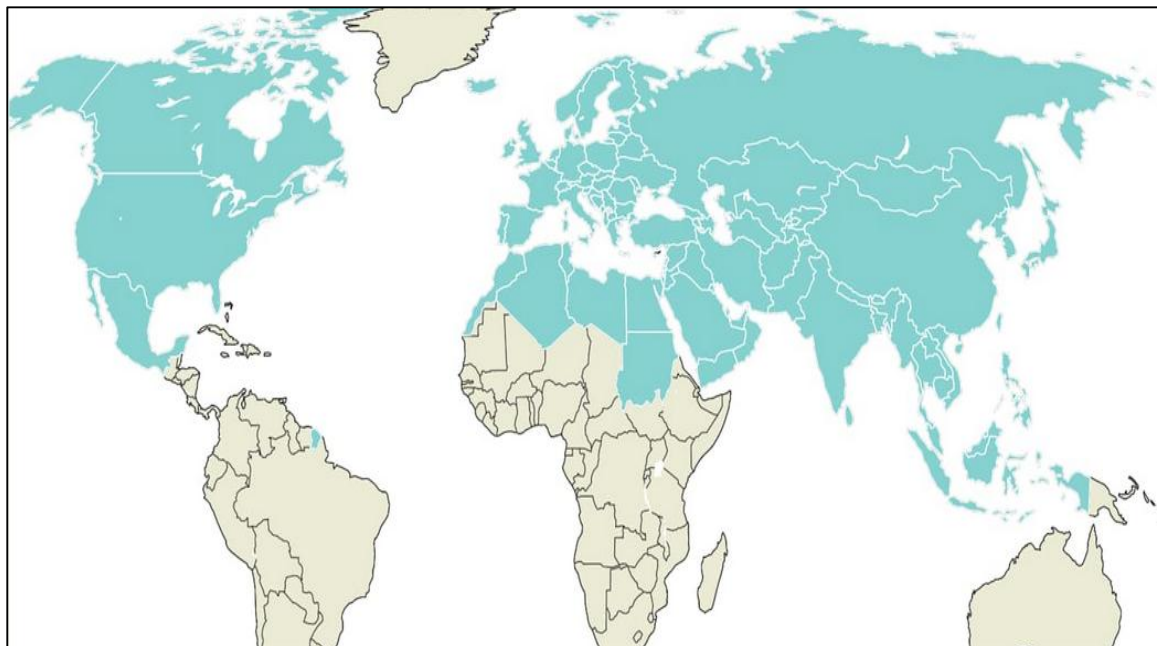
Tableau\_01 : Classification de l’Absinthe (Ozenda, 1983)

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Aseridae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Asterales</i>
<b>Famille</b>	<i>Asteraceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Artemisia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Artemisia absinthium</i>

### 3.1.4. Habitat et répartition géographique

*Artemisia absinthium*, communément appelée absinthe ou armoise amère, est une plante qui prospère principalement dans des environnements perturbés et ouverts, où la compétition avec d'autres végétaux est faible. Elle est souvent présente sur les bords de routes, les terrains vagues, les friches, les pâturages surpâturés, les champs abandonnés après culture, ainsi que dans les cours de fermes et les jardins (USDA, 2023). La plante préfère les sols secs à graviers ou argileux, bien drainés, mais elle tolère également des conditions de sécheresse extrême et des sols lourds (Cabi, 2023). Elle se développe mieux dans des habitats humides, mais peut disparaître des sols grossiers et graveleux pendant les périodes de sécheresse, tout en persistant dans les ravins et sur les pentes orientées au nord (USDA, 2023). En termes d'altitude, elle est

observée de 0 à 1000 mètres en Amérique du Nord, et jusqu'à 1200 mètres en montagne dans certaines régions européennes, ainsi qu'entre 1500 et 2100 mètres dans le Colorado (CABI, 2023).



**Figure\_03** : Carte de répartition géographique d'*Artemisia absinthium*

*Artemisia absinthium* est originaire des régions tempérées d'Europe, d'Asie, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (Cabi, 2023). Introduite en Amérique du Nord dès 1841, elle s'est naturalisée dans de vastes zones, notamment dans le nord des États-Unis et au Canada, de la Nouvelle-Écosse à la Colombie-Britannique, et du sud jusqu'à l'Oregon, l'Utah, le Colorado, le Nebraska et la Virginie (USDA, 2023). Elle est également présente dans de nombreux États américains, y compris la Californie, le Connecticut, l'Illinois, le Maine, le Michigan, le Montana, New York, l'Ohio, la Pennsylvanie, le Tennessee, le Wisconsin et le Wyoming, ainsi que dans plusieurs provinces canadiennes comme l'Alberta, le Manitoba, l'Ontario, le Québec et la Saskatchewan (USDA, 2023). En dehors de son aire d'origine et de naturalisation, elle est cultivée à grande échelle et peut persister à partir de plantations, notamment dans des zones perturbées (Cabi, 2023). En Grande-Bretagne, bien que moins commune aujourd'hui, elle est parfois considérée comme une archéophyte plutôt qu'une espèce véritablement indigène (Cabi, 2023).

### 3.1.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

Depuis l'Antiquité, l'absinthe est reconnue pour ses bienfaits dans la prise en charge des troubles digestifs. Les composantes actives de cette plante se distinguent par leur forte amertume. Elles

sont utilisées en traitement interne, qu'elles soient pures ou combinées, pour favoriser l'appétit, stimuler la production de sucs digestifs et de bile, ainsi que pour apaiser les coliques intestinales et éliminer les parasites intestinaux (Iserin, 2001). Dans la médecine traditionnelle turque, *Artemisia absinthium* est employée pour ses propriétés antipyrétiques, antiseptiques, anthelminthiques, toniques et diurétiques, ainsi que pour soulager les douleurs abdominales (Baytop, 1984). En Algérie, elle est administrée en usage interne comme un remède pour les troubles digestifs (Khebri, 2011). Par ailleurs, la macération à froid avec du lait caillé est couramment utilisée pour réduire le taux de glycémie, jouant ainsi un rôle antidiabétique (Belaidi & Boubendira, 2018).

### 3.1.6. Compositions chimiques (HE)

Les pourcentages des composés majoritaires varient selon les régions et les études. J'ai également inclus cinq auteurs ou groupes d'auteurs algériens ayant contribué à des études sur cette plante, bien que certaines données spécifiques sur la composition chimique ne soient pas toujours détaillées pour chaque région ou auteur dans les extraits fournis.

**Tableau\_02:** Composition chimique de l'huile essentielle d'*A. absinthium*

Région (Algérie)	Composés Majoritaires	Pourcentage (%)	Auteur(s)/Référence
Blida (Chrèa)	7-Ethyl-1,4-dimethyl Azulene	52,22	Belhattab, R., & Larous, L. (2015)
Tébessa	$\beta$ -Thujone	22,72	Bachrouch, O., & al. (2014)
	Camphre	16,71	
	1,8-Cinéole	5,47	
Non spécifié (Algérie)	$\alpha$ - et $\beta$ -Thujone	33,1-59,9	Ghédira, K., & Goetz, P. (2016)
	Acétate de trans-Sabinène	18,1-32,8	

Ce tableau met en évidence les variations dans la composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia absinthium* selon les régions et les études menées en Algérie. Par exemple, le 7-ethyl-1,4-dimethyl azulene domine à Blida (Chrèa) avec 52,22% , tandis que la  $\beta$ -thujone est un composé majeur dans l'étude de Tébessa avec 22,72% . Les différences peuvent être attribuées aux conditions géographiques, climatiques et aux méthodes d'extraction utilisées.

### 3.1.7. Toxicité

L'huile essentielle d'*Artemisia absinthium*, également connue sous le nom d'absinthe, est reconnue pour sa toxicité significative, principalement due à la présence de thuyone, un composé neurotoxique (Judzentiene, 2016). À des doses élevées, la thuyone peut provoquer des symptômes graves tels que vomissements, diarrhées, vertiges, et des convulsions épileptiformes, avec un seuil de toxicité dépassant 3 mg par jour (Weisbord et al., 1997). Elle est également associée à des troubles neuropsychiatriques, incluant des hallucinations et des crises d'épilepsie, bien que la toxicité de la boisson à base d'absinthe ait été historiquement exagérée (Lachenmeier et al., 2006). Des effets indésirables comme des crampes, une rétention urinaire et des troubles rénaux ont aussi été rapportés (Arnold, 1989). Son usage est strictement contre-indiqué chez les femmes enceintes, les enfants de moins de 18 ans, et les personnes souffrant de troubles biliaires, hépatiques ou d'épilepsie (Tisserand & Young, 2014). En outre, l'huile essentielle peut interagir avec des médicaments agissant sur le système nerveux, comme les benzodiazépines ou les neuroleptiques, augmentant les risques d'effets secondaires (Spinella, 2002). Des réactions allergiques sont possibles, notamment chez les personnes sensibles aux Astéracées (Aberer, 1991). Par ailleurs, son efficacité toxique comme insecticide, notamment contre les larves de moustiques comme *Culiseta longiareolata*, souligne son potentiel danger pour l'humain en cas de mauvaise manipulation (Knio et al., 2008). Ainsi, son utilisation doit être rigoureusement contrôlée, et l'huile essentielle pure, pouvant contenir jusqu'à 50 % de thuyone, ne doit jamais être employée sans précaution (Judzentiene, 2016). Toute suspicion d'intoxication nécessite un arrêt immédiat de l'usage et une consultation médicale rapide.

## 3.2. *Artemisia Herba alba*

### 3.2.1. Description botanique



Figure\_ 04: *Artemisia herba Alba*. (Kacimi al, 2024).

*Artemisia herba alba* est une plante herbacée avec des tiges ligneuses et ramifiées, mesurant entre 30 et 50 cm de hauteur, très feuillées avec une souche épaisse. Ses feuilles sont petites, blanches et laineuses, donnant un aspect argenté. Ses fleurs sont regroupées en grappes, avec des capitules très petits et ovoïdes mesurant de 1,5 à 3 mm de diamètre (Bezza et al, 2010).

### 3.2.2. Nomenclature

Le nom *Artemisia* désigne les armoises, en référence à la déesse grecque de la chasse, Artémis, également connue sous le nom de Diane chez les Romains, et réputée protectrice des vierges grâce aux bienfaits attribués à cette plante. Quant à "herba alba", cela signifie herbe blanche.

Plusieurs noms sont attribués à l'armoise herbe blanche, les principales appellations sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau\_03:** Principaux noms vernaculaires d'*Artemisia herba alba* (Kacimi al, 2024).

Langue	Nom
Arabe	الشبح
Français	Armoise blanche
Anglais	Worm Wood
Allemande	Wermut
Italie	assenzio romano

### 3.2.3. Systématique

La classification classique de l'espèce *Artemisia herba-alba* est représentée dans le tableau

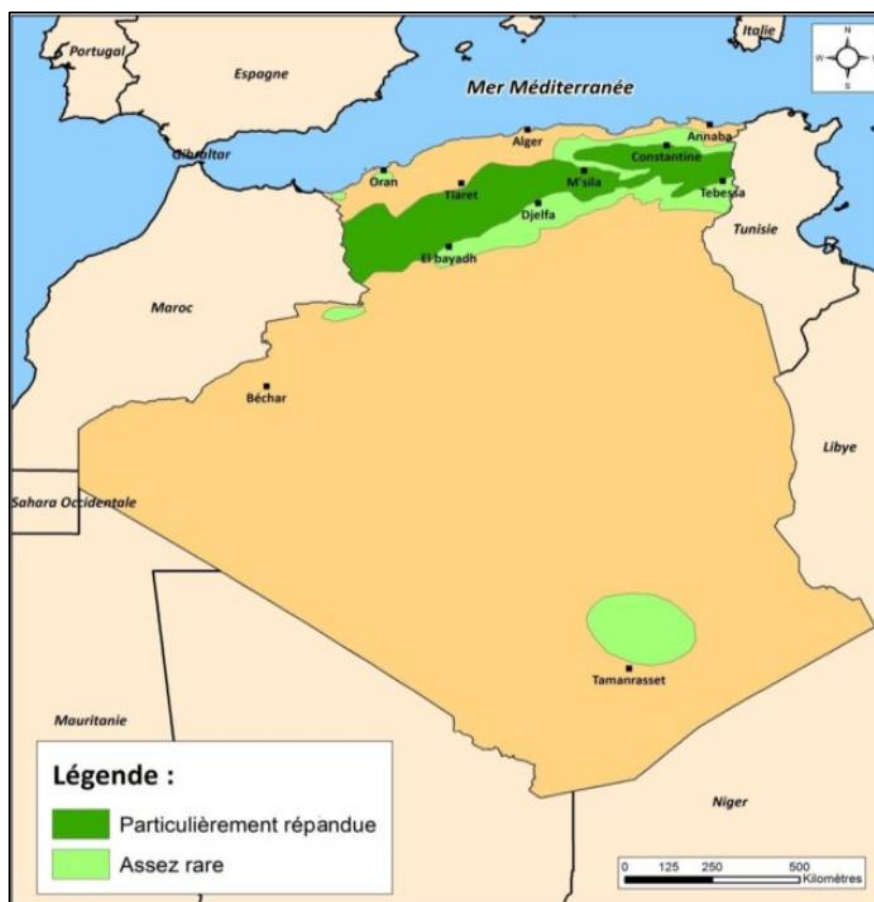
**Tableau\_04 :** Classification taxonomique de l'espèce *Artemisia herba-alba* (Kacimi al, 2024).

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
Sous-règne	Tracheobionta
Super-division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Sous-famille	Asteroideae
Genre	<i>Artemisia</i> L.
sous-genre	<i>Seriphidium</i>
Espèces	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso

### 3.2.4. Habitat et répartition géographique

L'armoise blanche (Shih) est largement répandue, allant des îles Canaries et du sud-est de l'Espagne jusqu'aux steppes d'Asie centrale (Iran, Turkménistan, Ouzbékistan). On compte plus de 300 espèces différentes de ce genre, principalement dans les zones arides et semi-arides d'Europe, d'Amérique et d'Afrique du Nord (Maroc, Tunisie, Algérie), ainsi que dans les déserts du Moyen-Orient (**Kacimi al, 2024**).

En Algérie, elle se trouve dans les zones steppiques, couvrant une bande de 1200 km de long, de la frontière tunisienne à la frontière marocaine, ainsi que dans les zones présahariennes. Elle occupe près de six millions d'hectares dans les steppes, sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (**Eloukili, 2013**). On la retrouve abondamment dans les hauts plateaux, les zones steppiques et au Sahara central, avec un taux de recouvrement estimé entre 10 et 60 %. Elle est également présente dans des zones proches du littoral (**Kacimi al, 2024**). L'armoise blanche se développe dans les steppes argileuses et les sols tassés, relativement peu perméables, ainsi que sur les dayas, les dépressions et les secteurs plus ou moins humides. Elle constitue un moyen de lutte contre l'érosion et la désertification (**AYAD, 2008**).



### 3.2.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

Depuis longtemps, *Artemisia herba alba* est reconnue par les populations pastorales et nomades pour ses vertus purgatives, notamment chez les ovins, où elle est utilisée comme vermifuge (**FRIEDMAN ET ORHAN, 1975**). Les bédouins du Néguev (Palestine) utilisent fréquemment une infusion d'armoise pour soulager les maux gastro-intestinaux. En Irak, l'armoise, préparée avec du thé, est une forme courante d'automédication contre le DNID (**FRIEDMAN ET COOL, 1986**). Des études réalisées sur certaines plantes médicinales algériennes, dont *Artemisia Herba alba*, ont montré qu'elles possédaient une forte activité antioxydante et une teneur élevée en composés phénoliques, plus importante que celle des plantes alimentaires courantes. Ces plantes algériennes ont également été identifiées comme d'efficaces pièges à radicaux libres, pouvant être considérées comme une source précieuse d'antioxydants naturels à des fins médicales et commerciales (**MANSOUR, 2015**). En Algérie, l'armoise est un remède populaire utilisé pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains malaises du foie. Ses racines sont également utilisées contre certains troubles nerveux (**BABA AISSA, 2000**). Au quotidien, l'armoise blanche est consommée sous forme de tisane pour calmer les douleurs abdominales et soutenir la santé du foie. Elle est également réputée vermifuge, facilitant la digestion et utilisée pour traiter les troubles intestinaux, la rougeole et les faiblesses musculaires (**Kacimi al, 2024**).

### 3.2.6. Compositions chimiques (HE)

Les principaux constituants chimiques d'HE d'*Artemisia herba-alba* sont consignés dans le tableau suivant.

**Tableau\_05:** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*

Région (Algérie)	Composés Majoritaires	Pourcentage (%)
Biskra (Bezza et al. (2010))	Acétate de cis-chrysanthényle	25,12
	2E,3Z-2-éthyliden-6-méthyl-3,5-heptadiène	8,39
	$\alpha$ -Thujone	7,85
	Acétate de myrtényle	7,39
	Verbénone	7,19
Non spécifiée (Amor et al. (2019))	Chrysanthénone	4,98
	cis-Thujone	25,5
	trans-Thujone	17,7
	Vanillyl Alcohol	11,5
	nor-Davanone	7,8

Ce tableau met en évidence la diversité des chémotypes d'*Artemisia herba-alba* en Algérie, où les composés dominants diffèrent selon les conditions environnementales et géographiques des

régions étudiées. Par exemple, l'acétate de cis-chrysanthényle est prédominant à Biskra, tandis que les thujones (cis et trans) dominent dans une autre étude sans localisation précise.

### 3.2.7. Toxicité

Les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* ne sont pas des produits sans risque lorsqu'ils sont utilisés en phytothérapie. Il est important de rappeler que, malgré leur origine naturelle, tous les produits naturels ne sont pas nécessairement inoffensifs pour l'organisme. À forte dose, l'armoise peut avoir des effets abortifs, neurotoxiques et hémorragiques. La thuyone est la substance toxique et bioactive présente dans l'armoise, et la forme la plus toxique est l'alpha-thuyone, qui peut entraîner des effets convulsifs (BOUZIDI, 2016).

## 3.3. Menthe pulegium

### 3.3.1. Description botanique



Figure\_06: *Mentha pulegium*. (KACIMI *al*, 2024).

La menthe pouliot est une plante vivace aromatique et fertile. Sa tige est dressée, ramifiée, de forme quadrangulaire et de couleur rougeâtre. Elle peut atteindre une hauteur de 30 à 40 cm. Les cellules épidermiques des feuilles et des fleurs sont les organes producteurs de l'huile essentielle de cette plante, évoluant en glandes sécrétrices où s'accumule l'huile. (TALAHAGCHA KH ET KASSA.S 2008).

### 3.3.2. Nomenclature

Plusieurs noms sont attribués à *Mentha pulegium* les principales appellations sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau\_06:** Principaux noms vernaculaires de *Mentha pulegium* (KACIMI *al*, 2024)

Langue	Nom
Arabe	النعناع البري
Français	Menthe pouliot
Anglais	Hedeoma pulegioides
Allemande	Poleiminze
Italie	Menta poggio

### 3.3.3. Systématique

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

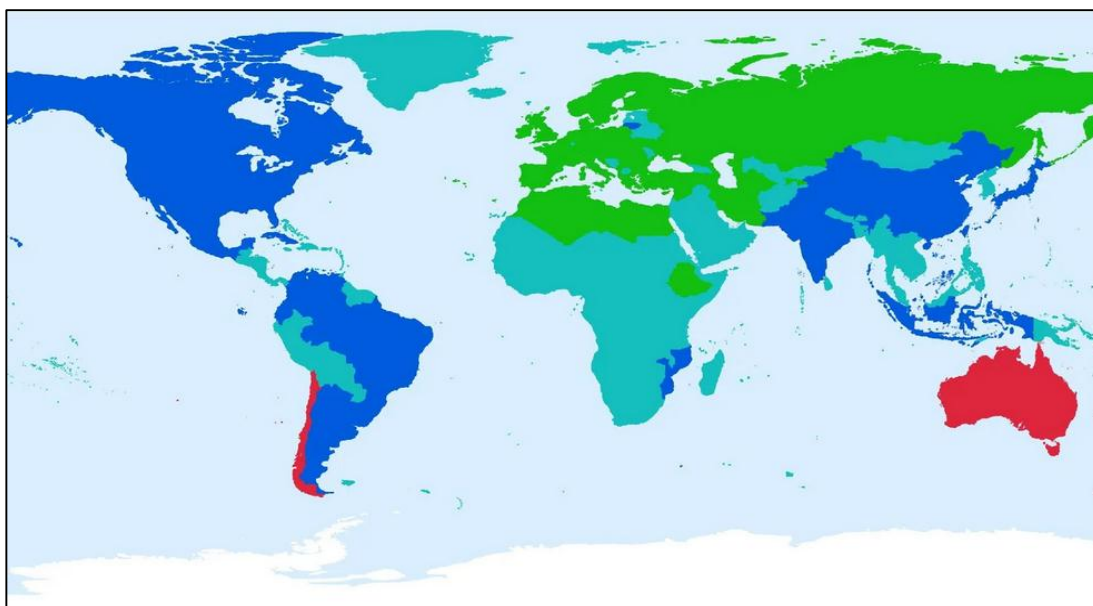
**Tableau\_07 :** Classification systématique de l'espèce de *Mentha pulegium* (LINNAEUS, C. 1753).

Règne	Plantae Haeckle
Sous-règne	Viridaeplantae
Super-division	Spermatophyta
Division	Streptophyta
Classe	Equisetopsida
Sous-classe	Magnoliidae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous-famille	Nepetoideae
Genre	Mentha L.
Espèces	<i>Mentha pulegium</i>

### 3.3.4. Habitat et répartition géographique

À l'origine, la menthe pouliot était présente dans la région méditerranéenne. Aujourd'hui, elle est largement répandue en Europe de l'Ouest, du Sud et centrale, aux Canaries et à l'ouest de l'Asie, ainsi qu'en Amérique. *Mentha pulegium* est communément connue sous le nom de « menthe pouliot ». Le terme « pouliot » provient du latin *pulegium*, dérivé de *pulex*, signifiant « puce », en référence à la capacité de la plante à éloigner ces insectes. Elle est souvent trouvée dans des milieux humides, poussant sur des sols sablonneux et acides, bien qu'elle soit très sensible au gel (ANTON, 2005). Parfois cultivée comme plante condimentaire pour ses feuilles très aromatiques, son intérêt économique reste toutefois limité malgré son utilisation ancestrale pour aromatiser sauces, desserts et boissons.

Principaux pays producteurs : Les États-Unis, le Maroc et l'Espagne. Principaux pays exportateurs: Les parties aériennes de la menthe pouliot sont peu commercialisées, tandis que l'huile essentielle est exportée principalement par les États-Unis (BOUKENNA ET BOUZIDI, 2007).



Figure\_07 : Carte de répartition géographique de *Mentha pulegium*

### 3.3.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

La *Mentha pulegium* est une plante aux propriétés antispasmodiques et toniques. À faible dose, elle stimule le système nerveux, tandis qu'à forte dose, elle peut devenir convulsivante. Cette plante est largement utilisée en médecine traditionnelle pour diverses applications. Elle stimule les sécrétions gastriques, soulage les flatulences et les coliques, combat les fermentations et agit comme une boisson digestive bénéfique pour les personnes souffrant d'insuffisance hépatique. De plus, elle aide à éliminer les vers intestinaux, abaisse la fièvre, favorise la sécrétion des muqueuses, et constitue un remède efficace contre les maux de tête et les infections

respiratoires légères. En infusion, la menthe pouliot calme les démangeaisons, les inflammations cutanées comme l'eczéma, ainsi que les affections rhumatismales et la goutte. Elle est également utilisée pour améliorer la vue et traiter les taches de rousseur. De plus, la menthe pouliot possède des propriétés insecticides, agissant contre les poux, les moustiques et les puces. Elle protège, rafraîchit et nettoie la peau lorsqu'elle est ajoutée à l'eau du bain. Les feuilles confites ou séchées de menthe pouliot sont idéales pour parfumer et décorer les plats, les sauces et les soupes, et sont également utilisées pour préparer des tisanes. Elle est largement employée pour aromatiser les savons, les détergents et les dentifrices (BOUKENNA ET BOUZIDI, 2007).

### 3.3.6. Composition chimique (HE)

Les pourcentages des composés majoritaires varient selon les régions et les études. J'ai également inclus cinq auteurs ou groupes d'auteurs algériens ayant contribué à des études sur cette plante, bien que certaines données spécifiques sur la composition chimique ne soient pas toujours détaillées pour chaque auteur dans les extraits fournis.

**Tableau\_08:** Composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*

Région (Algérie)	Composés Majoritaires	Pourcentage (%)	Auteur(s)/Référence
Ghardaïa	Iso-pulégone	93,74	Non spécifié dans les résultats
Ouargla	l-menthone	47,11	Non spécifié dans les résultats
Amoucha	Pulégone	50,6	Casiglia, S., et al. (2017)
	Pipériténone	27,8	Casiglia, S., et al. (2017)
	Menthone	6,9	Casiglia, S., et al. (2017)
El-Oued	Pulégone	Similaire à 50,6	Casiglia, S., et al. (2017)
	Pipériténone	Similaire à 27,8	Casiglia, S., et al. (2017)
Non spécifié (Algérie)	Pulégone	70-90	Non spécifié dans les résultats
	Isomenthone, Menthone, Pipériténone	Non précisé	Non spécifié dans les résultats

Ce tableau met en évidence les variations dans la composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* selon les régions d'Algérie. Par exemple, l'iso-pulégone domine à Ghardaïa avec 93,74% , tandis que l'l-menthone est majoritaire à Ouargla avec 47,11% . À Amoucha et El-Oued, le pulégone et la pipériténone sont les composés principaux avec des pourcentages similaires. Les différences peuvent être attribuées aux conditions géographiques, climatiques et aux méthodes d'extraction utilisées.

**3.3.7. Toxicité**

L'utilisation des parties aériennes de la menthe pouliot comme condiment aux doses habituelles ne présente aucun risque de toxicité aiguë ou chronique. Cependant, l'huile essentielle de menthe pouliot est hépatotoxique en raison de sa teneur en pulégone. Des cas d'intoxication ont été observés après ingestion de 5 g d'essence, et des cas mortels ont été signalés après absorption de 30 ml. Par conséquent, l'utilisation de la menthe pouliot pour préparer des tisanes d'agrément n'est pas recommandée (**ANTON, 2005**).

---

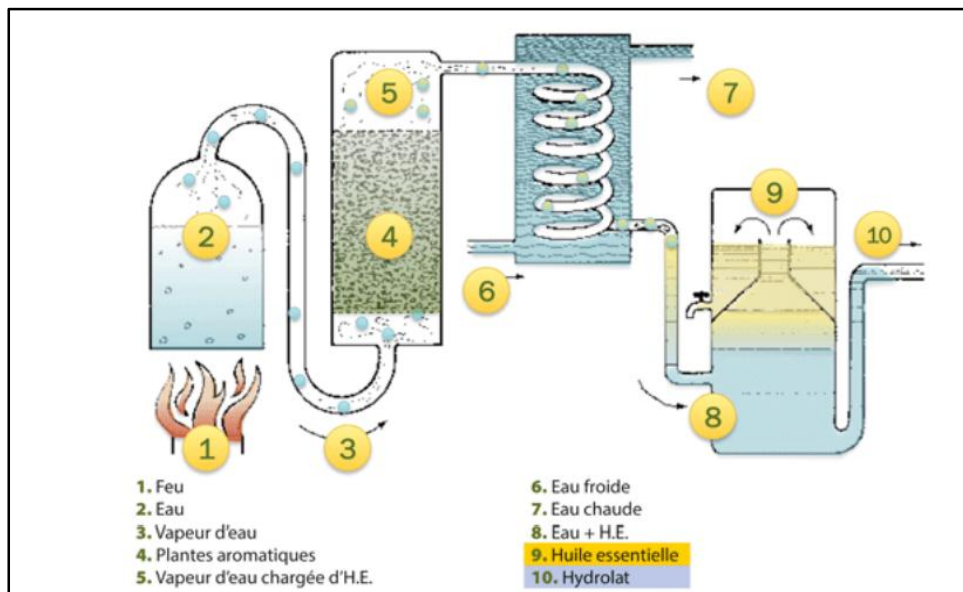
**Methodes d'extraction  
des huiles essentielles**

---



## I. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

### I.1. Montages



**Figure\_08** : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau (**Aromathérapie, 2017**)

### I.2. Principe

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse (HA) et une phase organique (HE).

### I.3. Avantage et inconvénient

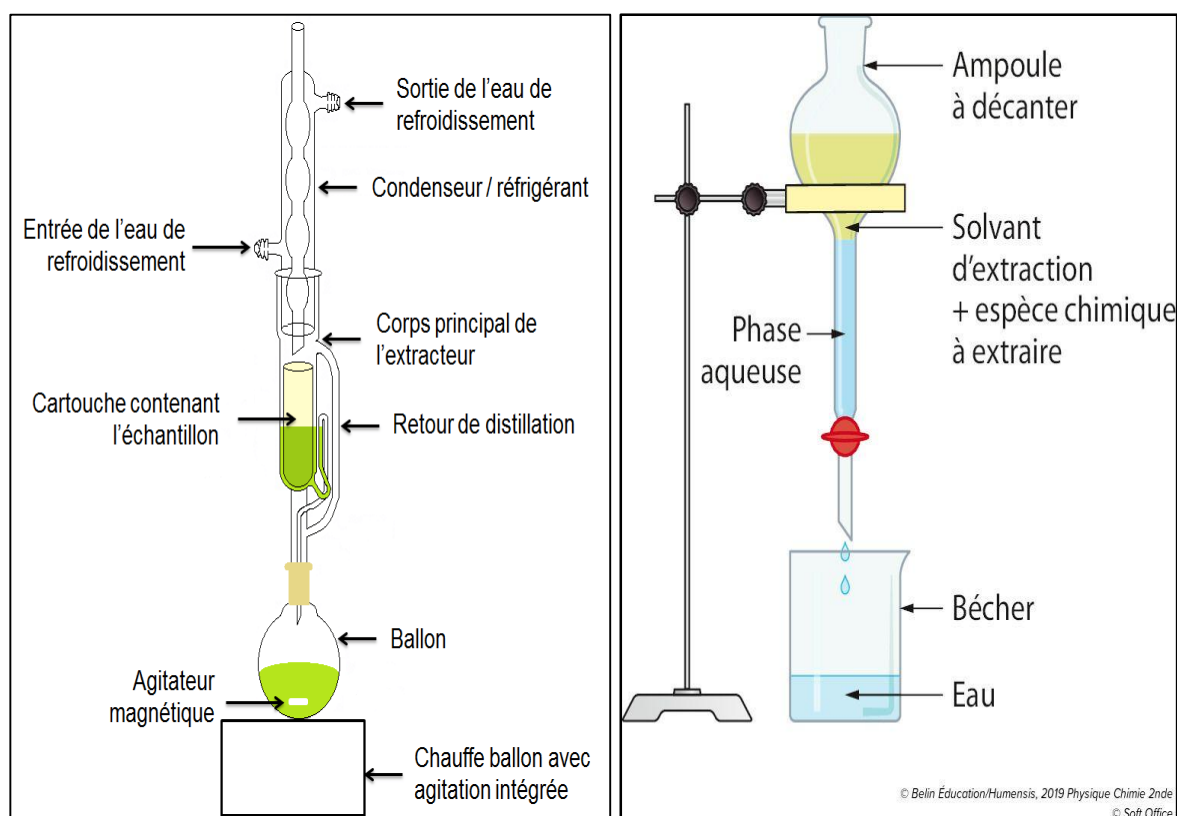
- Le processus de distillation est plus rapide.
- Le parfum de l'HE obtenue est plus délicat
- L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile.
- Il se fait que les notes de tête sont riches en esters. Les fractions dites « de tête », fragrances très volatiles dues à des molécules légères, apparaissent en premier. Le plus souvent, une demi-heure permet de recueillir 95 % des molécules volatiles, ce qui suffit aux besoins de l'industrie et de la parfumerie, comme pour le cas de la "lavande".
- L'emploi en aromathérapie impose de prolonger l'opération aussi longtemps qu'il est nécessaire afin de récupérer la totalité des composants aromatiques volatils.

## 2. Extraction par solvant organique

### 2.1. Montages

Selon la technique et le solvant utilisés, on peut obtenir :

- Des hydrolysats : extraits par solvant en présence d'eau.
- Des alcoolats : extraits avec de l'éthanol dilué.
- Des teintures ou solutions peu concentrées obtenues à partir de matières premières, traitées avec de l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau.
- Des résinoïdes ou extraits éthanoliques concentrés.
- Des oléorésines et des concrètes, qui sont respectivement des extraits à froid et à chaud réalisés à l'aide de divers solvants **(AFNOR, 1992)**.



**Figure\_09:** Montage de l'extraction par solvant organique

### 2.2. Principe

L'extraction à l'aide de solvants organiques volatils demeure la méthode la plus couramment employée. Actuellement, les solvants les plus utilisés sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. **(TOUATI, 2020)**.

### 2.3. Avantage et inconvénient

- les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysante de la vapeur d'eau.

- Cette méthode est beaucoup plus utilisée pour les plantes dont les substances aromatiques risqueraient d'être dégradés par la distillation et lorsque le matériel végétal :

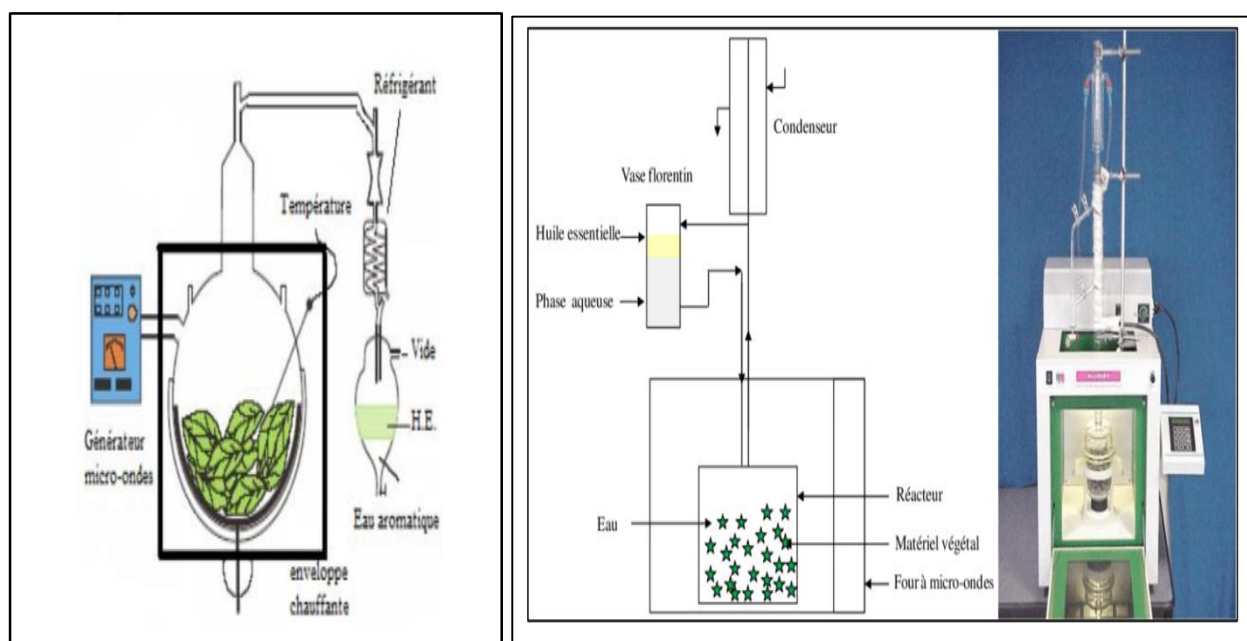
- ne peut être chauffé, par exemple le jasmin (*Jasminum officinale*)
- contient une faible concentration de substances aromatiques comme la rose (*Rosa centifolia*)
- contient une substance résineuse, comme le benjoin (*Styrax benzoin*)

- L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement.

Face à cette situation, deux nouvelles techniques ont été mises au point, ces dernières années, pour la distillation des substances d'arômes à partir des plantes : l'extraction assistée par micro-ondes et l'extraction par le CO<sub>2</sub> supercritique (**Boukhatem et al., 2017**)

## 3. Extraction assistée par micro-ondes

### 3.1. Montages



**Figure 10:** Hydro distillation assistée par micro-ondes (**Farhat, 2010**)

### 3.2. Principe

Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation (**Zenasni, 2014**).

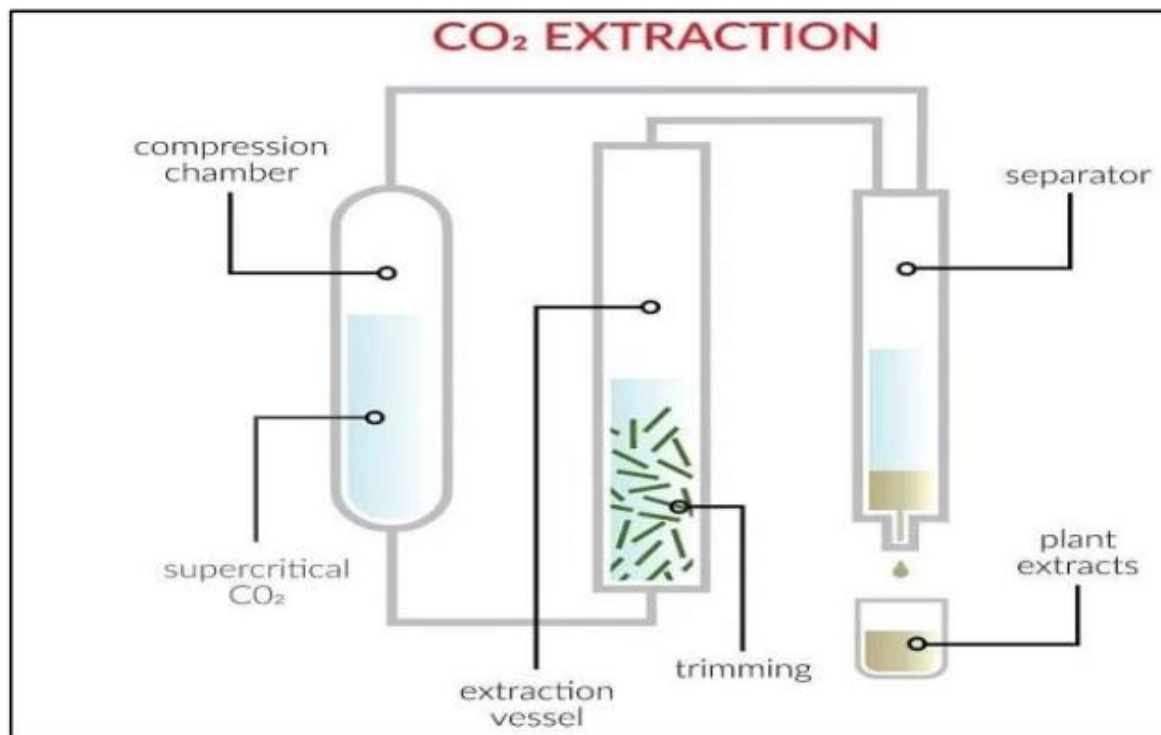
Cette technique implique le chauffage de la plante par micro-ondes à l'intérieur d'une enceinte où la pression est progressivement réduite : les molécules volatiles sont entraînées dans un mélange azéotrope formé avec la vapeur d'eau propre à la plante traitée. Ce processus de chauffage, en vaporisant l'eau présente dans les glandes oléifères, engendre une pression à l'intérieur de ces dernières, ce qui entraîne la rupture des parois végétales et libère ainsi le contenu en huile. (**KADA MOSTEFA, 2023**)

### 3.3. Avantage et inconvénient

Les concepteurs de cette méthode lui accordent certains bénéfices, comme une vitesse d'extraction (de dix à trente fois plus rapide), des économies d'énergie, et une moindre dégradation thermique.

## 4. Extraction par fluide à l'état supercritique

### 4.1. Montages



**Figure \_ I I :** Schéma de la technique d'extraction par le CO<sub>2</sub> supercritique (**Site web 03**)

## 4.2. Principe

C'est une des méthodes les plus récentes. L'extraction consiste à envoyer dans une enceinte fermée contenant la plante, un courant de CO<sub>2</sub>, qui, par augmentation de pression, fait éclater les « poches à essence » et entraîne les substances aromatiques, qui sont ensuite recueillies puis séparées par les procédés classiques de séparation.

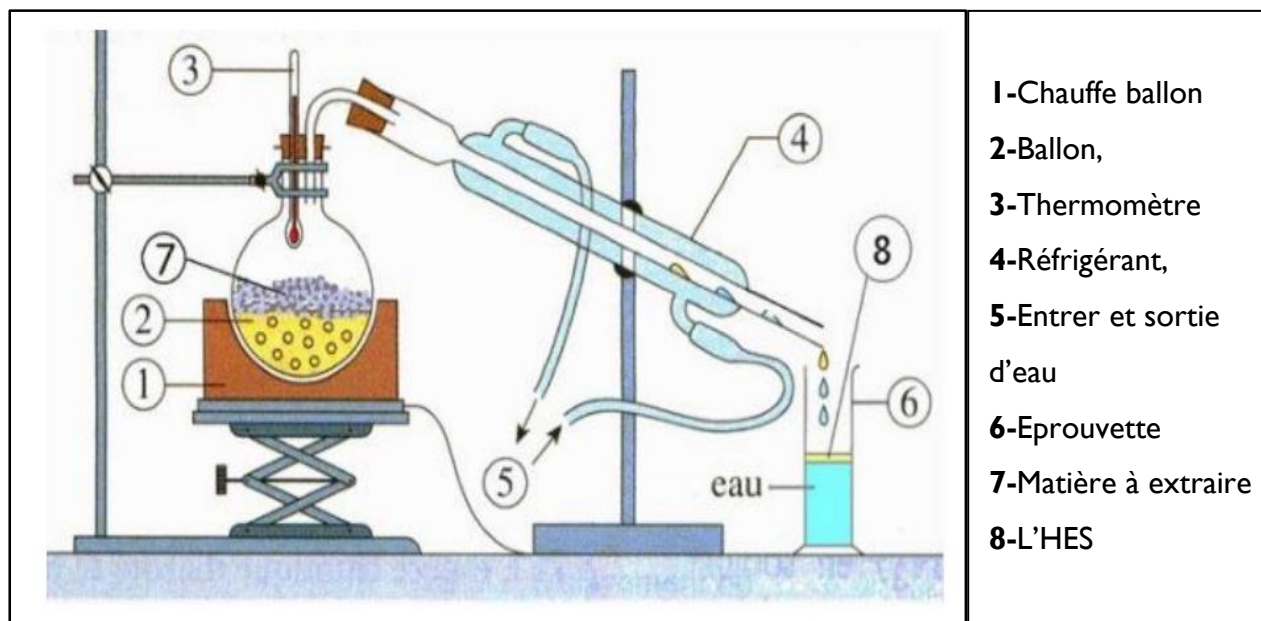
L'originalité de cette technique repose sur le solvant utilisé : il s'agit du CO<sub>2</sub> en phase supercritique. L'extraction consiste à comprimer le dioxyde de carbone à des pressions et à des températures au-delà de son point critique (P=72.8 bars et T= 31.1°C). A l'état supercritique, le CO<sub>2</sub> n'est ni liquide, ni gazeux, et cela lui confère un excellent pouvoir d'extraction, modulable à volonté tout en jouant sur la température de mise en œuvre. Les fluides supercritiques tels que le CO<sub>2</sub> sont de bons solvants à l'état supercritique, et de mauvais solvants à l'état gazeux (**Bouras, 2018**).

## 4.3. Avantage et inconvénient

- Le CO<sub>2</sub> est totalement inerte chimiquement, il est naturel et non toxique.
- En fin de cycle, la séparation entre le solvant d'extraction et le soluté pour obtenir l'extrait est facile (une simple détente peut ramener le CO<sub>2</sub> à l'état gazeux), avec une récupération quasi totale et peu coûteuse
- L'extraction des huiles essentielles par le CO<sub>2</sub> supercritique fournit des huiles de très bonne qualité et en temps d'extraction relativement court par rapport aux méthodes classiques.
- La technique repose sur la solubilité des composants dans les fluides à l'état supercritique. Ses avantages par rapport aux méthodes conventionnelles incluent une durée d'extraction plus courte, une sélectivité élevée et la facilité de récupération et de recyclage du solvant par simple décompression (**KADA MOSTEFA, 2023**).
- De plus, les températures d'extraction sont basses dans le cas du dioxyde de carbone et n'agressent pas les composants les plus fragiles. Cette méthode est applicable aux substances difficiles à distiller.
- L'installation industrielle de ce procédé reste onéreuse, et l'appareillage est encore envahissant.

## 5. Extraction par hydro distillation

### 5.1. Montages



**Figure\_12** : Schéma de la technique d'extraction par hydro distillation

### 5.2. Principe

Il s'agit là de la méthode la plus simple et donc la plus traditionnellement utilisée. Le principe de l'hydrodistillation (H.D) repose sur une distillation hétérogène qui implique l'application de deux lois physiques (la loi de Dalton et la loi de Raoult). Le processus consiste à immerger la matière végétale dans un ballon lors d'une extraction en laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau, placé sur une source de chaleur. Ensuite, le tout est porté à ébullition. La chaleur provoque la rupture des cellules végétales et libère les molécules odorantes qu'elles contiennent. Ces molécules aromatiques forment un mélange azéotropique avec la vapeur d'eau. Les vapeurs sont ensuite condensées dans un réfrigérant, et les huiles essentielles se séparent de l'eau en raison de leur différence de densité. En laboratoire, le système le plus couramment utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger, équipé d'un coélostat. **(KADA MOSTEFA, 2023).**

### 5.3. Avantage et inconvénients

La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures en fonction du matériel utilisé et du type de matière végétale traitée. Cette durée de distillation influence non seulement le rendement, mais également la composition de l'extrait.

---

**Les huiles  
essentielles**

---

**3**

## I. Généralité sur les huiles essentielles



**Figure\_13:** les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés généralement complexes qui renferment les éléments volatils des plantes, selon la définition de la Pharmacopée. Elles se trouvent en abondance dans le règne végétal, présentes dans divers organes des plantes tels que les fleurs, les feuilles, les rhizomes, les fruits, l'écorce et les résines (**Beniston, 1987**). Leur extraction se fait principalement par distillation à la vapeur d'eau des végétaux ou par expression de péricarpe frais (**TOUATI, 2020**). **L'AFNOR 2000** a défini les huiles essentielles comme des produits obtenus soit par distillation à la vapeur d'eau de matières premières naturelles, soit par des procédés mécaniques à partir des fruits des agrumes, et séparés de la phase aqueuse par des méthodes physiques.

### 2. Définition

Les huiles essentielles, également appelées essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes. Elles se trouvent sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et le bois. Comparativement à la masse totale de la plante, elles sont présentes en quantités minimales. Ces substances sont odorantes et très volatiles, s'évaporant rapidement dans l'air (**KADA MOSTEFA, 2023**). Elles sont obtenues des végétaux par distillation à la vapeur d'eau, constituant ainsi des produits du métabolisme secondaire dans un grand nombre de plantes. Les huiles essentielles sont des mélanges liquides extrêmement complexes, possédant des propriétés

et des modes d'utilisation spécifiques qui ont donné naissance à une nouvelle branche de la phytothérapie et de l'aromathérapie.

À toutes les époques, les huiles essentielles ont occupé une place importante dans la vie quotidienne de l'homme, étant utilisées pour se parfumer, aromatiser les aliments, voire même pour des soins thérapeutiques. **(AFNOR, 1987)**

### 3. Utilisation historique et actuelle des huiles essentielles

Depuis l'Antiquité, les herbes et les épices sont connues pour leurs propriétés de conservation, d'arôme et de saveur. Cependant, c'est grâce aux historiens grecs et romains que l'utilisation des huiles essentielles à des fins médicales et en aromathérapie a été documentée pour la première fois. Au XIII<sup>e</sup> siècle, les effets pharmacologiques des huiles essentielles ont été décrits dans de nombreuses pharmacopées de l'époque, mais leur utilisation s'est largement répandue seulement au XVI<sup>e</sup> siècle **(BURT, 2004)**. On attribue à De La Croix, en 1881, la première analyse antimicrobienne des vapeurs d'huiles essentielles.



Figure\_14 : historique et actuelle des huiles essentielles

Aujourd'hui, les utilisations les plus courantes des huiles essentielles comprennent leur utilisation comme aromatisants dans les aliments, comme essences dans les parfums et les produits pharmaceutiques, en raison de leurs propriétés fonctionnelles. De nombreux produits disponibles dans le commerce exploitent également les propriétés antibactériennes des huiles essentielles, notamment comme antiseptiques et suppléments alimentaires pour animaux. **(KADA MOSTEFA, 2023)**

### 3. Propriétés organoleptiques

Ces fragrances, à durée de vie limitée, sont hautement susceptibles de se détériorer et sont sensibles à l'oxydation. Elles se présentent sous forme de substances visqueuses, parfois plus ou moins fluides, voire résineuses, dégageant des odeurs fortes et volatiles. Ces produits stimulants sont utilisés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du corps, parfois purs, le plus souvent dilués dans de l'alcool ou un solvant approprié **(BARDEAU, 1976)**. Trois aspects peuvent être régulés :

**4.1. La couleur :** Chaque huile essentielle (HE) possède une teinte qui lui est propre, servant à confirmer son identification ou sa qualité. Cette couleur peut varier avec le temps et l'oxydation, tendant souvent vers un brunissement.

**4.2. L'odeur :** Chaque HE a une odeur caractéristique, mais son identification nécessite une bonne sensibilité olfactive.

**4.3. La saveur :** Généralement, les HE de qualité inférieure ou falsifiées ont un goût désagréable qui s'intensifie avec le vieillissement **(BAUDOUX, 2001)**.

### 3. Propriétés physiques

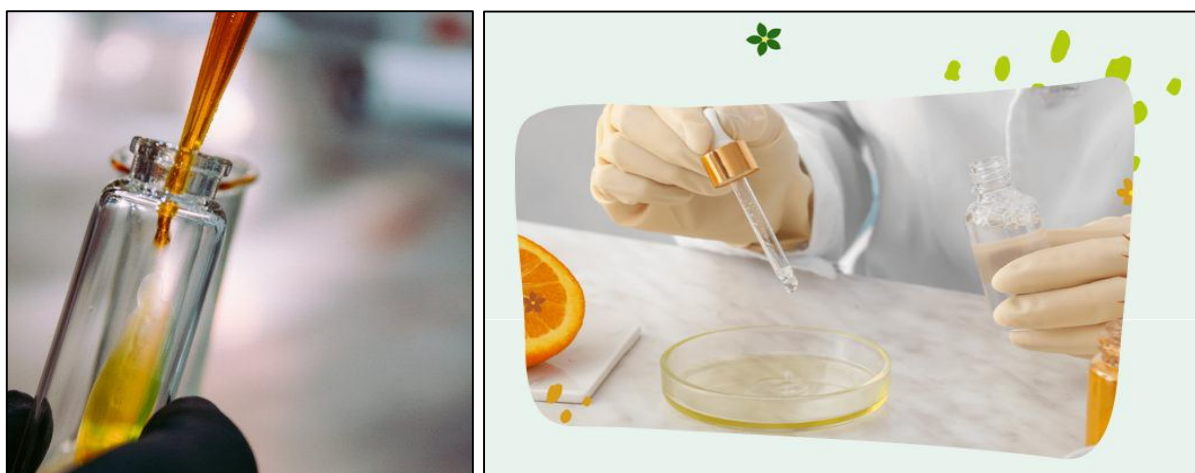
Les huiles essentielles partagent plusieurs propriétés physiques : Elles sont généralement liquides à température ambiante et volatiles, les distinguant des huiles dites fixes. Leur couleur peut varier et leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart polarisent la lumière. **(BARDEAU, 1976)** Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et la plupart des solvants organiques, mais peu solubles dans l'eau. Leur point d'ébullition varie de 160°C à 240°C. Leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau, variant de 0,75 à 0,99. Elles peuvent être lévogyres ou dextrogyres, mais n'affectent pas la lumière polarisée. Elles ont la capacité de dissoudre les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et de réduire certains sels. Ce sont des parfums, mais leur durée de conservation est limitée. Elles sont très sensibles à l'altération et à l'oxydation. Ce sont des substances avec une texture huileuse, parfois plus ou moins fluides, voire résineuses, dégageant des odeurs fortes et volatiles. Ce sont des produits stimulants,

utilisés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du corps, parfois purs, généralement dilués dans de l'alcool ou un solvant approprié **(Deschepper, 2017)**

### 6. Propriétés reconnues des huiles essentielles

Les essences sont exploitées pour leurs multiples vertus, notamment leurs propriétés antioxydantes, antiseptiques, cicatrisantes, antiparasitaires, antirhumatismales, antinévralgiques, tonifiantes, antispasmodiques et hormonales. Elles s'opposent au développement des germes, y compris les bactéries pathogènes, même celles résistantes aux antibiotiques, ainsi que les champignons responsables des mycoses et des levures. Leurs doses actives sont généralement faibles, mais elles peuvent inhiber la croissance des micro-organismes ou avoir un effet létal **(Djendli et Bouali 2022)**. De plus, des recherches récentes ont révélé que certaines huiles essentielles possèdent des propriétés antivirales et antiparasitaires. En phytothérapie et en aromathérapie, les huiles essentielles sont largement utilisées dans le traitement de nombreuses maladies infectieuses et sont également intégrées dans les préparations pharmaceutiques **(BAMMI ET AL., 1997)**.

### 6. Critères de qualité des huiles essentielles



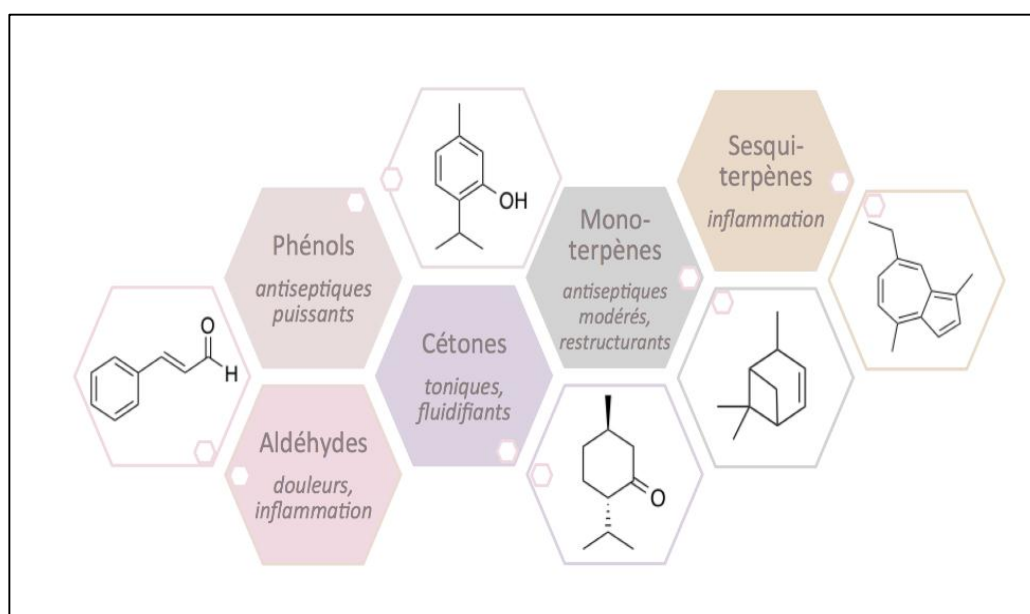
**Figure\_15** : Teste de qualité des huiles essentielles

Les propriétés des molécules aromatiques et leur action synergique sont déterminantes dans les propriétés et indications thérapeutiques des huiles essentielles. La relation étroite entre la structure chimique et l'activité thérapeutique forme le pilier de l'aromathérapie scientifique. Il est impossible de définir les propriétés d'une huile essentielle sans tenir compte de toutes les molécules qui la composent. Ainsi, les critères de qualité des huiles essentielles doivent être établis en fonction de leur impact sur la composition biochimique idéale et complète des essences telles que la nature les a créées, et non pas telles que l'homme les a modifiées ou

reconstituées. Seul le respect de l'ensemble de ces critères garantira l'authenticité des huiles essentielles, leur relative innocuité et leur pleine efficacité thérapeutique. La moindre altération du profil moléculaire entraîne une augmentation des effets indésirables tels que les allergies, la dermocausticité, la neurotoxicité, etc., ainsi qu'une diminution de l'efficacité. **(Laurain-Mattar, 2018)**

Le mode de culture exerce une influence majeure sur la qualité des huiles essentielles. Seules les huiles essentielles issues de plantes récoltées à l'état sauvage ou cultivées selon des méthodes biologiques devraient être utilisées à des fins thérapeutiques. Des expériences ont également démontré qu'un simple ajout de sels minéraux solubles dans le sol peut modifier considérablement la composition physico-chimique d'une huile essentielle. Seules les plantes saines de l'espèce recherchée doivent être récoltées. **(Djendli et Bouali 2022)**

## 8. Composition chimique



**Figure\_16** : Différents composants chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles contiennent des composés organiques volatils, généralement de faible poids moléculaire, inférieur à 300. Ces composés appartiennent à différentes classes chimiques, notamment les alcools, les éthers ou les oxydes, les aldéhydes, les cétones, les esters, les amines, les amides, les phénols, les hétérocycles, et principalement les terpènes. Les alcools, les aldéhydes et les cétones offrent une large gamme de notes aromatiques, allant des notes fruitées (comme le (E)-nerolénol) aux notes florales (comme le linalol), d'agrumes (comme le limonène), ou à base de plantes (comme le  $\gamma$ -sélinène), etc. **(FETHI, 2015)**

De manière générale, les propriétés biologiques des huiles essentielles sont largement déterminées par deux catégories distinctes de composants d'origine biosynthétique. Le premier groupe est principalement constitué de terpènes, tandis que le second comprend des constituants aromatiques et aliphatiques, tous caractérisés par leur faible poids moléculaire. En outre, d'autres composés présents dans les huiles essentielles, tels que les di-terpènes, les constituants contenant du soufre et de l'azote, ainsi que les lactones, sont également mentionnés. **(Kada Mostefa, 2023)**

### 8.1. Les Monoterpènes hydrocarbonés

Les monoterpènes hydrocarbonés sont des composés organiques volatils à dix atomes de carbone, largement présents dans les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques. Ils comprennent des molécules telles que l' $\alpha$ -pinène, le limonène et le myrcène, qui confèrent des arômes caractéristiques à des espèces comme le pin, les agrumes ou la menthe.



Figure\_17 : Monoterpènes hydrocarbonés

Ces composés jouent un rôle important dans la défense des plantes contre les herbivores et les pathogènes, ainsi que dans l'attraction des pollinisateurs. Leur structure simple, acyclique ou cyclique, permet une grande diversité de réactions chimiques, notamment l'oxydation atmosphérique qui contribue à la formation d'aérosols organiques secondaires **(Pasik et al., 2024)**. Sur le plan biologique, les monoterpènes hydrocarbonés présentent des activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antioxydantes, ce qui explique leur utilisation en pharmacologie et en aromathérapie **(Mikhaeil et al., 2003)**.

### 8.2. Les Monoterpènes oxygénés

Les monoterpènes oxygénés, ou monoterpénoïdes, sont issus de la modification des monoterpènes hydrocarbonés par l'introduction de groupes fonctionnels oxygénés tels que les

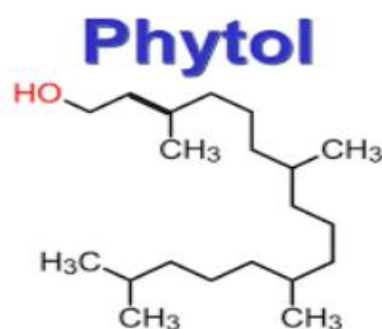
alcools, cétones, aldéhydes ou oxydes. Parmi les exemples notables figurent le linalol, le menthol, la carvone et le 1,8-cinéole, présents dans de nombreuses huiles essentielles médicinales. Ces composés sont responsables de nombreuses propriétés biologiques : effets antimicrobiens, antiviraux, expectorants ou calmants (Mikhaeil et al., 2003). Leur structure chimique favorise leur solubilité et leur biodisponibilité, ce qui accroît leur intérêt pour les applications thérapeutiques et cosmétiques. Les monoterpènes oxygénés sont également étudiés pour leurs capacités à moduler l'activité enzymatique et à inhiber la croissance de cellules cancéreuses (Yang et al., 2020).



Figure\_18 : Monoterpènes oxygénés (linalol)

### 8.3. Diterpènes hydrocarbonés

Les diterpènes hydrocarbonés sont des composés à vingt atomes de carbone, formés par la condensation de quatre unités isoprène. Ils se retrouvent dans de nombreux végétaux, notamment les conifères, où ils interviennent dans la biosynthèse de résines et de pigments photosynthétiques. Leur structure peut être linéaire ou cyclique, et ils servent de précurseurs à des molécules bioactives telles que la phytol ou le rétinol (vitamine A).

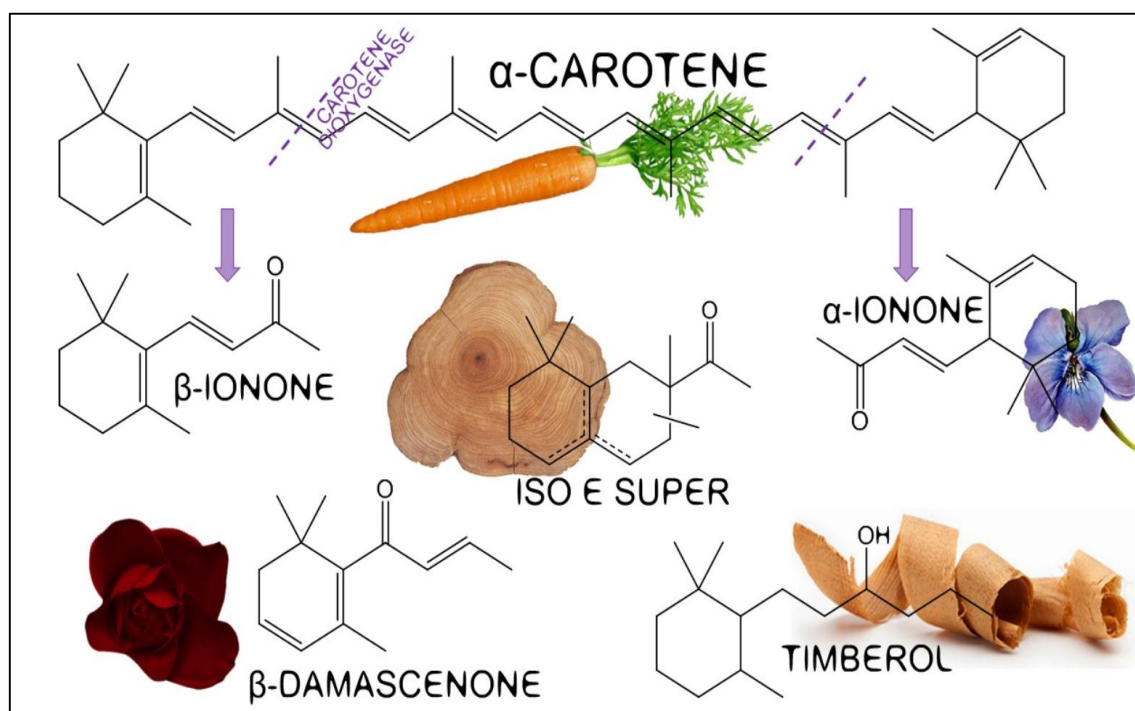


Figure\_19 : Diterpènes hydrocarbonés (Phytol)

Les diterpènes hydrocarbonés jouent un rôle écologique dans la protection des plantes contre les agents pathogènes et les insectes. Ils sont également utilisés comme biomarqueurs dans les études géochimiques pour retracer l'origine des matières organiques dans les sédiments (Nielsen, 1989).

#### 8.4. Diterpènes oxygénés

Les diterpènes oxygénés, ou diterpénoïdes, résultent de l'oxydation des diterpènes hydrocarbonés et possèdent des groupes fonctionnels tels que des alcools, cétones, acides ou lactones.



**Figure\_20** : Différents diterpènes oxygénés

Cette diversification chimique leur confère une grande variété d'activités biologiques, notamment anti-inflammatoires, antitumorales et antimicrobiennes (Mikhaeil et al., 2003). Par exemple, des diterpènes hautement oxygénés ont été isolés chez *Orthosiphon stamineus* et ont montré des effets antiprolifératifs sur des lignées cellulaires cancéreuses. Les diterpénoïdes sont également impliqués dans la biosynthèse de molécules d'intérêt pharmaceutique, telles que le taxol, utilisé en chimiothérapie. Leur complexité structurale fait l'objet de nombreuses recherches en chimie des substances naturelles (Yang et al., 2020).

#### 8.5. Les Sesquiterpènes hydrocarbonés

Les sesquiterpènes hydrocarbonés sont des terpènes à 15 atomes de carbone, formés à partir de trois unités isoprène. Ils sont largement répandus dans les huiles essentielles et contribuent à l'arôme de nombreuses plantes, telles que le houblon ou le poivre noir. Parmi les plus connus

figurent le  $\beta$ -caryophyllène et l'humulène, qui se distinguent par leur forte réactivité avec l'ozone atmosphérique (Frazier et al., 2022).

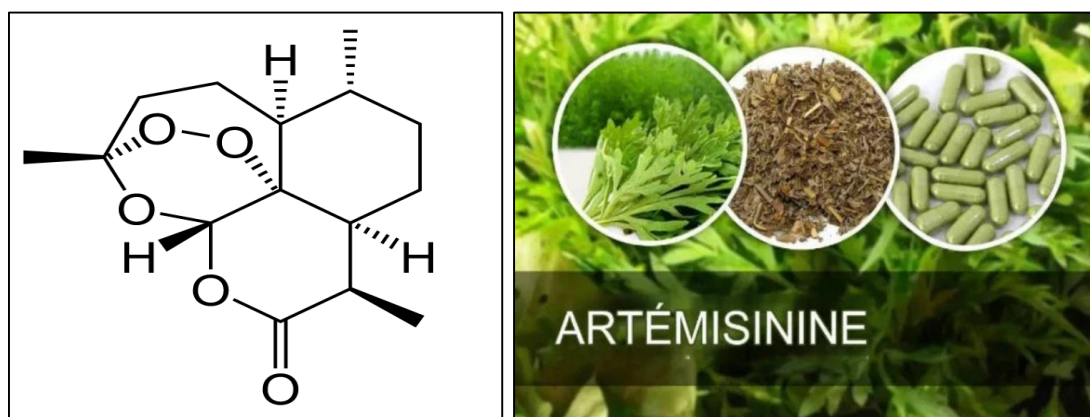


**Figure\_21** : Sesquiterpène hydrocarboné (beta-Caryophyllene)

Bien que présents à des concentrations plus faibles que les monoterpènes, ils jouent un rôle important dans la chimie atmosphérique et la formation d'aérosols organiques secondaires. Les sesquiterpènes hydrocarbonés présentent également des propriétés biologiques, notamment anti-inflammatoires et antimicrobiennes (Mikhaeil et al., 2003).

### 8.6. Les Sesquiterpènes oxygénés

Les sesquiterpènes oxygénés, ou sesquiterpénoïdes, sont des dérivés des sesquiterpènes hydrocarbonés comportant des groupes fonctionnels oxygénés (alcools, cétones, lactones, etc.). Cette oxygénation accroît leur diversité structurale et leurs activités biologiques, telles que des effets antifongiques, cytotoxiques ou anti-inflammatoires (Yang et al., 2020). Des composés comme le farnésol ou l'artémisinine illustrent l'importance pharmacologique de cette classe.



**Figure\_22** : Sesquiterpènes oxygénés (Artémisinine)

Les sesquiterpènes oxygénés sont également impliqués dans les interactions écologiques des plantes, jouant un rôle dans la défense contre les parasites et la communication chimique (**Frazier et al., 2022**). Leur réactivité avec les oxydants atmosphériques est également étudiée pour mieux comprendre leur impact environnemental.

## 9. Activités biologiques



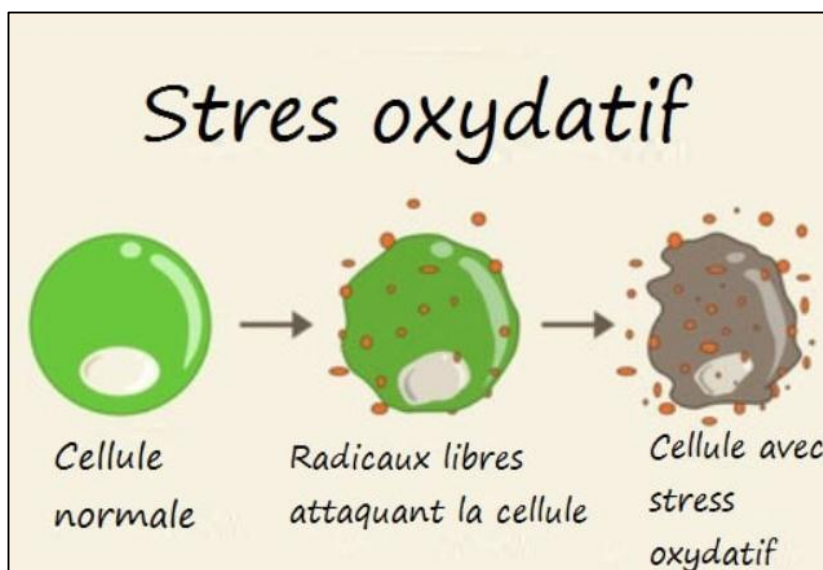
**Figure\_23** : Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont exploitées pour leurs multiples propriétés bénéfiques, telles que leurs effets antioxydants, antiseptiques, cicatrisants, antiparasitaires, antirhumatismaux, antinévralgiques, tonifiants, antispasmodiques et hormonaux. Elles agissent contre le développement des germes, y compris les bactéries pathogènes et les souches habituellement résistantes aux antibiotiques, ainsi que les champignons responsables de mycoses et de levures. Leurs doses actives sont généralement faibles et se manifestent par l'inhibition de la croissance des microorganismes ou par un effet létal. (**BAZIZI, 2017**) De plus, des études récentes ont démontré que certaines huiles essentielles possèdent également des propriétés antivirales et antiparasitaires. En phytothérapie et en aromathérapie, les huiles essentielles sont largement utilisées dans le traitement de nombreuses maladies infectieuses, ainsi que dans la préparation de diverses préparations pharmaceutiques. (**BAMMI ET AL., 1997**).

### 9.1. Activités antioxydante

L'activité antioxydante désigne la capacité d'un composé à neutraliser les radicaux libres, protégeant ainsi les cellules contre le stress oxydatif et les dommages associés. De nombreux antioxydants naturels sont présents dans les plantes, notamment les polyphénols, la vitamine C,

la vitamine E et les caroténoïdes, qui agissent en piégeant les radicaux libres ou en bloquant l'initiation de l'oxydation (**Bourrel, 2024 ; Médecine/Sciences, 2004**).



**Figure 24** : Mécanisme du stress oxydatif

Les tests in vitro, comme le FRAP ou le DPPH, sont couramment utilisés pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits végétaux (**Evenamede et al., 2017**). Une forte corrélation a été observée entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante, ce qui explique l'intérêt croissant pour l'utilisation des extraits de plantes dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif. Par ailleurs, certains antioxydants d'origine végétale sont utilisés comme colorants naturels ou additifs alimentaires, illustrant leur polyvalence (**Médecine/Sciences, 2004**).

## 9.2. Activités antibactérienne

L'activité antibactérienne des extraits naturels est largement étudiée pour leur potentiel à inhiber la croissance de bactéries pathogènes. Par exemple, les extraits bruts du basidiocarpe et du sclérote du champignon *Pleurotus tuber-regium* ont montré une inhibition significative de diverses souches bactériennes telles que *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, avec des concentrations minimales inhibitrices variant de 6,25 à 12,5 mg/ml (**Defat, 2022**). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec des antibiotiques de référence, bien que l'efficacité soit généralement inférieure à celle des molécules synthétiques (**Chelela et al., 2014**). L'activité antibactérienne dépend de la nature du composé, de la concentration utilisée et de la souche bactérienne ciblée. L'exploration des extraits naturels constitue donc une piste prometteuse pour le développement de nouveaux agents antimicrobiens (**Defat, 2022**).

### 9.3. Activités antiinflammatoire

L'activité anti-inflammatoire est essentielle pour moduler la réponse immunitaire de l'organisme face à une agression ou une infection. Des études récentes ont montré que certains extraits de plantes, comme *Inula viscosa*, possèdent des effets anti-inflammatoires notables chez le rat, réduisant de manière significative la taille de l'œdème provoqué par le formol (**Bougherra, 2024**). Ce type d'activité est attribué à la présence de composés bioactifs capables d'inhiber la production de médiateurs inflammatoires tels que le TNF- $\alpha$ , l'IL-6 ou l'IL-17 (**Serhan et al., 2007 ; Leitch et al., 2008**). Les modèles animaux, comme l'induction de l'inflammation par le formol, sont couramment utilisés pour évaluer l'efficacité des extraits végétaux (**Bougherra, 2024**). Ces résultats confirment l'intérêt des plantes médicinales dans la recherche de nouveaux anti-inflammatoires naturels.

### 9.4. Activités antiinsecticide

L'activité anti-insecticide des extraits naturels, notamment des huiles essentielles, est de plus en plus valorisée pour la protection des cultures et la lutte contre les ravageurs. Par exemple, l'huile essentielle de *Lippia alba* a montré une efficacité insecticide par contact et fumigation contre *Sitophilus zeamais*, un insecte ravageur des grains, alors que les argiles seules ou en formulation n'ont pas montré d'effet significatif (**Defat, 2022**). L'effet toxique est attribué à la richesse en composés terpéniques, tels que le limonène, qui agissent par perturbation de la cuticule et du système nerveux des insectes (**Losic & Korunic, 2018**). L'utilisation de ces extraits naturels offre une alternative écologique aux insecticides chimiques, réduisant ainsi les risques pour l'environnement et la santé humaine (**Defat, 2022**).

### 9.5. Activités anticancéreuse

Les activités anticancéreuses des extraits naturels et des molécules issues de la recherche clinique académique sont au cœur des avancées thérapeutiques en oncologie. Par exemple, l'ajout d'une immunothérapie après chimiothérapie a permis d'améliorer la survie des patients atteints de lymphome, selon une étude publiée dans le *New England Journal of Medicine* (**GCO, 2016**). De nombreux composés naturels testés *in vitro* ou *in vivo* présentent des effets cytotoxiques sur les cellules tumorales, inhibant leur prolifération ou induisant l'apoptose (**Bourrel, 2024**). Les recherches actuelles visent à identifier de nouveaux agents antitumoraux d'origine végétale ou fongique pour compléter ou améliorer les traitements existants (**GCO, 2016**). L'intégration de ces molécules dans des essais cliniques académiques permet de valider leur efficacité et leur sécurité chez l'homme.

---

**MATERIELS ET METHODE**

---



## Matériel et méthodes

### I. Matériel végétal

L'étude a porté sur la partie aérienne de trois plantes médicinales :

- ✓ **Plante 1** : *Artemisia absinthium*
- ✓ **Plante 2** : *Artemisia herba-alba*
- ✓ **Plante 3** : *Mentha pulegium*

Les huiles essentielles (HE) ont été extraites à partir de ces plantes par la technique d'hydrodistillation.

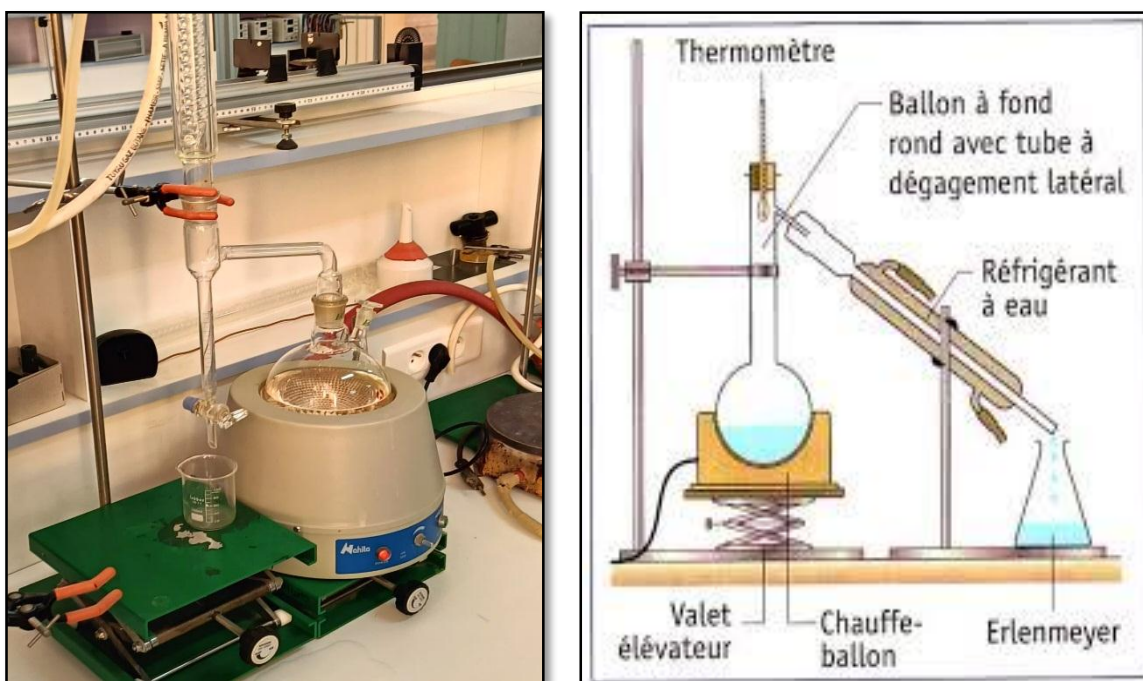
### 2. Extraction d'huile essentielle (HE)

#### 2.1. Principe

L'hydrodistillation est une méthode traditionnelle d'extraction des huiles essentielles. Elle consiste à chauffer un mélange d'eau et de matière végétale afin de provoquer l'éclatement des cellules et la libération des composés aromatiques volatils. Ces molécules sont alors entraînées par la vapeur d'eau, puis refroidies dans un condenseur. Le mélange condensé, composé d'eau et d'huile essentielle, est ensuite récupéré et séparé en fonction de la différence de densité entre les deux phases.

#### 2.2. Mode opératoire

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation pendant 6 heures et 30 minutes, à l'aide du dispositif illustré à la Figure 25.



Figure\_ 25 : Dispositif utilisé pour l'extraction des HEs.

Concrètement, une quantité précise de la matière végétale est placée dans un ballon d'un litre, puis mélangée à 500 ml d'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition grâce à un chauffe-ballon. Les vapeurs produites sont dirigées vers un condenseur où elles se liquéfient. L'huile essentielle est ensuite séparée de l'eau par décantation et collectée dans un récipient approprié, comme le montre la figure suivante :



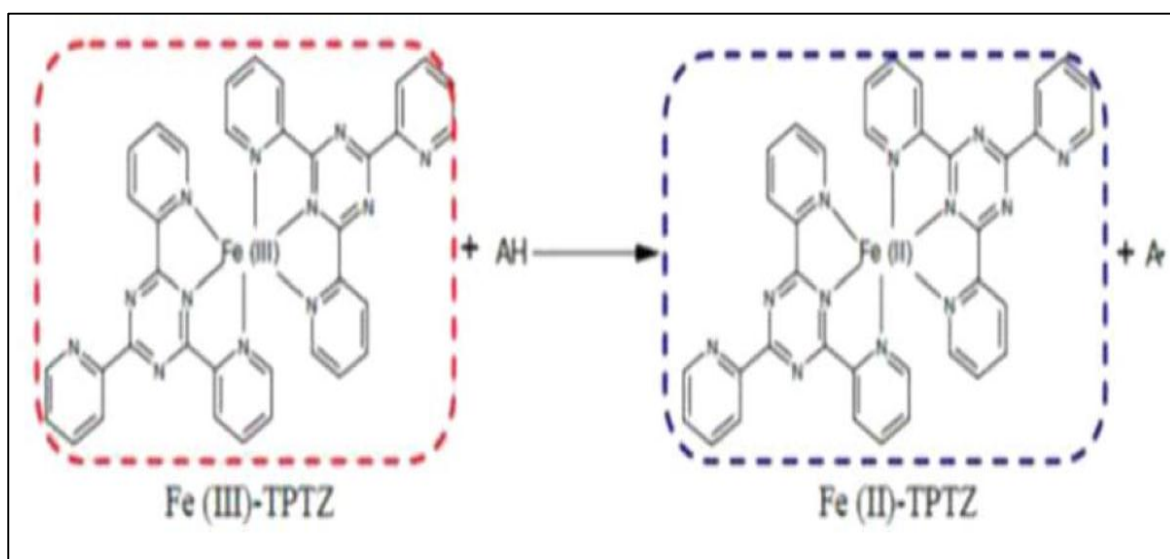
**Figure\_26:** Séparation des HEs par décantation

Après extraction, l'huile essentielle a été transférée dans un flacon en verre ambré stérile, hermétiquement fermé afin de limiter l'exposition à l'air et d'éviter toute évaporation ou oxydation. Le flacon a ensuite été enveloppé dans du papier aluminium pour une protection supplémentaire contre la lumière, puis stocké à une température de 4°C, dans un environnement sec et à l'abri de toute source de chaleur, jusqu'à son utilisation pour les essais d'activité antibactérienne

### 3. Activité antioxydant de l'huile essentielle

#### 3.1. Méthode de réduction des ions ferreux (FRAP)

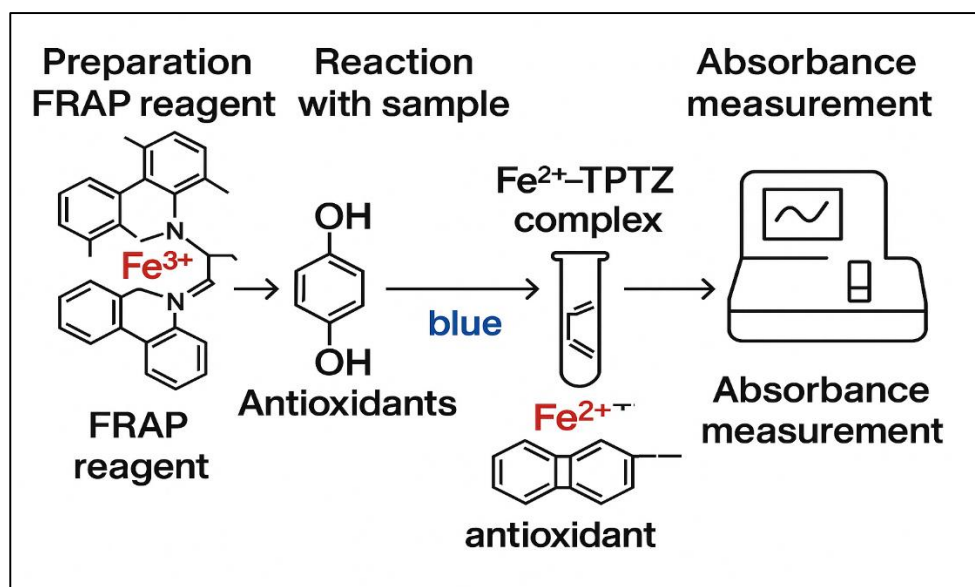
Cette méthode colorimétrique est couramment utilisée pour étudier le pouvoir anti radicalaire, elle consiste à mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique  $Fe^{3+}$  présent dans le complexe ferricyanure de potassium  $K_3[Fe(CN)_6]$  en fer ferreux  $Fe^{2+}$  en donnant un électron. Par la suite la teneur en ions  $Fe^{2+}$  peut être contrôlée et mesurée par la formation du bleu de Perl à 700 nm. Une augmentation de l'absorbance (DO) indique une augmentation de la capacité réductrice (BENYOUCEF, 2020)



Figure\_27 : Mécanisme réactionnelle de la méthode FRAP

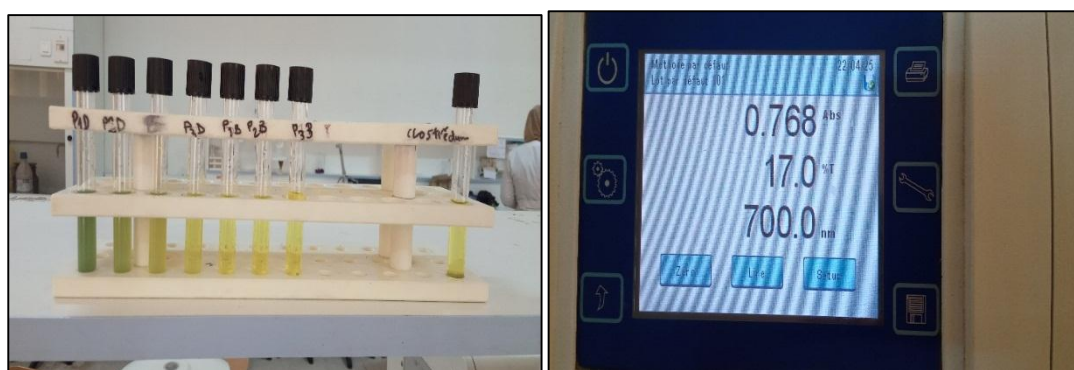
#### 3.2. Mode opératoire

Cette méthode est déterminée en utilisant la technique d'Oyaizu (1986). Les différentes concentrations des huiles dans l'éthanol (1 ml) sont mélangées avec 2,5 ml de la solution tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium  $K_3[Fe(CN)_6]$  (1%). Les mélanges sont incubés à 50°C pendant 20 min. Après, 2,5 ml d'acide trichloracétique (10%) est additionné. Le tout est centrifugé à 3000 tours pendant 10 min. A la fin 2,5 ml du surnageant de chaque concentration est mélangé avec 2,5 ml de l'eau distillée et 0,5 ml de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  (0.1%).



**Figure\_ 28 :** Mode opératoire d'activité antioxydant par FRAP

Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 700 nm en utilisant un spectrophotomètre à double faisceaux visible. L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique l'augmentation de la réduction de fer. L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif. Les analyses ont été réalisées en triple. Une absorbance accrue de la réaction signifie une puissance réductrice accrue et comparée à celle de l'acide ascorbique comme référence. Activité chélatant des ions ferreux est testée pour évaluer l'interaction composé-fer, nous avons réalisé le test de Ferrozine qui évalue la capacité d'interaction avec le fer, empêchent la formation du complexe entre la forme métallique réduite et le ferrozine.



**Figure\_ 29 :** Coloration des tubes et lecture

Le pourcentage de l'inhibition est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\text{Pourcentage d'inhibition(\%)} = \frac{Do(\text{Blan}) - Do(\text{echantillon})}{Do(\text{Blan})} \times 100$$

4. Etude de l'activité anti bactérienne

4.1. Matériel utilisé

	
<p><b>Bec bunsen</b></p>	<p><b>Les tubes à essai</b></p>
	
<p><b>Papier whatman (Ø=6mm)</b></p>	<p><b>Les flacons</b></p>
	
<p><b>Les boite de Pétrie</b></p>	<p><b>Les Ecouvillon</b></p>

## 4.2. Appareils

Plusieurs appareils utilisés pour étudier l'activité antimicrobienne. (**Tableau 9**).

**Tableau\_9** : Appareils de laboratoire utilisés

Matériel	Utilisation
<b>Plaque chauffante agitatrice</b>	Préparation du milieu de culture
<b>Réfrigérateur</b>	Conservation des échantillons
<b>Autoclave</b>	Stériliser les matériels et les milieux de culture
<b>Etuve</b>	Incubation les souches bactériennes

## 4.3. Matériel biologique

Les souches bactériennes utilisées sont composées selon le tableau suivant :

**Tableau\_10**: Les souches utilisées dans les différents tests d'activité antibactérienne.

Souches	Gram	Code
<i>Escherichia. coli</i>	<b>Négatif</b>	ATCC 25922
<i>Pseudomonas. aeruginosa</i>		Cip A22
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		ATCC 27853
<i>Citrobacter freundii</i>		ATCC 13316
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		ATCC 13883
<i>Staphylococcus. aureus</i>	<b>Positif</b>	ATCC 43300
<i>Staphylococcus. aureus</i>		ATCC 25923
<i>Staphylococcus. aureus</i>		ATCC 33862
<i>Bacillus cereus</i>		ATCC 10876

**A.T.C.C**: American type culture collection.

**Cip A22** : Centre de recherche biologiques de l'institut pasteur A

## 4.4. Milieu utilisés

**Tableau\_11**: Milieux utilisés pour l'activité antimicrobienne d'huile essentielle

Milieu	Utilisation
<b>Liquide</b> Bouille Mueller Hinton	Préparation de l'inoculum des souches bactérienne.
<b>Solide</b> Gélose Mueller Hinton	Colé dans des boites Pétri pour l'ensemencement des souches bactériennes.

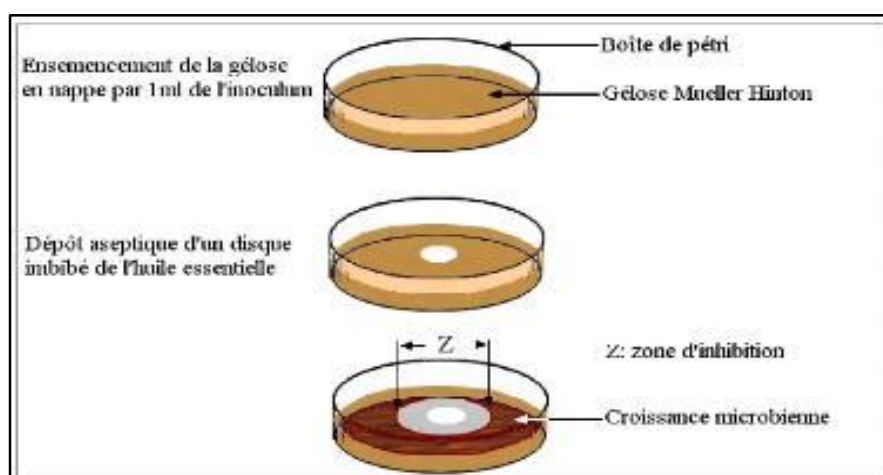
## 4.5. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobiennes

### 4.5.1. Purification

Dans le respect des règles d'asepsie et dans le but de régénérer nos souches de référence, nous avons procédé au transfert des microorganismes à partir d'une culture conservée sur Gélose nutritive inclinée (GNI). Chaque souche a étéensemencée individuellement dans 10 ml de Bouillon MH, puis incubée à 37°C pendant 24 heures. Ensuite, à partir de chaque tube incubé, nous avons réalisé deux ensemencements par épuisement dans des boîtes de Pétri préalablement remplies du milieu spécifique correspondant à chaque souche. Ces boîtes ont ensuite été incubées à 37°C pendant 24 heures.

### 4.5.2. Test de l'activité antibactérienne (*Méthode de diffusion sur disques*)

Ce test nous permet d'évaluer simultanément l'activité antimicrobienne des huiles. La méthode comprend trois étapes principales : préparation de l'inoculum, ensemencement et dépôt de disques. Des disques de papier filtre stérilisés de 6 mm de diamètre, imprégnés de 10 µl ou 15 µl des huiles essentielles testées, sont déposés à la surface d'un milieu de Mueller-Hinton coulé dans



**Figure\_ 30** : Méthode de diffusion sur disques. (BENDJABOUR, 2019)

une boîte de Petri préalablement ensemencée en surface à l'aide d'un écouvillon contenant une suspension bactérienne préparée dans le bouillon M.H. La densité optique de cette suspension bactérienne doit être comprise entre 0,08 et 0,1, mesurée à 625 nm (environ  $10^8$  UFC/ml). Il est important de bien étaler la suspension bactérienne sur la surface de la gélose MH séchée en frottant l'écouvillon de haut en bas en stries serrées sur toute la surface gélosée. Cette opération doit être répétée deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois, en pivotant également l'écouvillon sur lui-même. Enfin, l'ensemencement est terminé en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.

### 4.5.3. Lecture des résultats

Les boîtes de Pétri sont placées à 4°C pendant 2 heures afin de faciliter la diffusion des huiles essentielles. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, les résultats sont évalués en mesurant le diamètre en millimètres de la zone d'inhibition. Des disques d'antibiotiques ont été utilisés (Gentamicine : 10µg) comme molécule de référence.

L'action de l'huile essentielle se manifeste par la formation d'un cercle transparent autour du disque, ce cercle correspondant à une zone où la croissance bactérienne est absente, ce qu'on appelle la zone d'inhibition du principe actif. La distance en millimètres de cette zone est ensuite mesurée et rapportée à une échelle de concordance, permettant d'interpréter la sensibilité de la souche bactérienne au principe actif étudié comme étant sensible, intermédiaire ou résistante.

Les résultats sont exprimés selon quatre niveaux d'activité (PONCE ET AL. 2003)

- ✓ (-) souche résistante
- ✓ (+) souche sensible
- ✓ (+ +) souche très sensible
- ✓ (+ + +) extrêmement sensible

---

**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

---



## I. Résultats

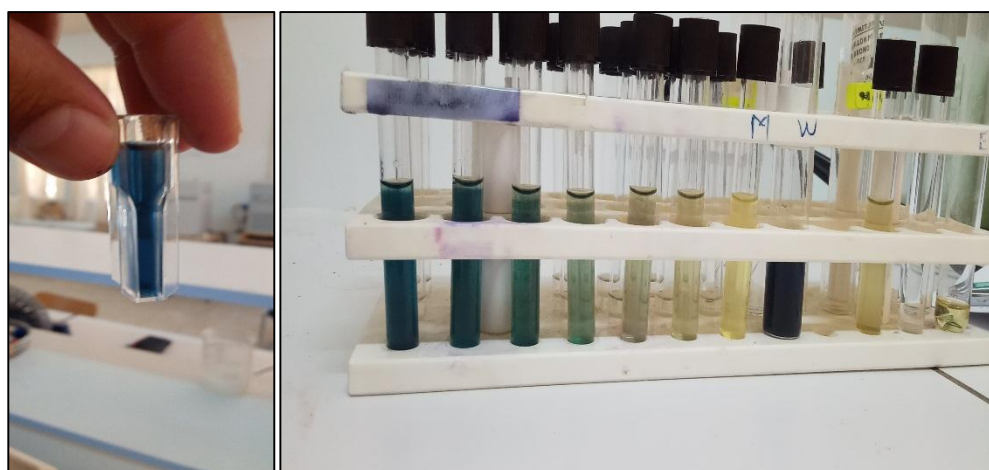
### I.1. Résultat d'extraction d'huile essentielle (HE)

Tableau\_10 : Résultat d'extraction.

	Partie utilisé	Rendement
<i>Artemisia absinthum</i>	Tiges + Feuilles	0.67 %
<i>Artemisia herba Alba</i>	Tiges + Feuilles	0.83 %
<i>Mentha pulegium</i>	Tiges + Feuilles + Fleures	1.59 %

### I.2. Résultats d'activité antioxydant par FRAP

L'activité antioxydante des huiles essentielles des plantes étudiées a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en observant la réduction du  $Fe^{3+}$  en fer ferreux  $Fe^{2+}$ , Ce qui entraîne un changement de couleur : la solution initialement jaune (due à la présence d'ions ferriques  $Fe^{3+}$ ) vire progressivement au bleu-vert, mesurable à 700 nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance provoquée par des substances anti-radicalaires. Le pourcentage d'inhibition (%) pour chaque résultat a été calculé.



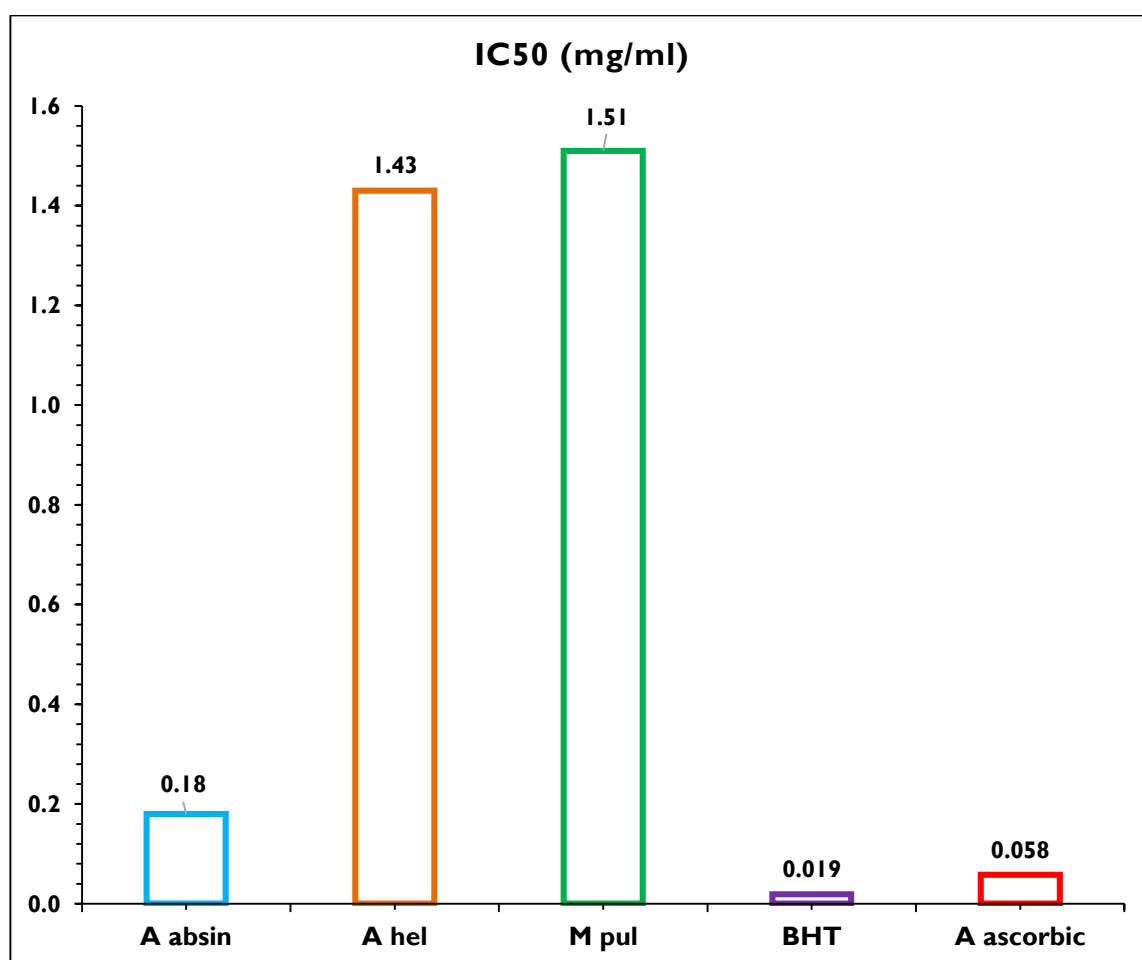
Figure\_22 : Résultats d'activité antioxydant par FRAP

L'activité inhibitrice est généralement évaluée par sa valeur  $IC_{50}$ , qui représente la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du  $Fe^{3+}$  présent dans le milieu réactionnel en  $Fe^{2+}$ . Une valeur faible de l' $IC_{50}$  témoigne d'une forte activité antioxydante. Cette concentration minimale d'inhibition ( $IC_{50}$ ) est déterminée graphiquement à partir des courbes de tendance linéaire, puis utilisée pour comparer l'activité antioxydante de l'acide ascorbique et du BHT.

Tableau\_ I I : Résultat d'activité antioxydant par FRAP.

Echantillon	IC <sub>50</sub> (mg/ml)
<i>A. absinthum</i>	0.18
<i>A. herba alba</i>	1.43
<i>M. pulegium</i>	1.51
BHT	0.019
Acide ascorbique	0.058

Nous remarquons que l'huile essentielle de *Artemisia absinthum* à montrer une activité antioxydante très forte avec une IC<sub>50</sub> de 0.18 mg/ml, alors que les HE d'*A. herba alba* et *M. pulegium* ont montré une activité antioxydante notable, avec une IC<sub>50</sub> de 1.43 et 1.51 mg/ml respectivement. Toutefois, ces valeurs demeurent significativement supérieures à celles des antioxydants de référence, à savoir l'acide ascorbique (IC<sub>50</sub> = 0,058 mg/mL) et le BHT (IC<sub>50</sub> = 0,019 mg/mL) (Figure 24).



Figure\_ 24 : Comparaison d'IC<sub>50</sub> des HEs, Acide ascorbique et de BHT déterminées par la méthode FRAP

### I.3. Résultats d'activités antibactériennes

La méthode de diffusion sur disque également nommé aromatoگرامme, c'est un procédé qualitatif qui nous permettra de tester la sensibilité ou la résistance des microorganismes aux huiles essentielles. Le tableau 12 présente les résultats de sensibilité des souches microbiennes (les diamètres d'inhibition) vis-à-vis des huiles étudiées par la méthode de disque.

**Tableau\_12:** Résultats d'activités antimicrobiennes d'huile essentielle.

Microorganismes	Disc diffusion ( <i>A. absinthum</i> )	Disc diffusion ( <i>A. herba alba</i> )	Disc diffusion ( <i>M. pulegium</i> )
	Niveaux d'activité	Niveaux d'activité	Niveaux d'activité
<b>Gram négative bactéries</b>			
<i>E. coli</i> ATCC 25922	+	++	+++
<i>P. aeruginosa</i> Cip A22	+	+++	+++
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	+	+++	+++
<i>C. freundii</i> ATCC 13316	+++	++	+++
<i>K. pneumoniae</i> ATCC 13883	+	+++	++
<b>Gram positive bactérie</b>			
<i>S. aureus</i> ATCC 43300	+	+++	+++
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	+	+++	+++
<i>S. aureus</i> ATCC 33862	+	+++	+++
<i>B. cereus</i> ATCC 10876	+++	+++	++

## 2. Discussions

L'huile essentielle d'*A. absinthium* on présentée le pouvoir antioxydant le plus forte avec une IC<sub>50</sub> de l'ordre 0.18 mg/ml, Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Boukhatem et al** (0.17 mg/ml), **Bouziane et al** (0.18 mg/ml) . Nos résultats est nettement plus forte que celle obtenue par **Benkhaleed et al** (0.229 mg/ml), **Aloui et al** (2.97 mg/ml), **Teixeira et al** (0.39 mg/ml), **Ziani et al** (0.23 à 41.45 mg/ml), **Benarfa et al** (0.22 mg/ml). Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Bouchara et al** (0.14 mg/ml), **Ghiaba et al** (0.0314 mg/ml).

L'examen de l'activité antioxydant d'HE d'*A. absinthium* ont exprimé également une capacité antioxydante approximative que celle de témoin **BHT**, en revanche la valeur de IC<sub>50</sub> reste très loin que celle de témoin **acides ascorbique**.

L'huile essentielle d'*A. herba alba* ont présentée d'effets antioxydant moyennement faible, probablement lié à leur profil chimique. Il est à noter que l'huile essentielle à exercer une faible activité inhibitrice des ion de  $Fe^{3+}$  avec une  $IC_{50}$  de l'ordre 1.43 mg/ml, qui est nettement plus forte que celle obtenue par **Bouziane et al** (1.60 mg/ml), **Bouguerra et al** (1.55 mg/ml). Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Boukhatem et et al** (0.16 mg/ml), **Benarfa et al** (1.10 mg/ml), **Laouini et al** (0.84 mg/ml).

L'examen de l'activité antioxydant d'HE d'*A. herba alba* ont exprimé également une très faible capacité antioxydante que celles des témoins **acide ascorbique** et le **BHT**.

L'huile essentielle de *M. pulegium* on présentée d'effets antioxydant très élevé, avec une  $IC_{50}$  de l'ordre 1.51 mg/ml. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Bouguerra et al** (1.55 mg/ml). Nos résultats est nettement plus forte que celle obtenue par **Benazzouz et al** (2.90 mg/ml) et **Bouziane et al** (1.60 mg/ml). En revanche notre valeur reste moins importante à celle trouver par **Boukhatem et al** (0.16 mg/ml) et **Benarfa et al** (1.10 mg/ml).

L'examen de l'activité antioxydant d'HE de *M. pulegium* ont exprimé également une très faible capacité antioxydante que celles des témoins **acide ascorbique** et le **BHT**.

L'activité antimicrobienne d'huiles essentielle a été étudiée contre neuf (09) souches bactériennes, cinq à Gram négatif et quatre à Gram positif.

L'HE d'*A. absinthium* a montré une faible activité inhibitrice vis-à-vis toutes les souches testées sauf deux souches (*C. freundii* et *B.cereus*). Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Boukhatem (2022)**, **Boudiaf, K. (2021)** et **Amiri & Amichi (2020)**. En revanche nos résultats ont donné une efficacité antibactérienne nettement meilleure que celle trouver par **Santos et al. (2022)**. Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Vieira et al. (2017)**

L'huile essentielle d'*A. herba alba* a démontré une excellente activité inhibitrice contre l'ensemble des souches testées, avec une efficacité allant de très sensible à extrêmement sensible. Il est également à noter que cette huile s'est révélée particulièrement active vis-à-vis des bactéries à Gram positif, davantage que contre les bactéries à Gram négatif. Ces observations sont en accord avec les résultats rapportés par **BENYOUCEF (2020)**, **KHALID et al (2021)**, **AYAD (2024)** ainsi que **BENMEZIANE & HADDADIN (2024)**. En revanche, l'efficacité antibactérienne observée dans notre étude s'est avérée nettement supérieure à celle rapportée par **BOUDJELAL (2013)**, **GHIABA (2019)** et **MADJIDA (2022)**.

L'huile essentielle de *M. pulegium* a présenté une remarquable activité inhibitrice à l'égard de toutes les souches testées, avec une efficacité variant de très sensible à extrêmement sensible. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **CHERRAT (2013)**, **ABOU & FAREH (2017)**, **AIT CHAOUCHE (2018)** ainsi que **SI BOUAZZA & ZENASNI (2020)**. Toutefois, l'efficacité antibactérienne observée dans notre étude s'est révélée nettement supérieure à celle obtenue par **BOUTTINE (2018)**, **BADACHE & BAKIRI (2019)** et **HABITOUCHE & MAAMAR (2021)**.

Les résultats de cette étude confirment le potentiel antibactérien différencié des huiles essentielles d'*Artemisia absinthium*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium*, avec des profils d'activité distincts selon les espèces bactériennes testées.

L'huile essentielle de *Mentha pulegium* se distingue par une activité maximale (extrêmement sensible) contre *E. coli* ATCC 25922 et *P. aeruginosa* (Cip A22 et ATCC 27853), suivie d'*Artemisia herba alba* (très sensible à extrêmement sensible), tandis qu'*Artemisia absinthium* présente une activité faible à modérée (sensible). Ces observations rejoignent les résultats de **Brahmi et al. (2016)** et de **Ziani et al. (2021)**, qui ont montré une inhibition significative de *P. aeruginosa* et *E. coli* par *M. pulegium* et *A. herba alba*, attribuée à la richesse en monoterpènes oxygénés (pulegone, thuyone, camphre) et à la synergie de leurs composés volatils. Les études récentes de **Bouziane et al. (2016)** et **Benarfa et al. (2016)** confirment également la supériorité de l'activité d'*A. herba alba* sur les souches Gram négatives par rapport à *A. absinthium*, dont l'efficacité reste limitée sur ces bactéries.

Pour *Citrobacter freundii*, les trois huiles montrent une activité élevée (extrêmement sensible pour *A. absinthium* et *M. pulegium*, très sensible pour *A. herba alba*), ce qui est moins fréquemment rapporté dans la littérature. Toutefois, des travaux récents (**Bouchara et al., 2021**) soulignent que la composition chimique variable des huiles, influencée par l'origine géographique et le stade phénologique, peut expliquer cette efficacité élargie.

*Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883 est fortement inhibée par *A. herba alba* (extrêmement sensible), modérément par *M. pulegium* (très sensible), et faiblement par *A. absinthium* (sensible). Ces résultats sont en accord avec ceux de **Benarfa et al. (2016)** et confirment l'intérêt d'*A. herba alba* comme agent antimicrobien naturel contre les entérobactéries multirésistantes.

Pour *Staphylococcus aureus* (ATCC 43300, 25923, 33862), *A. herba alba* et *M. pulegium* affichent une activité très élevée (extrêmement sensible), tandis qu'*A. absinthium* reste faiblement active (sensible). Ceci corrobore les études de **Boukhatem et al. (2014)**, **Ghiaba et al. (2019)** et les

travaux plus récents de **Ziani et al. (2021)**, qui mettent en avant l'efficacité de ces huiles contre les souches de *S. aureus*, y compris les variants résistants à la méthicilline (MRSA). L'action des huiles essentielles sur les bactéries Gram positives est généralement plus marquée, en raison de la structure plus perméable de leur paroi cellulaire.

*Bacillus cereus* ATCC 10876 est fortement inhibé (extrêmement sensible) par *A. absinthium* et *A. herba alba*, et modérément par *M. pulegium* (très sensible). Les résultats de **Boukhatem et al. (2014)** et de travaux récents menés en Algérie (**Bouchara et al., 2021**) confirment l'efficacité des huiles d'*Artemisia* sur *B. cereus*, attribuée à la présence de thuyone, camphre et autres monoterpènes.

Les tendances récentes de la littérature confirment que l'activité antimicrobienne des huiles essentielles dépend fortement de leur composition chimique, qui varie selon l'origine botanique, la région de récolte et la méthode d'extraction. Les études maghrébines récentes (Ziani et al., 2021 ; Bouziane et al., 2016) insistent sur la supériorité d'*A. herba-alba* et de *M. pulegium*, en particulier contre les souches Gram positives et les pathogènes multirésistants. Les résultats obtenus ici s'inscrivent dans cette dynamique, tout en soulignant la spécificité d'action d'*A. absinthium* sur certaines souches (*C. freundii* et *B. cereus*). Des recherches récentes mettent également en avant l'intérêt de combiner ces huiles avec des antibiotiques conventionnels pour potentialiser l'effet antimicrobien et limiter l'émergence de résistances (Brahmi et al., 2016 ; Ziani et al., 2021).

De façon générale le mode d'action des huiles essentielles dépend du type et des caractéristiques des composants actifs, notamment leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation des enzymes de la membrane, une perturbation chémo-osmotique et une fuite d'ions (K<sup>+</sup>) (**S.D. COX et al, 2000**).

*Conclusion générale*

---

**Conclusion générale**



*Conclusion Générale*

---

**C**onclusion Générale



CON  
CLU  
SION

# Conclusion

**E**n conclusion, cette étude met en évidence le potentiel antioxydant et antimicrobien des huiles essentielles d'*Artemisia absinthium*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium*. *A. absinthium* affiche la plus forte activité antioxydante ( $IC_{50}$  de 0.18 mg/ml), tandis que *A. herba-alba* et *M. pulegium* présentent des effets plus faibles. Sur le plan antimicrobien, *A. herba-alba* et *M. pulegium* se distinguent par une excellente efficacité contre diverses souches bactériennes, notamment Gram positives et certains pathogènes multirésistants, surpassant souvent *A. absinthium* qui montre une activité plus limitée sauf contre *C. freundii* et *B. cereus*. Ces différences d'activité sont attribuées à la composition chimique variable des huiles, influencée par des facteurs comme l'origine géographique et la méthode d'extraction. Les résultats soulignent également l'intérêt de combiner ces huiles avec des antibiotiques pour potentialiser leur effet et limiter les résistances. Enfin, cette recherche confirme la valeur des huiles essentielles comme agents naturels prometteurs dans la lutte contre les bactéries pathogènes.

**E**n guise de perspectives, il est envisageable d'approfondir l'analyse de la composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia absinthium*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium* selon leur origine géographique pour mieux comprendre leurs activités biologiques. Des études sur leurs mécanismes d'action contre les bactéries multirésistantes pourraient favoriser des thérapies ciblées. Tester des synergies avec des antibiotiques conventionnels permettrait d'optimiser leur efficacité et de limiter les résistances. Enfin, évaluer leur toxicité et innocuité est crucial pour des applications pharmaceutiques ou cosmétiques.

*Références bibliographiques*

---

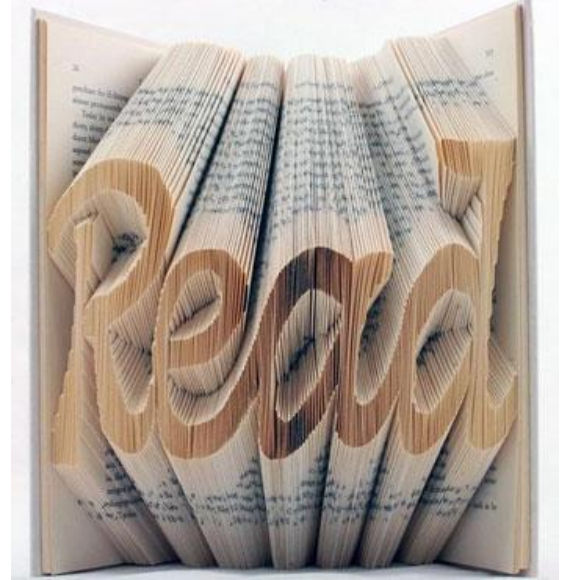
**R** *éférences bibliographiques*

---

**Références bibliographiques**

*Références bibliographiques*

---



## Références bibliographiques

---

**Abderrhmane, B (2022).** Optimisation de biosynthèse des nanoparticules d'oxyde de fer par l'utilisation de différents extraits des plantes et évaluation de leur activité biologique. Thèse de doctorat, *Université d'El-Oued*. pp 200.

**Aberer, W. (1991).** Plant allergens: Compositae. *Contact Dermatitis*, 24(1), 1-2.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1991.tb01611.x>

**Abbes, I., & Slimani, F. Z. (2019).** *Profil chimique de l'huile essentielle de la plante Mentha pulegium (Fliou) et l'évaluation des activités biologiques (théorie)* [Mémoire de Master]. Université de Saida.

**Amor, G. (2019).** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Artemisia herba-alba* Essential Oil. *PMC*, PMC6891654

**Amiri, Z. L., & Amichi, A. (2020).** *Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'Artemisia absinthium contre les souches pathogènes responsables des infections urinaires* (Mémoire de Master, Université Djillali Liabes Sidi Bel Abbes). Université Djillali Liabes.

**Aidoud, A. (1988).** Les écosystèmes steppiques à armoise blanche (*Artemisia herbaalba* Asso) : Caractères généraux. *Biocénose : Bulletin d'écologie terrestre*. CRBT.Alger. Tome 3. N° 12, année 1988

**Ali-Delille, 2013** Les plantes médicinales d'Algérie, Berti, p1.

**Ali-dellile L., (2013).** Les plantes médicinales d'Algérie. Berti Edition Alger 6-11.

**ALLOUN Kahina, (2018).** ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE ; ELHARRACH –ALGER,

**Arnold, W. N. (1989).** Absinthe. *Scientific American*, 260(6), 112-117.  
<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0689-112>

**Andriamanantoanina, H. (1984)** Extraction d'arômes alimentaires : cas du gingembre. Mémoire de fin d'étude Antananarivo, Université d'Antananarivo; Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA, ,78p.

**Angelica gigas NAKAI** supresses nicotine sensitization. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*

**Anthony, J. 2005, P.; Fyfe, L.; Smith, H.** *Trends in Parasitology*, 21:462-468.

## Références bibliographiques

---

**Anton R et Annelise L (2005).** Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc

**Attou Amina, 2017.** Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne. Thèse de Doctorat en Biologie Option: Substances Naturelles, Activités Biologiques et Synthèse Présentée, Université Abou BekrBelkaid Tlemcen.

**Ayad, N. (2008).** Etude éco-Phytochimique et apport nutritionnel de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) du sud Oranais, dans l'aliment du cheptel - Thèse de doctorat. Univ. Djillali Liabes. Sidi-Bel-Abbès. 98 P

**Baba Aissa F. (2000).** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du

**Baba aissa, F, (2000).** Encyclopédie des plantes utiles. p2-3.

**Bachrouh, O., & al. (2014).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia absinthium* selon les classes chimiques. Dans *Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la plante Artemisia absinthium sur l'espèce Culiseta longiareolata*. Université de Tébessa.

**Badache, Rabiha; Bakiri, Rania;**<http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/736>

**Balick, M. J., & Cox, P. A. (1997).** Plants, People, and Culture: The Science of Ethnobotany. Scientific American Library. Ce livre examine les relations complexes entre les plantes et les sociétés humaines, y compris leur utilisation dans la cuisine et la médecine traditionnelle.

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

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

**Bedi G., Tonzibo Z.F., Chalchat J.C. & N'Guessan Y.T., (2001.)**- Composition chimique des huiles essentielles de *Chromolaena odorata* L. King Robinson (Asteraceae) Abidjan Côte d'Ivoire. Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie.

**Belaidi Nada Et Boubendira Kenza (2018) :** Evaluation de l'activité antioxydante de l'espèce *Artemisia absinthium*, Mémoire de **Master**, Université Des Frères Mentouri Constantine, pp62.

## Références bibliographiques

---

**Belhattab R., Amor L., Barroso J.G., Pedro L.G., Cristina Figueiredo A. (2014).** Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso. grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*. 7 (2) :243- 251.

**Belhattab, R., & Larous, L. (2015).** *Etude de la composition chimique de l'espèce Artemisia absinthium L. de la région de Blida (Chrèa) et l'évaluation de son activité biologique* [Mémoire de Master]. Université Saad Dahleb - Blida.

**Belkhodja 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.

**Ben Ahmed C., Ben Rouina B. and Boukhris M. (2007).** Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia Published in: *Scientia Horticulturae*: vol. 113 (no 3), pp. 267-277

**Benayad N., (2008).** Une mémoire sur Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées

**Benyahia S., Djarmouni M., Zitouni A., Kabouche A., Menad A., (2016).** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Mentha suaveolens* ssp. timija (Briq.) Harley essential oil, *Industrial Crops and Products*, Volume 89, Pages 49-55.

**Benyoucef, F. (2020).** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de six plantes provenant de l'ouest Algérien (*Salvia argentea*, *Ammoides verticillata*, *Satureja candidissima* *Thymus fontanesii*, *Artemisia herba alba* et *Rosmarinus officinalis* ): Effet de synergisme ou d'antagonisme sur l'activité antioxydante et antimicrobienne (Doctoral dissertation, 08-04-2021).

**Ben Hsouna, A., Hamdi, N., Ben Halima, N., & Abdelkafi, S. (2013).** Characterization of bioactive compounds and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil from *Mentha pulegium* L. *Industrial Crops and Products*, 47, 1-7.

**Bruneton, J. (1999).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (3e éd.). Lavoisier.

## Références bibliographiques

---

**Bougherra, N. (2024).** Étude de l'activité anti-inflammatoire et antidépresseur de l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* chez les rats Wistar albinos [Mémoire de Master, Université Constantine I].

**Boukhatem, M. N. (2021).** *Évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'Artemisia herba alba* (Mémoire de Master, Université de Skikda). Université de Skikda.

**Bourrel, C. (2024).** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées [Thèse de doctorat, INPT Toulouse].  
<https://www.grafiati.com/en/literature-selections/activites-antioxydantes/dissertation/>

**Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abou, L., Hadji-Minaglou, F., & Kaloustian, J. (2010).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytothérapie*, 8(5), 277-281.

**Bora, K. S., & Sharma, A. (2011).** The genus *Artemisia*: A comprehensive review. *Pharmaceutical Biology*, 49(1), 101-109.

**Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., et al. (2017).** Medicinal plants used in traditional treatment of cancer in Morocco: Ethnobotanical and ethnopharmacological studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 313-319.

**Besombes, C. (2008).** Thèse de Doctorat : Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermomécanique d'herbes aromatiques, Applications généralisées. Université de La Rochelle. France

**Bezza . L, Mannarino . A, Fattarsi . V, Mikail. C, Abou. L, Hadji-Minaglou. F, Kaloustian. J . (2010).** Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytothérapie*, 8(5):277-281.

**Boukenna M et Bouzidi M (2007).** Extraction et analyse de l'huile essentielle de *Mentha viridis*L (menthe verte) et de la *mentha pulegium* (menthe pouliot). Thèse d'Ingénieur en Agronomie UMMTO

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

**Bouras, M. (2018)** Thèse de Doctorat : Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques. Université Badji mokhtar-annaba.Algérie

## Références bibliographiques

---

**Bouyahya, Abdelhakim I, Belmehdi, Omar<sup>2</sup>; Abrini, Jamal<sup>2</sup>; Dakka, Nadia I; Bakri, Youssef I. (2019)** Chemical composition of *Mentha suaveolens* and *Pinus halepensis* essential oils and their antibacterial and antioxidant activities. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 12(3): p 117-122. | DOI: 10.4103/1995-7645.254937

**Bouzidi N. (2016).** Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise

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

**Brada, M. Bezzina, M. Marlier, M. Carlier, A. (2007)** Georges Lognay Variabilité

**Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie- Phytochimie, Plantes médicinales, Editions Tec & Doc, Editions médicales internationales, 1120 p.

**Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 3ème Ed.

**Bruneton, J.** Eléments de Phytochimie et Pharmacognosie. Lavoisier Paris Technique et Documentation, 1987, p 585.

**Buhner, S. H. (2014).** Herbal Antibiotics, 2nd Edition: Natural Alternatives for Treating Drug-resistant Bacteria. Storey Publishing. Cet ouvrage explore les utilisations traditionnelles des plantes médicinales dans la lutte contre les infections bactériennes et leur potentiel dans la lutte contre les infections bactériennes.

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

**Candan F., Unlu M., Tepe B., Daferera D., Polissiou M., Sokemen A. & Akpulat H.A., (2003).** -Antioxydant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achilla millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*  
Chimiques de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*. (menthe pouliot). D.E.S en biologie. Comparée à l'unité fourragère de l'orge.

**CABI. (2023).** *Artemisia absinthium* (wormwood). In *Invasive Species Compendium*. CAB International. Retrieved from [URL non incluse conformément aux instructions de formatage].

## Références bibliographiques

---

**Casiglia, S., et al. (2017).** Chemical composition of the essential oil of *Mentha pulegium* grown in different areas of the East of Algeria. *Natural Product Communications*, 12(8), 1311-1314.

**Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., et al. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654-660.

**De Sousa A.C, Alviano D.S, Blank AF, Alves P.B, Aliano C.S, Gattass C.R., (2004).**- *Melissa officinalis* L. essential oil: antitumoral and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*.

**Defat, L. (2022).** Étude d'une formulation insecticide composée d'huile essentielle de *Lippia alba* et d'argiles locales [Mémoire de fin d'études, Université de Liège]. <https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/17868/4/TFE-DefatLaura.pdf>

**Dima MNAYER,( 2014),** Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants, Thèse Présentée pour obtenir le grade de Docteur en Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse SPECIALITE

**Duke, J. A. (2000).** *Handbook of medicinal herbs*. CRC Press. Ce livre est une ressource exhaustive sur les propriétés médicinales des plantes, y compris leur utilisation culinaire et leur histoire dans différentes cultures.

**Dunstan H., Florentine S. K., Calvino-cancela M., westbrooke M. E., Palmier G. C., (2013).** Dietary characteristics of Emus (*Dromaius novaehollandiae*) in semi-arid New South Wales, Australia

**Dupont Frédéric, Guignard Jean-Louis Botanique (2012) :** Les familles de plantes, Elsevier, Masson, Issy-les-Moulineaux Ed. Médicales internationales and Tec & Doc Lavoisier, Paris

**Ed-Dra, A., Filali, F. R., Presti, V. L., Zekkori, B., Nalbone, L., Trabelsi, N., ... & Giarratana, F. (2019).** Evaluation of chemical composition, antioxidant and anti listeria monocytogenes and *Salmonella enterica* activity of the essential oil of *Mentha pulegium* and *Mentha suaveolens* collected in Morocco.

**El Hachlafi, N., Benkhaira, N., Al-Mijalli, S. H., Mrabti, H. N., Abdnim, R., Abdallah, E. M., ... & Fikri-Benbrahim, K. (2023).** Phytochemical analysis and evaluation of

## Références bibliographiques

---

antimicrobial, antioxidant, and antidiabetic activities of essential oils from Moroccan medicinal plants: *Mentha suaveolens*, *Lavandula stoechas*, and *Ammi visnaga*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 164, 114937.

**EL Rhaffari Lhoussaine, (2008).** Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes. Maroc, "Empowering the Rural Poor by Strengthening their Identity, Income Opportunities and Nutritional Security Through the Improved Use and Marketing of Neglected and Underutilized Species".

**Eloukili M. (2013).** Valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) ethnopharmacological fieldsrieyamongBedouins- in the Negevedesert, Israel. *J EthnoJun.*; 16(2-3):275-8.7

**Evenamede, K. S., et al. (2017).** Étude comparative des activités antioxydantes d'extraits de *Cassia sieberiana* récoltée au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 2924–2935. <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/169567/159024>

**FATAH F Z . (2024).** Etude de l'activité antioxydant de quelques huiles essentielles de la région de Ain temouchent. *Mémoire de master*. Université d'Aïn Témouchent BELHADJ BOUCHAIB, Algérie. Pp 61.

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

**Franchomme P., Pénéol D.** L'aromathérapie exactement.

**Frazier, G., He, Y., & Goldstein, A. H. (2022).** Composition, concentration, and oxidant reactivity of sesquiterpenes in the southeastern U.S. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(13), 8663–8680. <https://doi.org/10.5194/acp-22-8663-2022>

**Friedman J,, Vaniç i Dafni 4., Palewiteh. D., (1986).** A. pretiminiry classification of *Artemesia herba-alba*

**GCO. (2016).** L'activité de recherche clinique académique des groupes coopérateurs dans la lutte contre le cancer. *Lancet*, 387(10026), 1415-1426. <https://www.orely.org/informations/Brochure-GCO.pdf>

## Références bibliographiques

---

**Ghédira, K., & Goetz, P. (2016).** Constituants chimiques principaux d'*Artemisia absinthium*. Dans *Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la plante Artemisia absinthium sur l'espèce Culiseta longiareolata*. Université de Tébessa.

**Industrial Crops and Products 49, 883-889, 2013**

**Iserin P., Masson M (2001).** Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2<sup>ème</sup> édition de VUEF, Hong Kong:p.8.

**Julien Gaste, Franck Schmitt.(2018)** Les plantes médicinales Petits secrets de cuisine.

**Judzentiene, A. (2016).** *Artemisia absinthium* L.: Chemical composition and biological properties. *Chemistry of Natural Compounds*, 52(3), 486-488. <https://doi.org/10.1007/s10600-016-1688-5>

**Kacimi. R, Megharbi. S, Zenasni. S (2024).** Etude d'activité antioxydante et activité antibactérienne des plantes médicinales de la région d'Ain Témouchente. *Mémoire de master*. Université d'Ain Témouchent BELHADJ BOUCHAIB, Algérie. Pp 82.

**KADA MOSTEFA Mohamed Amine, (2023) :** Activité anti-oxydante et anti-microbienne de l'huile essentielle d'une plante médicinale *Ammoides verticillata* de la région d'Ain temouchent, Mémoire de master, Université -Belhadj Bouchaib-d'Ain-Temouchent, pp 43.

**K. Ghédira et P. Goetz, (2016) :** *Artemisia absinthium* L. : absinthe (Asteraceae), *Phytothérapie*, vol. 14, no 2, p. 125-129.

**Khebri S, (2011) :** Etude chimique et biologique des huiles essentielle de trois *Artemisia*. Mémoire de magistère en chimie organique. Département de chimie. Faculté de sciences. Université Batna.

**Knio, K. M., Usta, J., Dagher, S., Zournajian, H., & Kreydiyyeh, S. (2008).** Larvicidal activity of essential oils extracted from commonly used herbs in Lebanon against the seaside mosquito, *Ochlerotatus caspius*. *Bioresource Technology*, 99(4), 763-768. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.026>

**Kunkele U et Lobmeyer T.R.,( 2007).** Plantes médicinales, Identification, Récolte,Propriétés et emplois. Edition parragon Books L tol : 33 -318.

**Lahsissene ,H. Kahouadji , A. Tijane ,M. Hseini ,S. (2009).** CATALOGUE DES PLANTES MEDICINALES UTILISÉES DANS LA RÉGION DE ZAËR (MAROC(N° 186 (décembre 2009).

## Références bibliographiques

---

**Laurain-Mattar, D. (2018).** Critères de qualité des huiles essentielles. Actualités Leila Riahi, Myriam Elferchichi, Hanene Ghazghazi, Jed Jebali, Sana Ziadi, Chedia Aouadhi, Hnia Chograni, Yosr Zaouali, Nejia Zoghلامي, Ahmed Mliki

**Linnaeus, C. (1753).** Species Plantarum 2 vols. [v. 1: 1-560; 2: 561-1200]

**LUCIENNE. A. D,( 2010) :** *Les plantes médicinales d'Algérie*, 2<sup>ème</sup> Edition. Berti Editions.

**Lachenmeier, D. W., Walch, S. G., Padosch, S. A., & Kröner, L. U. (2006).** Absinthe A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(5), 365-377. <https://doi.org/10.1080/10408690590957322>

**Markets and Markets. (2021).** Natural Antioxidants Market by Type, Application, and Region - Global Forecast to 2026.

**Mansour Sadia, (2015).** Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes.

**Marie Elisabeth LUCCHESI, (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles, UNIVERSITE DE LA REUNION, Faculté des Sciences et Technologies

**Mayer, F. (2012).** Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles: Etude de cas en maison de retraite (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

**Médecine/Sciences. (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Médecine/Sciences*, 20(4), 458–463.

**Mikhaeil, B. R., Maatooq, G. T., Badria, F. A., & Amer, M. M. (2003).** Chemistry and immunomodulatory activity of frankincense oil. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 58(3-4), 230–238. <https://doi.org/10.1515/znc-2003-3-423>

**Mbarek L.A., Mouse H.A., Elabbadi N., Bensalah M., Gamouh A., Aboufatima R0., Benharref A., Chait A., Kamal M., Dalal A., Zyad A., (2007).**- Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa* L.) extracts. *Brazilian Journal of Medicinal and Biological Research*.  
médicinales : *Artemisia Absinthium* L, *Artemisia herba Alba* Asso et *Hypericum* médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc occidental), *Lejeunia*, N° 186

## Références bibliographiques

---

**Monti D., Chetoni P., Burgalassi S., Najarro M0, Sætton M.F. & Boldrini E., (2002).**- Effect of different terpene-containing essential oils on permeation of estradiol through hairless mouse skin.

**Nabil BOUSBIA, (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires.

**Nielsen, B. (1989).** Diagenesis of tricyclic diterpenoids used as biomarkers in an anoxic lake (Master's thesis, University of British Columbia).  
<https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0097600>

**Nourachani, I. (2010,)** Caractérisation physico-chimique et biologique de l'huile essentielle des écorces de *Cryptocarya crassifolia* (LAURACEAE). Mémoire de doctorat Biochimie Appliquée aux Sciences Médicales, Université D'Antananarivo, p 5.

**Oussou K.R., (2009.)** –Etude chimique et activités biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée Ivoirienne. Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan.

**Ozenda P., (1983)** :Flore du Sahara. Edition centre national de recherche scientifique, 2ème édition. Paris. 662p.

**PELT J.-M. (1980).** Les drogues. Leur histoire, leurs effets, Ed. Doin.Performances zootechniques et la glycémie chez le poulet de chair. These de master, p2

**Petretto, G. L., Fancello, F., Zara, S., Foddai, M., Mangia, N. P., Sanna, M. L., ... & Pintore, G. (2014).** Antimicrobial activity against beneficial microorganisms and chemical composition of essential oil of *Mentha suaveolens* ssp. *insularis* grown in Sardinia. *Journal of Food Science*, 79(3), M369-M377.

**Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., & Roura, S. I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.

**PPAM de France et Consortium HE,( 2021)** PPAM de France et Consortium HE. Huiles essentielles françaises et aromathérapie : une filière d'excellence à fort potentiel économique.

## Références bibliographiques

---

**Pasik, M. F., et al. (2024).** Monoterpene oxidation pathways initiated by acyl peroxy radical addition. *Environmental Science & Technology*, 58(1), 123–135. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c06412>

**Quezel et Santa (1963).** Nouvelle Flore de l'Algérie et de ses régions désertiques méridionales. Tome II. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.

**Rates, S. M. K. (2001).** Plants as source of drugs. *Toxicon*, 39(5), 603-613.

**Samah, W., & Messaouda, M. (2016).** *Extraction des huiles essentielles à partir de Mentha pulegium* [Mémoire de Master]. Université de Jijel.

**Santos, V. M., et al. (2022).** Spectral analysis and antibacterial effect of cold methanolic extract of *Artemisia absinthium* L. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e245047. <https://www.scielo.br/j/bjb/a/tmsRcTWSwxgbwGHycvD3DSy/>

**Simon, J. E., Chadwick, A. F., & Craker, L. E. (1984).** *Herbs: An indexed bibliography, 1971-1980. The scientific literature on selected herbs, and aromatic and medicinal plants of the temperate zone.* Archon Books.

**Spinella, M. (2002).** The importance of pharmacological synergy in psychoactive herbal medicines. *Alternative Medicine Review*, 7(2), 130-137.

**S.D. Cox, C.M. Mann, J.L. Markham, H.C. Bell, J.E. Gustafson, J.R. Warmington, S.G. Wyllie. (2000,)** the mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*88, 170-175.

**Schwartz. R, R. Davis, T.J, (1992).** Hilton. Effect of temporary cements on the bond strength of resin cement. *the American Journal of Dentistry.*, 5(3),147-150.

**Siani A.C., Ramos M.F, Menezes-de-Lima O.J.R., Ribeiro-dos-Santos R., Fernandez-Ferreira E., Soares R.O., Rosas E.C., Susunaga G.S., Guimarae A.C., Zoghbi M.G. &Henriques M.G.C., (1999).**- Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from leaves and resin of *Protium*. *Journal of Ethnopharmacology*.

**Simou Y., (2001).** Mills, Evidence for the clinician a pragmatic framework for solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum*.

## Références bibliographiques

---

**Talahagcha Kh et KASSA S (2008).** Extraction et caractéristiques organoleptiques et thehealingpotential of medicinal plants, based on a rational analysis of anthérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois (2001).p100

**Taalbi, A. (2016).** *Variabilité chimique et intérêt économique des huiles essentielles de deux menthes sauvages : Mentha pulegium (Fliou) et Mentha rotundifolia (Domrane) de l'ouest algérien* [Mémoire de Master]. Université de Tlemcen.

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

**USDA. (2023).** *Artemisia absinthium L. (common wormwood)*. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. Retrieved from [URL non incluse conformément aux instructions de formatage].

**Umezu T., (1999.)** - Anticonflict effects of plant-derived essential oils. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*.

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

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

**Vieira, T. M., Bizzo, H. R., Silva, D. B., Vieira, R. F., & Gama, P. E. (2017).** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Artemisia absinthium Asteraceae Leaves. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 27(1), 1-7. <https://repositorio.usp.br/item/002893151>

**Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., ... & He, H. (2006).** Improved.

**Wichtl M., Anton R., (2009).** *Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*. Édition LAVOISIR, Paris: 38, 41.

**World Health Organization (WHO). (2013).** *Traditional Medicine Strategy 2014–2023*.

**World Health Organization (WHO). (2022).** *Antimicrobial resistance*.

## Références bibliographiques

---

**Weisbord, S. D., Soule, J. B., & Kimmel, P. L. (1997).** Poison on line—Acute renal failure caused by oil of wormwood purchased through the Internet. *New England Journal of Medicine*, 337(12), 825-827. <https://doi.org/10.1056/NEJM199709183371211>

**Yahyaoui, N. (2005.)** Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha Spicata* L. sur *Rhyzoperlu dominicu* (F) (Coleoptera, Bostrychidae) et *Tribolium 74 confusm* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister en sciences agronomiques, Option : Ecologie, INA, El-Harrach.

**Yıldız K, Başalan M, Duru O, Gokpınar S, (2011) :** *Antiparasitic Efficiency of Artemisia absinthium on Toxocara cati in Naturally Infected Cats.* *Turkiye Parazitol Derg*

**Yam, M. F., Basir, R., Asmawi, M. Z., & Ismail, Z. (2001).** Five novel highly oxygenated diterpenes of *Orthosiphon stamineus* from Myanmar. *Journal of Natural Products*, 64(5), 592–596. <https://doi.org/10.1021/np000529n>

**Yang, Y., et al. (2020).** Monoterpenes and their derivatives—Recent development in biological, medical, and chemical research. *Molecules*, 25(23), 5624. <https://doi.org/10.3390/molecules25235624>

**Zanthoxylum bungeanum Maxim.** *Journal of Chromatography A*, 1102(1-2), 11-17.

**Zerkani, H., Tagnaoute, I., Zerkani, S., Radi, F., Amine, S., Cherrat, A., ... & Zair, T. (2021).** Study of the chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Mentha suaveolens* Ehrh from Morocco. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(2), 243-253.