

*Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique*



*Université de Ghardaïa*

N° d'ordre :  
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies  
Département de Génie des procédés

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

## **MASTER**

**Domaine :** *Sciences et Technologies*

**Filière :** *Génie des procédés*

**Spécialité :** *Génie chimique*

## **Thème**

**ETUDE DES ACTIVITES BIOLOGIQUES D'UNE  
PLANTE AROMATIQUE MEDICINALE**

**Par :** *TERBAGOU Khedidja*

*MINATA Nour El Houda*

**Soutenu publiquement le : 19/06/2023**

**Devant le jury :**

**BENCHADI Wassila**

MCB

Univ. Ghardaïa

**Président**

**ADAMOU Youcef**

MAA

Univ. Ghardaïa

**Examineur**

**BABA ARBI Ilias**

MAA

Univ. Ghardaïa

**Examineur**

**BENCHEIKH Salah Eddine**

MCB

Univ. Ghardaïa

**Encadreur**

**Année universitaire 2022/2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Dédicace

*Je dédie ces mots avec sincérité.*

*A mes chers parents, ma mère et mon père, pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.*

*A mes chères sœurs et mon cher frère. A mes grands-parents. A ma chère grande famille du petit au grand pour leur encouragement.*

*A ma binôme Houda*

*A mes amis et camarades et tous ceux qui me sont chers.*

*Et n'oublions pas tous les enseignants, qu'ils soient de l'enseignement primaire, du collège, du lycée ou de l'enseignement supérieur.*

*Khadija...*

# Dédicace :

*Je dédie humblement ce travail à :*

- *Ceux qui m'ont appris une lettre dans cette vie.*
  - *A ma "chère mère" que Dieu te préserve dans ma vie, car tu es mon soutien et mon secours. Puisse-t-Il prolonger tes jours.*
  - *A mon "cher père" que Dieu illumine mon chemin grâce à sa présence et prolonge sa vie.*
  - *A ceux qui ont été une bénédiction dans ma vie, à l'anneau solide qui m'a soutenu dans mon parcours de recherche, mes frères et sœurs "Younes, Abdelmounaïm, Safa, Hassana et Nour El-Iman".*
  - *A ceux qui ont partagé notre voyage vers le succès, à ceux qui se sont unis à moi pour surmonter les obstacles, mes compagnes de route "Sabrine et Fatima".*
  - *A ma chère sœur et jumelle "Hassana" qui a été mon soutien moral avant même d'être matériel.*
  - *A ma camarade d'études "Khadija" que Dieu la guide dans son*
- parcours.*
- *Enfin, à celui qui m'a soutenu et m'a aidé, de près ou de loin "Zino"*

*Il a joué un rôle crucial dans la réalisation de cette étude. Qu'Allah*

*le récompense le meilleur ici-bas et dans l'au-delà.*

*Nour El Houda...*

# Remerciement

Nous aimerions exprimer nos sincères remerciements à Dieu tout-puissant pour nous avoir accordé la santé, la force, la patience, le courage et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail. Nous souhaitons également exprimer notre gratitude au **Dr BENCHEIKH Salah Eddine** pour avoir encadré ce travail. Votre disponibilité, votre précieuse aide, vos conseils, votre objectivité, votre rigueur scientifique et vos précieux conseils ont grandement contribué à l'avancement de ce travail. Nous tenons également à soutenir le **Dr RAACH Imane**, le co-encadrant de ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement **Mr. AOUF Djaber**, directeur du laboratoire de génie des procédés, ainsi que les ingénieurs des laboratoires de la Faculté des Sciences et de la Technologie de l'Université de Ghardaia.

Nos remerciements vont également aux ingénieurs des laboratoires de la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Ghardaia, ainsi qu'à **Mr. TABBAKH Abdelaziz**, ingénieur de laboratoire en biochimie d'analyse médicale à ESSALAM. Nous souhaitons exprimer notre plus profonde gratitude à toutes nos amies de la promotion pour leur soutien moral tout au long de ces années mémorables. Enfin, nous tenons à remercier les membres du jury et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## الملخص:

هذا العمل جزء من دراسة النشاط المضاد للبكتيريا ومضادات الأكسدة للنباتات العطرية والطبية الجزائرية. لقد أجرينا دراسة على نبات يستخدم على نطاق واسع من قبل السكان المحليين، وهو، *Artemisia herba alba* نبات عطري من المناطق غرداية، المنبوعة وتمنراست.

استخرجنا الزيوت الأساسية من الجزء الهوائي للنباتات المدروسة بتقنية التقطير المائي. بلغ مردود الاستخلاص 0,6892% غرداية، 0,8734% المنبوعة و 1,2145% تمنراست.

أظهر النشاط المضاد للبكتيريا أن سلالة *Staphylococcus aureus* هي الأكثر حساسية في للزيوت الأساسية المستخلصة مع قطر تثبيط بلغ 18 ملم. تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة للزيوت الأساسية من خلال اختبار مسح الجذور الحرة DPPH وأظهر وجود نشاط مضاد للأكسدة لهذه الزيوت ( $IC_{50}$ : 44,84% ملغ / مل من غرداية  $IC_{50}$ : 68,73% ملغ/مل من المنبوعة و  $IC_{50}$ : 8,45% ملغ / مل من تمنراست).

أظهرت هذه الدراسة ان النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للبكتيريا للزيت الأساسي لتمنراست هو الأعلى مقارنة بالزيوت الأساسية للمنطقتين الأخرين.

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الأساسية، *Artemisia herba alba*، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للأكسدة.

## **Abstract:**

This work is part of the study of the antibacterial and antioxidant of Algerian aromatic and medicinal plants. We conducted a study on a plant widely used by the local population, *Artemisia herba alba*. The aromatic plant comes from the regions of Ghardaïa, El Menia, and Tamanrasset.

Essential oils were extracted from the aerial part of the plants studied using the hydro-distillation technique. The extraction yield obtained was 0.6892% from Ghardaïa, 0.8734% from El Menia, and 1.2145% from Tamanrasset.

The antibacterial activity showed that the *Staphylococcus aureus* strain was the most sensitive to our essential oils, with an inhibition zone of 18 mm. The antioxidant activity of the essential oils was evaluated using the DPPH radical scavenging test, which showed the presence of antioxidant activity in our oils (IC<sub>50</sub> = 44.48 mg/mL for Ghardaïa, IC<sub>50</sub> = 68.73 mg/mL for El Menia, and IC<sub>50</sub> = 8.45 mg/mL for Tamanrasset).

This study showed that the antioxidant and antibacterial activity of Tamanrasset essential oil is the highest compared to essential oils from other two regions, and its extraction recorded the highest yield.

**Key words:** essential oils, *Artemisia herba alba*, antibacterial activity, antioxidant activity.

---

**Liste des tableaux**

**Tableau 1:** Les noms vernaculaires de la plante armoise blanche selon les pays.....24

**Tableau 2:** Classification systematique de *l'artemisia herba alba* . .....24

**Tableau 3:** Composition des huiles essentielles de artemisia herba alba selon la situation ....32

**Tableau 4:** Serie de dilutions des huiles essentielles de chaque plante .....48

**Tableau 5:** Ranscription des diametres d'inhibition des disques impregnes. ....56

**Tableau 6:** Les parametres organoleptiques des huiles essentielles des trois regions. ....58

**Tableau 7:** Les parametres physico-chimique s des huiles essentielles des trois regions. ....59

**Tableau 8:** Concentration inhibitrice a 50% des huiles essentielles et de l'acide ascorbique .63

**Tableau 9:** Resultat d'activite antibacterienne d'HE *d'artemisia herba alba* de 47. ....64

**Tableau 10:** Resultat activite antibacterienne d'HE *d'artemisia herba alba* de 58. ....65

**Tableau 11:** Resultat activite antibacterienne d'HE *d'artemisia herba alba* de 11. ....66

**Tableau 12:** Resultat d'activite antibacterienne d'HE *d'artemisia herba alba* par photos. ....67



## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Provenance des huiles essentielles en fonction des différentes parties de plantes.....	6
<b>Figure 2:</b> Schéma représentant les principaux constituants des HES .....	8
<b>Figure 3:</b> Unité d'isoprène.....	9
<b>Figure 4:</b> Modes d'extraction des huiles essentielles.. .....	11
<b>Figure 5:</b> Distillation par entraînement à la vapeur d'eau .....	13
<b>Figure 6:</b> Le montage d'hydrodistillation.....	14
<b>Figure 7:</b> Schéma d'une installation de vapo-hydrodistillation.....	15
<b>Figure 8:</b> Schéma du procédé d'hydro-diffusion.....	16
<b>Figure 9:</b> Structure des citruses.....	17
<b>Figure 10:</b> La plante l'armoise blanche à la fin de la saison de floraison.....	23
<b>Figure 11:</b> <i>Artemisia herba-alba</i> (armoise blanche). .....	25
<b>Figure 12:</b> Morphologie générale de la plante <i>artemisia herba-alba</i> .....	26
<b>Figure 13:</b> Photographie de tige et des feuilles de l'espèce <i>a. herba alba</i> .....	27
<b>Figure 14:</b> Photographie des fleurs de l'espèce d' <i>a. herba alba</i> . .....	28
<b>Figure 15:</b> Distribution géographique <i>artemisia herba</i> .....	29
<b>Figure 16:</b> Distribution géographique d' <i>artemisia herba-alba</i> dans le bassin méditerranéen	30
<b>Figure 17:</b> Aire de distribution d' <i>artemisia herba-alba</i> en Algérie.....	31
<b>Figure 18:</b> La plante d' <i>artemisia herba alba</i> des trois régions.....	38
<b>Figure 19 :</b> Montage d'extraction des huiles essentielles.....	40
<b>Figure 20 :</b> Les étapes de mesure du rendement. ....	41
<b>Figure 21:</b> Le densimètre. ....	42
<b>Figure 22:</b> Protocole indices de réfraction.....	43
<b>Figure 23:</b> Montage d'indice d'acide. ....	45
<b>Figure 24:</b> Diphenylpicrylhydrazyl (Free Radical).....	47
<b>Figure 25:</b> Diphenylpicrylhydrazine (Nonradical) .....	47
<b>Figure 26:</b> <i>Staphylococcus Saprophyticus</i> . .....	51
<b>Figure 27:</b> <i>Staphylococcus Aureus</i> .....	51
<b>Figure 28:</b> <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> . .....	51

<b>Figure 29:</b> <i>Escherichia Coli</i> .....	51
<b>Figure 30:</b> Zone sterile.....	52
<b>Figure 31 :</b> Rechauffement le contenu des bouteilles de mueller hinton.....	52
<b>Figure 32:</b> Boites petries coulé par gelose.....	53
<b>Figure 33 :</b> Protocole du test de l'activite antibacterienne. ....	55
<b>Figure 34:</b> Mecanisme reactionnel du test DPPH• entre l'espece radicalaire DPPH• et un antioxydant (RH) .....	61
<b>Figure 35:</b> Les resultats obtenus de l'activite antioxydante par la methode de DPPH. ....	62
<b>Figure 36:</b> Activite antioxydante des huiles essentielles de 11 et de 47 et 58.....	62

## Listes des abréviations

<b>HE</b>	Huile essentielle.
<b>AFNOR</b>	Association Française de la Normalisation.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization.
<b>ABTS*+</b>	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid). diammonium salt radical cation.
<b>CMI</b>	Concentration minimale inhibitrice.
<b>IC50</b>	Concentration donnant 50% d'inhibition.
<b>HE 47</b>	Huile essentielle de Ghardaïa.
<b>HE 58</b>	Huile essentielle de El Menia.
<b>HE 11</b>	Huile essentielle de Tamanrasset.
<b>DMSO</b>	Diméthyle sulfoxyde.
<b>DPPH</b>	2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyl

**Table des matières**

*Listes des tableaux*..... I  
*Listes des figures*..... II  
*Listes des abréviations*..... IV  
*Tableaux des matières* ..... V  
*Introduction générale* ..... I

**Chapitre I : Les huiles essentielle**

*I.1.Historique* :.....3  
*I.2.Définition* : .....4  
*I.3.Localisation des huiles essentielles dans les plantes* :.....5  
    I.3.1. Le dépôt exogène :.....6  
    I.3.2. Le dépôt endogène :.....6  
*I.4.Composition des huiles essentielles* : .....7  
    I.4.1. Les composés terpéniques : .....8  
        I.4.1.1. Les Monoterpènes : .....9  
        I.4.1.2. Les sesquiterpènes : .....10  
    I.4.2. Composés aromatiques .....10  
    I.4.3. Les composés d'origine diverses : .....10  
*I.5. Technique d'extraction des huiles essentielles* : .....11  
    I.5.1. Entraînement par la vapeur d'eau : .....12  
    I.5.2. Hydrodistillation : .....13  
    I.5.3. Distillation à la vapeur saturée : .....14  
    I.5.4. Hydro-diffusion : .....15  
    I.5.5. Expression à froid : .....16  
    I.5.6. Extraction par solvants : .....17  
*I.6. Utilisation des huiles essentielles* : .....18  
    I.6.1. Dans l'industrie agro-alimentaire : .....18  
    I.6.2. Dans la médecine et l'industrie pharmaceutique : .....19  
    I.6.3. Dans l'industrie de la parfumerie et de la cosmétique : .....19  
*I.7. Les activités biologiques* : .....20

I.7.1. Les activités antibactériennes :.....	20
I.7.2. Les activités antioxydantes :.....	21
I.7.3. Activité antifongique .....	22
<b>Chapitre II : Etude botanique</b>	
<i>II. Armoise blanche (Artemisia herba alba) :.....</i>	<i>23</i>
II.1. Nomenclature de plant : .....	23
II.1.1. Nom scientifique :.....	23
II.1.2. Noms vernaculaires :.....	24
II.2. Taxonomie : .....	24
II.3. Description botanique : .....	25
II .3.1. Partie souterraine :.....	25
II.3.2. Partie aérienne :.....	26
II.3.2.1. La tige : .....	26
II.3.2.2. Les feuilles et les rameaux :.....	26
II.3.2.2. La fleur :.....	27
II.4. Répartition géographique :.....	28
II.4.1. Dans le monde :.....	28
II.4.2. En Algérie : .....	30
II.5. Usage d'Artemisia :.....	31
II.5.1. Utilisations en médecine traditionnelle :.....	31
II.5.1.1. Composition des huiles essentielles d'Artemisia : .....	32
II.6. Activité biologique des huiles essentielles d'Artemisia :.....	34
II.6.1. Activité antioxydant :.....	34
II.6.2. Activité antibactérienne : .....	34
II.6.3. Activité antifongique :.....	35
<b>Chapitre III : Matériels et Méthodes</b>	
<i>III.1. Matériel végétal :.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2. Extraction des huiles essentielles :.....</i>	<i>38</i>
III.2.1. Matériels et produits : .....	39
III.2.2. Mode opératoire :.....	39
<i>III.3. Analyses des huiles essentielles :.....</i>	<i>40</i>
III.3.1 Analyse physico-chimique :.....	40

II.3.1.1. Le rendement : .....	40
III.3.1.2. La Densité : NF ISO 279 :1999 (T 75-111) : .....	41
□ Matériels et produits : .....	41
□ Mode Opérateur : .....	42
II.3.1.3. Indice de réfraction : NF ISO 280 : 1999 (75-112) : .....	42
□ Matériels et produits : .....	42
□ Mode opératoire : .....	43
III.3.1.4. Indice d'acide : Afnor - NFT - 60 -2000 : .....	44
□ Définition : .....	44
□ Principe : .....	44
□ Matériels et produits : .....	44
□ Mode Opérateur : .....	45
<i>III.4. Activités biologiques : .....</i>	<i>46</i>
III.4.1. Activity antioxydant : .....	46
III.4.1.1. Méthode de DPPH : .....	46
□ A - Matériels et produits : .....	47
□ B. Mode opératoire : .....	47
1. Préparation de DPPH : .....	47
2. Préparation de série de dilution : .....	48
3. L'incubation : .....	49
4. Lecture : .....	49
□ Détermination du pourcentage d'inhibition du DPPH : .....	49
III.4.2. Activité antibactérienne : .....	50
III.4.2.1. Matériels et produits : .....	50
□ Préparation des boîtes de gélose : .....	51
a. Préparation zone stérile : .....	51
b. Fusion de la gélose : .....	52
c. Couler la gélose dans les boîtes : .....	53
d. Dépôt de disques : .....	54
e. Détermination de CMI : .....	56
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
<i>IV- paramètres physico-chimique et organoleptique : .....</i>	<i>58</i>

## *Table de matières*

IV-1- paramètres organoleptique :.....	58
IV-2- paramètres physico-chimique : .....	59
IV.2.1. Le rendement : .....	59
IV.2.2. La densité :.....	60
IV.2.3. Indice de réfraction : .....	60
IV-2-2-Indice d'acide : .....	61
IV.3. Activités biologiques : .....	61
IV.3.1. Activity anti-oxydant :.....	61
IV.3.2. Activité antibactérienne :.....	64
<i>Conclusion</i> :.....	70
<i>Bibliographie</i> :.....	72

# **Introduction générale**



L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires.

La valorisation de ces ressources naturelles végétales passe essentiellement par l'extraction de leurs huiles essentielles. Ces dernières sont des produits à forte valeur ajoutée [1], Ce n'est qu'au moyen âge que les huiles essentielles ont été réellement découvertes grâce aux premières distillations et plus tard, grâce aux progrès de la science et tout particulièrement à l'apparition de la chimie. La médecine traditionnelle ancestrale est le précurseur de la phytothérapie et de l'aromathérapie d'aujourd'hui [2] .

L'Algérie possède une flore riche et variée. Les plantes médicinales qui composent le couvert végétal comprennent le genre *Artemisia*, particulièrement répandu dans les régions semi-arides. De nombreuses espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle, car elles contiennent diverses molécules aux effets thérapeutiques. *Artemisia herba alba* est l'une des espèces les plus connues. Cette plante est largement utilisée pour traiter l'indigestion, les ulcères, les brûlures, la diarrhée, etc.[3]

Cette étude met l'accent sur l'analyse des plantes médicinales et des huiles essentielles, à la suite de l'évaluation du pouvoir antioxydant et de l'activité antibactérienne de leur. La recherche bibliographique et les études biologiques ont été utilisées pour atteindre l'objectif de l'étude.

➤ **Dans la première partie**, l'accent a été mis sur l'histoire des plantes médicinales et leur importance dans la médecine traditionnelle. Nous avons également effectué une recherche documentée sur les huiles essentielles, leurs méthodes d'extraction et leur évaluation de qualité. De plus, nous avons étudié leurs propriétés bénéfiques pour la santé, telles que leur pouvoir antioxydant, antibactérien et d'autres caractéristiques santé utiles.

➤ **Dans la deuxième partie**, des expériences en laboratoire ont permis d'évaluer la puissance des huiles essentielles dans la lutte contre l'oxydation et leur activité antibactérienne. Les résultats ont été analysés et interprétés en se basant sur les recherches antérieures sur la plante étudiée.

➤ **Enfin, dans la conclusion**, les résultats et les principales observations de cette étude sont résumés. L'importance des huiles essentielles en tant que sources naturelles puissantes et polyvalentes est limitée, et des recherches supplémentaires et des explorations dans ce domaine sont encouragées.

# **Partie I**

## Partie théorique

# **Chapitre I**

## **Les huiles essentielle**

**I.1.Historique :**

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C.

Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses [4].

Les égyptiens de l'époque pharaonique (3150-1085 av. J.-C.) utilisaient l'embaumement, avec notamment un mélange d'huiles aromatiques composé d'huile de cèdre et de basilic, qui manifestait une pratique assez sûre des plantes aromatiques [5].

Puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernaient différents domaines : parfumerie, médecine, rites religieux, coutumes païennes, alimentation, etc [4].

Reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées depuis des millénaires en Chine (cannelle, anis, gingembre), en Inde, au Moyen Orient (khella, pin, fenouil...), en Egypte, en Grèce, en Amérique (Aztèques, Mayas, Incas : bois de Hô, sassafras) et en Afrique (encens, myrrhe, ravensare) [6].

La distillation comme méthode de production des HE a été utilisée pour la première fois en Orient (Égypte, Inde et Perse) il y a plus de 2000 ans et a été améliorée au IXe siècle par les Arabes.

Les Musulmans reprirent cette technique et l'adaptèrent à des fins médicales. Ibn Sina, dit Avicenne, le « troisième maître », fait un large usage des huiles essentielles au cours des Xème et XIème siècles, et il contribue à répandre cette thérapeutique grâce à (chamazulène des camomilles) [7].

**I.2.Définition :**

Le terme « huile essentielle » est défini à la fois par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) pour les usages pharmaceutiques et cosmétiques et par l'AFNOR/ISO pour les usages aromatiques et alimentaires [8].

Les HEs appelées encore « essences » ou « essences aromatiques végétales » [5].

En effet, les huiles essentielles sont des substances odorantes, huileuses, volatiles, incolores ou jaunâtres, inflammables, s'altérant facilement à l'air en se résinifiant.

Elles sont ordinairement liquides à la température ambiante, et n'ont pas le caractère gras et onctueux des huiles fixes, au toucher [9].

Une huile essentielle (HE) peut être un ensemble de molécules pour un chimiste, un arôme pour un parfumeur ou encore la quintessence ou l'esprit d'un végétal pour alchimiste. Dans la réalité, une huile essentielle est l'ensemble de tout cela, car il s'agit d'un produit parfumé et volatil [10].

Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits, mais également à partir de gommages qui s'écoulent du tronc des arbres [11].

Elles sont plus légères que l'eau (densité de l'ordre de : 0,750 à 0,990). Ces essences sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques, mais insolubles dans l'eau [12].

Elle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition [13].

Le terme « volatil » s'explique par le fait que les huiles essentielles s'évaporent très rapidement. C'est pourquoi il est nécessaire de les conserver correctement afin qu'elles gardent intacts leurs principes actifs [10].

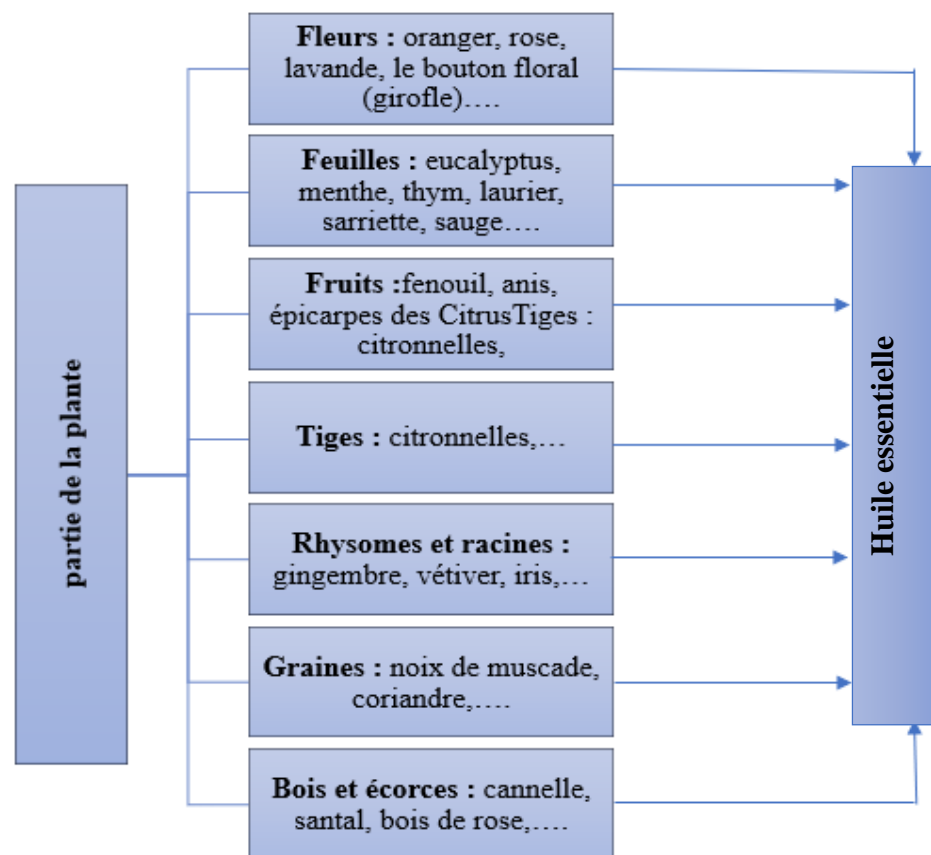
Par la suite, les techniques d'obtention des HE et l'analyse de leur composition chimique ont beaucoup évolué avec les avancées scientifiques. Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie. René-Maurice GATTEFOSSE a créé, en 1928, le terme de l'aromathérapie. Les résultats de ses nombreux travaux seront à l'origine de nombreuses autres recherches [4].

### **I.3. Localisation des huiles essentielles dans les plantes :**

Les huiles essentielles sont très répandues dans le règne végétal, on les rencontre surtout dans les phanérogames, mais quelques cryptogames en renferment également. Dans la plupart des cas, les essences se trouvent toutes formés dans les différents organes, elles sont alors localisées soit dans les glandes des poils sécréteurs, soit dans des réservoirs Intracellulaires ayant la forme des canaux [14].

les huiles essentielles se retrouvent généralement chez les végétaux supérieurs et uniquement chez les genres qui sont capables d'élaborer les constituants qui les composent les huiles essentielles [15].

Le stockage des huiles essentielles se fait dans les organes végétaux : Fleurs, feuilles, fruits, tiges, bois, écorces, parties souterraines (racines, rhizomes) à proximité de la surface [16].



**Figure 1:** Provenance des huiles essentielles en fonction des différentes parties de plantes.

Souvent, on distingue deux types de dépôts des huiles essentielles dans les végétaux ; il s'agit des dépôts endogènes et exogènes :

### **I.3.1. Le dépôt exogène :**

C'est un dépôt à la surface des organes du végétal qui produit l'huile essentielle durant la végétation donnant l'odeur caractéristique du végétal.

### **I.3.2. Le dépôt endogène :**

C'est un dépôt à l'intérieur des organes du végétal, constitué de cellules mortes ou vivantes.



Les principes actifs sont souvent localisés sur ou à proximité de la surface de la plante, On distingue ainsi :

- Cellules à l'huile essentielle des lauracées.
- Poils sécréteurs des labiacées (lavande, menthe, romarin, thym).
- Poches sécrétrices de la myrtacée ou rutacées.
- Canaux sécréteurs des labiacées ou des astéracées [17].

Bien que toutes les parties d'une plante puissent contenir des essences, leurs compositions chimiques varient d'un organe à un autre, mais la plus importante concentration se trouve au niveau des fleurs et des feuilles [16].

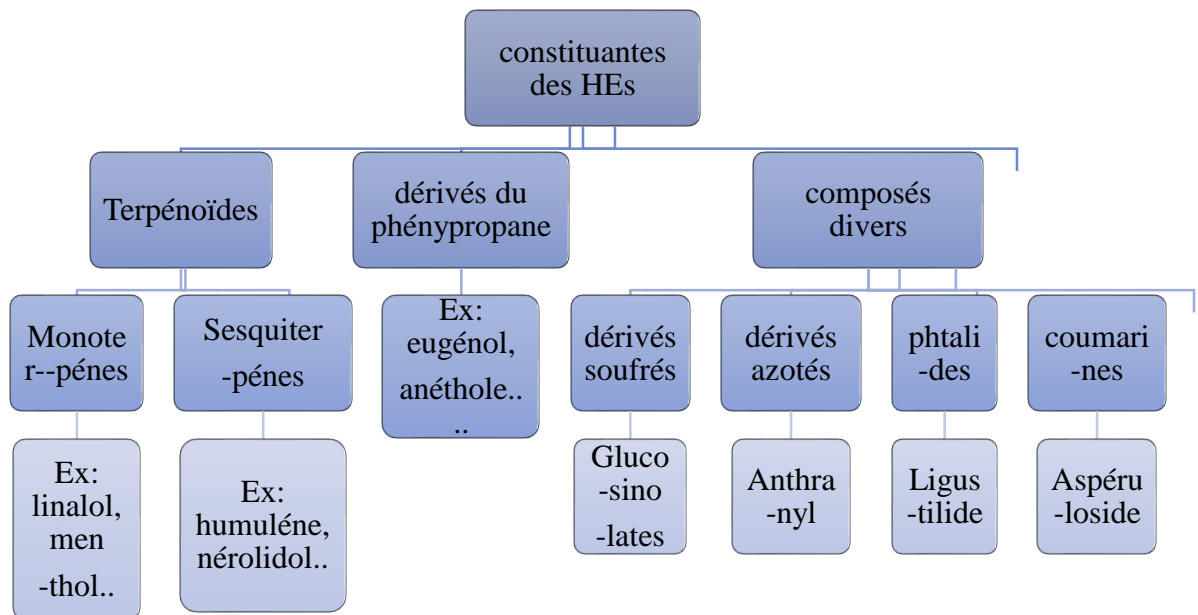
#### **I.4.Composition des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels très complexes qui peuvent contenir de 20 à 60 composés présents à des concentrations variables. Généralement, deux ou trois composés sont présents en concentration majoritaire comprise entre 20% et 70% par rapport à la totalité des composants constituant ainsi le chémotype de l'huile [18].

La composition chimique des essences peut varier en fonction de l'organe, des facteurs climatiques, de la nature du sol, des pratiques culturales et de la méthode d'extraction [19].

Chaque HE contient de nombreuses molécules actives, chacune possédant des propriétés spécifiques. Ce qui rend une huile essentielle unique et polyvalente. En effet, contrairement à un médicament, généralement constitué d'une seule substance active, une HE renferme aldéhydes, cétones, esters, éthers, phénols, alcools, terpènes... en quantités variables. Elle agit sur plusieurs cibles et dévoile ainsi ses nombreuses propriétés. La composition d'une HE demeure extrêmement complexe. Toutefois, les constituants des HEs peuvent être classés en 3 groupes provenant de trois voies de biosynthèse bien distinctes :

- Les terpénoïdes
- Les dérivés du phénylpropane
- Les composés divers.



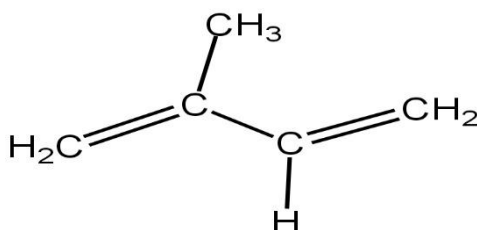
**Figure 2:** Schéma représentant les principaux constituants des HEs [20]

#### I.4.1. Les composés terpéniques :

« *TERPENES* » : *Terpen* (1866) « *das Terpentin* » : est le mot qui désigne la térébenthine. Ce sont des produits hydrocarbonés (composés organiques) issus du métabolisme de la plante [21].

Les composés de la famille des terpènes ont des structures très variées, allant d'une simple chaîne linéaire d'hydrocarbures jusqu'à des agencements complexes de cycles carbonés

Ces terpènes ont tous en commun d'être constitués de multiples sous unités d'isoprène ( $C_5H_8$ ). Ces composés terpéniques, aussi nommés isoprénoïdes ou terpénoïdes [22].



**Figure 3:**Unité d'isoprène. [7]

Cet isoprène est à la base du concept de la « règle isoprénique » énoncée en 1953 par Ruzicka. Cette règle considère le diphosphate d'isopentényle (IPP), désigné sous le nom d'isoprène actif comme le véritable précurseur de la molécule terpénique. Les systèmes enzymatiques responsables de cette conversion (IPP en composés terpéniques dans les trois compartiments : cytoplasmes, mitochondries et plastes) sont hydrosolubles ou membranaires. Ces derniers permettent l'élongation de la chaîne isoprénique conduisant à tout l'éventail des composés terpéniques à 10, 15, 20 et 30 atomes de carbones [23].

Ce sont des molécules composées d'un nombre variable d'unités d'isoprène ,comptant les monoterpènes, les sesquiterpènes et les diterpènes[7].

#### ***1.4.1.1. Les Monoterpènes :***

Les monoterpènes comportent deux unités d'isoprène ( $C_5H_8$ ), volatiles, entraînés à la vapeur d'eau, d'une odeur souvent agréable dont la majorité des constituants des HEs, parfois 90% [23].

Les composés monoterpéniques correspondent le plus souvent à la formule brute  $C_{10}H_{16}$ , qui correspond aux trois possibilités suivantes :

- Monoterpènes acycliques (myrcène, ocimènes),

- Monoterpènes monocycliques (Limonène,  $\alpha$ -et  $\gamma$ -terpinène,  $\rho$ -cymène)
- Monoterpènes bicycliques ( $\alpha$ -pinène, sabinène, camphène,) [24]

#### ***I.4.1.2. Les sesquiterpènes :***

C'est la classe la plus diversifiée des terpènes puisqu'elle contient plus de 3000 molécules [25].

Les sesquiterpènes sont des molécules généralement formées de l'assemblage de trois unités isoprènes dont la formule chimique est  $C_{15}H_{24}$  [26].

Ils sont présents dans de nombreuses HE. Ils présentent des activités bactéricides, anti-inflammatoires. Certains sont hypotenseurs, calmants, ou antiinflammatoires (chamazulène des camomilles) [7].

#### **I.4.2. Composés aromatiques**

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les HE. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol (C6-C3). Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des HE. On peut citer en exemple l'eugénol qui est responsable de l'odeur du clou de girofle [27].

#### **I.4.3. Les composés d'origine diverses :**

Un certain nombre de composés de nature totalement différente se retrouvent dans les huiles essentielles. Ceux-ci sont rares et presque systématiquement présents en très faible quantité.

Leur rôle est le plus souvent très limité bien qu'il puisse parfois entrer en synergie avec des composés majoritaires [28].

Ce sont des produits issus de la transformation de molécules non volatiles pouvant être entraînées par la vapeur d'eau. Ce sont des composés résultant de la dégradation des acides gras, des terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Enfin, il

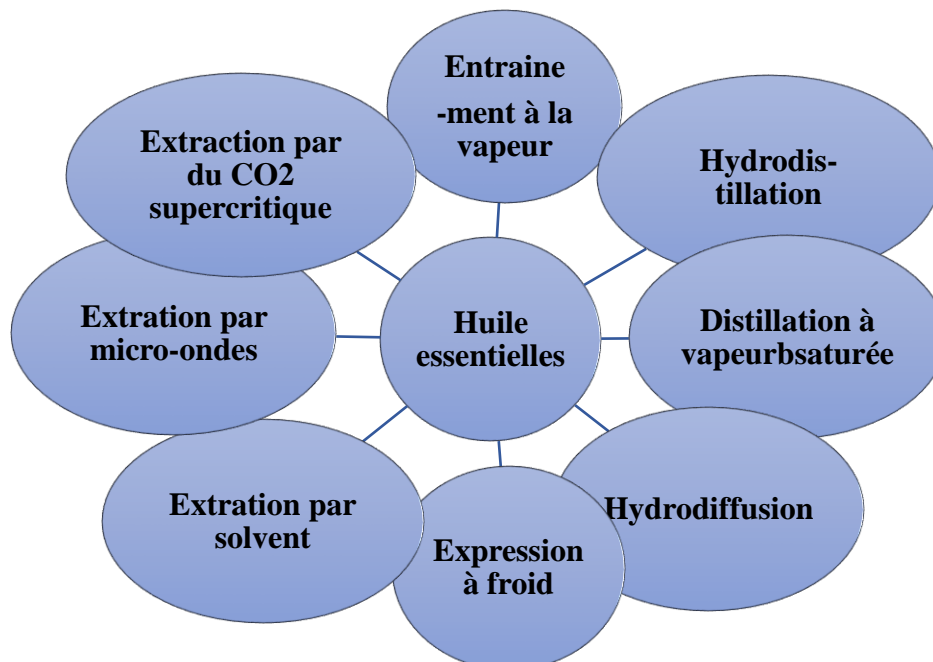
n'est pas rare de trouver dans les bétuns des produits de masse moléculaire plus importante qui ne peuvent pas être entraînés à la vapeur d'eau, mais qui peuvent être extraits par des solvants : homologues de phénylpropanes, diterpènes, etc [15].

### **I.5. Technique d'extraction des huiles essentielles :**

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (par exemple, les flavonoïdes, les HEs, les tanins) [29].

L'extraction des huiles essentielles de la matière végétale peut être réalisée au moyen de nombreux et divers procédés, basés sur des techniques anciennes : distillation, Expression, Enfleurage ou Incision ou plus récentes : extraction sous irradiation micro-ondes ou par ultrasons.

La distillation reste la méthode la plus prisée du fait qu'elle est facile à mettre en œuvre [30].



**Figure 4:** Modes d'extraction des huiles essentielles. [30].

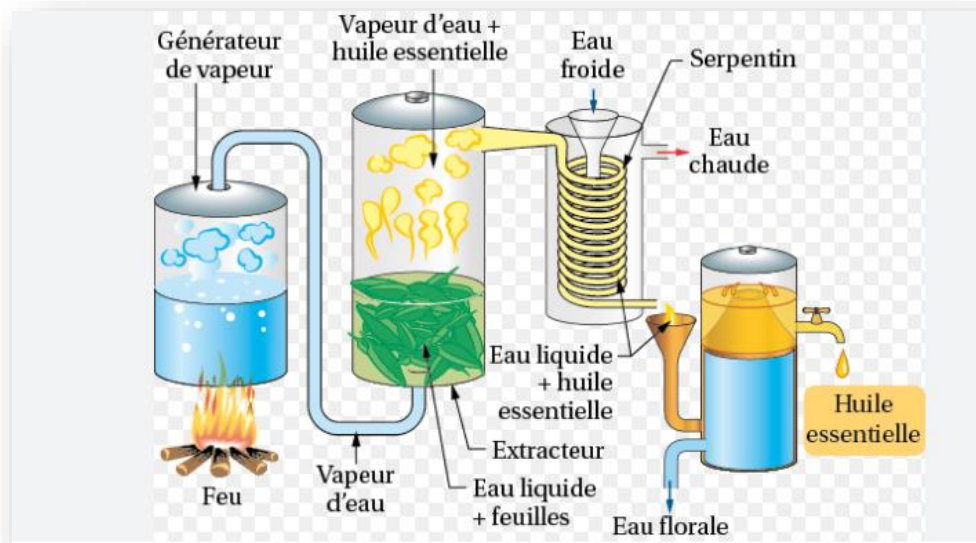
Les étapes d'extraction des huiles essentielles d'origine végétale restent les mêmes quel que soit le « type » d'extraction utilisé. Il faut d'abord extraire les molécules aromatiques qui composent l'huile essentielle de la matière végétale, puis dans un second temps séparer ces molécules du milieu par distillation [31].

### **I.5.1. Entraînement par la vapeur d'eau :**

C'est le procédé le plus ancien et le plus approprié pour extraire l'huile des plantes. C'est aussi la seule méthode de distillation recommandée par la Pharmacopée française car elle minimise les modifications d'hydrolyse (En particulier les esters). Le distillateur est utilisé pour l'extraction quantitative et qualitative des huiles essentielles. L'ancien distillateur ne séparait pas les plantes de l'eau, ce qui faisait que les plantes cuisaient et produisaient des huiles essentielles à l'odeur de "brûlé". Dans les distillateurs récents, l'eau et les plantes aromatiques sont soit séparées par une grille dans une même cuve, soit placées dans deux cuves différentes [32].

L'entraînement à la vapeur d'eau (hydro diffusion) (Figure 5) est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle » (Figure 5).

Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. 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 [31].



**Figure 5:** Distillation par entrainement à la vapeur d'eau [33]

Sa mise en œuvre assez simple et l'utilisation de la vapeur d'eau, disponible et ayant un prix bas, comptent parmi ses avantages [34].

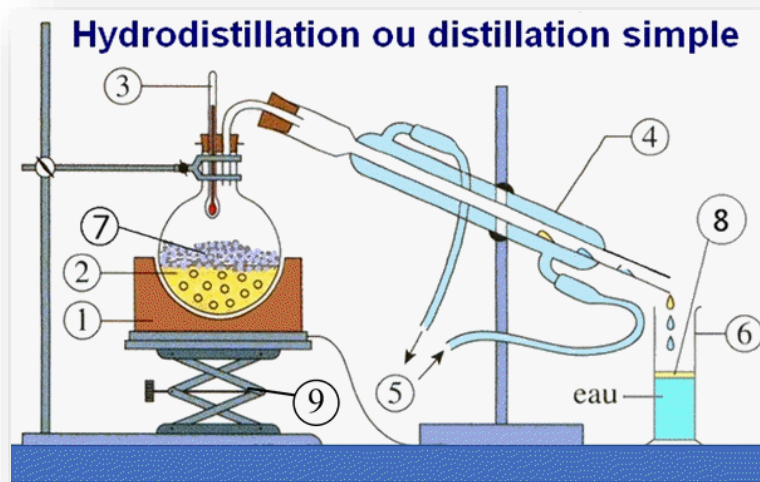
### I.5.2. Hydrodistillation :

Tout d'abord, l'hydrodistillation (water distillation) (Figure 6) Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait-là plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau [15] (totalement immergée ou en flottaison selon sa densité) [35] placé sur une source de chaleur [15], le chauffage permet l'éclatement et la libération des molécules volatiles contenues dans la matière végétale [36].

La vapeur d'eau se forme et le mélange « Eau – huile » distille selon le principe de distillation azéotrope, généralement conduite à pression atmosphérique.

Le mélange vapeur est ensuite refroidi et condensé moyennant un condenseur et récupéré dans un vase florentin par simple décantation où deux phases se distinguent : la phase aqueuse

appelé hydrolat et la phase organique contenant l'essentiel de l'huile [37]. L'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions), elle surnage au-dessus de l'hydrolat [15].



**Figure 6:** Le montage d'hydrodistillation.

- |                             |   |                                  |
|-----------------------------|---|----------------------------------|
| <b>1:</b> Chauffe-ballon    | <b>2:</b> Eau bouillante                              | <b>3:</b> Thermomètre            |
| <b>4:</b> Réfrigérant à eau | <b>5:</b> Arrivée d'eau froide et Sortie d'eau tiédie |                                  |
| <b>6:</b> Essencier         | <b>7:</b> Végétal                                     | <b>8:</b> Huile Essentielle [7]. |

**I.5.3. Distillation à la vapeur saturée :**

Distillation à la vapeur saturée : « vapo-hydrodistillation » : c'est le procédé le mieux adapté à l'extraction des essences, surtout si elles sont destinées à des fins thérapeutiques [38].

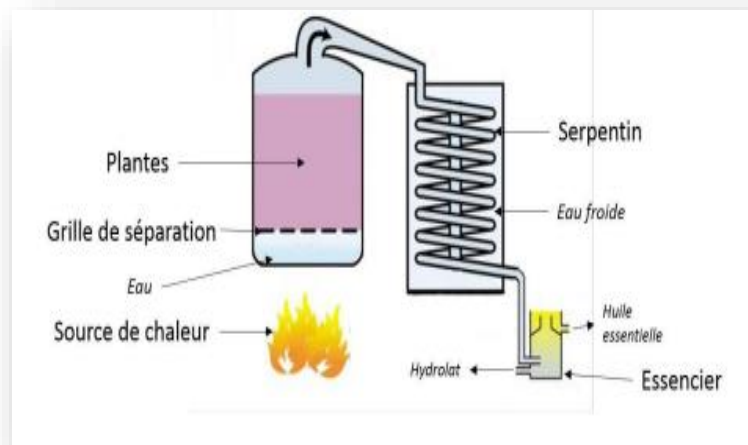
Le végétal n'est pas en contact avec l'eau la vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées [39]

La vapeur fait éclater les cellules à essence. Les molécules aromatiques sont captées par la vapeur qui se charge de molécules volatiles [40]. Ensuite la vapeur d'eau enrichie d'huile



essentielle passe à travers un système condenseur-réfrigérant [41]. La condensation et le refroidissement s'effectuent dans un serpentin.

A la sortie du serpentin, un essencier recueille la vapeur refroidie et revenue à l'état d'eau et L'HE. La différence de densité entre les deux liquides facilite la séparation de cette dernière qui à quelque exception près, est plus légère que l'eau ( Figure 7) [40].



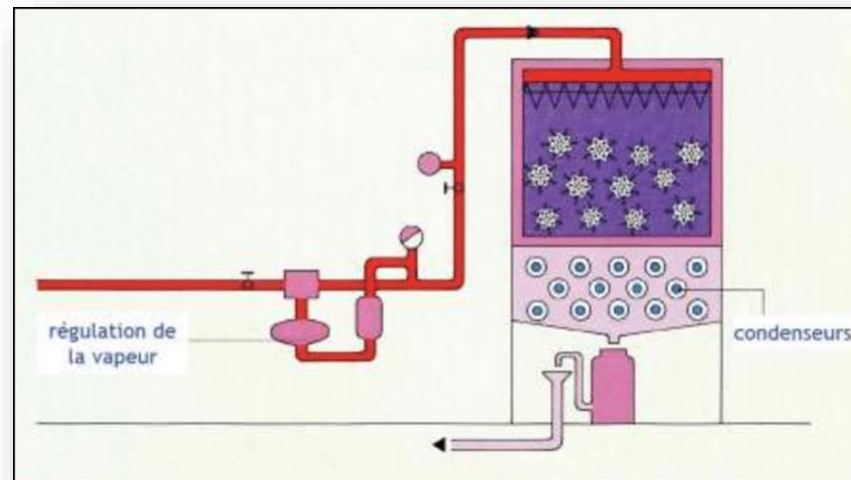
**Figure 7:** Schéma d'une installation de vapo-hydrodistillation [42].

#### I.5.4. Hydro-diffusion :

L'hydro-diffusion (appelée aussi percolation) (Figure 8) est une variante de la distillation à la vapeur d'eau à l'inverse de la distillation classique, elle fonctionne avec un flux de vapeur descendant. Dans ce procédé, le végétal est disposé dans un parallépipède métallique grillagé ; la vapeur d'eau saturée et humide est introduite par le haut et traverse la plante aromatique du haut vers le bas en entraînant ses principes odorants. La forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges. L'huile essentielle passe ensuite à travers le réfrigérant qui va entraîner sa condensation sous la grille retenant la matière première végétale avant d'être séparée puis recueillie grâce à un collecteur qui permet un équilibre avec la pression atmosphérique. On peut aussi préciser qu'il y a un procédé de cohobation qui renvoie dans la chaudière toutes les eaux qui sont séparées des huiles [43].

La composition des produits obtenus est qualitativement sensiblement différente de celle des produits obtenus par méthodes classiques [44] , comme pour l'entraînement à la vapeur d'eau,

l'hydro diffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'hydro diffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur [31].



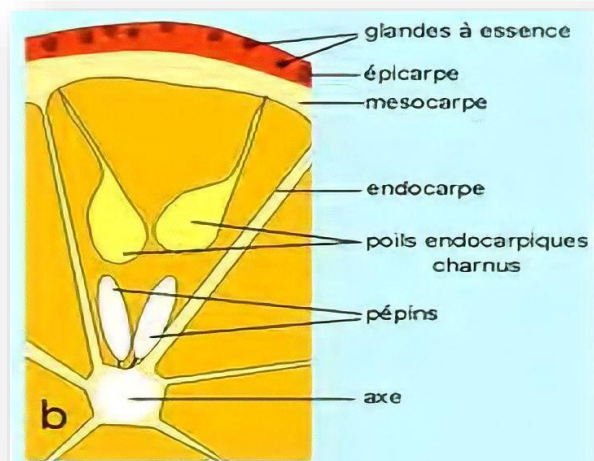
**Figure 8:** Schéma du procédé d'hydro-diffusion

[39]

### **I.5.5. Expression à froid :**

Les huiles essentielles de fruits d'hespéridés ou encore d'agrumes ont une très grande importance dans l'industrie des parfums et des cosmétiques. Cependant ce sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes et aldéhydes. C'est pourquoi, spécifiquement pour cette catégorie de matière première, est utilisé un procédé totalement différent d'une distillation classique, qui est l'expression à froid [31], appelé aussi grattage.

L'expression à froid est une technique simple réservée à l'extraction des composés volatils de la famille des hespéridés [43], car les poches à essences des Citrus sont situées dans l'épicarpe ou zeste des fruits de ces plantes citron[45], le pamplemousse, l'orange, la mandarine, la bergamote, la lime, le citron, le cédrat, le kumquat, le yuzu etc [43].



**Figure 9:** Structure des citrus.

[45]

### I.5.6. Extraction par solvants :

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une faible concentration en essence ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation. Les essences étant de nature huileuse, ils sont solubles dans les solvants organiques. Un épuisement des plantes est effectué à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé « concrète ». On utilise comme solvant organique volatil l'hexane, qui est le plus utilisé actuellement; le benzène très utilisé dans le passé mais interdit pour des raisons de toxicité [46].

Cette technique classique consiste à mettre un solvant en contact avec la matière végétale dans des installations de type extracteurs statiques, Soxhlet... Puis, des lavages successifs vont permettre d'épuiser la plante de ses composés aromatiques. Ensuite le solvant est distillé à pression atmosphérique. En fin d'opération, le solvant, qui imbibe la masse végétale, est récupéré par injection de vapeur d'eau dans celle-ci. Le solvant utilisé doit avoir une température d'ébullition faible pour être éliminé facilement, un pouvoir solvant à l'égard des constituants aromatiques, ne doit pas réagir chimiquement avec les molécules extraites, doit être stable et assurer une sécurité de manipulation. L'inconvénient majeur de cette méthode est le manque de sélectivité des solvants, solubilisant de nombreuses substances lipophiles dans les concrètes. Cette technique présente aussi des risques de toxicité [47].

**I.6. Utilisation des huiles essentielles :****I.6.1. Dans l'industrie agro-alimentaire :**

Depuis plusieurs années, les fabricants et les consommateurs utilisent des conservateurs synthétiques, mais l'utilisation et la consommation de ces conservateurs peuvent entraîner des réactions allergiques, des effets secondaires, des intoxications, des cancers et d'autres maladies [48].

Les huiles essentielles ont été recourues en raison de leur odeur et de leur contenu naturel en tant que remèdes naturels. Elles sont également utilisées comme antioxydants et ont été prouvées pour avoir des activités antibactériennes et antifongiques, comme l'huile essentielle de thym (*thymus vulgaris*) qui contient une activité antifongique supérieure à la plupart des agents chimiques utilisés actuellement [48, 49]

Les huiles essentielles sont très efficaces pour augmenter la durée de conservation des aliments, les huiles essentielles de cumin, de coriandre, de thym sont efficaces pour conserver la viande tandis que la menthe est plus efficace pour contrôler la contamination des produits laitiers [50].

En ce qui concerne le goût, nous pouvons dire que les huiles de base à saveur salée proviennent des épices et des herbes, tandis que les huiles de base sont utilisées pour les agrumes pour des saveurs plus sucrées [50].

Les nouveaux produits à base d'huiles essentielles tardent à arriver sur le marché en raison d'une réglementation complexe. En effet, leur autorisation est soumise à la réglementation des produits phytopharmaceutiques, nécessitant d'apporter la preuve de l'efficacité et de la non dangerosité du produit [50].

L'utilisation des huiles essentielles en agriculture biologique nécessite également leur inscription sur une liste dite « positive » des produits autorisés [50].

**I.6.2. Dans la médecine et l'industrie pharmaceutique :**

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise les huiles essentielles et les plantes aromatiques pour se soigner. Aujourd'hui, les médecines naturelles connaissent un succès croissant auprès du public [51].

Les propriétés pharmacologiques des huiles essentielles leur confèrent un pouvoir antiseptique contre les bactéries, les champignons et les levures, ainsi que des propriétés bactériostatiques, bactéricides, vermifuges, fongicides, antiseptiques et insecticides, telles que les huiles essentielles de thym, de girofle, de lavande et d'eucalyptus. Le thymol, principal constituant de l'huile essentielle de thym, est 20 fois plus antiseptique que le phénol [52, 53].

Certains médicaments à base d'huiles essentielles sont reconnus pour leur efficacité à soulager les crampes digestives [54].

La plupart des huiles essentielles sont disponibles à la vente libre, mais certaines sont réservées à la délivrance par des pharmaciens (décret N° 2007-1221 du 3 août 2007 relatif au monopole pharmaceutique, article D.4211-13 du Code de la Santé Publique). L'utilisation des huiles essentielles doit être faite avec la plus grande prudence car il existe un risque important de mésusage et d'intoxication [11].

**I.6.3. Dans l'industrie de la parfumerie et de la cosmétique :**

Les huiles essentielles sont utilisées pour leur goût et leur odeur dans l'industrie des produits naturels et dans l'industrie des parfums (huile de rose, bois de santal, huile d'eucalyptus, huile de cèdre, cannelle, Cassia), dans les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle, les produits capillaires, les soins de la peau et les produits bucco-dentaires, et dans les parfumeries et les parfums [55].

Les HEs sont intégrés dans les analgésiques pour la peau et les produits solaires [56]. Ils sont également trouvés dans les préparations pour le bain. Incorporer dans les huiles de massage, leur contenu ne devrait pas dépasser 3 à 4%. L'huile de menthe poivrée est le troisième arôme dans le monde, derrière les arômes de vanille et de citron [57, 58].

**I.7. Les activités biologiques :**

Terme "biologique" dans ce contexte comprend toutes les propriétés, de par exemple "abdomen" à « zymase », que tout produit naturel peut posséder. Et ceux-ci peuvent être attribués à l'ensemble de nature animée, à tous les organismes vivants, à savoir les plantes, les animaux, et en particulier les humains. Cependant, seuls les effets des huiles essentielles (HEs) sur l'être humain font l'objet de cette recherche. Exclu sont donc toutes des activités « botaniques » par exemple, les effets antioxydants, les propriétés anticancéreuses, les activités améliorant la pénétration [59].

**I.7.1. Les activités antibactériennes :**

Les HEs fonctionnent à la fois avec les bactéries Gram-négatives et les bactéries Gram-positives [11].

Généralement, les bactéries Gram-négatives sont plus résistantes aux HE que les bactéries Gram-positives [60], parce que la paroi cellulaire des bactéries Gram-négatives est plus complexe [61].

L'activité d'une HE affecte à la fois l'enveloppe externe de la cellule et le cytoplasme qui se caractérise par l'hydrophobicité typique des HEs est responsable de la perturbation des structures bactériennes qui conduit à une perméabilité accrue en raison d'une incapacité à séparer les HEs de la cellule bactérienne membrane [62, 63].

L'identification du mode d'action des HEs demande beaucoup d'étude de la matière première jusqu'au singulier les composants sont identifiés, et le mode d'action doit également être étudié dans plusieurs souches et espèces de micro-organismes [64].

Les propriétés des huiles essentielles sont attribuées aux terpènes (sont des hydrocarbures formés par la combinaison de plusieurs unités isoprène ( $C_5H_8$ ), aux terpénoïdes (sont des terpènes avec des molécules d'oxygène ajoutées ou dont les groupes méthyle ont été déplacés ou éliminés par des enzymes spécifiques [65], aux phénylpropènes (sont nommés ainsi parce

qu'ils contiennent un groupe phénol aromatique à six carbones et un queue de propène à trois carbones de l'acide cinnamique) [66] et tous présentent des activités antibactériennes et antimicrobiennes [67-69].

Les huiles essentielles ont prouvé leur efficacité contre les bactéries nosocomiales et leur contrôle sur les bactéries épidémiques multi-résistantes [70].

### **I.7.2. Les activités antioxydantes :**

Le potentiel antioxydant des HEs dépend principalement de leur composition chimique. Phénolique et autres métabolites secondaires se lient avec double liaisons, qui est responsable de l'activité antioxydante importante des HEs [71].

Les antioxydants sont des substances capables de protéger les organismes du stress oxydatif [59]. Une différenciation est tirée entre trois types d'antioxydants : les antioxydants non enzymatiques doivent être admis avec de la nourriture ou une substitution, par exemple, l'acide ascorbique[72], les antioxydants enzymatiques, leur capacité est dépendante d'oligo -éléments et de minéraux adéquats comme la glutathion peroxydase contenant du sélénium[73]et les enzymes de réparation (supprimer les molécules endommagées et les remplacer) [59].

Les antioxydants bien connus sont la vitamine C (acide ascorbique), qui est contenue dans de nombreux agrumes, ou d'autre part des membres de la famille de la vitamine E, qui apparaît par exemple dans les noix et les graines naturelles de tournesol. D'autre part, il existe de nombreuses substances synthétiques telles que le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) [59].

L'activité antioxydante des huiles essentielles peut jouer un rôle dans la prévention de certaines maladies, telles que déclin du système immunitaire. L'évaluation in vitro de l'activité antioxydante des huiles essentielles peut être faite en utilisant deux principaux types de dosages : non biologiques et biologiques. L'un des plus connus est le dosage sur le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH)[74]. Plusieurs études ont rapporté que les huiles essentielles sont plus efficaces que les antioxydants synthétiques [75].

**I.7.3. Activité antifongique**

Les champignons, organismes saprophytes et omniprésents, se répartissent généralement en deux catégories : les levures et les petits champignons [76].

Les HEs représentent l'un des produits naturels les plus prometteurs pour l'inhibition fongique [77, 78]. En fait, de nombreux types d'HEs obtenues à partir de différentes plantes ou herbes ont présenté des propriétés antifongiques intenses propriétés [77, 79-81].

L'activité antimicrobienne ou antifongique d'huile essentielle pourrait être causée par les propriétés des terpènes/terpénoïdes, qui, en raison de leur nature lipophile et de faible poids moléculaire - sont capables de perturber la membrane cellulaire, provoquant des mort ou inhibition de la sporulation [82].



# **Chapitre II**

## Etude botanique

---

## II. Armoise blanche (*Artemisia herba alba*) :

Connue depuis des millénaires, l'armoise blanche a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV<sup>e</sup> siècle av J.C dans les steppes de la Mésopotamie [83] .Elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordan Claudio de Asso y del Rio C'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver. Elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un gout amer d'où son caractère astringent [84, 85].

*Artemisia herba-alba*, connue également sous le nom d'"absinthe du désert" est une plante importante des steppes irano-turaniennes d'Espagne, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient [86-88].



**Figure 10:** La plante l'Amoise blanche dans son milieu naturel à la fin de la saison de fleuraison. [89]

### II.1. Nomenclature de plant :

#### II.1.1. Nom scientifique :

*Artemisia herba-alba* Asso, *Artemisia inculta* Del., *Seriphidium herba-alba* (Asso) Soják [90].

## II.1.2. Noms vernaculaires :

**Tableau 1:** Les noms vernaculaires de la plante armoise blanche selon les pays et les régions [90].

Arabe	الخرساني الشيح ou الشيح (chih)
Français	Armoise blanche
Anglais	Wormwood
Allemagne	Wermut
Italie	assenzio romano

## II.2. Taxonomie :

*L'Artemisia herba-alba* appartient à l'ordre des *Asterales* de la famille des *Astéracées* et du genre *Artemisia* (Tableau 2).

**Tableau 2:** Classification systématique de *Artemisia herba alba* [91].

Règne	Plante
Sous-règne	Plant vasculaires
Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Gamopétales
Ordre	<i>Astérales</i>
Famille	<i>Composeae</i>
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Artemisia herba alba</i> Asso

### II.3. Description botanique :

L'*Artemisia herba-alba* ou l'armoise herbe blanche est une plante du genre *Artemisia* appartenant à la famille des *Astéracées* (*composées*). Elle se présente comme un arbuste nain dont la hauteur ne dépasse pas les 30 à 50 cm (Figure 11). Elle possède des tiges ligneuses ramifiées et tomenteuses. Ses feuilles sont courtes, pubescentes, sessiles et de couleur argentée.

Ses capitules sont groupés en panicules de taille moyenne de 2 mm de forme allongée et étroite pouvant porter de 3 à 6 fleurs jaunâtres. Les bractées externes de l'involucre sont circulaires et pubescentes [92].

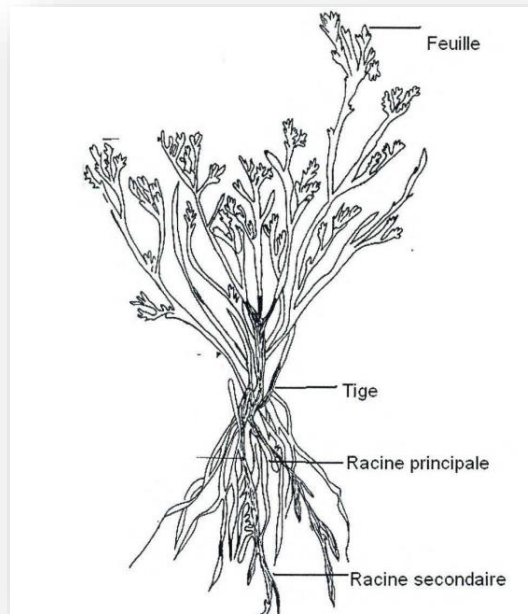


**Figure 11:** *Artemisia herba-alba* (Armoise blanche).

[93]

#### II .3.1. Partie souterraine :

L'armoise blanche présente une racine principale, épaisse et ligneuse, bien distincte des racines secondaires, qui s'enfoncent dans le sol comme un pivot. Le système racinaire a une extension peu profonde avec un grand nombre de ramifications latérales particulièrement abondantes entre 2 à 5 cm de profondeur mettant en relation cette forme de racine avec l'existence d'un court calcaire superficiel. Quand l'armoise se développe dans une région plus humide, ses racines pénètrent profondément jusqu'à 40 à 50 cm et ne se ramifient qu'à cette profondeur. La biomasse racinaire diminue très vite avec la profondeur et très peu de racines sont retrouvées à partir de 50 cm.



**Figure 12:** Morphologie générale de la plante *Artemisia herba-alba* [94]

### **II.3.2. Partie aérienne :**

Elle est représentée par la partie ligneuse, la tige, les feuilles et les fleurs.

#### **II.3.2.1. La tige :**

L'armoise présente une tige principale très épaisse, rougeâtre, qui se ramifie et se prolonge par de nombreuses tiges de plus en plus fines. Chaque tige se distingue par une taille allant de 30 à 50 cm.

#### **II.3.2.2. Les feuilles et les rameaux :**

Les feuilles sont courtes, blanches laineuses, et argentées. Elles sont très petites et entières, ce qui réduit considérablement la surface transpirante et permet ainsi à directement sur l'axe et sans aucun support [94].



**Figure 13:** Photographie de tige et de feuilles de l'espèce *A. herba alba*. [93]

#### **II.3.2.2. La fleur :**

La floraison s'effectue en automne à partir du mois de septembre. La fleur est formée d'inflorescences en capitules. Ces derniers sont très petits, étroits (12 à 5 mm) ovoïdes à involucre scarieux de contenant que 3 à 8 fleurs, tous hermaphrodites. Ces capitules pauciflores, en général homogames sont insérés directement sur l'axe et sans aucun support [94].



**Figure 14:** Photographie de la fleures de l'espèce d'*A. Herba alba*. [93]

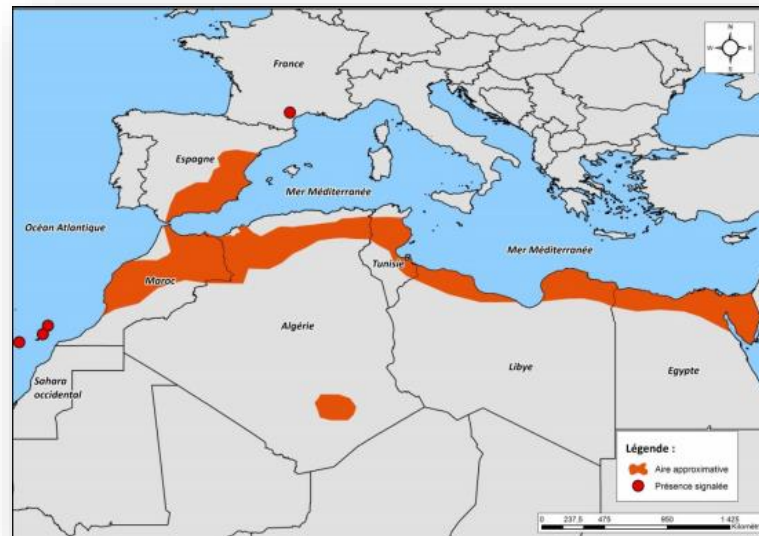
## II.4. Répartition géographique :

### II.4.1. Dans le monde :

*Artemisia herba-alba* (*Asteraceae*) est un arbuste nain vivace verdâtre-argenté poussant dans les climats arides et semi-arides. Il se produit dans la région méditerranéenne en Afrique du Nord, dans les déserts de la péninsule du Sinaï, au Moyen-Orient, dans le nord-ouest de l'Himalaya et en Inde [95].



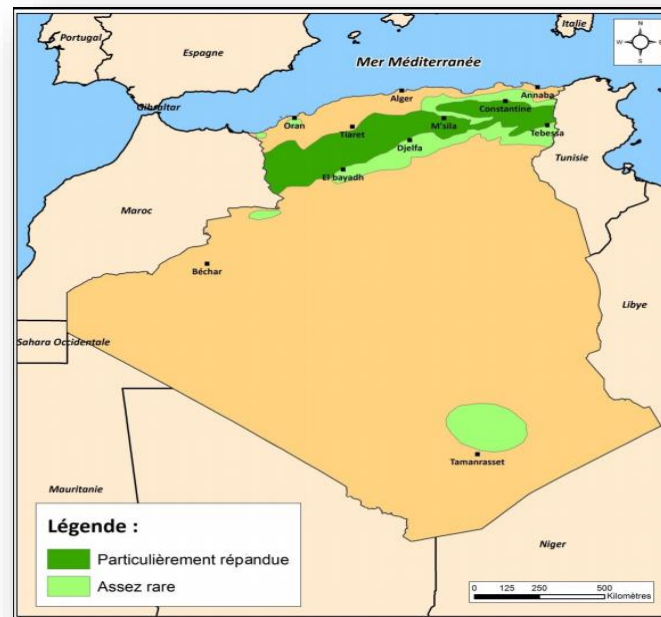




**Figure 16:** Distribution géographique d'*Artemisia herba-alba* dans le bassin méditerranéen (carte modifiée extraite de Aidoud, 1988). [97]

#### II.4.2. En Algérie :

En Algérie, *Artemisia herba-alba* est distribuée dans les zones steppiques sur une bande longue de 1200 km [97] et au Sahara centrale dont le taux de recouvrement est estimé entre 10 et 60 %. On la trouve également dans des zones proches du littoral [98], allant de la frontière Tunisienne jusqu'à la frontière Marocaine, et constituée des hautes plaines steppiques de l'Ouest et du Centre, de la cuvette du Hodna et des hauts plateaux Constantinois (Figure 17). C'est dans le Sud Oranais où elle est la mieux représentée en formant un paysage végétal très monotone. Ses limites vers le Nord s'étendent jusqu'à la bordure Sud de l'Atlas tellien Orano-Algérois et le secteur de tell Constantinois, et au Sud jusqu'à la région steppique présaharienne (piémonts Sud de l'atlas saharien et plateau saharien Sud). Elle est présente aussi dans le Hoggar à l'extrême Sud Algérien sur des altitudes allant jusqu'à 2000 m. Des stations d'*Artemisia herba-alba* var [97].



**Figure 17:** Aire de distribution d'*Artemisia herba-alba* en Algérie [97]

## II.5. Usage d'*Artemisia* :

### II.5.1. Utilisations en médecine traditionnelle :

La plante est connue pour être antipaludique [99], anti-inflammatoire [100], antitumorale [101], antidiabétique [102] et allélopathique [103, 104]. Les plantes du genre *Artemisia* (*Asteraceae*) sont utilisées en médecine traditionnelle par de nombreuses cultures depuis l'Antiquité. Les tisanes de ces espèces ont été utilisées comme agents analgésiques, antibactériens, antiplasmodiaux et hémostatiques, anthelminthiques, antidiarrhéiques et diurétiques, tandis que plusieurs extraits et huiles essentielles ont présenté un certain nombre d'activités biologiques telles que antimicrobiennes. De plus, certaines espèces du genre sont fréquemment utilisées pour le traitement de certaines maladies telles que l'hépatite, le cancer et les infections par des champignons, des bactéries et des virus. Historiquement, l'armoise a été un genre productif dans la recherche de nouveaux composés biologiquement actifs. Des investigations phytochimiques ont montré que ce genre est riche en sesquiterpènes, monoterpènes, flavonoïdes et coumarines [85].

II.5.1.1. Composition des huiles essentielles d'*Artemisia* :

La caractérisation chimique de l'HE d'*Artemisia*, de plusieurs régions du monde, ont précisé que sa composition dépend des conditions géographiques et climatiques de l'emplacement de la plante [105].

**Tableau 3:** Composition des huiles essentielles de *Artemisia herba alba* selon la situation

Pays	Compositions Majoritaires	Référence
<b>Jordanie</b>	<b><math>\alpha</math>-Thujone</b> (16,2%) Aantolina alcohol (13,0%) Artemisia ketone (12,4%) $\beta$ -Thujone (8,5%)	Hudaib et Aburjai 2006 [106].
<b>Tunisie</b>	<b><math>\beta</math>-Thujone</b> (41,9%) $\alpha$ -Thujone (18,4%) Camphor (13,2%)	Faten Younsi et al.2015 [107].
<b>Maroc</b>	<b>Cis-thuyone</b> (25,5%) <i>trans</i> -thuyone (17,7 %) Alcool vanillylique (11,5 %) Nor-davanone (7,8 %)	Ghita Amor et al.2019 [108].
<b>Espagne</b>	<b>Camphor</b> (15,0%) 1,8-Cineole (13,3%) $\alpha$ -Terpineol (6,3%) $\alpha$ -Guaiene or $\beta$ -Cubebene (6,0%)	Feuerstein,Danin et al .1988 [109].
<b>Algérie :</b> <b>Biskra</b>	<b>Acétate de cis-chrysanthényle</b> (25,12%) 2E,3Z-2éthyliden-6-méthyl- 3,5-heptadiènal (8 ,58%) $\alpha$ -Thujone (7,85%) Acétate de myrtényle (7,39%)	Bezza, Mannarino et al .2010 [110].

<b>Bordj Bou Arrerridj</b>	<b>Camphor</b> (22,0%) 1.8-Cineole (11,4%) $\alpha$ -Thujone (9,2%) Chrysanthenone (7,9%) <i>cis</i> -Jasmone (7,1%) $\beta$ -Thujone (5,2%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>Djelfa</b>	<b>Davanone</b> (34,0%) Camphor (5,6%) Davana ether (5,3%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>M'sila</b>	<b>Camphor</b> (30%) $\alpha$ -Thujone (9,5%) Chrysanthenone (8,8%) Borneol (5,5%) $\beta$ -Thujone (5,1%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>Batna</b>	<b>Camphor</b> (12,8%) <i>trans</i> -Jasmone (12,1%) $\alpha$ -Thujone (11,7%) Chrysanthenone (5,2%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>Draa Echih</b>	<b><math>\alpha</math>-Thujone</b> (47,1%) Camphor (13,8%) Chrysanthenone(13,5%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>Bou Saâda</b>	<b>Camphor</b> (28%) $\alpha$ -Thujone (12%) $\beta$ -Thujone (9,2%) 1,8-Cineole (8,5%) Chrysanthenone (5,2%)	Dahmani-Hamzaoui et al.2015 [111].
<b>Ghardaia</b>	<b><math>\alpha</math>-Thujone</b> (66,7%) $\beta$ -Thujone (22,2 %)	Boutekedjiret .1990 [112].

**II.6. Activité biologique des huiles essentielles d'*Artemisia* :****II.6.1. Activité antioxydant :**

Les constituants antioxydants caractérisés des espèces d'*Artemisia* étaient dans la plupart des cas des composés phénoliques. L'acide chlorogénique d'*A. iwayomogi* a été récemment révélé posséder un activité antioxydante comparable à celle de l'acide ascorbique [113].

L'étude de Mighri H et ces collaborateurs en 2009 a montré que les huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* présentaient de faibles capacités antioxydantes pour prévenir l'oxydation de l'acide linoléique et pour réduire les radicaux DPPH et ABTS\*+ stable [114].

L'étude de Younsi F et ces collaborateurs en 2015 a montré que les huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* présente des propriétés antioxydantes considérables [107]. Les résultats sont en accord avec ce présenté dans l'études de Muthanna J. M et ces collaborateurs en 2021 [115].

**II.6.2. Activité antibactérienne :**

Les substances antibactériennes caractérisées à partir des espèces d'*Artemisia* étaient des monoterpènes, des flavonoïdes et des lactones sesquiterpéniques. Un médicament anti-protozoaire bien connu, l'a-santonine, a montré une forte activité antibactérienne [116]. L'acide artémisinique, un précurseur de l'hémisynthèse de l'artémisinine [117], a été montré être antibactérien, aussi [100].

L'étude de Mighri H en 2009, les résultats ont montrer que l'huile essentiel de l'*Artemisia* a une activité significative contre les micro-organismes en particulier les bactéries *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* [114].

L'étude de de Younsi F et ces collaborateurs en 2015, les résultats ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* avait un grand potentiel d'activité antibactérienne contre les 04 bactéries (*Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Escherichia coli* ATCC10536, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Bacillus cereus* ATCC11778) [107].

L'étude de Amor G et ces collaborateurs en 2019, les résultats ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* avait un moyennes potentiel d'activité antibactérienne contre les bactéries (Grame positive : *B. clausii* 2226, *Br. thermosphacta* 7R1, *Br. thermosphacta* D274, *C. maltaromaticum* 9P, *C. maltaromaticum* D1203, *C. maltaromaticum* F1201, *C. maltaromaticum* H1201, *Ent. Faecalis* 226, *Ent. Faecalis* E21, *Staph. Aureus*, *Staph. saprophyticus* 3S, *Staph. Sp.*ES1, *Staph. sp.* GB1, *L. innocua* 1770, *E. coli* 32, *Str. Salivarius* et les bactéries gramme négative : *H.alvei* 53M, *Pseud. fragi* 6P2, *S. Typhimurium* Chicken et *Serr.proteamaculans*20P) [108].

L'étude de Muthanna J. M et ces collaborateurs en 2021, les résultats ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* avait un grand potentiel d'activité antibactérienne contre les bactéries (les souches à Gram positif dont *Bacillus cereus* (ATCC 14579), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) et souches à Gram négatif compris *Escherichia coli* (ATCC 8739) et *Proteus vulgaris* (ATCC 7829) [115].

### II.6.3. Activité antifongique :

La recherche de nouveaux agents antifongiques est devenue une urgence tâche car l'incidence des mycoses systémiques opportunistes augmente remarquablement [118]. Les constituants antifongiques des espèces d'*Artemisia* comprennent des flavonoïdes, poly-acétylènes et sesquiterpènes. Cependant, la prudence s'impose à prendre en comparant leurs activités antifongiques obtenues sur différents modèles de tests biologiques. Les poly-acétylènes ont montré une activité antifongique contre les plantes et champignons pathogènes humains. Il semble que l'acétylation des groupes hydroxy peut diminuer l'activité antifongique [119, 120].

L'étude de de Mighri H et ces collaborateurs en 2009, les résultats ont montré que toutes les huiles d'*Artemisia herba-alba* ont présenté un effet antifongique intéressant activité contre toutes les levures pathogènes humaines utilisées dans cette étude. Le quatrième type d'huile était le plus actif contre le quatre souches de *Candida* testées (*Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida sake*, *Candida tropicalis*). En effet, l'activité antimicrobien de 10 ml d'huile était comparable à un antibiotique (20 mg/disque) pour *Candida sake* et *Candida tropicalis* [114].

L'étude de de Amor G et ces collaborateurs en 2019, les résultats ont montré que l'huile essentielle de avait un grand potentiel d'activité antifongique contre l'espèce fongiques testées (*Aspergillus niger*) [108].

# **Partie II**

## **Partie expérimentale**



# **Chapitre III**

## **Matériels et Méthodes**

Ce chapitre est consacré à la description des différents matériels et méthodes expérimentales utilisés dans ce travail.

La partie expérimentale a été effectuée au niveau du laboratoire pédagogique de GP du Département de génie des procédés de la Faculté des Sciences et Technologies université de Ghardaïa, au niveau du laboratoire de pédagogie microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa, au laboratoire de microbiologie d'ESSALAM, Ghardaïa et l'hôpital Docteur TIRICHIN Ibrahim, Ghardaia.

Nous avons travaillé sur le protocole expérimental suivant :

1. L'extraction de l'huile essentielle de la plante.
2. Analyses sur l'extrait tel que :
  - 2.1 Paramètres physico-chimiques.
  - 2.2 Activités biologiques qui est divisé en deux parties :
    - Activité antioxydante.
    - Activité antibactérienne.

### **III.1. Matériel végétal :**

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est l'*Artemisia herba alba*. A été récolté dans les régions de Tamanrasset au sud d'Algérie en 01/02/2023, de Ghardaïa région Metlili dans le Nord du Sahara algérien en 01/03/2023 et de El Menia région de Hassi El F'hel en 09/02/2023.

La partie récoltée est constituée de feuilles, tiges et fleurs (partie aérienne). Les plantes ont été nettoyée et séchées pendant une semaine dans chaque région.



**Figure 18:** La plante d'*Artemisia herba alba* des trois régions.

### **III.2. Extraction des huiles essentielles :**

L'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* a été obtenue par hydrodistillation au sein des laboratoires pédagogiques de GP 2 de la Faculté des Sciences et Technologies et laboratoires de recherche de la Faculté d'SNV.

**III.2.1. Matériels et produits :**

Matériels	Produits
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balance électrique ;</li> <li>• Montage d'hydrodistillation (ballon de 2L, chauffe ballon, thermomètre, réfrigérant, l'ampoule à décanter ; des coudes en verre)</li> <li>• Flacons en verre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La plante séchée.</li> </ul>

**III.2.2. Mode opératoire :**

Le premier montage : 200 grammes du volume de la plante sèche sont placés dans un ballon de 2 litres avec addition d'eau d'environ 2/3 du volume du ballon et porté à ébullition pendant 3h. La vapeur qui emporte l'huile essentielle avec elle monte et se condense par le réfrigérant pour descendre lentement sous forme de gouttelettes de (eau + huile) dans l'ampoule à décanter. L'huile essentielle est obtenue en la séparant de l'eau et en ajoutant une petite quantité de  $Na_2 SO_4$  pour en éliminer les résidus et les traces d'eau. L'huile est stockée est dans des flacons en verre scellés à une température de 5°C et emballés pour les protéger de la lumière, pour éviter la dégradation[121].



Figure19 : Montage d'extraction des huiles essentielles.

### III.3. Analyses des huiles essentielles :

#### III.3.1 Analyse physico-chimique :

##### III.3.1.1. Le rendement :

Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle récupérée et la masse de la matière végétale. On a l'équation suivante [122]:

$$R = \frac{m_{HE}}{m_V} \times 100$$

R : rendement en %.

$m_{HE}$ : La masse de l'huile essentielle récupérée en gramme.

$m_V$ : La masse de la matière végétale en gramme.

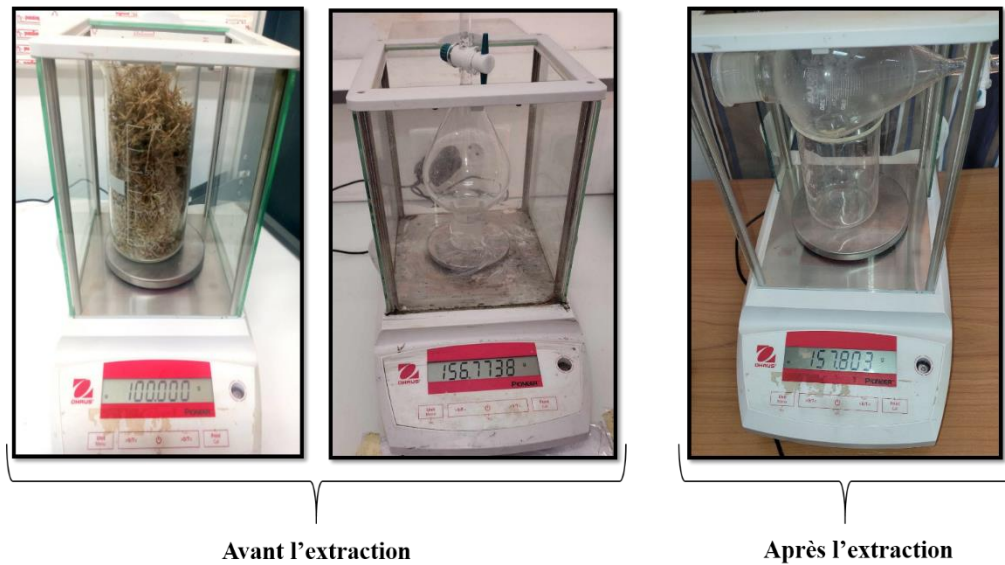


Figure20 : Les étapes de mesure du rendement.

**III.3.1.2. La Densité : NF ISO 279 :1999 (T 75-111) :**

La densité de l'HE est définie comme étant le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C et la masse égale de volume d'eau distillée à 20°C[123].

$$D_{20} = D_t + 0.00068(T - 20^{\circ}\text{C})$$

$D_{20}$ : Densité à 20°C.

$D_t$ : Densité à la température ambiante ou de mesure.

$T$ : Température ambiante ou de mesure.

➤ **Matériels et produits :**

**Matériels**

- le densimètre.

**Produits**

- huiles essentielles ;

➤ **Mode Opérateur :**

- Nettoyez soigneusement le densimètre en le rinçant successivement à l'aide d'éthanol ;
- Remplissez le densimètre avec de l'huile essentielle ;
- Lisez le résultat.



**Figure 21:** le densimètre.

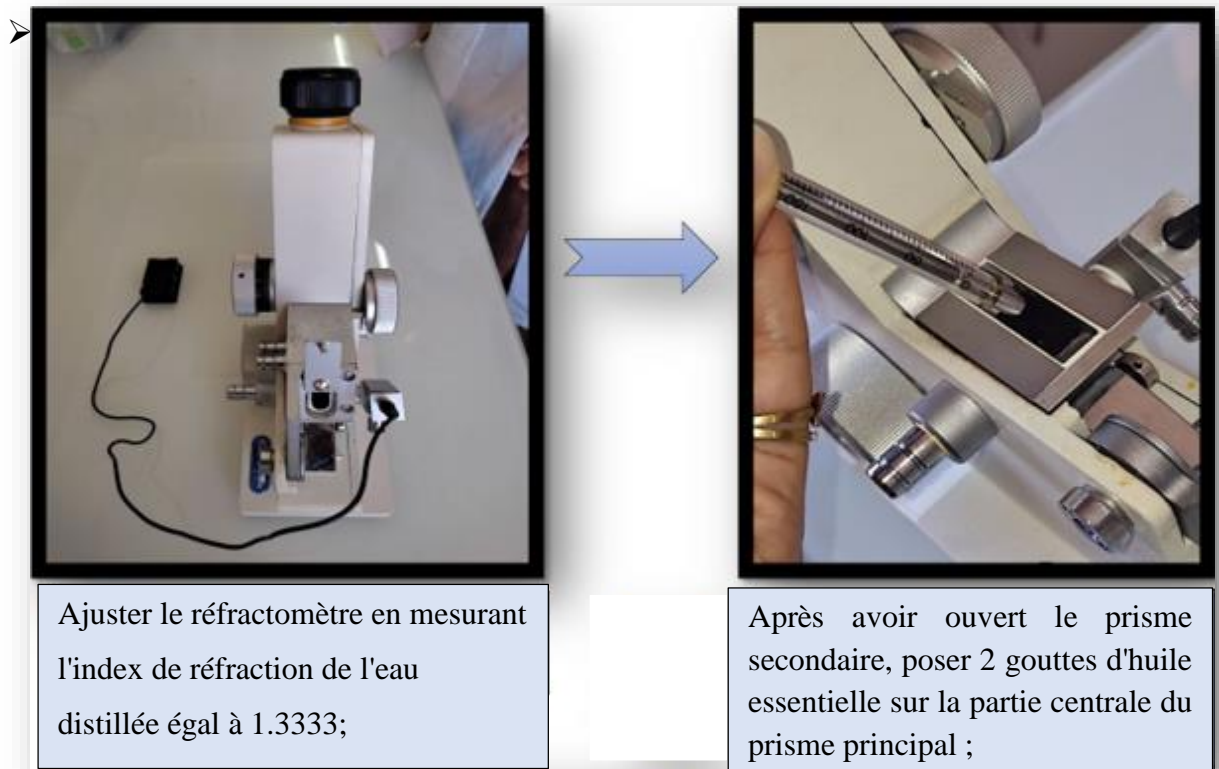
**II.3.1.3. Indice de réfraction : NF ISO 280 : 1999 (75-112) :**

L'indice de réfraction d'une huile essentielle est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à une température constante. Les indices ont été déterminés selon la norme NF T 75-112, 1977/ISO 280-1976.

Grâce au réfractomètre, qui permet une lecture directe des indices de réfraction dans la plage de 1.300 à 1.700, l'appareil est adapté à la distribution à une température de 20°C [124].

➤ **Matériels et produits :**

Matériels	Produits
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Refractomètre</b></li> <li>• <b>Micro-seringue</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huile essentielle</li> </ul>



**Figure 22:**Protocol d'indices de réfraction.

Pour calculer l'indice de réfraction on utilise la formule suivante :

$$N_{20} = N_t + 0.00045(T - 20^{\circ}C)$$

$N_{20}$  : Indice à 20°C.

$N_t$  : indice à la température ambiante ou de mesure.

T : température ambiante ou de mesure.

**Remarque :** Les produits étalons de qualité pour réfractométrie servant à ajuster le réfractomètre sont les suivants (les indices de réfraction à 20°C sont donnés dans la parenthèse):



- Eau distillée (1,333)
- P-cymène (1,4906)
- Benzoate de benzyle (1,5685)
- Bromo-1 naphthalène (1,6585)[46]

#### **III.3.1.4. Indice d'acide : Afnor - NFT - 60 -2000 :**

##### ➤ **Définition :**

C'est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1 gramme d'huile essentielle. La neutralisation des acides libres se fait par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium titrée. Il a été déterminé selon la norme NF T 75-103, 1982/ISO1242-1982[124].

##### ➤ **Principe :**

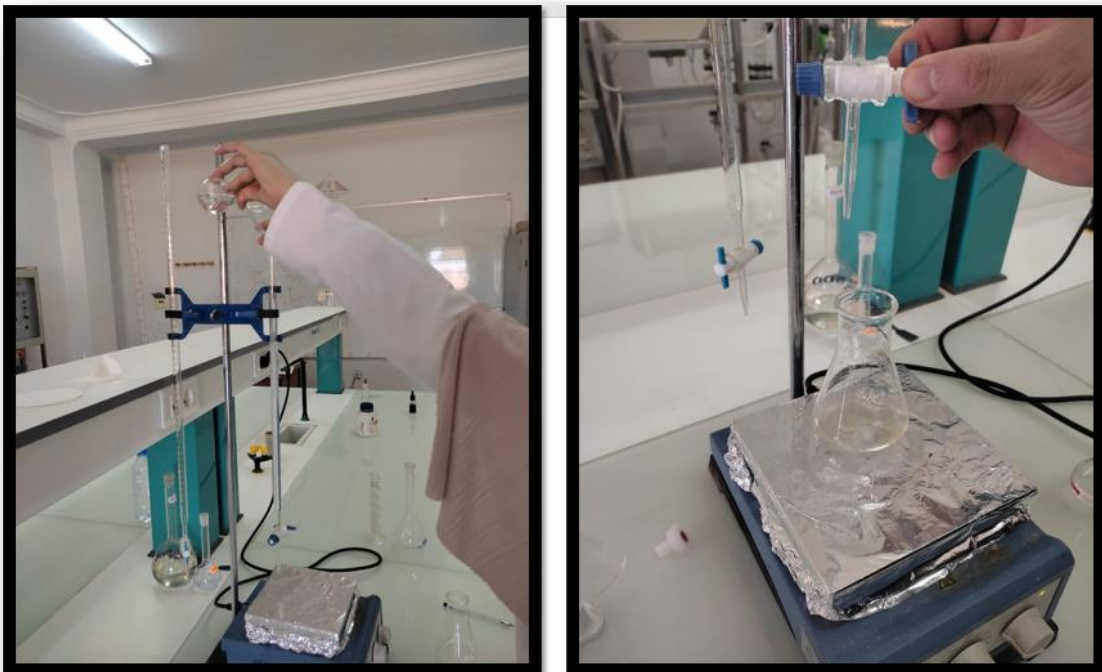
Le test consiste à neutraliser les acides libres des HEs avec une solution éthanolique titrée de potassium (KOH).

##### ➤ **Matériels et produits :**

<b>Matériels</b>	<b>Produits</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montage de titrage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huile essentielle.</li> <li>• KOH.</li> <li>• Éthanol.</li> <li>• Phénolphtaléine.</li> </ul>

➤ **Mode Opérateur :**

Une prise d'essai de 0.5 g d'huile est solubilisée dans un erlenmeyer contenant préalablement un 5 ml d'éthanol. Le titrage des acides gras libres en solution est effectué avec une solution à 0,1N d'hydroxyde de potassium (KOH) dans de l'éthanol 35°, en utilisant la phénolphtaléine comme indicateur coloré et cela sous agitation jusqu'au virage au rose, Le volume de KOH nécessaire à la neutralisation est noté V [125]



**Figure 23:** Montage d'indice d'acide.

Le résultat est exprimé en mg de KOH par g d'huile.

$$\text{Indice d'acide} = [(V * T * 56.1) / P]$$

Avec :

**V** : volume de KOH en mL.

**T** : titre de la solution de KOH en mol/l.

**P** : prise d'essai en g.

**III.4. Activités biologiques :****III.4.1. Activité antioxydant :**

On s'intéresse de plus en plus aux antioxydants, en particulier à ceux destinés à prévenir les effets délétères présumés des radicaux libres dans le corps humain, et à prévenir la détérioration de matières grasses et autres constituants des denrées alimentaires. Dans les deux cas, il y a une préférence pour les antioxydants d'origine naturelle plutôt que synthétique. Il y a donc une augmentation parallèle de l'utilisation de méthodes d'estimation de l'efficacité de substances telles que les antioxydants, Une de ces méthodes qui est actuellement populaire est basée sur l'utilisation du radical libre stable 2,20-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) [126].

**III.4.1.1. Méthode de DPPH :**

Pour évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle nous avons utilisé la méthode du DPPH (1,1-diphényl-di-picrylhydrazyl) [127].

Le DPPH est un radical libre, stable à température ambiante, qui produit une solution violette dans l'éthanol. Il est réduit en présence d'une molécule antioxydante, donnant naissance à des solutions d'éthanol Avec une couleur jaune. L'utilisation du DPPH offre un moyen simple et rapide d'évaluer les antioxydants [128].

Lorsqu'une solution de DPPH est mélangée à celle d'une substance qui peut donner un atome d'hydrogène, alors cela donne lieu à la forme réduite ( figure 25) avec la perte de cette couleur violette [129].

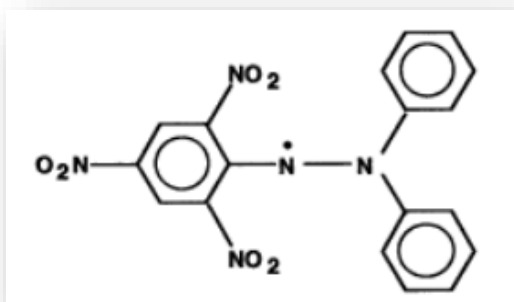


Figure 24: Diphenylpicrylhydrazyl (free radical). [129]

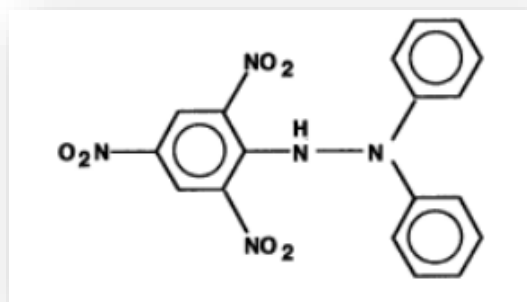


Figure 25: Diphenylpicrylhydrazine (nonradical).

➤ A - Matériels et produits :

Matériels	Produits
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiole</li> <li>• Tubes à essais</li> <li>• Micropipette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huile essentielle</li> <li>• DPPH</li> <li>• Ethanol</li> </ul>

➤ B. Mode opératoire :

1. Préparation de DPPH :



Pour obtenir la solution de DPPH à 0,1mM, on dissout 2 mg de poudre dans 50 ml d'éthanol, puis on agite le flacon à l'aide d'un agitateur, on couvre bien le flacon d'aluminium.

2. Préparation de série de dilution :

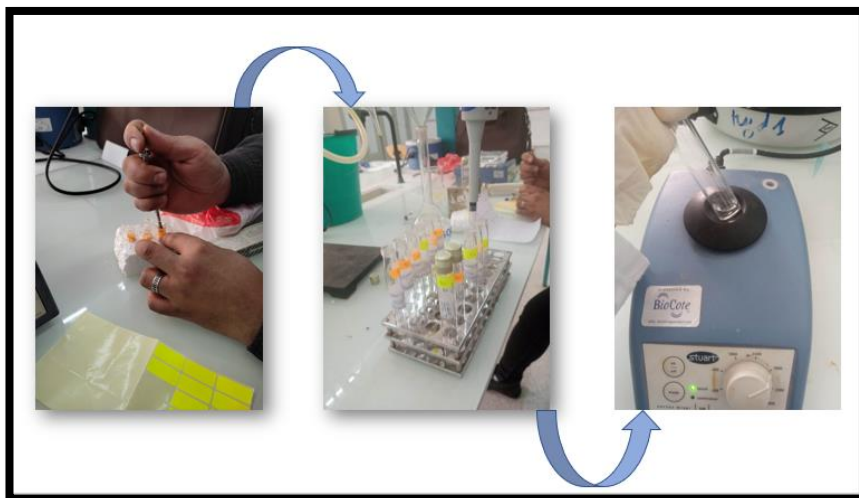
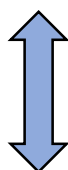


Tableau 4: Série de dilutions des huiles essentielles de chaque plante

Huile essentielle (*Artemisia herba alba*)

	47	58	11
Concentration mg/ml	9,17	77,76	2,45
	27,51	87,48	4,91
	36,68	97,20	9,82
	45,85	116,64	14,73
	82,53	145,80	19,64
	110,04	204,12	29,46



Ajouter 1 ml d'huile essentielle de chaque plante de différentes concentrations diluée dans de l'éthanol à 1 ml de solution de DPPH préalablement préparée.

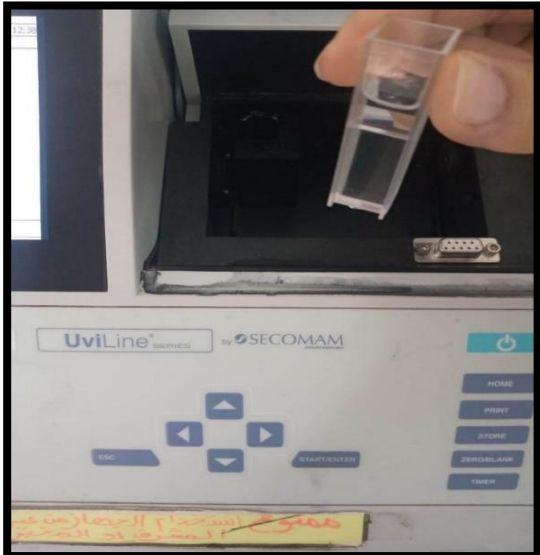
**3. L'incubation :**

Les échantillons sont ensuite laissés à l'obscurité pendant 30 minutes.

**4. Lecture :**



L'absorbance est lue par UV visible à 517 nm.



Le mélange de 1 ml de la solution de DPPH et de 1 ml d'éthanol est pris comme témoin.

➤ **Détermination du pourcentage d'inhibition du DPPH :**

L'activité antioxydant, qui exprime les capacités à piéger le radical libre, est estimée par le pourcentage de décoloration du DPPH en solution dans l'éthanol (Inhibition% ou I%) selon la formule :

$$\text{Inhibition \%} = \frac{(\text{ABS}_{\text{contrôle}} - \text{ABS}_{\text{test}})}{\text{ABS}_{\text{contrôle}}} \times 100$$

Avec :

ABS<sub>contrôle</sub> : Absorbance du contrôle à la longueur d'onde 517.

ABS<sub>test</sub> : Absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde 517[128].

IC<sub>50</sub> : Ce paramètre est défini comme la concentration antioxydante nécessaire à la diminution de la concentration initiale de 50 %, elle est inversement liée à la capacité antioxydante[130] .

A titre d'indication, l'acide ascorbique comme standard connu pour son effet anti-radicalaire a été testé en parallèle. Quant aux concentrations inhibitrices (IC<sub>50</sub>), elles sont calculées à partir des courbes de régression linéaire[90].

### III.4.2. Activité antibactérienne :

Les tests d'activité antimicrobienne ont été effectués au niveau du laboratoire de microbiologie d'ESSALAM et l'hôpital Docteur Tirichin Ibrahim, Ghardaïa. En utilisant la technique de contact direct; la méthode de diffusion sur milieu gélosé.[131].

#### III.4.2.1. Matériels et produits :

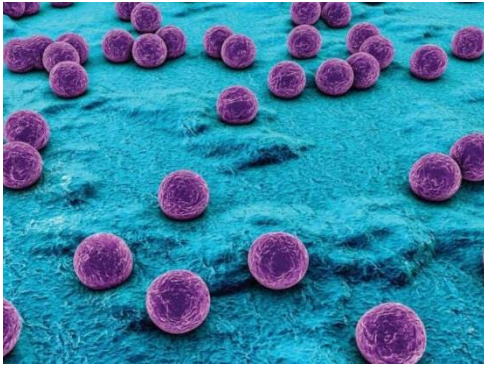
Matériels	Produits
- Boîtes pétries ; - Pince ;	- Les souches bactériennes ;
- Autoclave ; - Pipette pasteur ;	- Milieu Mueller Hinton ;
- Ecouvillon ; - Disque de papier whatman ;	- Huiles essentielles ;
- Tubes à essai ; - Bec bunsen ; -Ependove ;	- Eau physiologique ;
-Vortex ; -Embouts stérile	- Solutions de différentes concentrations de
-Gants stériles + Masque médicale	DMSO + huile essentielle;

Pour tester l'activité antimicrobienne d'huile essentielle de *Artemisia herba alba*. Quatre souches bactériennes ont été utilisées.

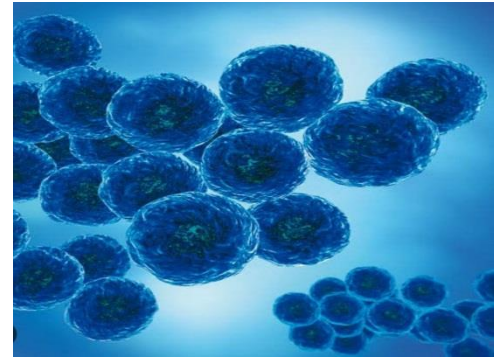
Ces souches sont :

**Bactéries à Gram positive :** *Staphylococcus aureus*, *staphylococcus saprophyticus*.

**Bactéries à Gram négative :** *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*.



**Figure 27:** *Staphylococcus aureus*.  
[133]



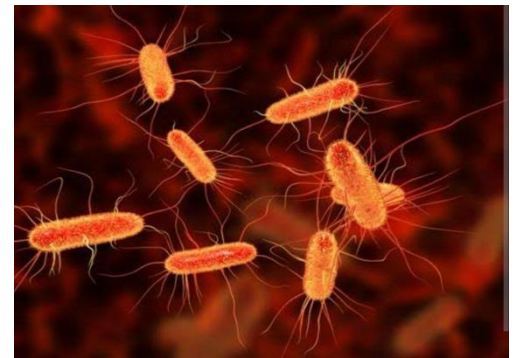
[132]

**Figure 26:** *staphylococcus saprophyticus*.



**Figure 28:** *Pseudomonas aeruginosa*.

[134]



**Figure 29:** *Escherichia coli* [135]

➤ **Préparation des boîtes de gélose :**

*a. Préparation zone stérile :*

Avant de commencer le travail, la zone de travail doit être soigneusement nettoyée avec de l'eau de Javel et un bec bunsen doit être utilisé pour créer une zone stérile.



Nous préparons des disques de 6 mm à partir de papier Whatman n°3 et les plaçons dans un autoclave avec des tubes à essai pour les stériliser à 120 °C pendant 30 minute.



**Figure 30:** Zone stérile.

***b. Fusion de la gélose :***

Les bouteilles de Mueller Hinton ont été chauffé à 90°C au bain-marie pendant 30 min.



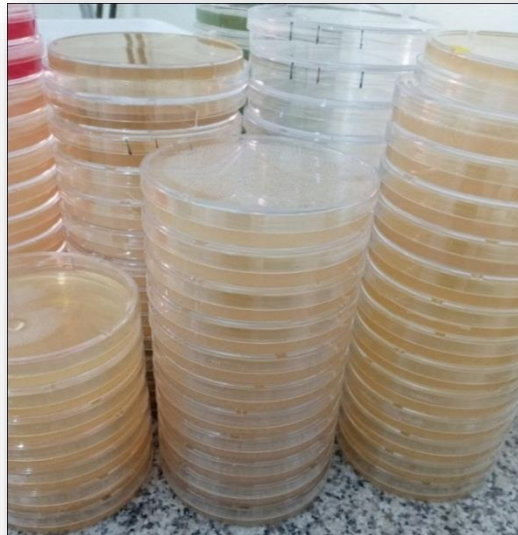
**Figure31 :** Réchauffement le contenu des bouteilles de Mueller Hinton.

*c. Couler la gélose dans les boîtes :*

Ce travail est effectué dans la zone stérile qui ne dépasse pas 15 cm sur le bec bunsen.

Nous sortons la bouteille du bain-marie et la laissons 15 min avant de commencer à l'utiliser.

Nous versons l'agar dans les plats pétris à un taux d'environ 20 mL par plat et nous le laissons refroidir jusqu'à ce qu'il se solidifie et soit prêt.



**Figure 32:** Boîtes pétries coulé par gélose.

d. Dépôt de disques :



Préparation de l'équipement de travail dans une zone stérile.



Les bactéries ont étéensemencées sur des boîtes de Pétri. Nous utilisons un écouvillon pour prélever des colonies de bactéries.



Ensuite, nous ajoutons une quantité d'eau physiologique ayant une concentration de 0,7 McFarland, puis nous mélangeons les solutions à l'aide d'un vortex.

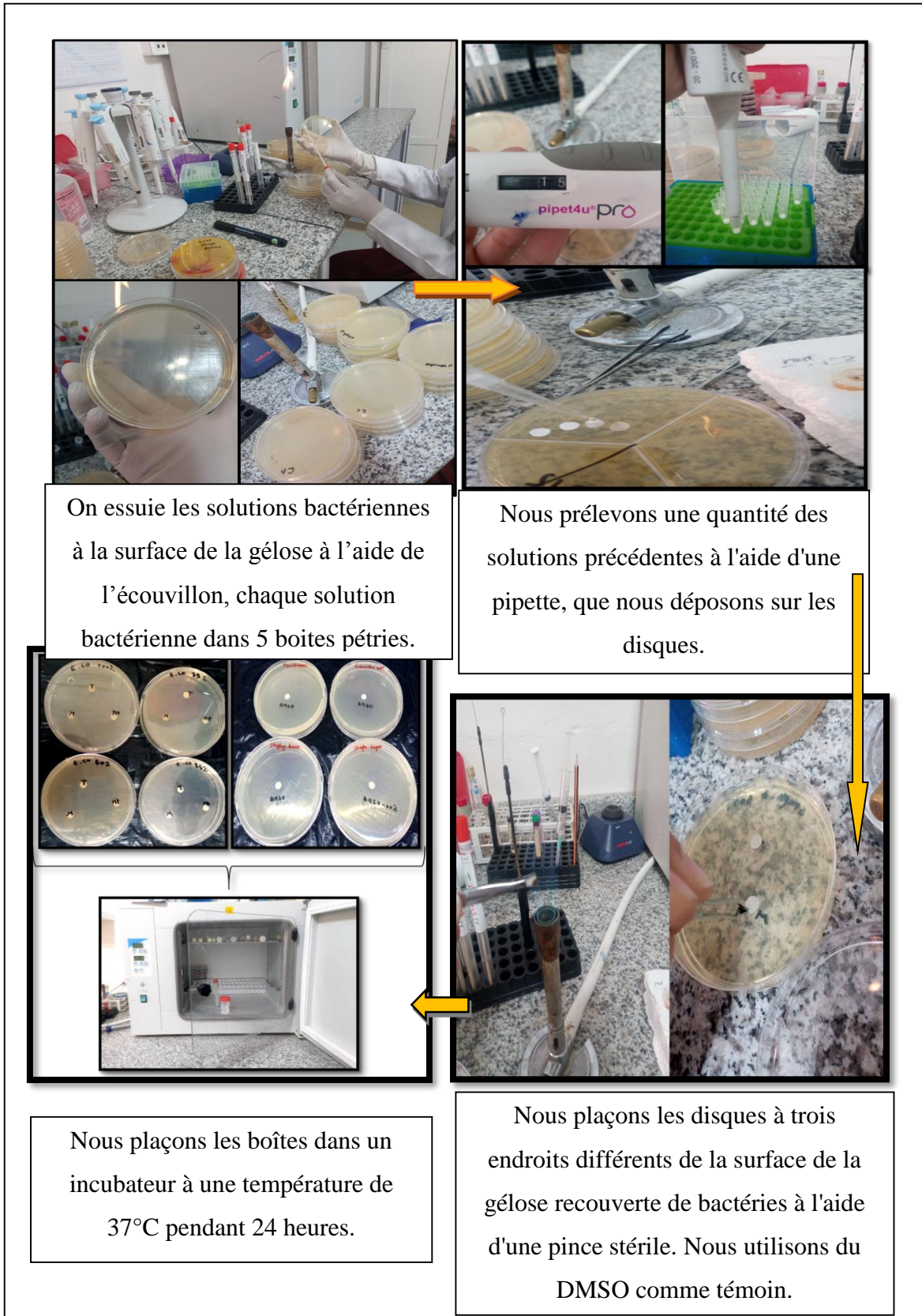


Figure33 : Protocole du test de l'activité antibactérienne.

**Tableau 5:** ranscription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés. [136, 137]

<b>Diamètres de la zone d'inhibition (mm)</b>	<b>Transcription</b>	<b>Sensibilité du germe</b>
<8	-	Résistant
9 - 14	+	Sensible
15 - 19	++	Très sensible
>20	+++	Extrêmement sensible

#### e. Détermination de CMI :

La CMI est définie comme étant la concentration minimale inhibitrice, c'est-à-dire la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance microbienne de 30 % [138].

Pour déterminer le CMI, nous avons effectué les mêmes étapes de travail pour évaluer l'activité des bactéries à la surface de la gélose en modifiant la concentration des huiles essentielles. Nous avons mesuré la concentration minimale inhibitrice (CMI) des huiles essentielles en fonction de leur activité antibactérienne.

Nous préparons des solutions avec différentes concentrations, où nous diluons l'huile essentielle pour chaque région avec le DMSO à trois concentrations différentes : 75% huile ,50% huile ,25% huile.

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussions**

#### IV- paramètres physico-chimique et organoleptique :

##### IV-1- paramètres organoleptique :

L'huile essentielle *d'Artemisia herba alba* obtenue par hydrodistillation a un aspect liquide limpide, une couleur jaune et jaune foncé, une odeur très aromatique (forte) et une saveur amère.

Les propriétés organoleptiques sont un moyen de vérifier et de contrôler la qualité de l'huile essentielle. A cet effet, les résultats obtenus sont compatibles avec ceux rapportés par l'AFNOR (1986) ayant analysé les huiles essentielles *d'Artemisia herba* a étudiées [139].

**Tableau 6:** Les paramètres organoleptiques des huiles essentielles des trois régions.

Les huiles essentielles Les Paramètres	<i>Artemisia herba-alba</i>			Norme AFNOR
	HE 47	HE 58	HE 11	
Aspect	Liquide visqueux			Liquide mobile, limpide
Couleur	Jaune		Jaune Foncé	Jaune à jaune orangé
Odeur	Forte			Forte

## IV-2- paramètres physico-chimique :

Tableau 7: Les paramètres physico-chimiques des huiles essentielles des trois régions.

Paramètre	HE 47	HE 58	HE 11	Norme AFNOR
Rendement (%)	0,6892	0,8734	1,2145	-
Densité $d_{20}^{20}$	0,91704	0,97204	0,98204	0,915 à 0,942
Indice de réfraction	1,4566	1,4463	1,4772	1,455 à 1,470
Indice d'acide	0,951	0,824	1,061	Inférieure ou égale à 2

Selon Afnor (2000), les huiles essentielles sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles, elles sont plus ou moins colorées et leur densité est en général inférieure à celle de l'eau [90]

## IV.2.1. Le rendement :

Le rendement de HE 47, HE 58 et HE11 est calculé par rapport à 100 g de matière végétale sèche par la relation de rendement. Le tableau 7 montre le rendement des huiles essentielles.

Le rendement obtenu à partir de l'extraction des huiles essentielles de la plante *Artemisia herba-alba* varie selon la région d'où elle a été récoltée.

A partir de ces résultats, on note qu'il existe une légère différence de rendement en huiles essentielles entre les trois régions, *Artemisia herba alba* de 47, 58 et 11 ont présenté respectivement un rendement de 0,6892% ,0,8734%et de 1,2145%.

Donc le rendement le plus élevé est le rendement de la région 11.

Notre résultats est similaire aux résultats que fait par MOUCHEM.F dans El Aricha (1,2%) en 2015 [140] .



Ces résultats ne sont pas loin de ceux mentionnés par Dob Tahar et Benabdelkader Tarek en 2006 de M'sila (1,02%) [141], par MOUCHEM Fatima Zohra en 2015 de Mecheria (1%) [140], par Romane Abdeldjabar Djemai Hamza en 2021 avec une valeur de (1,3%) dans Meghila [142], par L. Bezza et ces collaborateurs en 2010 avec une valeur de (0,95%) dans Biskra [110].

Les HE 11 est considérée comme ayant un rendement plus faible par rapport à certaines études obtenues par Romane Abdeldjabar Djemai Hamza en 2021 avec une valeur de (3,58 %) dans Ksar- Chellala [142].

Notre huile essentielle de 47 est considérée comme ayant un rendement élevé par rapport à certaines études obtenues par Akrou. A en 2004 avec une valeur de (0,65 %) dans Tunisie [143].

Il faut noter que le rendement des HES dépendent de plusieurs facteurs à savoir l'espèce, le milieu de récolte, la période de récolte et la technique d'extraction.

#### ***IV.2.2. La densité :***

La densité de l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* de 47,58 et 11 est respectivement 0,91704 ; 0,97204 et 0,98204. Ainsi, la densité la plus élevée est de HE 11, et notre résultat est conforme aux normes de l'AFNOR.

#### ***IV.2.3. Indice de réfraction :***

L'indice de réfraction de nos huiles essentielles est compris entre 1,4463 et 1,4772. Elle est normative selon les normes françaises des huiles essentielles. Cet indicateur dépend de la composition chimique, qui augmente avec la longueur des chaînes acides, leur degré de constitution et leur température, et change radicalement avec la teneur en monoterpènes et dérivés oxygénés. Une teneur élevée en monoterpènes donne un indice élevé [90].

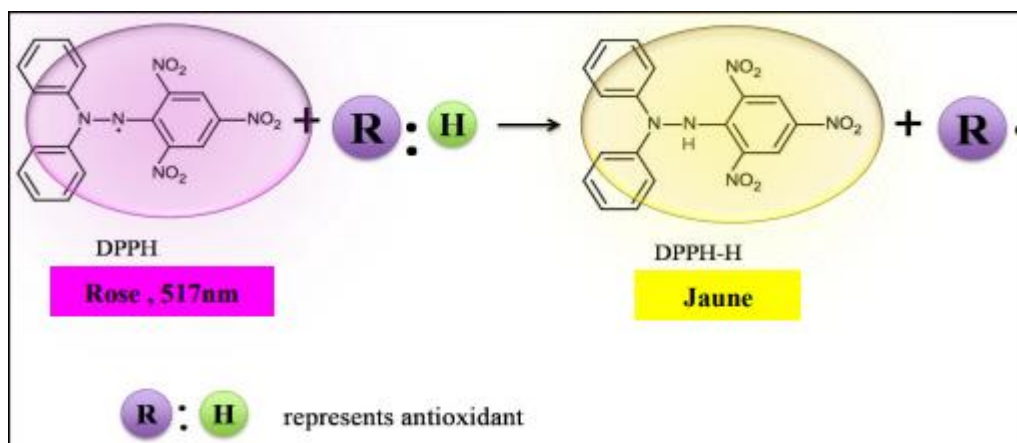
**IV-2-2-Indice d'acide :**

L'indice d'acide indique d'une part le degré de conservation de l'huile et d'autre part la qualité de l'huile d'alimentaire, La norme AFNOR fixe cet indicateur à une valeur inférieure ou égale à 2 [90], et notre résultat est conforme aux normes de l'AFNOR.

**IV.3. Activités biologiques :****IV.3.1. Activity anti-oxydant :**

Dans le but de déterminer l'activité antioxydante des HES obtenus pour les espèces étudiées méthode du piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) a été utilisée [46].

On sait que la solution de DPPH, lorsqu'elle est mélangée avec une substance contenant des antioxydants, change de couleur du violet foncé à la jaune cause de la conversion des radicaux libres indépendants DPPH en 1,1-diphényl-2-picrylhydrazine, [129] L'essai est basé sur la réduction du DPPH dissout dans du méthanol ce qui cause une diminution de l'absorbance mesurée à 517 nm [46].



**Figure 34:** Mécanisme réactionnel du test DPPH• entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (RH) [144]

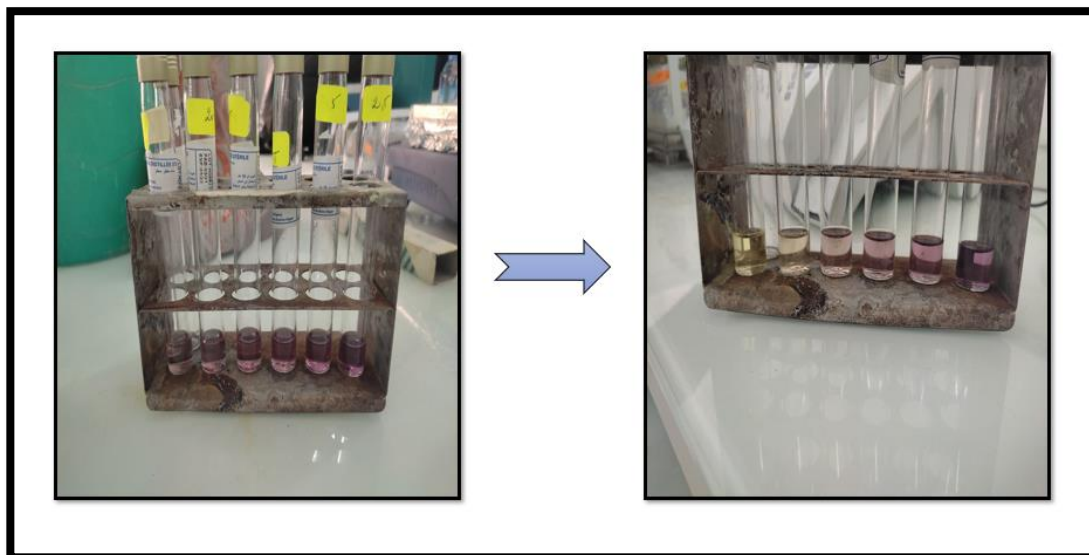


Figure 35: Les résultats obtenus de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH.

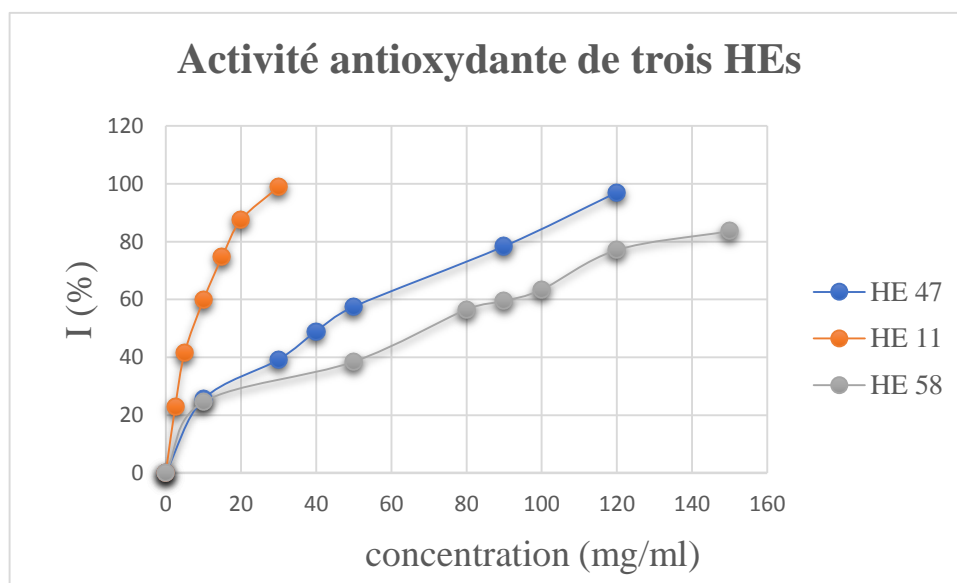


Figure 36: Activité antioxydante des huiles essentielles de 11 et de 47 et 58.

$IC_{50}$  est la concentration inhibitrice à 50 %, qui est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante, c'est-à-dire plus la valeur est faible, plus l'activité antioxydante est élevée.

**Tableau 8:** Concentration inhibitrice à 50% des huiles essentielles et de l'acide ascorbique

Région d'huile essentielle	DPPH IC <sub>50</sub> (mg/ml)
<b>HE 47</b>	44,47817243
<b>HE 58</b>	68,72654155
<b>HE 11</b>	8,450254392
<b>Acide ascorbique</b>	6,4584 × 10 <sup>-3</sup>

Selon les résultats, l'activité d'antiradicalaire a augmenté avec l'augmentation de la concentration. Avec une valeur de 6,4584 µg/ml, la vitamine C (acide ascorbique) est l'antioxydant le plus efficace par rapport aux les huiles essentielles testées. Parmi les trois extraits, le plus actif est l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de la région 11 avec une IC<sub>50</sub> de 8,4502 mg/mL, suivie de l'huile 47. Avec une valeur de 44,4781 mg/ml et enfin 58 qui semble être la moins efficace avec une IC<sub>50</sub> de 68,7265 mg/ml. Plusieurs auteurs ont rapporté que les antioxydants synthétiques sont plus efficaces pour piéger les radicaux DPPH que les huiles essentielles.

L'activité antiradicalaire se classe donc dans l'ordre décroissant suivant :

D'une manière générale l'acide ascorbique possède une activité antioxydant plus fort que les trois huiles étudiées.

Des études antérieures confirment une variation significative de l'activité antioxydante d'huiles essentielle d'*Artemisia herba alba*.

Selon l'étude [145], il a été constaté que la valeur de l'IC<sub>50</sub> pour l'huile essentielle extraite de l'*herbe d'Alba* en Algérie, dans la province de Saïda, est de 2.66 µg/ml dans l'étude de son activité antioxydante. Nous avons constaté qu'elle présente une activité supérieure à notre valeur maximale précédente

Dans les études subséquentes, il a été constaté que les valeurs d'Aloui (Gafsa, Tunisia), Khlifi (Sidi Bouzid, Tunisia), Seddik (Setif, Algeria) et Kadri (Sidi Bouzid, Tunisia), étaient

similaires les unes aux autres. Ces valeurs sont les suivantes : 9.10 mg/ml ,20.64 mg/ml ,32.9mg/ml et 50mg/ml. On remarque qu'elles se situent dans une plage limitée et se concentrent dans le domaine abordé par notre étude, s'étendant de 8.45 mg/ml à 68.72mg/ml[146-149]

#### IV.3.2. Activité antibactérienne :

Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* a été étudié en utilisant la méthode de diffusion des disques sur un milieu gélosé appelé Mueller Hinton. Différentes concentrations des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* ont été testées contre des bactéries Gram-positives et Gram-négatives. L'objectif était d'évaluer leurs propriétés antibactériennes en observant la présence ou l'absence de zones d'inhibition de la croissance bactérienne et de mesurer le diamètre de ces zones. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux 9,10 et 11.

**Tableau 9:**Résultat d'activité antibactérienne d'HE d'*Artemisia herba alba* de 47.

C	Bac	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram négative)	<i>Escherichia coli</i> (Gram négative)	<i>Staphylococcus aureus</i> (Gram positive)	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> (Gram positive)
<b>Diamètre des zones (mm)</b>					
	<b>100%</b>	6	6,5	10	12
	<b>75%</b>	6	7	7,5	10
	<b>50%</b>	6	6,25	8	7
	<b>25%</b>	6	6	6	6

Le tableau 9 montre les diamètres d'inhibition des différentes concentrations d'huile essentielle 47 dans le *DMSO* contre les bactéries. La concentration à 100% montre une activité antibactérienne sur *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus* (6,5mm, 10mm et 12mm respectivement).

Les données ont indiqué que *Staphylococcus saprophyticus* gram positif était la souche la plus sensible testée dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de 47.

La souche *Pseudomonas aeruginosa* s'avère la plus résistante à l'HE de 47.

**Tableau 10:** Résultat Activité antibactérienne d'HE d'*Artemisia herba alba* de 58.

<b>C</b>	<b>Bac</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram négative)	<i>Escherichia coli</i> (Gram négative)	<i>Staphylococcus aureus</i> (Gram positive)	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> (Gram positive)
<b>Diamètre des zones (mm)</b>					
	<b>100%</b>	6	6	15	14
	<b>75%</b>	6	6	8	6
	<b>50%</b>	6	6	8	7
	<b>25%</b>	6	6	6	6

Quant au tableau 10, il montre les valeurs le diamètre d'inhibition des différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de 58.

La concentration à 100% montre une activité bactérienne *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus* (6mm, 15mm et 14mm respectivement).

Les données ont indiqué que *Staphylococcus aureus* gram positif et *Staphylococcus saprophyticus* gram positif étaient les souches la plus sensible testée dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de 58.

La souche *Pseudomonas aeruginosa* s'avère la plus résistante à l'HE de 58.

Tableau 11: Résultat Activité antibactérienne d'HE d'*Artemisia herba alba* de 11.

C	Bac	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram négative)	<i>Escherichia coli</i> (Gram négative)	<i>Staphylococcus aureus</i> (Gram positive)	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> (Gram positive)
	Diamètre des zones (mm)				
	100%	6	9	18	15
	75%	6	9	10	14
	50%	6	8	9	9
	25%	6	6	6	6

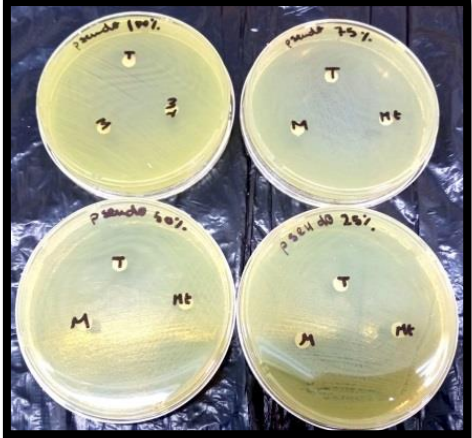
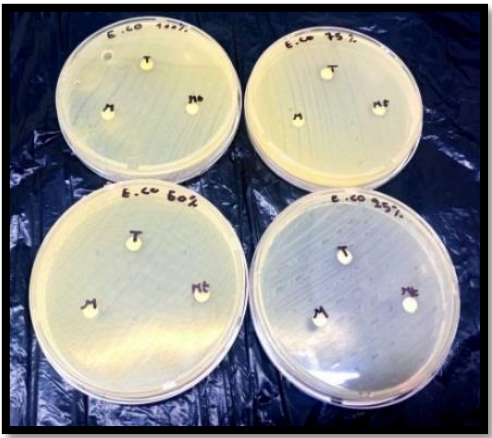
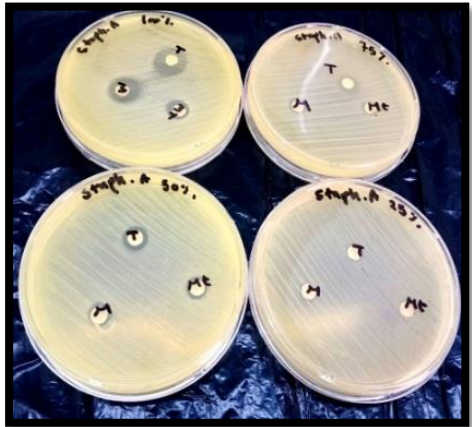
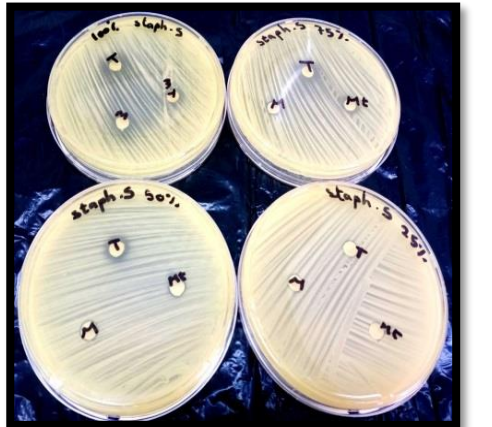
Le tableau 11, il montre les valeurs le diamètre d'inhibition des différentes concentrations d'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de 11.

La concentration à 100% montre une activité bactérienne *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus* (9mm, 18mm et 15mm respectivement), et plus faible valeur de CMI < 0,25 mg / ml.

Les données ont indiqué que *Staphylococcus aureus* gram positif et *Staphylococcus saprophyticus* gram positif étaient les souches la plus sensible testée dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* de 11.

La souche *Pseudomonas aeruginosa* s'avère la plus résistante à l'HE de 11.

**Tableau 12:**Résultat d'activité antibactérienne d'HE d'*Artemisia herba alba* par photos.

<p><b>Les bactéries</b> <b>(Gram négative)</b></p>	<p><i>Pseudomonas aeruginosa</i></p>	<p><i>Escherichia coli</i></p>
<p><b>Les résultats des 3 régions</b> <b>(47,58 et 11)</b></p>		
<p><b>Les bactéries</b> <b>(Gram positive)</b></p>	<p><i>Staphylococcus aureus</i></p>	<p><i>Staphylococcus saprophyticus</i></p>
<p><b>Les résultats des 3 régions</b> <b>(47,58 et 11)</b></p>		



D'après les résultats, il apparaît que l'huile essentielle de la région 11 est plus efficace que les autres régions 58 et 47 contre tous les types de bactéries étudiées à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*, car elle s'est avérée résistante contre toutes les huiles essentielles des trois régions.

Les résultats semblent aussi que *Staphylococcus aureus* la plus sensible à l'HE d'*Artemisia herba alba* de toutes les régions ; où l'inhibition la plus élevée a été enregistrée avec une valeur de 18 mm dans la région de Tamanrasset (HE11).

Les résultats ont également montré que les huiles essentielles étudiées étaient efficaces contre les deux espèces *Staphylococcus* « *saprophyticus* et *Escherichia coli* » avec différents degrés d'inhibition.

D'après les études précédentes, nous constatons que nos résultats sont plus faibles que les résultats à ceux de l'étude [107]. Il a été démontré que l'huile d'*Artemisia herba alba* est efficace contre les bactéries *Staphylococcus aureus* (Gram-positif) et *E. coli* (Gram-négatif), avec des zones d'inhibition et des valeurs de concentration inhibitrice d'environ 17 mm. De plus, la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* (Gram-négatif), s'est révélée plus sensible, avec un diamètre d'inhibition de 20 mm.

[108] Il a été prouvé qu'il existe une activité contre les bactéries *Escherichia coli* .32 (6 mm), *Staphylococcus saprophyticus* 3S (6mm) et *Staphylococcus aureus* (0mm), mais cette activité est considérée comme faible par rapport à ce que nous avons obtenu d'*Escherichia coli* (9mm), *Staphylococcus saprophyticus* (15mm) et *Staphylococcus aureus* (18 mm).

Les résultats obtenus par [150] montrent une activité sur *Pseudomonas aeruginosa* PA A1 (>8mm).

Contrairement à nos résultats, nous avons constaté qu'ils montrent une résistance de la *Pseudomonas aeruginosa* de HE d'*Artemisia herba alba* des 3 régions. Quant à *Escherichia*

*coli* EC A1, *Escherichia coli* EC B1 BLSE, *Escherichia coli* EC B2 BLSE et *Staphylococcus aureus* SA A1, ils y avaient une activité convergente de 11mm ;10,3mm ;11,3mm et 16 ,3mm, respectivement par rapport nos résultats 9 mm d'*Escherichia coli* et 18 mm de *Staphylococcus aureus*.

Concernant l'étude [151], les résultats sont faibles par rapport à notre étude. *Escherichia coli* (7 mm) et *Staphylococcus aureus* (7,5 mm) .

les résultats obtenues par [150] et [152], sont presque similaires à nos résultats, où ils y avaient respectivement; une activité convergente de 11 et 10 mm pour *Escherichia Coli*, 16 et 18 mm pour *Staphylococcus aureus*.

Les bactéries Gram-positives sont plus sensibles à l'huile essentielle que les bactéries Gram-négatives, et cela est dû à la structure de leur paroi cellulaire bactérienne. Les bactéries Gram-négatives possèdent une paroi plus complexe et résistante, ce qui la rend plus difficile à détruire.[153]

# **Conclusion générale**

Algérie possède de nombreux types de plantes dotées de propriétés thérapeutiques, ce qui fait que l'exploitation du potentiel biologique de ces plantes revêt une grande importance.

Dans notre travail, la plante a été sélectionnée est *Artemisia herba alba* dans la famille de *Compositae*. Cette plante a été collectée dans trois régions différentes en Algérie : Ghardaïa, El Menia et Tamanrasset, respectivement le 1<sup>er</sup> mars 2023, le 9 février 2023 et le 1<sup>er</sup> février 2023.

Le but de cette étude est d'extraire les huiles essentielles de la partie aérienne de la plante *Artemisia herba alba* de trois régions différentes et d'étudier leurs activités biologiques.

Des comparaisons ont été faites entre les trois régions :

- Extraction des huiles essentielles de *Artemisia herba alba* et calcul du rendement.
- Détermination de son activité antibactérienne sur quatre souches différentes : *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus* et *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*.
- Évaluation de son activité antioxydante par la méthode du DPPH.

L'extraction des huiles essentielles par l'hydrodistillation a donné les rendements suivants : 0,6892%, 0,8734% et 1,2145% respectivement pour A.herba alba 47, A.herba alba 58 et A.herba alba 11.

Les résultats de l'activité antibactérienne ont montré que les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* étaient efficaces contre la plupart des souches des bactéries Gram-positives et Gram-négatives étudiées mais étaient plus efficaces contre *Staphylococcus aureus* mais *Pseudomonas aeruginosa*, elle présente une forte résistance contre toutes les huiles essentielles des trois régions.

## Conclusion générale

En ce qui concerne l'activité antioxydante, nous avons constaté que l'huile essentielle 11 ( $IC_{50} = 8,45\text{mg/mL}$ ) présentait une activité antioxydante plus élevée que l'huile essentielle 47 ( $IC_{50} = 44,48\text{mg/mL}$ ) et que l'huile essentielle 58 ( $IC_{50} = 68,73\text{mg/mL}$ ).

Ainsi, cette étude conclut que la plante *Artemisia herba alba* possède des activités antioxydantes et antibactériennes importantes. Ces propriétés biologiques pourraient être exploitées dans les domaines de l'alimentation, des cosmétiques et de pharmacie. Cependant, des recherches supplémentaires et des tests sont nécessaires, tels que :

- Etudier les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* provenant d'autres régions d'Algérie.
- Détermination de la composition chimique des trois huiles essentielles.
- Examiner d'autres activités biologiques de cette plante, telles que ses propriétés antifongiques, anti-inflammatoires, antivirales.
- Etudier la toxicité de cette huile.

# Références

**Bibliographie :**

1. Bouzouita, N., et al., *Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de Juniperus phoenicea*. 2008. **10**: p. 119-125.
2. Pierron, C., *Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France: exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs*. 2014, Université de Lorraine.
3. Boudjouref, M., *Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'Artemisia campestris L.* 2018.
4. Besombes, C., *Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques: applications généralisées*. 2008, Université de La Rochelle.
5. Lardry, J.-M. and V.J.K. Haberkorn, la revue, *L'aromathérapie et les huiles essentielles*. 2007. **7**(61): p. 14-17.
6. Zhiri, A. and D.J.L.É.I. Baudoux, *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies*. 2005.
7. Jouault, S.J.U.d.L., Nancy, *La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité*. 2012.
8. DE, P.L.D.D.É., *CONSEILS ET UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES LES PLUS COURANTES EN OFFICINE*. 2017, université Toulouse 3.
9. Dridi, F., *Extraction et analyse de l'huile essentielle de cumin formulation d'une pommade decongestionnante*. 2005.
10. FEKIH, N., *Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre Pinus poussant en Algérie*. 2014.
11. Burt, S.J.I.j.o.f.m., *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review*. 2004. **94**(3): p. 223-253.
12. Bardeau, F., *Les huiles essentielles*. 2009: Fernand Lanore.
13. Bourrain, J.-L.J.R.F.d.A., *Allergies aux huiles essentielles: aspects pratiques*. 2013. **53**: p. 30-32.
14. BOUALAM Khaoula, K.F., *Extraction et caractérisation de quelques huiles essentielles des plantes Utilisés dans la thérapie grippale (Thymus lanceolatus, Eucalyptus globulus)*.

15. Bruneton, J.J.L., Paris, *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*, 3ème éd. 1999. **1120**.
16. BENSOUNA, A., S. BOUBAA, and L. MADANI, *CINETIQUES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELES A PARTIR DE QUELQUES PLANTES AROMATIQUES*. 2016.
17. Bruneton, J., *Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales*. 1993.
18. Chakroun, Y., *Activité antifongique et antimycotoxines d'huiles essentielles tunisiennes sur des souches de Fusarium productrices d'enniatines et évaluation de leur potentialisation par nanoencapsulation*. 2022, Université de Bordeaux; Université de Carthage (Tunisie).
19. Minker, C., *200 plantes qui vous veulent du bien*. 2013: Larousse.
20. Muther, L.J.U.d.A., *Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant*. 2015.
21. Soualeh, N. and R.J.P. Soulimani, *Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts*. 2016. **14**(1): p. 44-57.
22. Mansard, M., *Le camphrier: étude botanique, chimique et biologique de ses huiles essentielles*. 2016, Thèse d'exercice de pharmacie]. Nancy: Université de Lorraine.
23. Zaïbet, W., *Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de Daucus aureus (Desf) et de Reutera lutea (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD)*. 2018.
24. KHERKHACHE, H., *Composition Chimique et l'Activité Antimicrobienne de l'Huile Essentielle et l'Extrait Butanolique de Saccocalyx satureioides*. 2010, جامعة الجلفة.
25. HESSAS, T. and S. SIMOUD, *Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Thymus sp*. 2018.
26. Figueredo, G., *Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne*. 2007, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.
27. Fadoua, Y., *Étude botanique, phytochimique et activités biologiques d'une espèce végétale utilisé au médecine traditionnelle Algérienne (teucrium polium)*.
28. Deschepper, R., *Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie*. 2017.
29. Hellal, Z., *Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (Sardina pilchardus)*. 2011, Université Mouloud Mammeri.



30. Ouis, N.J.D.T.d.d., Université Ahmed Ben Bella-Oran, Alger, *Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil*. 2015.
31. Lucchesi, M.-E., *Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles*. 2005, Université de la Réunion.
32. Nourelhouda, B.A.A.R.S., *Etude Comparative des méthodes d'extraction des huiles Essentielle dans les plantes*. 2021, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA.
33. <https://www.annabac.com/revision-bac/decrire-les-etats-de-la-matiere-et-leurs-transformations>.
34. Bichari, M., *Optimisation de l'extraction par entrainement à la vapeur d'eau et étude analytique de l'huile essentielle*. 1989.
35. Meullemiestre, A., *Valorisation des déchets de la filière «bois» en deux étapes: isolation des molécules extractibles puis fabrication de charbon actif: cas du pin maritime*. 2014, Université de La Rochelle.
36. Herzi, N., *Extraction et purification de substances naturelles: comparaison de l'extraction au CO<sub>2</sub>-supercritique et des techniques conventionnelles*. 2013.
37. Fernandez, X. and A.J.T.d.l.i. Casale, p, *Eaux florales et hydrolats. Obtention, composition, conservation et applications*. 2015.
38. Habiba, T. and B. Fatma Zahra, *Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles du Thymus algeriensis*. 2018, Université laarbi tebessi tebessa.
39. Bousbia, N., *Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires*. 2011, Université d'Avignon.
40. CHOUITAH, O., *Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de Glycyrrhiza glabra*. 2012, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella.
41. Didier, R.E.F.S., *APPROCHE CHIMIO-MICROBIOLOGIQUE DES ACTIVITES DES HUILES ESSENTIELLES PRODUITES A L'INSTITUT MALGACHE DE RECHERCHES APPLIQUEES (IMRA)*.
42. BEN KADI, Y., et al., *EXTRACTION D'HUILLE ESSENTIELLE ET L'ACTIVITE ANTI-OXYDANTE DE LA PLANTE MENTHA PULIGUIM*. 2022, Université Ahmed DRAIA-Adrar.
43. Issaadi-Hamitouche, T., *Etude de l'autovaporisation instantanée dans l'intensification de l'extraction de l'huile essentielle du bois de santal*. 2016, Université de La Rochelle.
44. Jean, B., *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*. 2009: Lavoisier.

45. Cazau-Beyret, N., *Prise en charge des douleurs articulaires par aromathérapie et phytothérapie*. 2013, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
46. BENCHEIKH, S.E., *Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium* ssp *Aurasianum* Labiatae*. 2017.
47. Chaftar, N., *Occurrence des légionelles dans les eaux thermales tunisiennes et évaluation de l'activité anti-legionella des huiles essentielles de plantes autochtones*. 2013, Poitiers.
48. García, K.B., et al., *Aceite con extracto de orégano (*Origanum vulgare*) y ajo (*Allium sativum* L.) como agentes conservantes orgánicos en hamburguesa*.
49. Kumar, A., et al., *Assessment of *Thymus vulgaris* L. essential oil as a safe botanical preservative against post harvest fungal infestation of food commodities*. 2008. **9**(4): p. 575-580.
50. Chemat, F. and G. Cravotto, *Microwave-assisted extraction for bioactive compounds: theory and practice*. Vol. 4. 2012: Springer Science & Business Media.
51. Garneau, F. and G.J.C. Collin, Quebec, *Huiles essentielles: de la plante à la commercialisation, le matériel végétal et les huiles essentielles*. 2005. **1**.
52. El Kalamouni, C., *Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées*. 2010.
53. Piochon, M., *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse*. 2008: Université du Québec à Chicoutimi.
54. Buronzo, A., *Grand guide des huiles essentielles*. 2008: Hachette Pratique.
55. Smallfield, B., *Introduction to Growing Herbs for Essential Oils, Medicinal and Culinary Purposes: Bruce Smallfield*. 2001: Crop & Food Research.
56. Madhavi, D.L., S. Deshpande, and D.K. Salunkhe, *Food antioxidants: Technological: Toxicological and health perspectives*. 1995: CRC Press.
57. Millet, F., *Le grand guide des huiles essentielles: Santé-hygiène-beauté-bien-être-maison-cuisine*. 2015: Marabout.
58. Bernard, T., et al., *Extraction des huiles essentielles: chimie et technologie*. 1988(298): p. 179-184.
59. Baser, K.H.C. and G. Buchbauer, *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. 2009: CRC press.
60. Trombetta, D., et al., *Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes*. 2005. **49**(6): p. 2474-2478.

61. Tiwari, B.K., et al., *Application of natural antimicrobials for food preservation*. 2009. **57**(14): p. 5987-6000.
62. Poolman, B., A. Driessen, and W.N.J.M.r. Konings, *Regulation of solute transport in streptococci by external and internal pH values*. 1987. **51**(4): p. 498-508.
63. Trumppower, B.L. and R.B.J.A.r.o.b. Gennis, *Energy transduction by cytochrome complexes in mitochondrial and bacterial respiration: the enzymology of coupling electron transfer reactions to transmembrane proton translocation*. 1994. **63**(1): p. 675-716.
64. De Martino, L., et al., *Chemistry, antioxidant, antibacterial and antifungal activities of volatile oils and their components*. 2009. **4**(12): p. 1934578X0900401226.
65. Caballero, B., L. Trugo, and P. Finglas, *Encyclopedia of food sciences and nutrition: Volumes 1-10*. 2003: Elsevier Science BV.
66. Laekeman, G., et al., *Eugenol a valuable compound for in vitro experimental research and worthwhile for further in vivo investigation*. 1990. **4**(3): p. 90-96.
67. Dorman, H.D. and S.G.J.J.o.a.m. Deans, *Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils*. 2000. **88**(2): p. 308-316.
68. Sikkema, J., J.A. de Bont, and B.J.M.r. Poolman, *Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons*. 1995. **59**(2): p. 201-222.
69. Hyldgaard, M., T. Mygind, and R.L.J.F.i.m. Meyer, *Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components*. 2012. **3**: p. 12.
70. Faleiro, M.L.J.S.a.m.p.c.c.r. and t. advances, *The mode of antibacterial action of essential oils*. 2011. **2**: p. 1143-1156.
71. Koh, K., et al., *Tea tree oil reduces histamine- induced skin inflammation*. 2002. **147**(6): p. 1212-1217.
72. Schehl, U. and R.J.Ö.A.-Z. Schroth, *Freie Radikale—Freunde oder Feinde*. 2004. **58**(6): p. 256-259.
73. Salehi, P., et al., *Essential oil composition, antibacterial and antioxidant activity of the oil and various extracts of Ziziphora clinopodioides subsp. rigida (B OISS.) R ECH. f. from Iran*. 2005. **28**(10): p. 1892-1896.
74. Perez-Roses, R., et al., *Biological and nonbiological antioxidant activity of some essential oils*. 2016. **64**(23): p. 4716-4724.
75. Hussain, A.I., et al., *Rosmarinus officinalis essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities*. 2010. **41**: p. 1070-1078.

76. Hay, R.J.J.C.i.d., *Fungal infections*. 2006. **24**(3): p. 201-212.
77. Hu, Y., et al., *Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (Curcuma longa L.) on Aspergillus flavus*. 2017. **220**: p. 1-8.
78. Kalemba, D. and A.J.C.m.c. Kunicka, *Antibacterial and antifungal properties of essential oils*. 2003. **10**(10): p. 813-829.
79. Bakkali, F., et al., *Biological effects of essential oils—a review*. 2008. **46**(2): p. 446-475.
80. Prakash, B., et al., *Assessment of some essential oils as food preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activities and in vivo efficacy in food system*. 2012. **49**(1): p. 201-208.
81. Lang, G., G.J.F. Buchbauer, and F. Journal, *A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review*. 2012. **27**(1): p. 13-39.
82. Tian, J., et al., *Chemical composition and antifungal activity of essential oil from Cicuta virosa L. var. latisecta Celak*. 2011. **145**(2-3): p. 464-470.
83. Joannès, F., C. Michel, and L. Bachelot, *Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne*. 2001: Laffont.
84. Nabli, M.A., *Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes*. 1989: Faculté des Sciences de Tunis.
85. Messai, L. and D. Belkacemi, *Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'est Algerien*. 2011.
86. Mohsen, H. and F.J.M. Ali, *Essential oil composition of Artemisia herba-alba from southern Tunisia*. 2009. **14**(4): p. 1585-1594.
87. Zohary, M., *Geobotanical foundations of the Middle East*. 1973: Fischer.
88. Breckle, S.J.E.o.t.w., *Temperate deserts and semi-deserts of Afghanistan and Iran*. 1983. **5**: p. 271-319.
89. Khireddine, H., *Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie*. 2014.
90. GOUDJIL, M.B., *Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques*. 2016.
91. Quezel, P., S. Santa, and O. Schotter, *Nouvelle flore de l'Algerie et des regions desertiques meridionales-v. 1-2*. 1962.

92. Maaroufi, Z., *Valorisation des extraits de quelques plantes aromatiques et médicinales de Tunisie en tant que nouvelles substances antileishmaniennes*. 2020, Université Paris-Saclay; Université de Carthage (Tunisie).
93. <http://atlas-sahara.org/Asteraceae/Artemisia%20herba-alba/Artemisia%20herba-alba.html?cat=Asteraceae#>.
94. OUROKBA, S. and S. HERIF, *'Etude biologique de l'extrait méthanolique de la plante médicinale Artemisia Herba Alba. et comparer son efficacité à certains antibiotiques*. 2021, université ibn khaldoun-tiaret.
95. Tilaoui, M., et al., *Comparative phytochemical analysis of essential oils from different biological parts of Artemisia herba alba and their cytotoxic effect on cancer cells*. 2015. **10**(7): p. e0131799.
96. Mohamed, A.E.-H.H., et al., *Chemical constituents and biological activities of Artemisia herba-alba*. 2010. **4**(1).
97. BOUGOUTAIA, Y., *Etude du complexe Artemisia herba-alba Asso d'Algérie par des approches pluridisciplinaires: cytogénétique classique, cytogénétique moléculaire, phylogénie et phylogéographie*. 2018, Université Mohamed Boudiaf des Sciences et de la Technologie-Mohamed Boudiaf ....
98. Bendahou, M., *Composition chimique et propriétés biologiques des extraits de quelques plantes aromatique et médicinales de l'ouest algérien*. 2007, Tlemcen, Université Abou Bekr Belkaïd. Faculté des Science.
99. mondiale de la Santé, O., *Utilisation des formes non pharmaceutiques d'Artemisia*. 2019, Organisation mondiale de la Santé.
100. Huang, L., et al., *Antipyretic and anti-inflammatory effects of Artemisia annua L*. 1993. **18**(1): p. 44-64.
101. Zheng, G.-Q.J.P.m., *Cytotoxic terpenoids and flavonoids from Artemisia annua*. 1994. **60**(01): p. 54-57.
102. Lynda, M., *Développement et fabrication d'un produit nutraceutique à base d'artemisia herba alba pour un usage antidiabétique*. 2013.
103. Duke, S.O., et al., *Artemisinin, a constituent of annual wormwood (Artemisia annua), is a selective phytotoxin*. 1987. **35**(4): p. 499-505.
104. Chen, P., G. Leather, and D.J.P.P.S. Klayman, *Allelopathic effect of artemisinin and its related compounds from Artemisia annua*. 1987. **83**: p. 406.
105. Satyal, P., *Chemical characterization and biological activities of Himalayan aromatic medicinal plants*. 2012: The University of Alabama in Huntsville.

106. Hudaib, M.M. and T.A.J.J.o.E.O.R. Aburjai, *Composition of the essential oil from Artemisia herba-alba grown in Jordan*. 2006. **18**(3): p. 301-304.
107. Younsi, F., et al., *Essential oil and phenolic compounds of Artemisia herba-alba (Asso.): Composition, antioxidant, antiacetylcholinesterase, and antibacterial activities*. 2016. **19**(7): p. 1425-1438.
108. Amor, G., et al., *Chemical composition and antimicrobial activity of Artemisia herba-alba and Origanum majorana essential oils from Morocco*. 2019. **24**(22): p. 4021.
109. Feuerstein, I., A. Danin, and R.J.P. Segal, *Constitution of the essential oil from an Artemisia herba-alba population of Spain*. 1988. **27**(2): p. 433-434.
110. Bezza, L., et al., *Composition chimique de l'huile essentielle d'Artemisia herba-alba provenant de la région de Biskra (Algérie)*. 2010. **8**(5): p. 277-281.
111. Dahmani-Hamzaoui, N. and A.J.J.o.E.O.R. Baaliouamer, *Volatile constituents of Algerian Artemisia herba-alba essential oils*. 2015. **27**(5): p. 437-446.
112. Boutekedjiret, C., *L'huile essentielle d'Artemisia Herba-Alba Asso d'Algérie approche des conditions optimales de son extraction par entraînement à la vapeur d'eau*. 1990, Alger, Ecole Nationale Polytechnique.
113. Kim, S.S., et al., *Chlorogenic acid, an antioxidant principle from the aerial parts of Artemisia iwayomogi that acts on 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical*. 1997. **20**: p. 148-154.
114. Mighri, H., et al., *Antimicrobial and antioxidant activities of Artemisia herba-alba essential oil cultivated in Tunisian arid zone*. 2010. **13**(3): p. 380-386.
115. Mohammed, M.J., et al., *Phenolic composition, antioxidant capacity and antibacterial activity of white wormwood (Artemisia herba-alba)*. 2021. **10**(1): p. 164.
116. Tan, R.X., W. Zheng, and H.J.P.m. Tang, *Biologically active substances from the genus Artemisia*. 1998. **64**(04): p. 295-302.
117. Roth, R.J. and N.J.J.o.N.p. Acton, *A simple conversion of artemisinic acid into artemisinin*. 1989. **52**(5): p. 1183-1185.
118. Gilani, A.-u.H. and K.H.J.G.P.T.V.S. Janbaz, *Protective effect of Artemisia scoparia extract against acetaminophen-induced hepatotoxicity*. 1993. **24**(6): p. 1455-1458.
119. Ying, W., et al., *Polyacetylenes from Artemisia borealis and their biological activities*. 1990. **29**(10): p. 3101-3105.
120. Wahyuono, S., J. Hoffmann, and S.J.F.-M.-. Mclaughlin, *Dehydrofalcarindiol, potential antimicrobial agent from Artemisia pacifica*. 1992. **63**: p. 368-368.

121. Schwob, R.J.F., *Étude sur l'essence de bergamote d'Afrique du Nord*. 1955. **10**(7): p. 263-270.
122. Chanthaphon, S., et al., *Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical Citrus spp. against food-related microorganisms*. 2008. **30**.
123. Afnor, *Huiles essentielles, Échantillonnage et méthodes d'analyse (tome 1)– Monographies relatives aux huiles essentielles (tome 2. volumes 1 et 2)*. 2000.
124. Bourkhiss, M., et al., *Étude physicochimique de l'huile essentielle de Tetraclinis articulata (Vahl) Masters du plateau central marocain*. 2015. **9**(37).
125. de Normalisation, A.F.J.A.P., *Huiles Essentielles, Monographie Relative aux Huiles Essentielles, Tome 2, vols 1 and 2*. 2000.
126. Dawidowicz, A.L., D. Wianowska, and M.J.F.c. Olszowy, *On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity)*. 2012. **131**(3): p. 1037-1043.
127. Mansouri, N., et al., *Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de Juniperus communis du Maroc*. 2011.
128. Mensor, L.L., et al., *Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method*. 2001. **15**(2): p. 127-130.
129. Molyneux, P.J.S.J.s.t., *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*. 2004. **26**(2): p. 211-219.
130. Sharififar, F., et al., *In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic Zataria multiflora Boiss*. 2007. **18**(7): p. 800-805.
131. Deans, S. and G.J.I.j.o.f.m. Ritchie, *Antibacterial properties of plant essential oils*. 1987. **5**(2): p. 165-180.
132. <https://www.genengnews.com/news/mutation-predispose-patients-to-severe-staphylococcal-infections/>.
133. <https://www.hartmann-science-center.com/en/hygiene-knowledge/pathogens-a-z/pathogens-19/staphylococcus-saprophyticus>.
134. <https://www.cdc.gov/hai/organisms/pseudomonas.html>.
135. <https://www.topsante.com/themes/escherichia-coli>.
136. Moreira, M., et al., *Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen*. 2005. **38**(5): p. 565-570.

137. Ponce, A., et al., *Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard*. 2003. **36**(7): p. 679-684.
138. Skandamis, P.N. and G.J.J.J.o.A.M. Nychas, *Effect of oregano essential oil on microbiological and physico- chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres*. 2001. **91**(6): p. 1011-1022.
139. Bouhouia, A., M.C. Maazi, and A.J.A.U.d.O. Chefrou, *Fascicula Biologie, Antibacterial activity of the Artemisia herba-alba Asso essential oil (Souk Ahras, Algeria) against fourteen bacterial strains*. 2020. **2**: p. 149-153.
140. MOUCHEM, F.Z., *Contribution à l'étude des huiles essentielles de l'armoise blanche de trois localités de l'ouest algérien (Ras Elma, El Aricha et Mécheria) et leurs effets antimicrobiens*. 2015.
141. Dob, T. and T.J.J.o.E.O.R. Benabdelkader, *Chemical composition of the essential oil of Artemisia herba-alba Asso grown in Algeria*. 2006. **18**(6): p. 685-690.
142. Romane, A. and H. Djemai, *Etude de l'activité antibactérienne d'huile essentielle de l'armoise blanche (Artemisia herbaalbaAsso) de la région de Chellala et la région de Meghila*. 2021, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
143. Akrou, A.J.C.O.M., *Study of essential oils of some pastoral plants from Matmata (Tunisia)*. 2004.
144. Liang, N. and D.D.J.M. Kitts, *Antioxidant property of coffee components: assessment of methods that define mechanisms of action*. 2014. **19**(11): p. 19180-19208.
145. Bouzidi, N., K. Mederbal, and B.J.J.A.E.B.S. Raho, *Antioxidant activity of essential oil of Artemisia herba alba*. 2016. **6**(5): p. 59-65.
146. Aloui, Z., et al., *Asteraceae Artemisia campestris and Artemisia herba-alba essential oils trigger apoptosis and cell cycle arrest in Leishmania infantum promastigotes*. 2016. **2016**.
147. Khlifi, D., et al., *Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of Artemisia herba-alba, Ruta chalpensis L. and Pegalum harmala L.* 2013. **55**: p. 202-208.
148. Seddik, K., et al., *Antioxidant and antibacterial activities of extracts from Artemisia herba alba Asso. leaves and some phenolic compounds*. 2010. **4**(13): p. 1273-280.
149. Kadri, A., et al., *Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of Artemisia herba-alba grown in Tunisian semi-arid region*. 2011. **10**(15): p. 2923-2929.
150. Makhloufi, R.R.-D., *Etude des activités antibactérienne et antifongique des l'huiles essentielles d'Artemisia Herba Alba*.



151. Habera, F. and K. Laoudi, *Screening phyto-chimique et étude des activités biologiques: anti-oxydante, antibactérienne et insecticide des polyphénols et de l'huile essentielle d'Artemisia herba alba (armoise blanche), contribution à la caractérisation d'extrait aqueux par RP-HPLC*. 2019, Université Mouloud Mammeri.
152. Charchari, S., *Contribution à la connaissance de l'huile essentielle de deux espèces d'Artemisia: A. herba-alba Asso. et A. judaïca L.: aspects technologiques de l'extraction de cette huile et de leur concrète*. 1994.
153. Morein, S., et al., *Wild-type Escherichia coli Cells Regulate the Membrane Lipid Composition in a "Window" between Gel and Non-lamellar Structures (\*)*. 1996. **271**(12): p. 6801-6809.