

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة  
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention d'un Diplôme de Master

Filière: Sciences Biologiques  
Option: Microbiologie appliquée

Intitulé:

Etude phytochimique et activité antibactérienne de l'huile  
essentielle de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).

**Présenté par:**

Ghennai Lidia

Guend Nour El Houda

Haddad Ahcen

**Membre de Jury:**

|                      |     |              |                                 |
|----------------------|-----|--------------|---------------------------------|
| Mezedjri Lyamine     | Pr  | Président    | Université 20 Août 1955- Skikda |
| Becheker Imène       | MCA | Examinatrice | Université 20 Août 1955- Skikda |
| Boughendjioua Hicham | Pr  | Encadreur    | ENSET de Skikda                 |

Année universitaire 2023/2024.

## Résumé :

L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) est une plante médicinale et aromatique utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle algérienne. Notre travail est porté sur deux axes ;

1. Une étude phytochimique de :

- L'extrait aqueux des tiges et des feuilles d'*Artemisia herba-alba* Asso, qui a révélé la présence de quelques groupes chimiques ; flavonoïdes, saponosides, alcaloïdes et tanins.
- L'huile essentielle ; rendement, caractéristiques organoleptiques, indices physico-chimiques, profil chimique et spectral.

2. Etude du pouvoir antibactérien de l'huile essentielle, les tests antibactériens se révèlent positifs.

**Mots clés :** Armoise blanche, *Artemisia herba-alba* Asso, extrait aqueux, huile essentielle, caractéristiques organoleptiques, indices physico-chimiques, profil chimique et spectral, activité antibactérienne.

## Abstract :

White mugwort (*Artemisia herba-alba* Asso) is a medicinal and aromatic plant used for a long time in traditional Algerian medicine. Our work is focused on two axes;

1. A phytochemical study of:

- The aqueous extract of the stems and leaves of *Artemisia herba-alba* Asso, which revealed the presence of some chemical groups; flavonoids, saponosides, alkaloids and tannins.
- Essential oil; yield, organoleptic characteristics, physicochemical indices, chemical and spectral profile.

2. Study of the antibacterial power of the essential oil, the antibacterial tests prove positive.

**Key words:** White mugwort, *Artemisia herba-alba* Asso, aqueous extract, essential oil, organoleptic characteristics, physicochemical indices, chemical and spectral profile, antibacterial activity.

## المخلص:

نبات القدح الأبيض (*Artemisia herba-alba* Asso) هو نبات طبي و عطري يستخدم لفترة طويلة في الطب الجزائري التقليدي. يرتكز عملنا على محورين؛

1. دراسة كيميائية نباتية لـ:

- المستخلص المائي لسيقان و أوراق نبات *Artemisia herba-alba* Asso و الذي كشف عن وجود بعض المجموعات الكيميائية: الفلافونويدات، السابونوسيدات، القلويدات و العفص.
  - الزيت الأساسي؛ المردود، الخصائص الحسية، المؤشرات الفيزيوكيميائية، الملامح الكيميائية و الطيفية.
2. دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للزيت العطري، حيث كانت الاختبارات إيجابية.

**الكلمات المفتاحية:** نبات القدح الأبيض (الشيح)، *Artemisia herba-alba* Asso، مستخلص مائي، زيت عطري، الخصائص الحسية، المؤشرات الفيزيوكيميائية، المظهر الكيميائي و الطيفي، النشاط المضاد للبكتيريا.

# Remerciements

En toute humilité, nous rendons grâce à ALLAH, l'Infiniment Grand, qui a infusé en nous la résilience et l'audace pour réaliser ce travail. Sa clémence a été notre phare dans ce voyage académique.

Nos remerciements les plus profonds vont à notre mentor, le professeur Boughendjioua Hicham, dont le soutien inébranlable, les conseils, la patience et les précieux conseils ont été inestimables.

Nous tenons à remercier les membres estimés du jury, qui ont généreusement consacré leur temps à examiner ce travail et à fournir des commentaires précieux.

Nous exprimons notre gratitude sincère à tous nos professeurs à l'université 20 Août 1955 Skikda. Leur dévouement et leur sagesse ont été une source d'inspiration et ont grandement contribué à notre croissance académique.

Nos sincères remerciements vont aux ingénieurs de laboratoire de l'ENSET d'Azzaba pour leur soutien et leur aide tout au long de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont offert de l'aide, du soutien, des encouragements et partagé des moments joyeux avec nous. Vos contributions seront toujours mémorables.

# Dédicaces

*En premier lieu, je rends grâce à Dieu, le Très-Haut, pour m'avoir accordé la détermination, l'endurance et la volonté de mener à bien ce travail. Sa lumière a guidé mes pas vers l'accomplissement.*

*Ce travail est dédié à ceux qui ont été mon ancre et mon phare tout au long de ce voyage académique. Leur soutien inébranlable et leurs sacrifices ont été la clé de ma persévérance.*

*Les mots ne peuvent exprimer la profondeur de ma gratitude et de mon respect pour eux.*

*À mes fraternités, qui ont partagé avec moi les joies et les peines, je leur souhaite un avenir radieux, rempli de succès et de bonheur.*

*À ma famille, qui a été mon havre de paix et ma source de force dans les moments d'épreuve.*

*À mes amis, qui ont enrichi mon parcours universitaire de moments inoubliables et précieux.*

*Et enfin, à tous ceux que j'aime et qui ont une place spéciale dans mon cœur, ce travail est aussi le vôtre. Merci.*

*Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie, La santé et la force pour mener à terminer ce travail.*

*Aux personnes les plus chères*

***A Ma très chère mère : CHAOUCHÉ Zoubida***

*Aucun mot, aussi expressif qu'il soit, ne saurait exprimer à sa juste valeur la gratitude envers la personne qui a consacré sa vie à notre éducation avec un dévouement inégalé, accompagné de nombreux sacrifices. Ma merveilleuse maman, j'espère avoir été à la hauteur de vos attentes. Que ce modeste travail soit le début d'une partie de mes récompenses pour vous. Que Dieu vous protège et vous accorde santé et bien-être, ô flamme qui éclaire mon chemin.*

***A mon très cher père : GHENNAI Youcef***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer le respect et l'amour que je vous porte. Vous m'aviez soutenu et encouragé tout au long de mon parcours. Pour votre amour constant, je suis et je resterai pour toujours obéissante. Que ce travail soit le gage de ma reconnaissance et de ma gratitude. Que Dieu le tout puissant puisse vous bénir, et vous accorder une longue vie Pleine de bonheur et de satisfaction.*

***Ma chère petite sœur : Assil***

*Ma sœur, ma fleur, mon amie, tu es l'une des plus belles cadeaux du destin pour moi. Tu signifies beaucoup pour moi, même si je ne le dis pas toujours, sache que mon cœur est rempli d'amour pour toi. Que Dieu te protège, ma plus grande richesse.*

***À mon cher grand frère : Mohamed Lamine***

*Qui a rendu les moments les plus difficiles supportables par son encouragement. Qui a travaillé pour mon succès, avec son amour et son soutien. En reconnaissance de tous les sacrifices qu'il a faits et de ses précieux conseils. Et pour toute son aide et sa présence dans ma vie.*

*À mes frères : Iyad et Raïd*

*A mes petits héros, vous êtes le vrai soutien et ma force malgré votre jeunesse, vous dissipez mes craintes et me remplissez toujours d'énergie positive. Merci à vous deux, que Dieu vous protège.*

*A mes partenaires dans la réalisation du mémoire de fin d'études, **GUEND Nour Al Houda** et **Haddad Ahcene**, je vous adresse mes plus sincères remerciements pour tous les moments que nous avons partagés ensemble, que ce soit dans le rire ou dans la dispute.*

*À mon prince et à mon compagnon de vie, **Yakoub**, merci pour ton soutien constant. Ces moments ont toujours été une source de joie pour moi. À mes amies, chacune à sa manière, que la persévérance, la détermination et l'entêtement soient vos compagnons de chaque jour ! Que Dieu illumine votre chemin et vous entoure de son grand amour.*

*À mes collègues de la promotion 2019/2024 du Microbiologie appliquée. A tous mes enseignants : qui m'ont orienté durant toute ma carrière d'étude.*

**GHENNAI LIDIA**

*Avant tous, grâce à Dieu qui nous a aidés durant toutes les années de notre cursus universitaire.*

*A mes chers parents qui ont consacré leur noble existence pour bâtir la mienne.*

*Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.*

*A mes frères et mes Sœurs.*

*A tous mes chères amies.*

*A toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce travail.*

**GEUND NOUR EL HOUDA**

## SOMMAIRE

| Titre  | Page |
|--|------|
| <b>Introduction</b>  | 12   |
| <b>PARTIE THEORIQUE</b>  |      |
| <b>Chapitre I: Les plantes médicinales</b>                       |      |
| 1. Historique  | 15   |
| 2. Généralité  | 15   |
| 3. Définition  | 16   |
| 4. Parties des plantes médicinales utilisées                     | 16   |
| 5. Les formes d'utilisation des plantes médicinales              | 16   |
| 6. Mode d'emploi des plantes médicinales                         | 17   |
| 7. Importance de l'utilisation des plantes médicinales           | 17   |
| 8. Les avantages des plantes médicinales                         | 17   |
| 9. Les inconvénients des plantes médicinales                     | 17   |
| 10. Intérêt de l'étude des plantes médicinales                   | 18   |
| 11. La phytothérapie   | 18   |
| 12. La Pharmacognosie  | 19   |
| <b>Chapitre II: Métabolites secondaires</b>                      |      |
| 1. Généralités   | 21   |
| 2. Définition  | 21   |
| 3. Fonction biologique   | 21   |
| 4. Classification des métabolites secondaires                    | 22   |
| 4.1. Les huiles essentielles                                     | 22   |
| 4.2. Les flavonoïdes   | 22   |
| 4.3. Les alcaloïdes  | 22   |
| 4.4. Les hétérosides   | 22   |
| 4.5. Les tanins  | 22   |
| 4.6. Les oléorésines   | 23   |
| 4.7. Les résines   | 23   |
| 4.8. Les oxalates  | 23   |
| <b>Chapitre III: Les huiles essentielles</b>                     |      |
| 1. Définition  | 25   |
| 2. Caractérisation d'huiles essentielles                         | 25   |
| 3. Etat naturel et répartition                                   | 25   |
| 4. Localisation  | 25   |
| 5. Propriétés physiques  | 26   |
| 6. Extraction  | 26   |
| 7. Classification des huiles essentielles                        | 27   |
| 8. Emploi des huiles essentielles                                | 28   |
| 9. La conservation des huiles essentielles                       | 28   |
| 10. Toxicité des huiles essentielles                             | 28   |
| 11. Rôle écologique  | 29   |
| 12. Caractéristiques économiques                                 | 29   |
| 13. Activités biologiques des huiles essentielles                | 30   |
| 14. Facteurs intervenant dans la qualité des huiles essentielles | 31   |
| 15. Composition chimique des huiles essentielles                 | 32   |
| 15.1. Principales structures chimiques                           | 32   |
| 16. Les chémotypes des huiles essentielles                       | 34   |

| <b>Chapitre IV: <i>Artemisia herba-alba</i> Asso</b>     |    |
|--|----|
| 1. Généralités   | 35 |
| 2. Nomenclature et étymologie                            | 35 |
| 3. Origine   | 36 |
| 4. Répartition géographique                              | 36 |
| 5. Description botanique                                 | 36 |
| 6. Taxonomie et classification                           | 38 |
| 7. Biologie  | 38 |
| 8. Ecologie  | 39 |
| 9. Composition chimique                                  | 39 |
| 10. Intérêt de la plante                                 | 40 |
| 11. toxicité   | 41 |
| <b>Partie pratique</b>                                   |    |
| <b>Matériels et méthodes</b>                             |    |
| 1. Choix du matériel végétal                             | 44 |
| 2. Échantillonnage                                       | 44 |
| 2.1. Screening phytochimique                             | 44 |
| 2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux                   | 44 |
| 2.1.1.1. Saponines                                       | 44 |
| 2.1.1.2. Tannins   | 44 |
| 2.1.1.3. Terpènes  | 44 |
| 2.1.1.4. Flavonoïdes (Teste d'ammoniaque)                | 45 |
| 2.1.1.5. Alcaloïdes : (Teste de Wagner)                  | 45 |
| 2.2. Extraction de l'huile essentielle (Partie employée) | 45 |
| 2.2.1. Méthodes d'extraction                             | 45 |
| 2.2.2. Caractéristiques organoleptiques                  | 46 |
| 2.2.2.1. Odeur   | 46 |
| 2.2.2.2. Couleur   | 46 |
| 2.2.2.3. Aspect  | 46 |
| 2.2.3. Propriétés physico-chimiques                      | 46 |
| 2.2.3.1. Indice de réfraction                            | 46 |
| 2.2.3.2. Échelle de Brix                                 | 47 |
| 2.2.3.3. Potentiel d'hydrogène                           | 48 |
| 2.2.4. Chromatographie sur couche mince (CCM)            | 48 |
| 2.2.5. Spectrométrie de l'absorbance                     | 49 |
| 3. Activité antibactérienne                              | 50 |
| 3.1. Microorganismes utilisés                            | 50 |
| 3.2. Méthode de l'aromatogramme                          | 50 |
| 3.3. Méthode des puits                                   | 51 |
| 3.4. Lecture   | 51 |
| <b>Résultats et discussion</b>                           |    |
| 1. Screening phytochimique                               | 53 |
| 2. Expression du rendement d'extraction                  | 53 |
| 3. Propriétés organoleptiques                            | 55 |
| 4. Propriétés physico-chimiques                          | 55 |
| 4.1. Indice de réfraction                                | 55 |
| 4.2. Échelle de Brix                                     | 55 |
| 4.3. Potentiel d'hydrogène                               | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 5. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul du R <sub>f</sub> )) | 56 |
| 6. Spectrométrie de l'absorbance  | 59 |
| 7. Activité antibactérienne   | 60 |
| <b>Conclusion</b>   | 64 |
| <b>Références bibliographiques</b>  | 65 |

## LISTE DES TABLEAUX

| Titre  | Page |
|--|------|
| <b>Tableau n° 01 :</b> Classification botanique de l' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso (Yousfi, 2017)                                  | 38   |
| <b>Tableau n° 02:</b> Partie utilisée et quantité de la prise d'essai  | 45   |
| <b>Tableau n° 03:</b> Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale   | 46   |
| <b>Tableau n° 04:</b> Résultats du screening phytochimique   | 53   |
| <b>Tableau n° 05:</b> Rendement de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso cultivée dans différentes régions d'Algérie | 45   |
| <b>Tableau n° 06:</b> Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso selon la norme AFNOR NFT 7 | 55   |
| <b>Tableau n° 07:</b> Indice de réfraction obtenu  | 55   |
| <b>Tableau n° 08:</b> Échelle de Brix obtenue  | 56   |
| <b>Tableau n° 09:</b> Potentiel d'hydrogène obtenu   | 56   |
| <b>Tableau n° 10:</b> Interprétation du chromatogramme.  | 57   |
| <b>Tableau n° 11:</b> Composition chimique des huiles essentielles d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso de l'Algérie                    | 58   |
| <b>Tableau n° 12:</b> Interprétation du spectre UV visible de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso                  | 60   |
| <b>Tableau n° 13:</b> Halos d'inhibition en (mm) provoqués par l'huile essentielle   | 61   |

## LISTE DES FIGURES

| Titre  | Page |
|--|------|
| <b>Figure n° 01:</b> Composés monoterpéniques  | 31   |
| <b>Figure n° 02:</b> Composés sesquiterpéniques  | 32   |
| <b>Figure n° 03:</b> Composés diterpéniques  | 32   |
| <b>Figure n° 04:</b> Composés triterpéniques   | 32   |
| <b>Figure n° 05:</b> <i>Artemisia herba-alba</i> Asso  | 35   |
| <b>Figure n° 06:</b> <i>Artemisia herba-alba</i> Asso au désert                                    | 36   |
| <b>Figure n° 07:</b> Morphologie générale (Dessin de détail) d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso   | 37   |
| <b>Figure n° 08 :</b> Dispositif de l'hydrodistillation  | 45   |
| <b>Figure n° 09:</b> Appareil à mesurer l'indice de réfraction                                     | 47   |
| <b>Figure n° 10:</b> Appareil à mesurer l'indice de Brix   | 48   |
| <b>Figure n° 11:</b> Papier pH utilisé   | 48   |
| <b>Figure n° 12:</b> Matériel de la chromatographie sur couche mince                               | 49   |
| <b>Figure n° 13:</b> Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé                               | 50   |
| <b>Figure n° 14:</b> Masse de l'huile essentielle obtenue  | 53   |
| <b>Figure n° 15:</b> Plaque CCM (Taches obtenues)  | 57   |
| <b>Figure n° 16:</b> Spectre UV visible de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso | 60   |
| <b>Figures n° 17:</b> Inhibition obtenu pour les souches bactériennes                              | 61   |

## **Introduction :**

Depuis toujours, les huiles essentielles, et plus généralement les plantes aromatiques, ont été utilisées quotidiennement par l'Homme pour se parfumer, cuisiner et se soigner. L'histoire de l'aromathérapie a connu quatre périodes principales. Dans les temps les plus anciens, les plantes aromatiques étaient utilisées entières, généralement en infusion ou décoction. Dans une seconde époque, elles ont été brûlées ou mises à macérer dans des huiles végétales.

L'activité est alors attribuée aux substances odorantes. La période qui a suivi est celle de l'extraction de cette substance odorante et de la création de la distillation. La notion d'huile essentielle fait alors son apparition. La quatrième et actuelle période correspond au développement des connaissances sur les huiles essentielles par tous les moyens modernes, que cela concerne leurs propriétés physiques, chimiques ou physiologiques et leurs toxicités.

*Artemisia herba-alba* Asso, également connue sous le nom d'armoise blanche, est une plante d'un intérêt significatif en raison de sa composition chimique diverse et de ses utilisations potentielles.

Ce mémoire a pour but de mettre en évidence l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso avec sa composition chimique.

Ainsi ce manuscrit s'articule autour de deux parties ;

Dans la première partie, une étude bibliographique est menée, une présentation générale sur ; les plantes médicinales, les métabolites secondaires, les huiles essentielles et la plante : *Artemisia herba-alba* Asso.

Dans la seconde partie, nous donnons des résultats sur:

- Un screening phytochimique de l'extrait aqueux; ces tests nous permettent d'avoir une idée sur la présence ou l'absence de certains métabolites secondaires de la plante.
- Une étude phytochimique de l'huile essentielle : caractéristiques organoleptiques, indices physico-chimiques, profil chimique et spectral.
- Et en fin l'évaluation de l'activité antibactérienne.

# **PARTIE THEORIQUE.**

# **Chapitre I: Les plantes médicinales.**

## **1. Historique :**

Depuis les temps les plus reculés, la préoccupation de l'homme a été la satisfaction de ses besoins alimentaires. Il a développé ainsi une relation intime avec le milieu qui l'entourait. Pour se soigner, il a appris à ses dépens à discerner les ressources végétales animales nécessaires à sa survie, pour cela il s'est inspiré des mœurs des animaux, de son expérience et parfois de son imagination (**Ayad, 2018**).

Les plantes médicinales font partie de l'histoire de tous les continents: en Chine et en Inde, à travers les siècles, le savoir concernant les plantes s'est organisé, documenté et a été transmis de génération en génération.

Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, les médecines se contentaient, pratiquement, de puiser dans la « pharmacie du bon dieu » pour soulager les maux de leurs contemporains. C'est alors que les chimistes ont réussi à isoler les principes actifs de certaines plantes importantes (la quinine du quinquina, la digitaline de la digitale, etc...). Poursuivant leurs recherches au début du XX<sup>e</sup> siècle, ils ont fabriqués des molécules synthétiques (**Larousse, 2018**).

Aujourd'hui, le recours à la médecine par les plantes connaît un regain d'intérêt dans les pays occidentaux, particulièrement pour traiter les déséquilibres entraînés par la vie moderne, qu'il s'agisse du stress ou des problèmes de poids. Le recours à la médecine par les plantes devient quotidien, sous forme de prévention, et n'est plus réservé au traitement des maladies. Récemment, des médecins et des professeurs dynamiques ont créé des centres de formation en phytothérapie (dans des universités ou dans des institutions privées). Ils expérimentent de nouvelles plantes, modernisant la présentation des médicaments et rendent ceux-ci plus efficaces. Aujourd'hui, les plantes ont montrés leurs efficacités thérapeutiques prouvées et leurs bienfaits incontestables pour notre santé (**Newman et al., 2000**).

## **2. Généralité :**

On appelle plantes médicinales ou pharmaceutiques, toute plantes qui a été séchée ou traitée selon des méthodes, et employée dans la préparation des médicaments (**Thurzova, 1978**).

Les préparations pharmaceutiques dans le monde utilisent environ 300 espèces de plantes médicinales et aromatiques. En plus les plantes sont utilisées généralement en tisanes, extraits et teintures (**Frantisek, 1992**).

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité, elles sont des usines chimiques naturelles, produisant des substances actives biochimiques : alcaloïdes, huiles essentielles, flavonoïdes, tanins,... et les mettent à la disposition de l'homme qui peut en faire usage pour sa santé et satisfaire ses besoins vitaux (**Schauenberg et Paris, 1997**).

Aujourd'hui, une majorité de la population mondiale, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne uniquement avec des remèdes traditionnels à base de plantes. De l'aspirine au taxol, l'industrie pharmaceutique moderne elle-même s'appuie encore largement sur la diversité des métabolites secondaire végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologiques inédites (**Hostettman et Cook, 1989; Poteratte et al., 1998**).

Les plantes médicinales sont très importantes comme plantes économiques, elles contiennent des principes actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies, après leur isolement, et on peut aussi les employer dans les industries pharmaceutiques, alimentaires, des cosmétiques et des parfums (**Bouacherine et Benrebia, 2017**).

### **3. Définition :**

Il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (**Khiredine, 2013**).

Elles sont impliquées dans différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont (**Iserin, 1996**).

A l'échelle internationale, plus de 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Boumediou et Addoun, 2017**).

L'usage empirique des différentes préparations traditionnelles des plantes extrêmement important pour une sélection efficace de plantes puisque la plupart des métabolites secondaires de plantes employées en médecine moderne (**Farnsworth et al., 1985**).

### **4. Parties des plantes médicinales utilisées :**

En phytothérapie, on utilise la plante entière ou seulement une partie de la plante (la feuille, la fleur, la sommité fleurie). Chaque organe peut contenir des principes actifs spécifiques et donc avoir un effet particulier.

Les parties des plantes utilisées par ordre de croissances sont:

- Les feuilles,
- La tige,
- L'écorce,
- Le bois,
- Les bourgeons,
- Les racines, les rhizomes, les bulbes,
- Les fleurs,
- Les sommités fleuries,
- Les fruits (ex: jus), la queue des fruits,
- Les graines (**Chevallier, 2017**).

### **5. Les formes d'utilisation des plantes médicinales :**

Il existe plusieurs formes d'utilisation des plantes dont les plus connues sont:

- Les tisanes,
- Les poudres,
- Les extraits (teintures, suspensions intégrales de plantes fraîches...),
- Les gélules,
- Les comprimés,
- Les pommades,
- Les huiles essentielles (substances volatiles obtenues le plus souvent par entraînement à la vapeur d'eau).

### **6. Mode d'emploi des plantes médicinales :**

Certaines plantes contiennent des principes actifs qui peuvent être extrêmement puissants, d'autres sont toxiques à faible dose. Le fait que l'on n'utilise que des plantes ne signifie pas que cela est sans danger, la culture libre de certaines plantes est interdite dans certains pays, le cas le plus courant étant le pavot dont la culture est réglementée en France et destinée à la seule industrie pharmaceutique.

La pharmacologie reconnaît l'action bénéfique de certaines plantes et s'attache donc à extraire le principe actif de ces plantes. La consommation « brute » de la plante induit la consommation d'autres produits contenus dans la plante que le principe actif, ne permettant ainsi pas de connaître la dose exacte de principe actif ingéré entraînant un risque de sous dosage ou de sur dosage ou de surdosage. Pour certains médecins phytothérapeutes, les autres principes vont atténuer les effets secondaires en entrant en interaction.

La composition d'une plante peut varier d'un spécimen à l'autre, dépendant du terrain, des conditions de croissance, humidité, température, ensoleillement, qui vont déterminer ce que l'on appelle en aromathérapie le hémotype. De même, il ne faut pas utiliser des plantes d'origine douteuse, puisque les facteurs de pollution, la cueillette et les méthodes de conservation, de stockage... Peuvent altérer les propriétés des plantes (**Gahbich, 2009**).

### **7. Importance de l'utilisation des plantes médicinales :**

Il est acquis que les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus en plus de certaines allergies ou affections. Si l'on y ajoute leurs vertus réparatrices, tonifiantes, sédatives, revitalisantes ou immunologiques, on mesure mieux l'aide précieuse qu'elles sont susceptibles de nous apporter au quotidien (**Anonyme, 2005**).

### **8. Les avantages des plantes médicinales :**

Généralement, les plantes médicinales d'usage courant ne provoquent que très peu, voire aucun effet indésirable: c'est l'un de leurs principaux avantages. De plus, l'action synergique des divers constituants commence à être mieux comprise et acceptée scientifiquement (**Decaux, 2002**), contrairement à certaines croyances populaires, plusieurs plantes ont des effets pratiquement immédiats sur le métabolisme (**Pinto et al., 2003; Salgueiro et al., 2003**).

Par contre, les médicaments de synthèses ont souvent une action plus directe et plus spectaculaire puisqu'ils sont formulés pour être immédiatement assimilés par l'organisme. Il est également plus facile de s'assurer de leur composition exacte, de leurs conditions de conservation (**Mills, 2001**).

### **9. Les inconvénients des plantes médicinales :**

Certaines plantes sont inoffensives, mais d'autres, comme de nombreuses espèces (digitale, belladone, colchique, etc...), sont toxiques et ne sont utilisées sous des formes bien contrôlées, exclusivement commercialisées en pharmacie. L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans la nature peut aboutir à des intoxications graves et mortelles (**Williamson, 2001**).

### **10. Intérêt de l'étude des plantes médicinales :**

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi-synthèse (**Bahorun, 1997**).

Les plantes médicinales sont donc importantes pour la recherche pharmaceutique et l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments ou comme modèle pour les composés pharmaceutiquement actifs (**Iserin, 2001**).

Il est d'abord intéressant de remarquer que 30% environ des médicaments prescrits par le médecin sont d'origine naturelle, alors que cette proportion est de 50% pour les médicaments en vente libre (**Anthoula, 2003**).

Parmi les derniers médicaments obtenus à partir des plantes : le taxol isolé de l'if (*Taxusbaccata*, Taxaceae) qui a sa place dans le traitement des cancers gynécologiques. L'artémisinine, substance isolée d'une armoise chinoise (*Artemisiaannua*, Asteraceae) est utilisée dans le traitement des formes résistantes de malaria. On peut encore citer la galanthamine, obtenue de la perce-neige (*Galanthusnivalis*, Amaryllidaceae), utilisée depuis peu dans le traitement de la maladie d'Alzheimer. Le ginkgo (*Ginkgo biloba*, Ginkgoaceae) est certainement la plante réalisant le plus grand chiffre d'affaires. Il est utilisé sous forme d'extrait lors de troubles de la circulation cérébrale, comme le manque de concentration et les pertes de mémoire (**Berroua, 2016**).

Les plantes aromatiques constituent une catégorie à part, par le fait qu'elles élaborent des substances volatiles, odorantes, caractéristiques appelées huiles essentielles (**Verdrager, 1978**). Ces plantes, connus depuis l'antiquité, sont généralement utilisées en médecine traditionnelle comme agents antibactériens, antifongiques et antioxydant (**Bruneton, 1999**).

### **11. La phytothérapie :**

Depuis la nuit des temps, les hommes apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes. Aujourd'hui encore, les deux tiers de la pharmacopée ont recours à leurs propriétés curatives. À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicinales paraissent étranges et relèvent de la magie, d'autres au contraire semblent plus fondées, plus efficace. Pourtant, toutes ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes (**Andrew, 2001**).

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques: phuton et therapeia qui signifient respectivement "plante" et "traitement". La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes, qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe (**Chabrier, 2010**).

### **12. La Pharmacognosie :**

La pharmacognosie a été inventée par la fusion de deux mots grecs Pharmakon (drogue ou médicament) et Gnos (connaissance), c'est une discipline fondée sur la connaissance scientifique des matières premières et des substances naturelles de l'environnement qui ont été sélectionnées au cours des siècles pour la thérapeutique ou qui ont fait leur preuves cliniques dans la médecine actuelle. Cette science est fortement liée à la botanique et à la chimie des plantes, en effet, ces deux disciplines sont l'origine des dernières études sur les plantes médicinales (**Gacemi, 2014**).

## **Chapitre II: Métabolites secondaires.**

### **1. Généralités :**

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides) (Merghem, 2009), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base (Hopkins, 2003).

Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et nécessaire à leur croissance et à leur développement (Raven et al., 2000).

Par opposition les métabolites secondaires ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolismes primaire et résultent des réactions chimiques ultérieures (Croteau et al., 2000; Raven et al., 2000).

### **2. Définition :**

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes (Lutge et al., 2002; Abderrazak et Joël, 2007; Boudjouref, 2011). Ce sont caractérisés généralement par de faible concentration dans les tissus végétaux (généralement quelques pourcents du carbone total, si on exclue la lignine de cette catégorie) (Newman et Cragg, 2012).

Ces métabolites secondaires interviennent dans la structure des plantes (lignines et tannins) mais également, elles exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement (Gobbi et Khebbaz, 2014).

Ils participent ainsi, d'une manière très efficace, dans la tolérance des végétaux à des stress variés : action anti-herbivore (menthe par exemple), inhibition des attaques pathogènes des bactéries et des champignons, prédation d'insectes, défense contre la sécheresse et lumière UV. Mais elles peuvent être antinutritifs. Beaucoup de métabolites secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole (Sandrin, 2004).

D'un point de vue appliqué, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on retrouve chez les plantes médicinales. (Gobbi et Khebbaz, 2014).

Sur le plan pharmacologique, les métabolites secondaires constituent la fraction la plus active des composés chimiques présents chez les végétaux et on estime aujourd'hui qu'environ 1/3 des médicaments actuellement sur le marché contiennent au moins une telle substance végétale (Newman et Cragg, 2012).

### **3. Fonction biologique :**

La valeur adaptative de la plupart des métabolites secondaires est longtemps restée inconnue. On les considérait simplement comme les produits finaux de processus métaboliques, sans fonction spécifique, ou comme des déchets. En raison de la perception dominante de leur insignifiance biologique, ils ont traditionnellement reçu peu d'attention de la part des botanistes. Beaucoup des fonctions de ces métabolites secondaires sont encore inconnues. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle, les chercheurs en chimie organique ont commencé à étudier ces substances en raison de leur importance en tant que médicaments, poisons, arômes, adhésifs, huiles, cires, et autres matériaux utilisés dans l'industrie. En fait, l'étude des métabolites secondaires des plantes a stimulé le développement de techniques de séparation, la spectroscopie pour élucider leur structure et les méthodes de synthèse qui forment la base de la chimie organique moderne. Des études biologiques plus récentes ont permis de démontrer que la plupart des métabolites secondaires exercent des fonctions de défense contre les prédateurs et les agents pathogènes, agissant comme agents allélopathiques (qui ont des effets sur d'autres plantes), ou pour attirer les

pollinisateurs ou comme disséminateurs des graines (Swain, 1973; Levin, 1976; Cronquist, 1977).

#### **4. Classification des métabolites secondaires :**

Les métabolites secondaires dépassant actuellement 100 000 substances identifiées, Ils appartiennent à trois grandes familles:

- Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes, banthocyanidines, tanins) et les quinones.
- Les terpénoïdes et leurs dérivés.
- Les alcaloïdes (Merghem, 2009).

##### **4.1. Les huiles essentielles :**

Extraites des plantes par distillation, les huiles essentielles comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contiennent des composés tels que ceux dans les plantes sont des composés oxygénés, parfois d'origines terpénoïde et possédant un noyau aromatique.

##### **4.2. Les flavonoïdes :**

Présent dans la plupart des plantes, sont des pigments poly phénoliques qui contribuent entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou blanc, ils ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales. Antioxydants, ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation. Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie.

##### **4.3. Les alcaloïdes :**

Sont des substances végétales azotées possédant des réactions basiques et formant des sels avec les acides. Ils ont généralement une saveur amère lorsqu'ils sont isolés, les alcaloïdes se présentent le plus souvent sous l'aspect de cristaux, insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques.

Les alcaloïdes rencontrent généralement dans toutes les parties de la plante, la teneur d'un végétal en alcaloïdes varie relativement peu avec le climat, et la saison (Brunton, 1993).

Le mode d'action des alcaloïdes varie : ils agissent fréquemment sur le système nerveux (solanacées, ombellifères, pavot, Tabac...), certains attaquent le foie (destruction des cellules hépatiques alcaloïdes pyrrolizidiniques); quelques-uns ont une action directe sur le cœur (légumineuses) ou sur la musculature lisse (Ergot de seigle) (Mori *et al.*, 1972).

##### **4.4. Les hétérosides :**

Sont des composés qui libèrent par hydrolyse, les Hétérosides peuvent être classés en deux grands groupes suivant la liaison entre le sucre et l'aglycone :

Chez les O-hétérosides, il s'agit d'un atome d'oxygène.

Chez les S-hétérosides, d'un atome de soufre (Johnson, 1990).

##### **4.5. Les tanins :**

Sont des substances végétales qui se combinent avec les protéines pour donner des composés insolubles, les plantes renferment des tanins sont astringentes, ce qui peut être utile en cas de diarrhée. Mais de fortes concentrations sont dangereuses, les Fagacées, les Salicacées et les Rosacées sont parmi les familles les plus riches en Tanins.

#### **4.6. Les oléorésines :**

Ce sont des mélanges d'huiles essentielles et de résine, rencontrés chez les conifères et connus sous le nom de Térébenthines. L'ingestion d'essence de térébenthine, substance concentrée, est dangereuse: elle peut provoquer de graves irritations, en particulier des lésions rénales avec hématurie.

#### **4.7. Les résines :**

Ils sont solides ou pâteux à température ambiante, se cassent, fondent et brûlent facilement. Ils sont solubles dans un grand nombre de solvants organiques, mais pas dans l'eau, et ne renferment pas d'azote.

L'action physiologique des résines consiste souvent en l'irritation directe du tissu nerveux ou musculaire (**Groor et Raven, 1998**).

#### **4.8. Les oxalates :**

L'acide oxalique, corrosif à l'état isolé, est présent chez de nombreux végétaux sous formes de sels solubles (oxalates de sodium et de potassium) ou insolubles (oxalates de calcium). Les oxalates insolubles sont excrétés sans effets, les oxalates sont rapidement absorbés.

Cette absorption détermine la chute du calcium dans le sérum, provoquant des troubles nerveux, la réduction de la vitesse de coagulation du sang. Une petite dose d'oxalates est facilement éliminée par les reins, des quantités plus importantes résultent dans la précipitation de cristaux d'oxalates dans les tubules rénaux, dans certains cas les reins deviennent incapables de fonctionner (**Lobel, 1998**).

## **Chapitre III: Les huiles essentielles.**

### **1. Définition :**

Ces produits, appelés communément essence, sont les substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux. Leur volatilité les oppose aux huiles fixes qui sont des lipides. Ces huiles essentielles sont mélanges de constituants plus ou moins nombreux, généralement liquides (**Paris et Moyse, 1976**).

La définition d'une huile essentielle donnée par la pharmacopée française est aussi restrictive puisqu'elle exclut aussi bien les produits obtenus par extraction à l'aide de solvants que ceux obtenus par tout autre procédé (**Bruneton, 1993**).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.).

Il s'agit de la sécrétion naturelle élaborée par le végétal et contenue dans les cellules de la plante, soit dans les fleurs (ylang-ylang, bergamotier, rosier), soit dans les sommités fleuries (tagète, lavande), soit dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus), ou dans l'écorce (cannelier), ou dans les racines (vétiver), ou dans les fruits (vanillier), ou dans les graines (muscade) ou encore autre part dans la plante (**Anton et Lobstein, 2005**).

### **2. Caractérisation d'huiles essentielles :**

La caractérisation des huiles essentielles – et d'ailleurs de tout mélange naturel – peut prendre plusieurs aspects en fonction du besoin et de l'objectif assigné.

Ainsi, dans la très grande majorité des huiles essentielles, les 15-25 composés majoritaires représentent 80-95% de la composition globale et sont donc suffisants pour caractériser cette huile essentielle.

Il faut toutefois signaler que la connaissance des composés minoritaires est parfois un paramètre important de la qualité biologique ou organoleptique du produit et qu'en conséquence une analyse fine est nécessaire.

Il faut également signaler qu'une analyse peut être totalement faussée par la mauvaise identification d'un seul constituant (**Sutour, 2010**).

### **3. Etat naturel et répartition :**

Elles se rencontrent dans tout le règne végétal ; Cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles : Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Labiées. Tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (Lavandes, Menthes, Mélisse, ect.), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (Vétiver, Curcuma, Gingembre), les écorces (Cannelles), le bois (Camphrier, Sassafras), les fruits (Poivres, Badiane, fruit d'Ombellifères, de Citrus), les graines (noix de muscade).

A noter que, pour une même espèce, la composition des essences peut varier d'un organe à l'autre et suivant les conditions du milieu. En climat chaud, la teneur en huile essentielle est plutôt élevée (**Paris et Moyse, 1976**).

Quantitativement, les teneurs en l'huile essentielle sont plutôt faible, assez souvent inférieures à 1% (**Belaiche, 1991**).

### **4. Localisation :**

Au point de vu de la localisation dans la plante, les huiles essentielles peuvent se former dans des cellules non différenciées, ou plus grosses (Lauracées).

Le plus souvent, elles sont localisées dans des organes sécréteurs : poils des Labiées et des composées : l'essence formée s'accumule sous la cuticule ; poches sécrétrices schizogènes des Myrtacées, résultant de division répétée d'une cellule et de

l'écartement des cellules filles laissant un méat ou s'accumule l'essence ; poches schizolysigène des Rutacées ou il y a d'abord formation d'un méat, puis lyse d'une partie du tissu sécréteur de bordure ; canaux sécréteurs, dont le produit de sécrétion renferme également des résines (**Paris et Moyses, 1976**).

### 5. Propriétés physiques :

- Ce sont des liquides à la température ordinaire.
- Volatiles, odorant.
- Généralement incolores ou jaune pale.
- Leur densité est le plus souvent inférieure à 1.
- Leur indice de réfraction souvent élevé avec un pouvoir rotatoire.
- Peu soluble dans l'eau, solubles dans l'alcool et solvant organique.

(**Paris et Hurabielle, 1980**).

### 6. Extraction :

1) On les obtient le plus généralement par **distillation** et entraînement par la vapeur d'eau. Les plantes sont placées dans un alambic. On fait passer à travers les végétaux un courant de vapeur d'eau ou bien on fait bouillir directement l'eau dans laquelle ont été mises les plantes entières, contuses ou broyées lorsqu'il s'agit d'organes durs (écorces, racines). Les principes volatils ne se dissolvent que très partiellement dans l'eau et l'essence peut être séparée par décantation du distillat après refroidissement.

On se sert le plus souvent pour recueillir les essences d'un récipient florentin à tubulure latérale : les essences moins denses que l'eau, sont séparées à la partie supérieure, les autres à la partie inférieure.

Au cours de l'opération, l'eau saturée d'essence est «cohobée », c'est-à-dire renvoyée dans l'alambic.

On peut saturer le distillat avec un sel neutre et l'épuiser par un solvant très volatil (éther, pentane), qui ensuite évaporé sous vide.

Cette méthode est très générale ; cependant, elle ne peut être utilisée lorsque les constituants de l'essence sont altérables par la chaleur.

2) Pour certaines essences comme celles des fruits de citrus (Orange, Citron), on a avantage à opérer par **expression** à froid du zeste frais. Celle-ci peut se faire à la main (procédés à la cuillère, à l'écuelle), ou après scarification mécanique.

3) L'extraction directe des plantes par des **solvants** volatils (hydrocarbures, alcools) puis distillation est très utilisée en parfumerie ou l'on prépare des «concrètes » et des essences dites «absolues » (soluble dans l'alcool à froid).

4) Pour les organes fragiles on peut pratiquer l'**enfleurage**, c'est-à-dire le contact avec un corps gras (axonge) qui se sature d'essence. Le corps gras est épuisé par l'alcool absolu et ce solvant est évaporé sous vide.

Les essences extraites d'une même plante par ces différentes méthodes n'ont pas exactement la même composition. Les Pharmacopées n'admettent que les deux premiers procédés. Les essences ainsi obtenues sont purifiées par distillation fractionnée, ce qui permet de se débarrasser des constituants malodorants (amines, furfural) ou irritants (aldéhydes : essence de Niaouli).

Les hydrocarbures terpéniques sont souvent éliminés (essences déterpénées), car, étant insaturés, ils sont de mauvaise conservation et irritant pour la peau. Ces alcools déterpénées sont plus solubles dans les alcools faibles (**Paris et Moyses, 1976**).

## **7. Classification des huiles essentielles :** **(En fonction de leur pouvoir antiseptique) :**

L'étude analytique et comparative du pouvoir antiseptique des huiles essentielles sur les germes pathogènes permet une classification en trois groupes (**Belaiche, 1991**).

### **Groupe I : Les huiles essentielles germicides majeurs ou essences majeures :**

Nous avons attribué le terme d'essences majeures à un groupe d'huiles essentielles dont l'action «antiseptique» est forte et constante.

L'indice aromatique des essences de ce groupe se situe sensiblement entre 0,45 et 1 pour Gram (+), les Gram (-) et les levures.

Les huiles essentielles majeures sont au nombre de six et elles permettent de traiter selon les indications et dans les limites de l'aromathérapie plus de 90% des maladies infectieuses chroniques.

Ces huiles essentielles sont :

- 1-*Thymus capitatus* Hoffm et Link.
- 2-*Cinnamomum zeylanicum* Ness.
- 3-*Thymus vulgaris* L.
- 4-*Eugenia caryophyllata* Thumb.
- 5-*Satureia montana* L.
- 6-*Malaleuca alternifolia* Cheel.

### **Groupe II : Les huiles essentielles moyennes :**

Elles se différencient de l'huile essentielle majeure dont le pouvoir antiseptique est relativement constant (90% des cas). (L'indice aromatique est inférieur à 0,45)

Les essences moyennes présentent un caractère antiseptique plus aléatoire, elles sont à base de nombreuses spécialités pharmaceutiques.

Les principales huiles essentielles moyennes sont :

- 1-*Pinus sylvestris* L.
- 2-*Melaleuca leucadendron* L.
- 3-*Eucalyptus globulus* Labill.
- 4-*Lavandula vera* DC.
- 5-*Myrtus communis* L.
- 6-*Pelargonium graveolens* l'Hent.
- 7-*Citrus aurantium* var amara Link.
- 8-*Artemisia dracunculoides* L.
- 9-*Thymus serpyllum* L.
- 10-*Malaleuca viridiflora* Gaertn.

### **Groupe III : Les huiles essentielles majeures aléatoires :**

La classification des huiles essentielles est le résultat de l'observation d'un très grand nombre d'aromatogrammes. Si les huiles essentielles majeures montrent une action fortement germicide dans près de 90% des cas, l'expérience nous a appris qu'il existait, lors de la lecture de chaque aromatogramme une ou plusieurs huiles essentielles qui montraient pour le germe testé, une action bactéricide très forte inhabituelle.

On appelle ces huiles: les huiles essentielles de hasard ou les majeures aléatoires, où seul le hasard a permis d'obtenir une action bactéricide impossible à prévoir à partir de la composition chimique de l'huile essentielle testée ou des caractéristiques du germe microbien contre lequel elle est testée.

N'importe qu'elle HE peut devenir au moins une fois une HE majeure aléatoire ce qui explique la complexité de la composition chimique d'une essence aromatique. Exemple de ces huiles : gingembre, citron, laurier (**Belaiche, 1991**).

### **8. Emploi des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles issues des sécrétions des plantes aromatiques et médicinales montrent des propriétés d'intérêt alimentaire, cosmétique, thérapeutique et pharmacognosique (**Iserin et al., 1996**).

En parfumerie ; c'est le débouché principal des huiles essentielles de concrètes, des absolues et autres résinoïdes. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs, même si le coût souvent élevé des produits naturels conduit parfois à privilégier pour les formulations des grandes diffusions les produits synthétiques.

A la limite de ces secteurs, on notera la présence d'huile essentielle dans les préparations pour bains «calmants » ou «relaxants ».

Dans diverses industries ; surtout chimiques qui utilisent les isolats (isomères des substances pures isolées des huiles essentielles exemple : citronellal, linalol, comme matières premières pour la synthèse des principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes (**Bruneton, 1995**).

Dans le domaine agroalimentaire, l'huile essentielle du citron sert à la fabrication d'arômes alimentaires, d'essences fruitées, de boissons rafraichissantes, de liqueurs, de pâtisseries et de confiseries (**Iserin et al., 1996 ; Robert et Lobstein, 2005**).

C'est en gastronomie que se fait le plus large emploi des plantes à essences sous forme d'épices. Celles-ci sont réparties en épices aromatiques (arômes amers et acres) comme dans le cas du faux poivrier, ou simplement en épice pour les desserts et pâtisseries (**Bruneton, 1999**). Les huiles essentielles peuvent également être ajoutées dans les produits alimentaires destinés à la conservation (produits de la quatrième gamme). Elles s'ajoutent sur les produits de consommation dans le but d'aromatisation (quelques gouttes déposées sur les morceaux du sucre) (**Pingot, 1998**).

### **9. La conservation des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont extrêmement volatiles (elles s'évaporent très facilement) et, de plus, ne supporte ni la lumière ni la chaleur ; elles doivent donc être conservées dans des petits flacons de couleur sombre hermétiquement bouchés. Elles se gardent en général un ou deux ans. Les huiles extraites de l'écorce des agrumes, qui sont les plus volatiles, ne durent qu'environ six mois (**Peters, 1999**).

### **10. Toxicité des huiles essentielles :**

L'utilisation des huiles essentielles du citron extraites soit par hydrodistillation soit par expression à froid ne présente aucun risque de toxicité, ni aiguë ni chronique (**Robert et Lobstein, 2005**).

Les huiles essentielles contenant des phénols, tels que le thym, la cannelle et le clou de girofle, devraient être employées avec prudence. La toxicité du foie peut se produire si les huiles essentielles sont utilisées à de fortes doses pendant un temps prolongé. Les cétones contenues dans l'armoise, la sauge et les huiles d'hysope peuvent ainsi causer ce genre de problème (**Bruneton, 1993**) et (**Couderc, 2001**).

De plus, certaines huiles essentielles peuvent provoquer des réactions cutanées allergiques (**Meynadier et al., 1997**) C'est en particulier le cas des huiles essentielles suivantes : la cannelle de Ceylan, la menthe, la Litsée, la mélisse, le pin, ou la mousse

de chêne. Les réactions de la maladie sont variées et peuvent apparaître jusqu'à 3 jours après le contact du produit avec la peau. Ils vont du simple prurit (démangeaison) à l'eczéma allergique en passant par des plaques, un aspect psoriasique, voire des pigmentations ou dépigmentations locales.

La proportion de la population développant des allergies cutanées dues aux parfums est en augmentation car l'utilisation de parfums et de produits parfumés (cosmétiques, désinfectants parfumés, lessives, bâtons d'encens (**Hayakawa, 1987**)) ne cesse d'augmenter. Il a été démontré que les allergènes présents dans l'air jouent un rôle évident dans la formation d'eczéma de contact, soit par inhalation, soit par contact cutané (**Schnuch, 2006**). Les huiles essentielles qui sont utilisées en parfumerie peuvent irriter les muqueuses respiratoires et favoriser le déclenchement de crises d'asthmes pour les asthmatiques (comme par exemple les sprays désodorisants). Il a été rapporté qu'en présence de parfums, les personnes asthmatiques et développant des allergies de contact montrent des détresses respiratoires plus fréquentes que les personnes saines. Cependant, les mécanismes immunologiques n'ont pas été démontrés (**Elberling et Skov, 2007**).

Une ingestion accidentelle d'huile essentielle peut, selon la sorte et la quantité, générer une intoxication grave comme le coma et même la mort. Les huiles essentielles très liquides peuvent parvenir dans les voies respiratoires si elles sont malencontreusement avalées ou vomies. Cela peut conduire à une inflammation des poumons (pneumonie).

Certaines huiles essentielles comme le citron, l'orange amère et la bergamote deviennent sensibilisantes et toxiques seulement sous l'influence de la lumière. De plus, les huiles essentielles contenant des phénols sont toxiques pour le foie (clou de girofle, thym, origan).

Les cétones et dans une moindre mesure les lactones sont neurotoxiques (romarin, sarriette, cèdre, camphre, thuya, aneth, hysope). La toxicité des huiles essentielles peut aussi provenir des contaminants (si l'huile essentielle est impure) et/ou des produits de dégradation de celles-ci car elles se modifient à l'air, à la chaleur et à la lumière. En effet la combustion de bâtons d'encens et de bougies parfumées ou seulement l'évaporation à chaud d'huile essentielle peut libérer des substances de combustion, des poussières fines, du formaldéhyde et d'autres substances volatiles qui peuvent solliciter les voies respiratoires (**Willem, 2006**).

### **11. Rôle écologique :**

Parmi les composants majoritaires des huiles essentielles, nous trouvons les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques, c'est-à-dire inhibiteur de la germination, mais aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction de pollinisateurs (**Langenheim, 1969**).

Par ailleurs, les plantes aromatiques productrices d'huiles essentielles, ont fait l'objet de diverses recherches en particulier dans le domaine de la parfumerie.

### **12. Caractéristiques économiques :**

Si de nos jours quelques centaines de plantes aromatiques, parmi d'innombrables espèces recensées dans la nature, sont exploitées à l'échelle commerciale, c'est en partie parce que les facteurs agronomiques, climatiques, botaniques et olfactifs sont limitatifs mais d'autres critères sont aussi à prendre en compte.

Un certain nombre de plantes médicinales sont encore utilisées de nos jours sous forme de décoctions et infusions mais la plupart d'entre elles ont été délaissées au profit de produits pharmaceutiques de synthèse. Cependant, les connaissances actuelles permettent d'analyser ces plantes et souvent de comprendre l'activité préconisée par nos ancêtres.

Une relation entre la structure chimique et l'activité biologique est alors tentante, aussi la production de molécules naturelles pourrait entrer dans la composition de médicaments moins agressifs vis-à-vis de l'organisme, ou à des fins industrielles précédemment exposées.

Cette dernière perspective permet d'élargir le champ de valorisation des plantes aromatiques, (autrefois restreint du point de vue économique, à l'extraction de molécules olfactives), par l'exploitation des nombreuses et diverses activités biologiques, substantiellement évoquées par la médecine traditionnelle, que nous allons recenser et corrélérer à certains types de structures chimiques. Ce dernier travail fait apparaître des molécules « bioactives » dans des espèces référencées par la médecine traditionnelle supposant ainsi des activités biologiques (**Bourrel, 1993**).

### **13. Activités biologiques des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanaliaires (**Pellecuer et al., 1980**) ou au niveau de la microflore vaginale (**Viollon et Chaumont, 1994**) et d'origine fongique contre les dermatophytes (**Chaumont et Leger, 1989**).

Cependant, elles possèdent également, des propriétés cytotoxiques (**Sivropoulou et al., 1996**) qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.

Dans des préparations pharmaceutiques, les terpènes phénoliques, comme le thymol et le carvacrol, sont souvent utilisés comme antiseptiques antibactériens et antifongiques. Le thymol est très irritant, astringent et caustique. La dose de thymol applicable sur la peau et les muqueuses est de 0,5%. Ingéré à la dose de 2 g ou à plus fortes doses, il est responsable de gastralgies avec nausées (**Zambonelli et al., 2004**). Dans les domaines phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes (**Zambonelli et al., 2004**) et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (**Mangena et Muyima, 1999**). Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... L'essence de thym est souvent rapportée comme étant parmi les huiles les plus actives (**Agnihotri et al., 2003**). Son composé majoritaire, le carvacrol (No. CAS 499- 75-2), possède également une forte activité antimicrobienne (**Caccionni et al., 1998**). D'après les travaux de Sivropoulou et col. (**Zambonelli et al., 2004**), et Hudaib (**Hudaib et al., 2002**), les huiles de menthe et d'origan présentent des activités antibactériennes remarquables contre les souches à Gram+ et à Gram -.

Etant donné la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques. Chaumont et Leger (**Chaumont et Leger, 1989**) ont

testé 12 composés aromatiques vis-à-vis de huit souches pathogènes pour l'homme *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Microsporum canis* et 5 *Trichophyton* spp. Ils concluent que les phénols (eugénol (No. CAS 97-53-0), chavicol (No. CAS 501-92-8), 4-allyl-2,6-diméthoxyphénol (No. CAS 6627-88-9)) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique (No. CAS 104-55-2) et hydrocinnamique (No. CAS 104-53-0)) présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxicité significative. Kurita (**Kurita *et al.*, 1979** et **Kurita *et al.*, 1981**), ont classé les composés purs selon leur activité antifongique vis-à-vis de sept champignons.

Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance déterminée par simple observation macroscopique. L'activité antifongique décroît selon le type de fonctions chimiques :

#### **Phénols >Alcools> Aldéhydes> Cétones> Ethers> Hydrocarbures**

Parmi les aldéhydes aliphatiques, le cinnamaldéhyde s'est révélé le plus actif. En ce qui concerne les composés phénoliques, l'activité antifongique augmente avec l'encombrement stérique de la molécule (p-n-propylphénol> thymol> isoeugénol> eugénol).

L'addition de groupements alkyl au noyau benzène du phénol augmente le caractère antifongique. Par conséquent, un certain degré d'hydrophobicité des composés phénoliques ou aldéhydes aromatiques paraît donc requis pour exprimer une caractéristique antifongique optimale.

L'activité des terpènes des huiles essentielles est en corrélation avec leur fonction chimique. Les travaux de (**Zakarya *et al.*, 1993**) ont montré l'importance de la spécification du genre et de l'espèce, ainsi que de la variété de la plante d'où provient l'extrait. Ils donnent un exemple de variations qualitatives et quantitatives de 21 espèces.

#### **14. Facteurs intervenant dans la qualité des huiles essentielles :**

Les facteurs prédominants dans la qualité des huiles essentielles peuvent avoir deux types d'origines :

- \_Technologique.
- \_ Naturel.

De profondes modifications de l'huile essentielle peuvent intervenir lors de l'exploitation des végétaux depuis leur collecte jusqu'à leur transformation industrielle.

Le mode de récolte, les conditions de transport (**Yayi *et al.*, 2004**), séchage et de stockage peuvent générer des dégradations enzymatiques (**Bruneton, 1993**). Les changements les plus importants interviennent pendant l'hydrodistillation sous l'influence des conditions opératoires, notamment du milieu (l'acidité, température) et de la durée d'extraction (**Chemat *et al.*, 2007**) (**Lagunez-Rivera, 2006**). D'autres facteurs tels que les traitements auxquels on peut procéder avant ou pendant l'hydrodistillation (broyage, dilacération, dégradation chimique ou enzymatique, pression, agitation) contribuent à la variation du rendement et de la qualité de l'huile essentielle (**Lagunez-Rivera, 2006**).

Au cours de l'hydrodistillation, le milieu aqueux résultant de l'immersion du matériel végétal atteint des pH compris entre 4 et 7 et occasionnellement, des valeurs inférieures à 4 pour certains (**Lagunez-Rivera, 2006**). Les constituants de l'essence

native sont soumis aux effets combinés de l'acidité et de la chaleur, et peuvent subir des modifications chimiques. L'huile essentielle récupérée est un produit qui diffère sensiblement de l'essence originelle, d'autant plus que l'ébullition est longue, et le pH est faible (**Morin et Richard, 1985**).

La matière végétale est l'objet de réactions chimiques diverses : hydrolyses, déprotonations, hydratations et cyclisations (**Morin et Richard, 1985**), pouvant être catalysées par des métaux présents à l'état de trace dans la plante ou provenant des équipements de récolte et d'extraction provoquant des transformations chimiques des constituants. L'hydrolyse d'esters est souvent la première réaction qui se produit (**Bruneton, 1993**). Elle conduit à la formation d'acides organiques qui, à leur tour, catalysent les réactions de cyclisation et de déshydratation (**Lagunez rivera, 2006**).

### 15. Composition chimique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont des mélanges de complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent, de façon exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatique dérivés du phénylpropane – beaucoup moins fréquents- d'autre part (**Buneton, 1995**).

Les huiles essentielles peuvent être mises en évidence dans les coupes d'organes végétaux au moyen de colorant spéciaux (Liophiles) : orcanette, Soudan III (**Paris et Moyse, 1976**).

#### 15.1. Principales structures chimiques (Ganou, 1993) :

Les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes, prépondérants dans la plupart des essences, et des dérivés du phénylpropane, retrouvé en tant que composé majoritaire dans quelques-unes, telles que les essences d'anis, de cannelle, de girofle, etc... Divers autres constituants minoritaires leurs sont associés. De nombreux dérivés porteurs de fonctions diverses sont également considérés comme des composés terpéniques.

Les **composés terpéniques** sont issus d'une voie métabolique secondaire de l'acide mévalonique. Suivant le nombre entier d'unités pentacarbonés (C<sub>5</sub>) n ramifiées, dérivées du 2- méthylbutadiène (isoprène) nous pouvons réaliser la classification suivante :

✓les monoterpènes. Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en C<sub>10</sub>. Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, surtout alcool et aldéhyde.

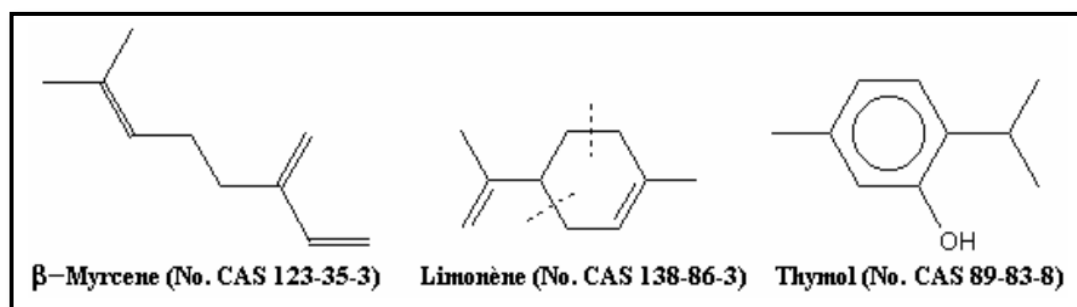
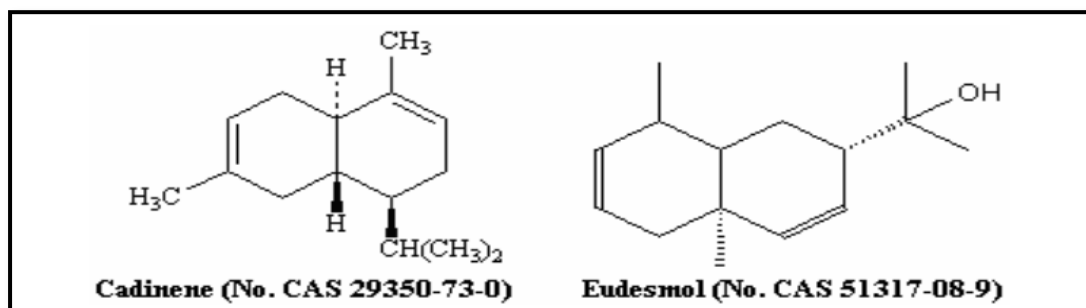


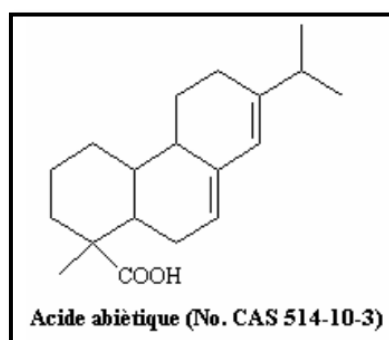
Figure n° 01 : Composés monoterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les sesquiterpènes. Ce sont des hydrocarbures de formule **C15**, soit une fois et demie (sesqui-) la molécule des terpènes (en C10H16). Un groupe particulier de sesquiterpènes est représenté par les azulènes, composés instables dont le nom vient de leur coloration bleue et qui sont importants en pharmacognosie en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires. Ces composés, non saturés, sont constitués par deux cycles penta et hepta carbonés. Nous retrouvons dans ce groupe le chamazulène (des essences de camomille et de matricaire).



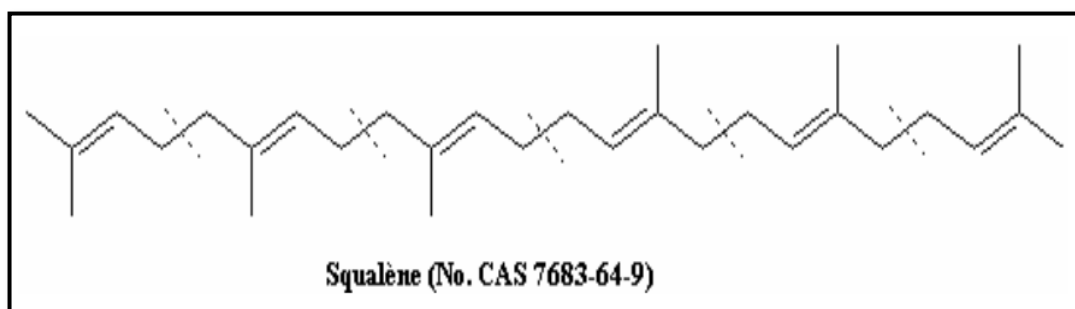
**Figure n° 02 :** Composés sesquiterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les diterpènes qui sont des dérivés d'hydrocarbures en **C20**. Ces composés, à point d'ébullition élevé, se rencontrent surtout dans les résines.



**Figure n° 03 :** Composés diterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les sesterpènes. Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en **C25**.  
 ✓ les triterpènes. Ces composés en **C30** sont très répandus, notamment dans les résines, à l'état libre, estérifiés, ou sous forme hétérosidique.



**Figure n° 04 :** Composés triterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les polyterpènes le caoutchouc naturel est l'exemple plus nommé. Le caoutchouc naturel est un polymère de l'isoprène. Il est produit par la coagulation par la chaleur de la sève de l'hévéa.

Dans une huile essentielle, nous retrouvons presque exclusivement des mono- et sesquiterpènes. Les **dérivés du phénylpropane** sont moins abondants que les terpénoïdes, ce sont des arènes issues d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique lui-même intermédiaire de la synthèse de la lignine à partir du phénylpropane.

Les composés sont néanmoins importants sur le plan qualitatif et quantitatif chez certaines espèces. Par exemple, le trans-anéthole qui est la molécule responsable en grande partie de l'arôme d'anis, constitue environ 80% de l'huile essentielle de fenouil (1-3% d'essence), et d'anis vrai (3% d'essence). Les dérivés phénylpropanoïques et les terpénoïdes sont associés en nombre et en proportions très variables de telle sorte que le produit est hétérogène et complexe sur le plan chimique. Ils sont biosynthétisés au sein des mêmes organes sécréteurs où ils forment l'essence naturelle (Cu, 1990).

### **16. Les chémotypes des huiles essentielles :**

Le chémotype d'une huile essentielle est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif, présent dans l'huile essentielle. C'est l'élément qui permet de distinguer une huile essentielle extraite d'une même variété botanique mais d'une composition biochimique différente.

Cette classification capitale permet de sélectionner les huiles essentielles, pour une utilisation plus précise, plus sûre et plus efficace. Nous connaissons par exemple sous la même appellation botanique, deux grandes familles de thym, subdivisées elles-mêmes grâce à la définition de leurs chémotypes respectifs.

De nombreuses huiles comprennent plus d'un chémotype. La sauge sclarée (*Salvia sclarea*) par exemple, contient 250 molécules différentes, dont 75 % issues de la famille des esters et 15 %, de celle des monoterpénols. Les molécules travaillent en synergie, ce qui explique la polyvalence des huiles essentielles et leur vaste spectre d'action.

Une fois que l'on connaît les propriétés des chémotypes ainsi que leur concentration dans une huile essentielle, on peut déterminer quels seront les effets de celle-ci, bienfaisants ou dangereux.

Enfin, il faut savoir qu'une même plante peut inclure diverses espèces, dont chacune possédera des chémotypes différents. La lavande (*Lavandula*), par exemple, compte plusieurs espèces dont les officinalis, les stoechas et les latifolia : c'est donc le nom latin complet qui nous permet de savoir de quelle plante exacte il s'agit. Le lieu de culture (climat, altitude, composition du sol) peut aussi influencer la composition chimique d'une plante (**Site n° 01**).

## **Chapitre IV: *Artemisia herba-alba* Asso.**

### 1. Généralités :

Le genre *Artemisia* appartient à la famille des Astéracées : c'est l'un des genres le plus répandu et le plus étudié de cette famille; il contient un nombre variable d'espèces allant jusqu'à 400 espèces (**Mucciarelli and Maffei., 2002**).

Il a été rapporté que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les acides cafféoylquinic, les coumarines, les huiles essentielles, les stérols et les acétylènes (**Kundan et Anupam., 2010**).

Les espèces qui appartiennent au genre *Artemisia* possèdent des propriétés thérapeutiques, elles sont non seulement utilisées dans la médecine traditionnelle, mais aussi dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique (**Mirjalili et al., 2007**).

### 2. Nomenclature et étymologie :

L'espèce *Artemisia herba-alba* Asso (Armoise blanche) est décrite pour la première fois au début du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C, par l'historien grec Xénophon, dans les steppes de la Mésopotamie, C'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver (**khireddine et al., 2015**).



**Figure n° 05:** *Artemisia herba-alba* Asso.

*Artemisia herba-alba* Asso est une espèce de plantes steppiques poussant dans les terres arides ou semiarides de l'Afrique du Nord, au Moyen-Orient ainsi qu'en Espagne (Mohamed *et al.*, 2010).



**Figure n° 06:** *Artemisia herba-alba* Asso au désert.

Plusieurs noms sont attribués à cette plante ; Thym des steppes, Absinthe du désert, et autres. En Afrique du Nord (Algérie et autres) et au Moyen-Orient, la plante est appelée communément Shihou Shihkhorasani, selon les régions. Au Maroc occidental, elle porte aussi le nom de Kaysoumen tamazight (berbère), l'*Artemisia* se dénomme "Izerg". Le nom anglais Tor, attribué à toutes les *Artemisia*, fait allusion à son pouvoir vermifuge bénéfique pour l'homme et le bétail (Messai *et al.*, 2011).

### **3. Origine :**

L'*Artemisia* est le nom de guerre des armoises, il provient de celui de la déesse grecque de la chasse Artémis, la Diane des romains, patronne des vierges à cause des bienfaits de cette herbe. *Herba alba* signifie herbe blanche.

Plusieurs noms sont attribués à l'A. *Herba alba* tel le thym des steppes, absinthe du désert. En Afrique du nord et en moyen orient, on l'appelle communément Shih "ou "Chih".

### **4. Répartition géographique :**

C'est une espèce méditerranéenne et saharo-Indienne (Trabut, 1988). Elle est très commune en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on la rencontre dans la steppe marocaine, dans les Iles Canaries et en Afrique du Sud.

En Algérie elle affectionne les climats secs et chauds et forme des peuplements importants dans les zones désertiques. Elle est très répandue sur les hauts plateaux mais rare au Sahara septentrional. (Deysson, 1967).

### **5. Description botanique :**

*Artemisia herba-alba* Asso est une plante herbacée à tige ligneuses et ramifiées, de 30 à 50 cm, très feuillée avec une souche épaisse. Les feuilles sont petites, sessiles, pubescentes et à aspect argenté. Les fleurs sont groupées en grappe, à capitule très petites (3/1,5 mm) et ovoïdes. L'involucre est à bractées imbriquées, les externes orbiculaires et pubescentes. Le réceptacle floral est nu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites (Pottier, 1981).

### 5.1. Partie souterraine :

*Artemisia herba-alba* Asso présente une racine principale, épaisse et ligneuse, bien distincte des racines secondaires, qui s'enfoncent dans le sol comme un pivot. Le système racinaire à une extension peu profonde avec un grand nombre de ramifications latérales particulièrement abondantes entre 2 et 5 cm de profondeur met en relation cette forme de racine avec l'existence d'une croûte calcaire superficielle. Quand *Artemisia herba-alba* Asso se développe dans une région plus humide, ses racines pénètrent profondément jusqu'à 40 à 50 cm et en se ramifient qu'à cette profondeur (**Pourrat, 1974**).

La biomasse racinaire diminue très vite avec la profondeur et très peu de racines sont retrouvées à partir de 50 cm (**Aidoud, 1983**).

### 5.2. Partie aérienne :

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

#### 5.2.1. La tige :

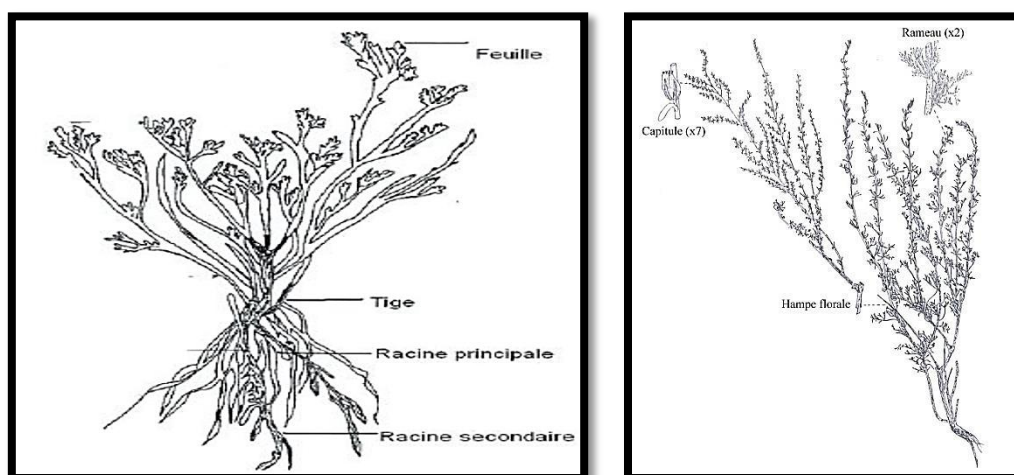
*Artemisia herba-alba* Asso présente une tige principale très épaisse, rougeâtre, très ramifiée qui se prolonge par de nombreuses tiges de plus en plus fines ; chaque tige se distingue par une taille allant de 30 à 50 cm (**Bendahou, 1991**)

#### 5.2.2. Les feuilles et les rameaux :

Les feuilles sont courtes, blanches, laineuses, argentées et pennatifides, elles sont très petites et entières, ce qui réduit considérablement la surface transpirante et permet ainsi à la plante de résister à la sécheresse (**Pourrat, 1974**).

#### 5.2.3. 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 (1 à 1.5 mm) ovoïdes à involucre scarieux ne contenant que 3 à 8 fleurs, toutes hermaphrodites. Ces capitules pauciflores, en général homogames sont insérés directement sur l'axe et sans aucun support (**Ozenda, 1985**).



**Figure n° 07:** Morphologie générale (Dessin de détail) d'*Artemisia herba-alba* Asso (**Eloukil, 2013**).

## 6. Taxonomie et classification :

*Artemisia herba-alba* Asso (Shih) fait partie de la famille des Astéracées (asteraceae) ou Composées (Compositae) (Tableau 01). C'est la famille la plus large des plantes à fleurs qui comprend près de 23000 espèces réparties en 1535 genres formant approximativement 10% de la flore du monde (Pottier, 1981).

**Tableau n° 01 :** Classification botanique de l'*Artemisia herba-alba* Asso (Yousfi, 2017).

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| <b>Règne</b>       | Plantae                          |
| <b>Sous-règne</b>  | Tracheobionca                    |
| <b>Subdivision</b> | Spermatophyta                    |
| <b>Division</b>    | Magnoliophyta                    |
| <b>Classe</b>      | Magnoliopsida                    |
| <b>Sous-classe</b> | Asteridae                        |
| <b>Ordre</b>       | Asterales                        |
| <b>Famille</b>     | Asteraceae                       |
| <b>Tribu</b>       | Anthemideae                      |
| <b>Sous-tribu</b>  | Artemisiinae                     |
| <b>Genre</b>       | Artemisia                        |
| <b>Sous-genre</b>  | Seriphidium                      |
| <b>Espèce</b>      | <i>Artemisia herba-alba</i> Asso |

## 7. Biologie :

La plante fleurit généralement de septembre à décembre. Les têtes de fleurs sont sessiles, oblongues et se rétrécissent à la base. Chaque tête contient 2 à 5 fleurs hermaphrodites jaunâtres. Les feuilles des tiges florifères, qui sont plus abondantes en hiver, sont beaucoup plus petites que celles des pousses stériles.

Le système racinaire de l'*Artemisia herba-alba* Asso est vaste et bien développé. Cette caractéristique aide à l'absorption des nutriments et assure la stabilité de la plante, en particulier dans les environnements arides ou difficiles.

Plante des régions semi-arides de la Méditerranée et n'est pas très résistante dans les régions aux hivers froids. Elle pousse mieux dans les zones tempérées. La différence observée entre la composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso du Maroc et celles des autres pays pourrait s'expliquer par une adaptation de la plante à des facteurs abiotiques tels que le climat spécifique de l'Atlas oriental moyen. Les feuilles sont fortement aromatiques et recouvertes de petits poils glandulaires qui réfléchissent la lumière du soleil, donnant un aspect grisâtre à l'arbuste. La plante est connue pour ses propriétés thérapeutiques et médicinales et est utilisée à la fois en médecine traditionnelle et moderne. On lui attribue divers effets pharmacologiques, notamment la baisse du taux de glucose sanguin en cas de diabète. La plante est également un bon fourrage pour les animaux de pâturage, principalement les moutons, et dans les steppes algériennes, les bovins.

## 8. Ecologie :

*Artemisia herba-alba* Asso existe dans des bioclimats allant du semi-aride jusqu'au saharien (entre les isohyètes de 150 à 500 mm). Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans des régions d'hiver chaud à frais.

En Afrique du Nord, cette espèce couvre d'immenses territoires évalués à plus de dix millions d'hectares.

En Algérie, on trouve l'Armoise herbe blanche dans les zones steppiques (hauts plateaux). Elle se répand sur une bande longue de 1200 km allant de la frontière tunisienne jusqu'à la frontière marocaine. Elle est également présente dans les zones présahariennes.

*Artemisia herba-alba* Asso est abondante dans le centre de l'Algérie sur des sols à texture fine, assez bien drainées (marnes, marno-calcaires en pente).

## 9. Composition chimique :

Voici un aperçu de la composition chimique de l'*Artemisia herba-alba* Asso:

- Teneur en cellulose : Malgré son apparence, la teneur en cellulose est relativement faible, allant de 17% à 33%. Cela en fait une plante fourragère intéressante, en particulier dans les régions arides où elle est originaire.
- Teneur en protéines : La matière sèche (MS) de la plante fournit entre 6% et 11% de protéines brutes, dont 72% sont composées d'acides aminés.
- $\beta$ -Carotène : La teneur en  $\beta$ -carotène varie selon les saisons, allant de 1,3 à 7 mg/kg. Le  $\beta$ -carotène est un précurseur de la vitamine A, qui est essentielle pour de nombreux processus physiologiques chez les animaux.
- Valeur énergétique : La valeur énergétique change avec les saisons. Elle est très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS), diminue à nouveau en été (0,6 UF/kg MS), et augmente une fois de plus en automne (0,8 UF/kg MS) en raison de la croissance stimulée par les pluies de septembre.
- Composés antioxydants : La partie aérienne a des activités antioxydantes significatives. Elle est riche en composés antioxydants tels que les flavonoïdes, les polyphénols et les tanins. Ces constituants exercent leurs actions antioxydantes en inhibant la production d'anion superoxyde, d'hydroxyle, et inhibent également la peroxydation lipidique au niveau du microsome (**Bruneton, 1999**).

### 9.1. Terpènes :

Les terpènes sont une classe de composés organiques volatils présents dans les plantes et certains animaux. Ils sont souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Les terpènes sont des composants majeurs de la résine et de l'essence de térébenthine produite à partir de résine.

#### 9.1.a. Monoterpènes :

Les monoterpènes sont une classe de terpènes qui se composent de deux unités d'isoprène et ont souvent la formule moléculaire  $C_{10}H_{16}$ . Les monoterpènes peuvent

être linéaires (acycliques) ou contenir des anneaux (monocycliques et bicycliques). Les terpènes modifiés, tels que ceux contenant une fonctionnalité oxygène ou manquant d'un groupe méthyle, sont appelés monoterpénoïdes.

Dans le cas de l'*Artemisia herba-alba* Asso, une investigation chromatographique de l'extrait de chlorure de méthylène/méthanol des parties aériennes de la plante a permis d'isoler un nouveau dimère monoterpénique, en plus d'un monoterpène connu (**Abou El-Hamd et al., 2013**). Ces composés contribuent aux propriétés antioxydantes de la plante et varient en composition en fonction de la méthode d'extraction et du moment de la récolte.

### **9.1.b. Sesquiterpènes :**

Les sesquiterpènes sont une classe de terpènes qui se composent de trois unités d'isoprène et ont souvent la formule moléculaire  $C_{15}H_{24}$ . Comme les monoterpènes, les sesquiterpènes peuvent être cycliques ou contenir des anneaux, y compris de nombreuses combinaisons uniques. Les modifications biochimiques telles que l'oxydation ou le réarrangement produisent les sesquiterpénoïdes apparentés.

Dans le cas de l'*Artemisia herba-alba* Asso, une investigation chromatographique de l'extrait de chlorure de méthylène/méthanol des parties aériennes de la plante a permis d'isoler trois lactones sesquiterpéniques connues (**Abou El-Hamd et al., 2013**). Ces composés contribuent aux propriétés antioxydantes de la plante et varient en composition en fonction de la méthode d'extraction et du moment de la récolte.

### **9.2. Flavonoïdes :**

Les flavonoïdes sont une classe de composés polyphénoliques présents dans presque tous les fruits et légumes. Ils sont responsables des couleurs vives des fruits et légumes. Ces molécules sont connues pour leurs propriétés antioxydantes.

Dans le cas de l'*Artemisia herba-alba* Asso, une investigation chromatographique a permis d'isoler des flavonoïdes à partir de l'extrait de chlorure de méthylène/méthanol des parties aériennes de la plante (**Messaoudene et al., 2011**). Les flavonoïdes extraits d'*Artemisia herba-alba* Asso ont montré des effets modulateurs sur les cytokines Th1 et Th2 et la production d'oxyde nitrique. De plus, les feuilles d'*Artemisia herba-alba* Asso contiennent des flavonoïdes non glycosidiques. Ces composés contribuent aux propriétés antioxydantes de la plante et varient en composition en fonction de la méthode d'extraction et du moment de la récolte.

### **9.3. Composition chimique de l'huile essentielle : (voir partie pratique) :**

#### **10. Intérêt de la plante :**

- Intérêt Industriel : *Artemisia herba-alba* Asso est connue pour son huile essentielle qui a été étudiée pour ses propriétés antibactériennes et antifongiques. Cette huile est extraite de la partie aérienne de la plante par la méthode d'hydrodistillation. L'huile essentielle d'*A. Herba alba* est utilisée dans l'industrie alimentaire comme arôme naturel et conservateur. Elle est également utilisée pour améliorer le goût des aliments, réduire le risque de détérioration des aliments et prolonger la durée de conservation des produits alimentaires.

- Intérêt Médicinal : traditionnellement utilisée en médecine populaire pour traiter divers maux. Elle est utilisée pour des conditions telles que la toux, les troubles de l'estomac et de l'intestin, le rhume commun, la rougeole, le diabète, la peau jaunie (jaunisse), l'anxiété, les battements de cœur irréguliers et la faiblesse musculaire. Certains produits chimiques contenus dans *Artemisia herba-alba* Asso semblent tuer les parasites et les bactéries, et d'autres produits chimiques pourraient abaisser les niveaux de sucre dans le sang.
- Intérêt Culinaire : également utilisée en cuisine, notamment dans la préparation de certaines recettes traditionnelles. Ses feuilles sont utilisées pour aromatiser les plats et sont souvent utilisées dans les tisanes pour leur saveur unique.
- Antiparasitaire : utilisée pour traiter les infections parasitaires telles que les ascaris, les oxyures, les ténias, les ankylostomes et les douves.
- Cosmétique : La plante est écrasée et appliquée sur les cheveux pour les renforcer et prévenir leur chute. Elle est également utilisée pour traiter divers troubles de la peau.
- Antispasmodique : *Artemisia herba-alba* Asso a des propriétés antispasmodiques, ce qui signifie qu'elle peut aider à soulager les spasmes ou les contractions dans les muscles lisses.
- Répulsif contre les insectes : également utilisée comme répulsif contre les insectes.

## **11. toxicité :**

La toxicité de l'*Artemisia herba-alba* Asso est généralement faible, mais il y a quelques précautions à prendre :

- Effets secondaires : pourrait provoquer des effets secondaires tels que l'hypotension et la bradycardie<sup>1</sup>.
- Grossesse et allaitement : Il n'y a pas suffisamment d'informations fiables pour savoir si l'*Artemisia herba-alba* Asso est sans danger lorsqu'elle est utilisée pendant la grossesse ou l'allaitement. Il est donc préférable de rester prudent et d'éviter son utilisation<sup>1</sup>.
- Diabète : Il existe des preuves que l'*Artemisia herba-alba* Asso pourrait abaisser la glycémie<sup>1</sup>. Les personnes atteintes de diabète doivent donc faire preuve de prudence lorsqu'elles utilisent cette plante.
- Toxicité cutanée : Une étude sur la toxicité cutanée aiguë de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso n'a révélé aucun dommage tissulaire. L'huile essentielle a été considérée comme non dangereuse.

# **PARTIE PRATIQUE.**

# **MATERIELS ET METHODES**

## **1. Choix du matériel végétal :**

Notre travail a été réalisé au laboratoire de physiologie végétale, à l'école normale supérieure de l'enseignement technologique (ENSET) de Skikda, sur une espèce : l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso), notre choix pour cette espèce est justifié par le fait que celle-ci est riche en huiles essentielles, notamment les sesquiterpènes lactones, les coumarines et les hydrocarbures acétyléniques connus pour leurs activités biologiques diverses.

## **2. Échantillonnage :**

Notre échantillon provient de chez un herboriste, l'identification taxonomique de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) a été faite par: Pr. Hicham Boughendjioua, du département des sciences naturelles, (ENSET) de Skikda.

### **2.1. Screening phytochimique :**

Le screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une drogue donnée. Les tests de caractérisation sont basés en partie sur l'analyse qualitative, soit sur la formation de complexes insolubles en utilisant les réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés, en utilisant des réactions de coloration (**EL-Haoud et al., 2018**).

#### **2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux :**

Consiste à introduire 100g de poudre végétale (*Artemisia herba-alba* Asso) dans 200 mL d'eau bouillante qu'on laisse infuser pendant 15 minutes. Ensuite, on filtre pour obtenir le filtrat.

##### **2.1.1.1. Saponines :**

Dans une série de 10 tubes à essai numérotés de 1 à 10, introduire respectivement 1, 2, 3,...,10 mL l'extrait aqueux. Ajuster le volume de chaque tube à 10 mL avec de l'eau distillée. Agiter chaque tube dans le sens de la longueur du tube pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde. Laisser reposer 15 min et mesurer la hauteur de la mousse produite dans chaque tube.

L'indice de mousse (**I**) est calculée par la formule suivante :

$$I = 1000 / N$$

**N** est le numéro du tube où la hauteur de mousse est égale à 1 cm (**EL-Haoud et al., 2018**).

##### **2.1.1.2. Tannins :**

La présence des tannins est mise en évidence en ajoutant à 1 mL de l'extrait aqueux avec 1 mL d'eau et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl<sub>3</sub> diluée à 1%.

L'apparition d'une coloration verte foncée ou bleue verte indique la présence des tanins.

L'apparition d'une coloration verte foncée indique la présence des tanins catéchiques.

L'apparition d'une coloration bleue-verte indique la présence des tanins galliques (**EL-Haoud et al., 2018**).

##### **2.1.1.3. Terpènes :**

Cinq 5 mL de l'extrait aqueux ont été mélangé avec 2 mL de chloroforme, puis 3 mL d'un concentré de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> étaient soigneusement ajoutées pour former une couche (**Edeoga et al., 2005**).

L'apparition d'une coloration brun rougeâtre du l'interface formée indique des résultats positifs pour la présence de terpènes.

L'apparition d'une coloration marron indique l'absence des terpènes.

#### 2.1.1.4. Flavonoïdes (Teste d'ammoniaque) :

Un 1 mL de l'extrait aqueux a été mélangé avec 5 mL d'ammoniaque, puis quelques gouttes d'un concentré de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> étaient soigneusement ajoutées.

L'apparition d'une couleur jaune indique la présence des flavonoïdes (**Shaikh and Patil, 2020**).

#### 2.1.1.5. Alcaloïdes : (Teste de Wagner) :

2-3 mL de l'extrait aqueux a été mélangé avec 1 mL d'HCl, puis le réactif de Wagner a été ajouté et bien agité.

La formation d'un précipité brun rougeâtre indique la présence d'alcaloïdes (**Rufai et al., 2016**).

### 2.2. Extraction de l'huile essentielle (Partie employée) :

Les tiges et les feuilles sont utilisées, avec une prise d'essai de 200 g.

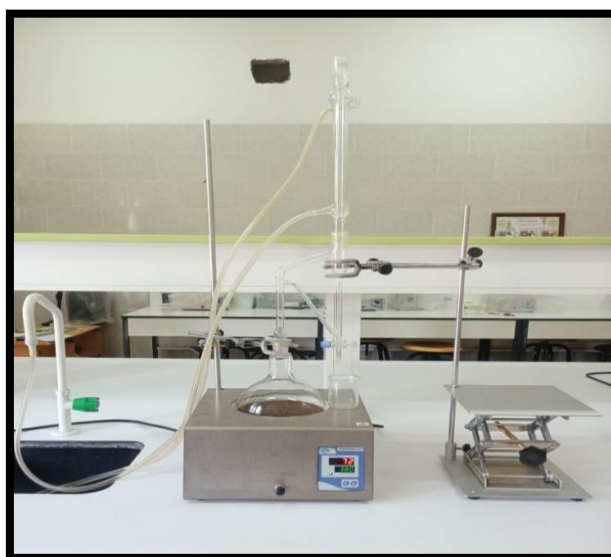
**Tableau n° 02:** Partie utilisée et quantité de la prise d'essai.

| Partie utilisée   | Prise d'essai totale (g) |
|-------------------|--------------------------|
| Tiges et feuilles | 200                      |

#### 2.2.1. Méthodes d'extraction :

Plusieurs procédés sont utilisés pour extraire les huiles essentielles des plantes aromatiques. Chaque procédé possède plusieurs variantes technologiques en fonction du matériel végétal à traiter **Thiery et al., (1988) ; Pare et al., (1989) ; Bruneton, (1993)**.

L'hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans l'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (**Bruneton, 1995**).



**Figure n° 08 :** Dispositif de l'hydrodistillation (**Photo personnelle**).

**Tableau n° 03:** Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale.

| Méthode (Procédé) | Temps |
|-------------------|-------|
| Hydrodistillation | 02h00 |

La caractérisation d'une essence de cannelle consiste à :

- Vérifier ses caractéristiques organoleptiques (Aspect, couleur, odeur);
- Déterminer ses indices physico-chimiques (densité, indice de réfraction, potentiel d'hydrogène, et indice d'acide); et
- Obtenir son profil chimique (composition chimique), et faire une quantification relative des différents constituants de cette essence.

### **2.2.2. Caractéristiques organoleptiques :**

L'analyse organoleptique de l'huile essentielle de la cannelle consiste à évaluer les propriétés tel que ; l'aspect, l'odeur et la couleur:

#### **2.2.2.1. Odeur :**

L'odorat est un sens chimique très sensible et l'habileté des parfumeurs à classer et caractériser des substances chimiques parviennent à doser les produits naturels et leur perception peut aller jusqu'au dix millionnièmes de grammes par litre d'air.

#### **2.2.2.2. Couleur :**

La coloration d'une huile essentielle dépend des produits qui la constituent. Certains solvants ont le pouvoir d'extraire beaucoup de pigments, ce qui intensifie la couleur d'une huile donnée.

#### **2.2.2.3. Aspect :**

L'aspect d'un extrait dépend des produits qui la constituent, qui peuvent nous apparaître sous forme solide ou liquide.

### **2.2.3. Propriétés physico-chimiques :**

Les caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) étaient autre fois les seules indications permettant d'évaluer la qualité d'une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d'autres techniques de caractérisation plus précises (**Mohamdi, 2005**).

Les méthodes utilisées pour déterminer les indices physico- chimiques sont celles indiquées par le recueil de normes de l'Association Française de Normalisation (**AFNOR**).

#### **2.2.3.1. Indice de réfraction :**

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 (**AFNOR, 2000**).

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un réfractomètre d'Abbé Prisma- CETI convexe. Quand la détermination est effectuée à une température différente de 20°C, on effectue la correction à 20°C par le biais de la formule:

$$I_{20} = I_t + 0,00045 (T - 20^{\circ}\text{C}),$$

$I_{20}$  = Indice à 20°C,

$I_t$  = Indice à la température ambiante ou de mesure,

T = Température ambiante.

Les produits étalon de qualité pour réfractométrie servant à ajuster le réfractomètre sont les suivants :

- Eau distillée (1,333),
- P- cymène (1,4906),
- Benzoate (1,5685),
- Bromo-1- naphthalène (1,6585).



**Figure n° 09:** Appareil à mesurer l'indice de réfraction (**Photo personnelle**).

#### **2.2.3.2. Échelle de Brix :**

Sert à mesurer en degrés Brix (°B ou °Bx) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Plus le °Brix est élevé, plus l'échantillon est sucré. L'appareil utilisé pour la mesure est un réfractomètre ou un aréomètre. Voir aussi sorbetomètre.

L'aréomètre se base lui sur la mesure de la densité de l'échantillon. Par extension, le degré Brix peut servir à mesurer la concentration d'une solution, non pas en sucre, mais d'autres substances influant l'indice de réfraction (mesure de la salinité d'une saumure, de la concentration d'une solution en acide aminé...). Si la solution est assez concentrée en une seule substance, une table de conversion permet de remonter simplement de la mesure en Brix à la concentration massique de la solution (**Site n° 02**).



**Figure n° 10:** Appareil à mesurer l'indice de Brix (Photo personnelle).

#### **2.2.3.3. Potentiel d'hydrogène :**

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes  $H^+$  (appelés aussi protons) en solution, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution.

Il s'agit d'un coefficient permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre.

A l'aide d'une tige de verre, on prélève quelques gouttes de solution à tester (huile essentielle) en trempant la tige dans cette solution et on les dépose sur le papier pH. Celui-ci prend alors une couleur particulière que l'on compare avec les couleurs témoins du boîtier qui contenait le papier pH.



**Figure n° 11:** Papier pH utilisé (Photo personnelle).

#### **2.2.4. Chromatographie sur couche mince (CCM) :**

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une méthode analytique, intéressante par sa simplicité et sa modulabilité. Elle autorise également une analyse sans chauffage et permet donc d'éviter d'éventuelles dégradations qu'il entrainerait.

Dans la CCM, le support utilisé est une plaque en verre ou en aluminium sur laquelle est déposée une fine couche d'un absorbant (par exemple la silice) qui joue le rôle de phase stationnaire et sur laquelle l'échantillon sera déposé. La partie inférieure de la plaque est immergée dans un solvant (phase mobile) qui remonte par capillarité le long de la plaque entraînant les constituants de l'échantillon à des vitesses différentes. Le traitement de la plaque après séchage par un révélateur permet de mettre en évidence les composés séparés qui formeront de petites taches visibles (à la lumière naturelle ou aux ultra-violets), et ainsi de réaliser une analyse qualitative à l'œil nu. L'intérêt de la chromatographie sur couche mince réside dans le très grand nombre de révélateurs pouvant lui être appliqués, permettant de mettre en évidence un très grand nombre de produits dans les échantillons (Deschepper, 2017).

**Méthode standard :** Un seul développement avec un éluant, hauteur d'élution : 10 mm, humidité relative 50%, température 20°. Saturation complète de la cuve.

**Support (phase stationnaire) :** gel de silice H, F 254 (Kieselgel GF254).

**Solvant (phase mobile) :**

- Un seul développement: **dichlorométhane**, séchage intermédiaire à l'air pendant 5 min (Stahl, 1975).

**Solution à analyser (dépôt) :** huile essentielle de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) obtenue par hydrodistillation.

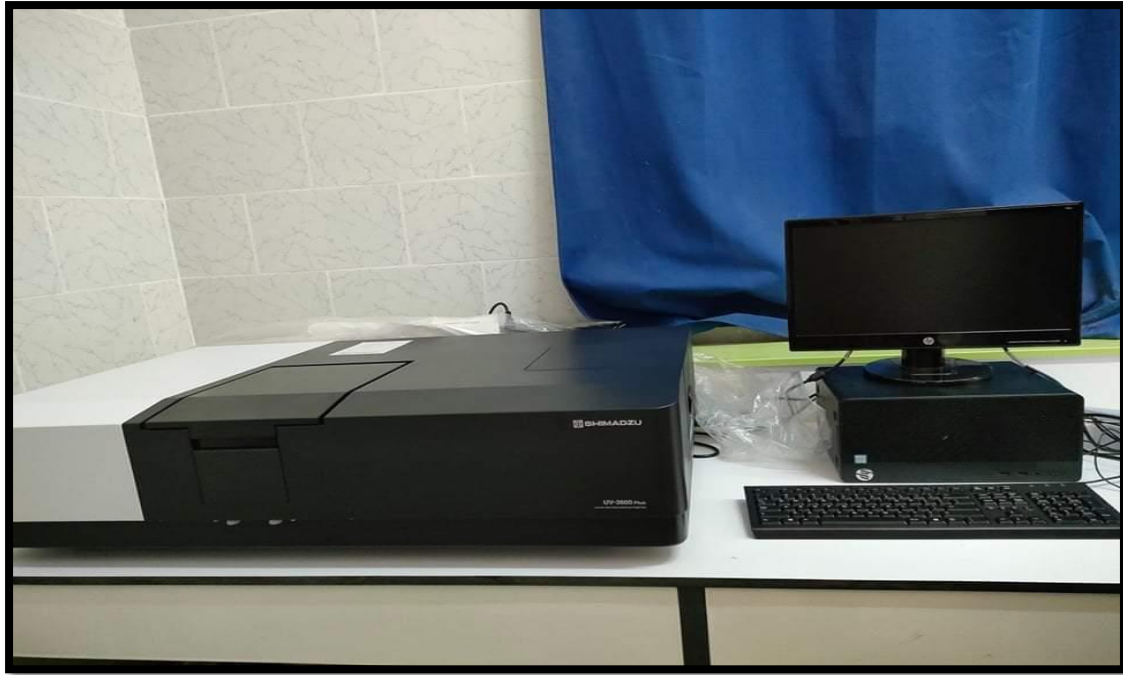
**Détection :** Utilisation d'une chambre UV 365 nm – 254 nm.



**Figure n° 12:** Matériel de la chromatographie sur couche mince (Photo personnelle).

### 2.2.5. Spectrométrie de l'absorbance :

Une mesure spectrométrique de l'absorbance de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre **Shimadzu UV-3600 plus**, la gamme de longueurs d'onde est de 200 à 3200 nm.



**Figure n° 13:** Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé (Photo personnelle).

### **3. Activité antibactérienne :**

#### **3.1. Microorganismes utilisés :**

Le choix des bactéries a été porté sur 04 souches fréquentes en pathologie humaine. Ces espèces sont souvent responsables de (TIA ; (toxi-) infection alimentaire)) constituant ainsi un problème majeur de santé publique.

Les souches bactériennes sont :

- *Escherichia coli* (Gram négatif),
- *Klebsiella pneumoniae* (Gram négatif),
- *Pseudomonas aeruginosa* (Gram négatif),
- *Citrobacter freundii* (Gram négatif).

Pour évaluer l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle, nous avons adopté deux méthodes ; la méthode de diffusion sur milieu gélosé en utilisant des disques stériles en cellulose: appelée aromatoگرامme et la méthode des puits.

#### **3.2. Méthode de l'aromatoگرامme :**

L'activité antibactérienne est évaluée par la méthode d'aromatoگرامme qui permet de déterminer la sensibilité des différentes espèces bactériennes vis à vis de l'huile essentielle donnée.

Le principe consiste à ensemencer la surface d'un milieu de culture gélosé (coulé en boîte de Pétri avec une suspension bactérienne de manière à faire croître les bactéries sur toute la surface de la gélose solidifiée. Puis, on dépose sur la gélose des petits disques de papier buvard (d'environ 6 mm de diamètre) imprégnés par les huiles essentielles que l'on souhaite tester (8µL suffisent). L'ensemble est incubé durant 24 heures à 37°C. Les huiles essentielles diffusent radialement à partir de leur disque vers la périphérie en formant sur leur passage un gradient décroissant de leur

concentration. Si l'huile essentielle testée est efficace et que sa concentration est suffisante pour inhiber la croissance bactérienne, il apparaît autour du disque une zone claire, sans croissance bactérienne, que l'on nomme halo d'inhibition. Les diamètres des halos d'inhibition sont mesurés. La zone claire observée autour des disques est proportionnelle à l'activité antibactérienne de l'huile essentielle. Autrement dit, plus cette zone est étendue, plus grande est la puissance de cette huile essentielle contre la souche bactérienne étudiée. À l'inverse, l'absence de zone claire – et donc de zone d'inhibition – traduit l'inefficacité anti-infectieuse de l'huile essentielle pour le germe étudié.

### **3.3. Méthode des puits :**

Réaliser les puits à l'aide d'un emporte-pièce stérile ou d'un embout jaune. Introduire dans chaque puits 50µL d'huile essentielle. Laisser ensuite diffuser l'antibiotique 1/2h à température ambiante. Incuber 24h à 37°C.

### **3.4. Lecture :**

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'huile essentielle (**Ponce *et al.*, 2003**).

- Non sensible (-) ou résistante : diamètre < 8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14 mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19 mm.
- Extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

## 1. Screening phytochimique :

Les essais chimiques de caractérisation ont porté sur la recherche dans l'extrait aqueux des principaux groupes chimiques. Ces essais permettent d'avoir des informations préliminaires sur la composition chimique, ces caractérisations ont été faites en utilisant principalement les réactions en tube, (les réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques), les résultats sont classés en :

++++ : Fortement positif,

+++ : Moyennement positif,

+ : Faiblement positif,

- : Négatif.

Le tableau n° 04 rapporte les résultats du screening phytochimique pour l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso.

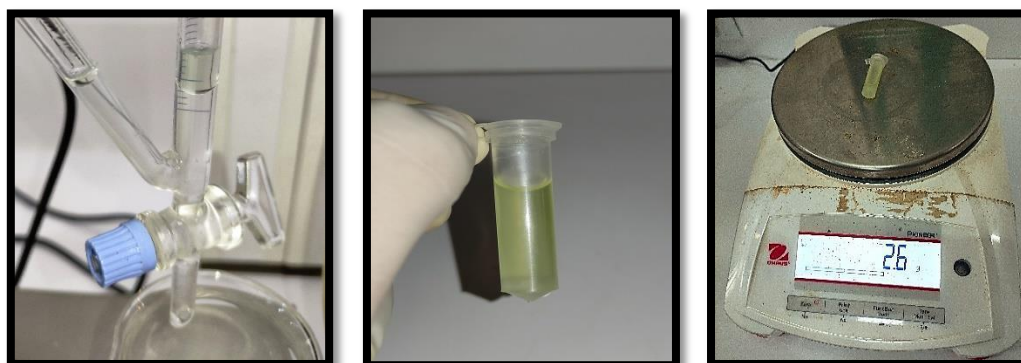
**Tableau n° 04:** Résultats du screening phytochimique.

| Métabolites secondaires | Couleur obtenue  | Résultat |
|-------------------------|------------------|----------|
| Saponines               | Mousse blanche   | +++      |
| Tanins                  | Vert foncé       | +++      |
| Terpènes                | Marron           | -        |
| Flavonoïdes             | Jaune            | +        |
| Alcaloïdes              | Marron rougeâtre | +        |

L'analyse phytochimique réalisée a permis de remarquer la présence des grands groupes chimiques : saponines, tanins, flavonoïdes et alcaloïdes dans l'extrait aqueux d'*Artemisia herba alba* Asso, cependant la plante est dépourvue des terpènes. Les familles chimiques détectées dans notre étude viennent confirmer les travaux de **Kahlouche et al., 2015 ; Sellami et al., 2010** sur l'*Artemisia herba alba* Asso.

## 2. Expression du rendement d'extraction :

Dans le cadre de notre travail, nous avons utilisé la méthode de l'hydrodistillation pour extraire l'huile essentielle de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).



**Figure n° 14:** Masse de l'huile essentielle obtenue (Photo personnelle).

Le rendement d'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso a été calculé à l'aide l'équation (AFNOR, 1986).

$$Rdt = M1/M0 * 100$$

Avec :

**Rdt** : Rendement d'extraction de l'huile essentielle;

**M0** : Masse de la matière végétale utilisé;

**M1** : Masse de l'huile essentielle obtenue.

$$Rdt = 1.6 \%$$

L'expérience révèle que le rendement d'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso est proportionnel à la durée de l'hydrodistillation, c'est-à-dire que quand la durée de distillation augmente, le rendement d'extraction de l'huile essentielle augmente également. Et pour la présente étude, le meilleur rendement a été obtenu à **120 minutes**.

Selon le tableau 05 le rendement de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso de l'Algérie varie entre **0.54%** et **1.93%**.

**Tableau n° 05:** Rendement de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso cultivée dans différentes régions d'Algérie.

| Auteurs  | Région         | Rendement % |
|--|----------------|-------------|
| Dob and Benabdelkader, (2006)                                    | M'sila         | 1.02        |
| Bezza et al., (2010)   | Biskra         | 0.95        |
| Dahmani-Hamzaoui and Baaliouamer, (2010)                         | Djelfa         | 0.62        |
| Bouzidi <i>et al.</i> , (2016)                                   | Saïda          | 0.932       |
| Rekkab <i>et al.</i> , (2016)                                    | Oum El-Bouaghi | 1.0         |
| Lakehal <i>et al.</i> , (2016)<br>Lakehal <i>et al.</i> , (2017) | Djelfa         | 0.8         |
| Bertella <i>et al.</i> , (2018)                                  | Batna          | 0,6405      |
| Benmeddour <i>et al.</i> , (2019)                                | Biskra         | 1.93        |
| Kadour <i>et al.</i> , (2020)                                    | Laghouat       | 0.54        |
| Ouguirti <i>et al.</i> , (2021)                                  | Bechar         | 1.73        |

D'après les résultats cités dans la littérature scientifique, l'hydrodistillation reste la méthode d'extraction des huiles essentielles la plus convoitée dans les pratiques courantes (Hallel, 2013).

On constate que le rendement en l'huiles essentielles est variable malgré que la technique d'extraction est la même, ce paramètre est différent d'une famille botanique à une autre, d'une espèce à une autre et même entre les plantes de la même espèce (Khenaka, 2011).

Cette variabilité est due probablement à la variation des facteurs suivants: le stade de croissance, les conditions pédoclimatique, la période de la récolte, le temps de la

récolte, le séchage, la génétique de la plante (Boukhatem *et al.*, 2010), lieu de production, l'état de fraîcheur du végétal, etc... (Bruneton, 1999).

Plusieurs études ont montré l'influence du cycle végétatif et la technique d'extraction sur le rendement et la qualité de l'huile essentielle (Fellah *et al.*, 2006. Bendahou *et al.*, 2008).

Le rendement et la qualité des huiles essentielles des espèces d' *Artemisia herba alba* sont influencés par le pH des sols (Abad *et al.*, 2012).

### 3. Propriétés organoleptiques :

Les huiles essentielles sont très aromatiques, elles sont liquides, et d'une couleur jaune clair à jaune foncé (Goudjil *et al.*, 2015).

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.

Le tableau 06 présente les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso selon la norme AFNOR NFT 7.

**Tableau n° 06:** Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso selon la norme AFNOR NFT 7.

| Norme<br>NFT7 | AFNOR | Aspect                               | Couleur    | Odeur      | Saveur   |
|---------------|-------|--------------------------------------|------------|------------|----------|
|               |       | Liquide limpide,<br>fluide et mobile | Jaune-vert | Très forte | Piquante |

### 4. Propriétés physico-chimiques :

#### 4.1. Indice de réfraction :

L'indice de réfraction c'est le rapport entre la célérité de la lumière dans le vide et la célérité de la lumière dans le milieu considéré. Ce rapport indique la capacité de l'huile essentielle à réfléchir la lumière.

L'indices de réfraction a été calculés et ramenés à 20°C à l'aide d'un réfractomètre Abbé Prisma-CETI, et qui est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau n° 07:** Indice de réfraction obtenu.

| Indice de réfraction (Obtenu) | Indice de réfraction (AFNOR) |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1,4617                        | 1,4860                       |

L'indice de réfraction est une grandeur qui nous permet d'identifier l'huile essentielle, aussi de contrôler sa pureté. Les valeurs de l'indice de réfraction de nos échantillons correspondent aux normes d'AFNOR. Elles indiquent leur faible réfraction à la lumière, ce qui pourrait favoriser son utilisation dans les produits cosmétiques (Boukhatem *et al.*, 2010).

#### 4.2. Échelle de Brix :

L'indices de Brix a été calculés et ramenés à 20°C à l'aide du même réfractomètre Abbé Prisma-CETI, et qui est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau n° 08:** Échelle de Brix obtenue.

| Indice de Brix (Obtenue) | Indice de Brix (Codex Alimentarius) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 68.46                    | 45-82%                              |

La valeur de l'indice de Brix de notre échantillon correspond aux a celui du Codex Alimentarius.

#### **4.3. Potentiel d'hydrogène :**

Le pH des huiles essentielles se situe entre 4 et 6. C'est effectivement légèrement acide, mais nettement moins que du jus de citron (pH 2) et dans tous les cas, moins que le pH de l'estomac (pH 1) (**Site n° 03**).

**Tableau n° 09:** Potentiel d'hydrogène obtenu.

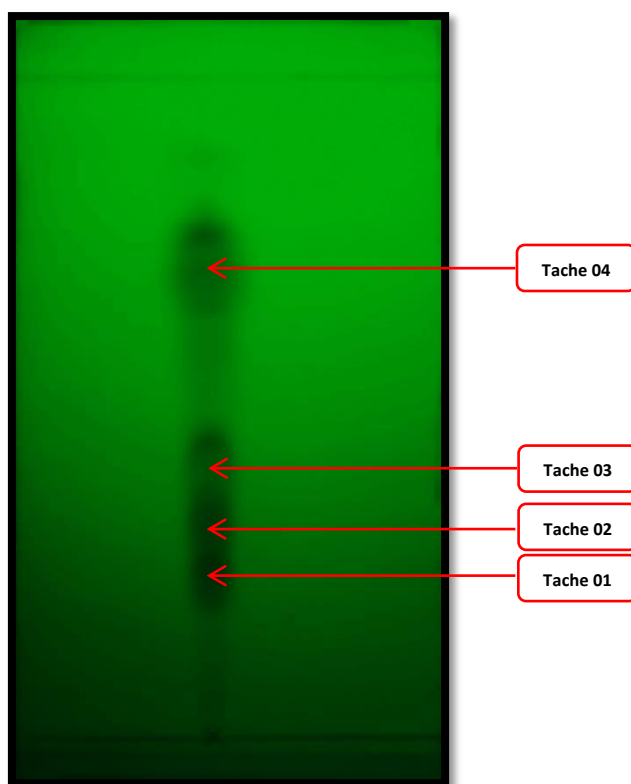
| pH (Obtenu) | pH (AFNOR) |
|-------------|------------|
| 6           | 4-6        |

#### **5. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul de R<sub>f</sub>)) :**

Les taches étant localisées et entourées d'un trait de crayon (certaines colorations sont fugaces), on peut déterminer ce que l'on appelle leur R<sub>f</sub> (de l'anglais rate of flow).

- **d1** étant la distance parcourue sur la plaque par la substance (mesurée généralement à partir du centre de la tache),
- **d2** la distance parcourue par le front du solvant (depuis la ligne de départ),
- Le R<sub>f</sub> est le rapport d1 / d2, donc toujours inférieur à l'unité.

Cette valeur caractérise la substance chromatographiée, mais de nombreux facteurs l'influencent : solvant, adsorbant, température, substances accompagnantes. Aussi, ne peut-elle permettre à elle seule l'identification d'un constituant. Les chiffres de R<sub>f</sub> donnés dans la littérature ont surtout une valeur indicative et ne sont reproductibles que dans des conditions expérimentales rigoureusement comparables. Il est donc indispensable de procéder par rapport à des témoins (**Paris et Moyse, 1976**).



**Figure n° 15:** Plaque CCM (Taches obtenues) (Photo personnelle).

L'examen sous ultraviolet à 365 nm – 254 nm nous montre plusieurs extinctions de la fluorescence (04 taches) au niveau de notre dépôt (Huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso).

**Tableau n° 12:** Interprétation du chromatogramme.

| Temps (CCM) | Taches obtenues | Rf obtenu | Rf théorie | Interprétation |
|-------------|-----------------|-----------|------------|----------------|
| 01h30       | Tache 01        | 24        | 20-25      | Camphene       |
|             | Tache 02        | 32        | 30-35      | Thujone        |
|             | Tache 03        | 41        | 40-45      | 1,8-Cineol     |
|             | Tache 04        | 73        | 70-75      | Camphor        |

Après comparaison de nos résultats, d'après le tableau n° : 11 on constate que nos Rf sont très proche de ceux de Stahl (1975) ou de la pharmacopée française, donc on est réellement en présence des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* Asso.

En Algérie, l'armoise herbe blanche constitue un fourrage particulièrement intéressant. Les plantes de la famille des Astéracées, à laquelle appartient l'armoise herbe blanche, ont fait l'objet de plusieurs études phytochimiques par intérêt économique surtout pour leurs huiles essentielles. Les molécules identifiées sont les sesquiterpènes lactones, les coumarines et les hydrocarbures acétyléniques (Tableau n° 11).

**Tableau n° 11:** Composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* Asso de l'Algérie.

| Auteurs  | Région         | Constituent majeur %   |
|--|----------------|--|
| Houmani <i>et al.</i> , (2004)                                   | Djelfa         | camphor (39.16%), 1,8-cineol (12.38%), chrysanthenone (7.06%), $\alpha$ -thujone (6.85%), camphene (6.0%). $\beta$ -thuyone (4.78%), borneol (3.55%), pinocarvone (2.92%) and spathulenol (1.31%). |
| Dob and Benabdelkader, (2006)                                    | M'sila         | camphor (19.4%), trans-pinocarveol (16.9%), chrysanthenone (15.8%) and $\beta$ -thujone (15%)  |
| Bezza <i>et al.</i> , (2010)                                     | Biskra         | cis-chrysanthenyl acetate (25.12%), (2E,3Z) 3,5-heptadienal-2-ethyliden-6-methyl (8.39%), $\alpha$ -thujone (7.85%), myrtenyl acetate (7.39%), verbenone (7.19%) and chrysanthenone (4.98%).       |
| Bouchikhi Tani <i>et al.</i> , (2010)                            | Méchrria       | $\beta$ -thujone (41.2%), camphor (22.2%), 1,8 cineol (3.7%) and camphene (3.2%).  |
| Dahmani-Hamzaoui and Baaliouamer, (2010)                         | Djelfa         | camphor (49.3–48.1%), 1,8-cineole (13.4–12.4%), borneol (7.3–7.1%), pinocarvone (5.6–5.5%), camphene (4.9–4.5%) and chrysanthenone (3.2–3.3%).   |
| Bouzidi <i>et al.</i> , (2016)                                   | Saïda          | camphor (29.8%), 1, 2, 5, 5-tetramethyl- 1, 3 cyclopentadiene (15.6 %), chrysanthenone (8.2%), eucalyptol (6.5%) and arthole (4.5%).   |
| Rekkab <i>et al.</i> , (2016)                                    | Oum El-Bouaghi | chrysanthenone (16.2%), camphor (15.6%), $\beta$ -thujone (14.2%), $\alpha$ -thujone (9.1%), 1,8-cineole (8.9%) and piperitenone (7.6%).   |
| Lakehal <i>et al.</i> , (2016)<br>Lakehal <i>et al.</i> , (2017) | Djelfa         | camphor (37.50%), chrysanthenone (10.38%), 1,8-cineole (8.6%), $\alpha$ -thujone (7.03%), borneol (3.35%) and bornyl acetate (2.52%).  |
| Bertella <i>et al.</i> , (2018)                                  | Batna          | camphor (50,47%). $\alpha$ -thujone (12.71%), $\beta$ -thujone (9.97%), eucalyptol (8.2%) and chrysanthenone (8.19%).  |
| Benmeddour <i>et al.</i> , (2019)                                | Biskra         | $\alpha$ -thujone (20.36%), verbenone (9.40%) and $\beta$ -thujone (7.60%).  |
| Kadour <i>et al.</i> , (2020)                                    | Laghouat       | davanone D (49.5%) and camphor (10.0%).  |
| Ouguirti <i>et al.</i> , (2021)                                  | Bechar         | $\alpha$ -thujone (48.0%), $\beta$ -thujone (13.4%), camphor (13.1%), camphene (3.6%), $\gamma$ -terpinene (1.4%), borneol (1.3%) and <i>p</i> -cymene (1.0%).                                     |

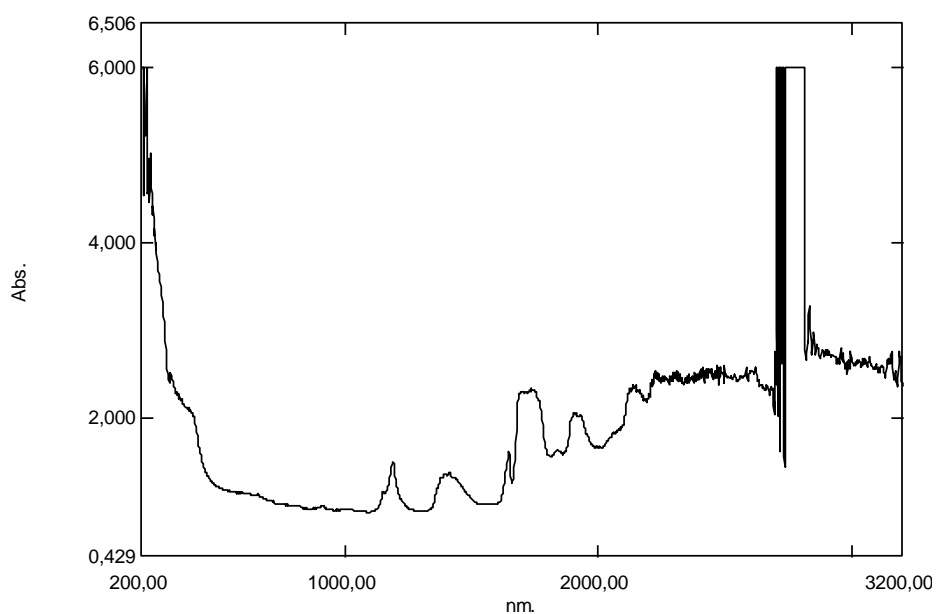
**Santos-Gomes et Fernandes-Ferreira, 2001 ; Skoula et coll., 1999 ; Chryssavgi et al., 2008** attribuent la grande variabilité et la diversité observée dans la composition

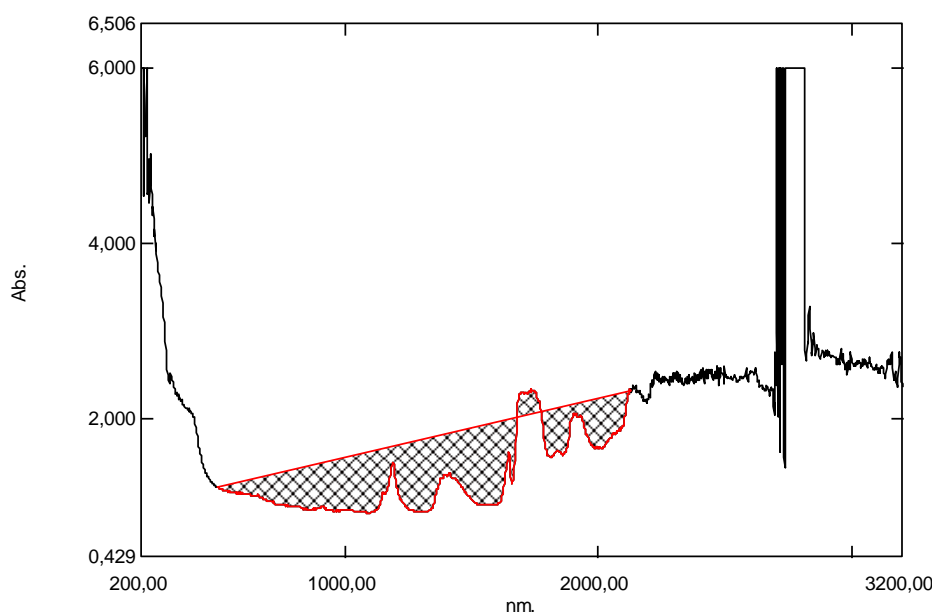
chimique de cette huile essentielle à la situation géographique, aux conditions écologiques, à la géologie, à une partie de la plante et à la méthode utilisée pour obtenir l'huile essentielle. En effet, ces facteurs influencent les voies de biosynthèse de la plante et, par conséquent, la proportion relative des principaux composés caractéristiques.

Dans les huiles essentielles du genre *Artemisia* d'Algérie, de Tunisie et du Maroc, les dérivés de camphre et de thujane ainsi que la chrysanthénone sont les types structuraux majeurs et les plus répandus. D'autres études à travers le monde ont montré que le camphre en constitue le composant majeur. Ce produit chimique est l'un des composants les plus rencontrés dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso.

### 6. Spectrométrie de l'absorbance :

L'étude complète et détaillée d'un spectre est une opération rarement pratiquée dans l'interprétation courante à cause de la complexité de l'analyse.





**Figure n° 16:** Spectre UV visible de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso.

La figure 15 présente le spectre d'absorption de l'huile essentielle pure d'*Artemisia herba-alba* Asso. L'huile essentielle absorbe dans l'UV avec une longueur d'onde entre  $\lambda=3152.00$  nm et  $\lambda=1188.00$  nm.

**Tableau n° 12:** Interprétation du spectre UV visible de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso.

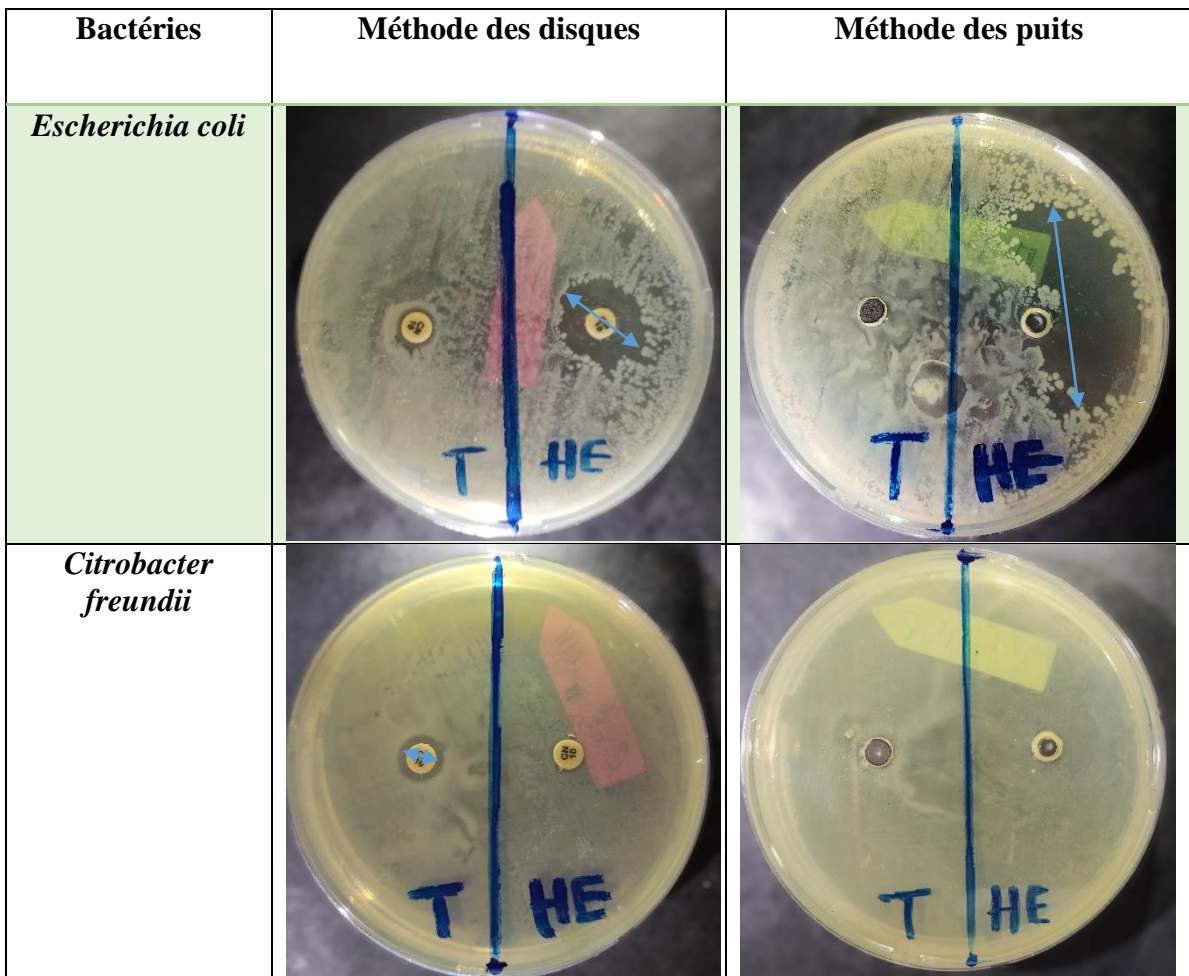
| No | Longueur d'onde nm | Absorbance | Description                            |
|----|--------------------|------------|--|
| 1  | 1188.00            | 1.507      | $\delta$ C-O, O-H                      |
| 2  | 1402.00            | 1.355      | $\delta$ C-O, O-H                      |
| 3  | 1734.00            | 2.303      | $\nu$ C=O                              |
| 4  | 1914.00            | 2.056      | /                                      |
| 5  | 2142.00            | 2.359      | /                                      |
| 6  | 2218.00            | 2.456      | /                                      |
| 7  | 2308.00            | 2.447      | /                                      |
| 8  | 2612.00            | 2.517      | $\nu$ O-H                              |
| 9  | 2834.00            | 3.048      | $\nu$ C-H                              |
| 10 | 3152.00            | 2.721      | $\nu$ C-H, $\nu$ N-H, N-H <sub>2</sub> |

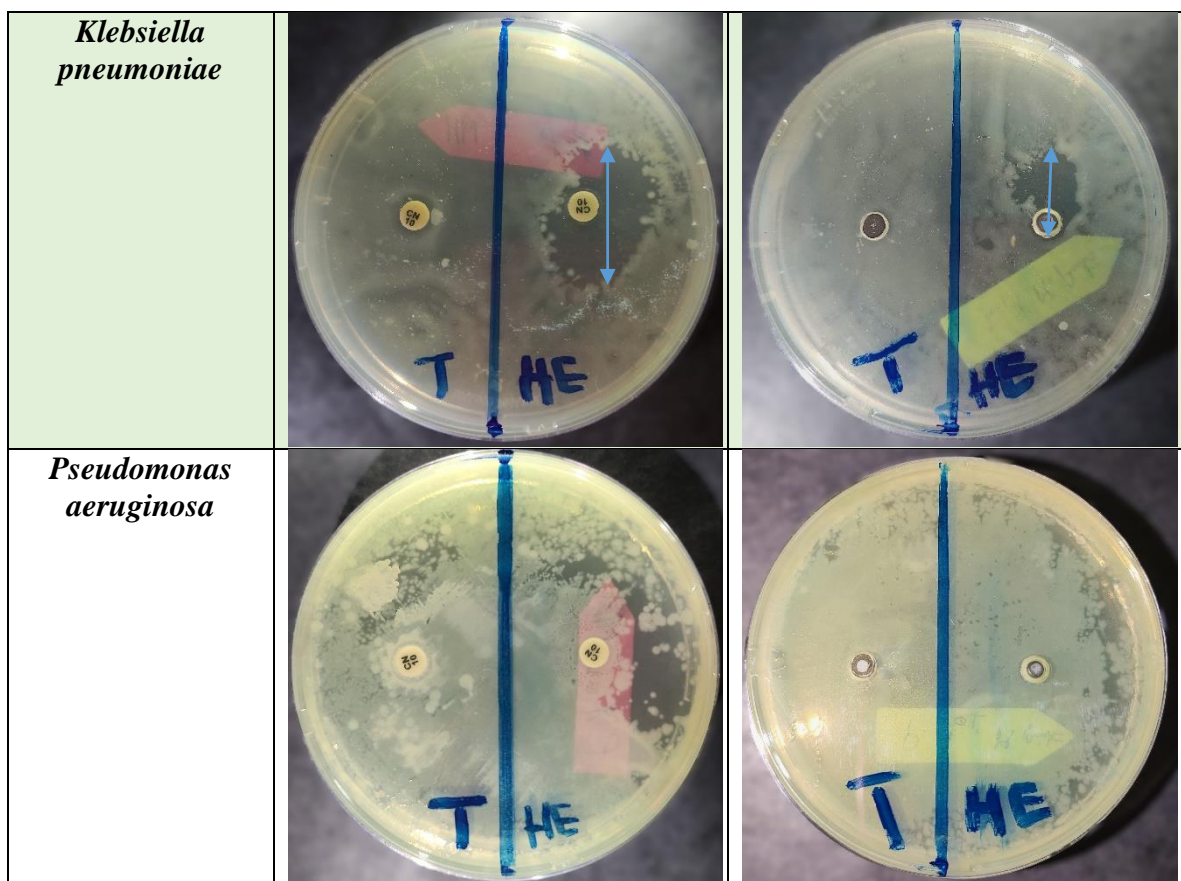
### 7. Activité antibactérienne :

Les résultats ci-dessus concernant l'activité antimicrobienne « *in vitro* » obtenue à l'aide de la méthode de diffusion sur gélose (aromatogramme) et la méthode des puits montrent que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle testée est en fonction de la bactérie cible.

**Tableau n° 13:** Halos d'inhibition en (mm) provoqués par l'huile essentielle.

| Bactéries                     | Témoin négatif<br>(Disque stérile /<br>Eau physiologique) | HE<br>(Disque)<br>[En mm]              | HE<br>(Puits)<br>[En mm]               |
|-------------------------------|---|--|--|
| <i>Escherichia-coli</i>       | —   | 16.91<br>Très sensible<br>(++)         | 41.91<br>Extrêmement sensible<br>(+++) |
| <i>Citrobacter freundii</i>   | —   | 7.74<br>Non sensible<br>(-)            | —                                      |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>  | —   | 29.51<br>Extrêmement sensible<br>(+++) | 19.88<br>Extrêmement sensible<br>(+++) |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | —   | —                                      | —                                      |





**Figures n° 17:** Inhibition obtenu pour les souches bactériennes (Photo personnelle).

Une sensibilité a été observée vis-à-vis des 04 souches étudiées (Tableaux n° 13 et figures n° 17), L'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso a été démontrée dans plusieurs recherches; **Bencheqroun et al., (2012)**, **Touil et Benrebiha (2014)**, **Lakehal et al., (2017)**, **Ez zoubi et al., (2018)**.

La présence d'une teneur importante de monoterpènes oxygénés (Camphène, Thujones, 1,8-cinéole, Camphre) dans l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso peut être responsable de son activité prononcée contre *Escherichia-coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Citrobacter freundii*.

Des études antécédentes ont démontré que la majorité des huiles essentielles testées pour leur propriétés antibactériennes ont un effet plus prononcé contre les Gram +. La résistance des Gram – est attribuée à leur membrane externe hydrophile qui peut bloquer la pénétration de composés hydrophobes dans la membrane cellulaire cible (**Wan et al., 1998**). L'action relative des thujones et de l'eucalyptol (ou 1,8-cinéole) a été associée à leur basse hydrosolubilité et la capacité de former des liaisons hydrogènes, ce qui limite leur entrée dans les Gram – qui possèdent des voies hydrophobes inopérants dans la membrane externe (**Faleiro et al., 2003**).

Selon **Lakehal et al., (2017)** une activité maximale a été observée contre *Escherichia coli* avec une zone d'inhibition de  $(19,00 \pm 0,55)$ , par contre une activité modeste a été observée contre *Klebsiella pneumoniae*  $(15 \pm 0,54 \text{ mm})$ . *Pseudomonas aeruginosa* a été considéré comme résistant puisqu'aucune zone d'inhibition n'a été observée.

Cependant la comparaison de l'efficacité des huiles essentielles à travers les différentes publications reste difficile à réaliser, et cette difficulté réside au niveau des différents paramètres externes incontrôlables: comme la composition chimique des huiles essentielles qui varie selon les conditions environnementales de la plante, même au sein d'une même espèce. Donc les activités antimicrobiennes d'une huile essentielle peuvent changer par sa composition chimique, par les génotypes, jusqu'aux méthodes employées pour évaluer l'activité antimicrobienne (la technique de diffusion par disque sur agar ou par méthode de dilution) les résultats obtenus par chacune de ces deux méthodes peuvent être différents; selon le choix et conditions physiologiques des microorganismes, la période de l'exposition du microorganisme à l'huile essentielle, aux doses de l'huile essentielle utilisées, le choix de l'émulsifiant pour solubiliser les huiles essentielles. Soit autant de facteurs pouvant expliquer parfois les résultats contradictoires des différentes études.

**Conclusion :**

Un grand nombre des plantes médicinales possèdent des propriétés biologiques très importantes, liées certainement aux vertus thérapeutiques attribués à une gamme extraordinaire de molécules bioactives synthétisées par les plantes, pouvant agir non seulement comme des agents chimiques contre les maladies, mais aussi comme des agents antioxydants et anti-inflammatoires, ou autant comme conservateurs naturels dans le domaine de l'agroalimentaire.

La présente étude a porté sur une plante médicinale *Artemisia herba-alba* Asso appelée communément l'Armoise blanche (Shih), une plante aromatique utilisée depuis longtemps en médecine traditionnelle algérienne.

Et dans le but de rechercher une alternative aux antibiotiques à cause de la résistance aux médicaments et aux problèmes liées à l'immunodéficience, le recours aux plantes médicinales, en occurrence l'espèce *Artemisia herba-alba* Asso comme source principale de nouvelles molécules bioactives naturelles est devenu indispensable.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**AFNOR (1986).** Recueil des normes françaises afnor 1986. Eaux méthodes d'essai. Association françaises de normalisation. 350 p.

**Agnihotri S, Vaidy AD. (1996).** A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected Indian medicinal herbs. *Indian J Exp Biol* 34(7): 712-5.

**Aidoud A, 1983.** Les écosystèmes Armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso). Phytomasse et productivité primaire. *Biocénoses*, 1-2 : 70-90.

**Anton R, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522 p.

**Ayad M. (2018).** Optimisation de l'extraction des substances bioactives d'une plante médicinale « *Carthamus caeruleus* L. ». Mémoire de Master, filière: genie des procedes, spécialité: genie pharmaceutique. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira. p: 04.

**Bahorun T. (1997).** Substances naturelles actives: La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research*. 83-94.

**Belaiche P. (1991).** Encyclopédie des médecines naturelles. Section C – Aromathérapie.

**Bencheqroun HK, Ghanmi M, Atrani BS, Aafi A, Chaouch A. (2012).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia mesatlantica*, plante endémique du Maroc. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 81: 4 – 21.

**Bendahou M, 1991.** Contribution à l'étude de la variabilité flavonique chez *Artemisia herba alba* Asso. Mémoire de magister, faculté Abou Béké Belkaid, Tlemcen, 73p.

**Benmeddour T, Zeraib A, Laouer H, Lahmar Z. (2019).** Chemical Composition and Antifungal Activity of the Essential Oils of Algerian *Vitex agnus-castus* and *Artemisia herba-alba*. *Asian Journal of Applied Sciences*. 12(3): 114-122.

**Bertella A, Benlahcen K, Abouamama S, Pinto DCGA, Maamar K, Kihal M, Silva AMS. (2018).** *Artemisia herba-alba* Asso. essential oil antibacterial activity and acute toxicity. *Industrial Crops and Products*. 116: 137-143.

**Bezza L, Mannarino A, Fattarsi K, Mikail C, Abou L, Hadji-Minaglou F, Kaloustian J. (2010).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* issued from the district of Biskra (Algeria). *Phytothérapie*. 8(5): 277-281.

**Bhat SV, Nagasampagi BA, Sivakumar M. 2005.** Chemistry of natural products. Ed. Narosa, New Delhi, India, p.237.

**Bouacherine R, Benrabia H. (2017).** Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie: Cas de la région de BEN SROUR (M'sila). Master Académique. Université Mohamed Boudiaf M'sila.

**Bouchikhi Tani Z, Bendahou M, Khelil MA. (2010).** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles

extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese Science Journal*. 11(1): 55-68.

**Boumediou A, Addoun S. (2017).** Étude ethnobotanique sur l'usage des plantes toxiques, en médecine traditionnelle, dans la ville de Tlemcen (Algérie). Mémoire de fin d'études. Département de pharmacie. Université Abou Bekr Belkaïd. Tlemcen.

**Bourel C. (1993).** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Toulouse, France.

**Bouzidi N, Mederbal K, Raho-Ghalem B. (2016).** Antioxidant Activity of Essential Oil of *Artemisia herba alba*. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 6(5): 59-65.

**Bruneton J. (1993).** Huiles essentielles, dans *Pharmacologie: phytochimie, plantes médicinales*, 2<sup>e</sup> éd., Éd. Lavoisier, Paris, 406-466.

**Bruneton J. (1993).** *Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*, (2<sup>e</sup> édition). Technique documentation, Paris. p: 406, 410, 915.

**Bruneton J. (1995).** *Phytochimie des plantes médicinales. Pharmacognosie* (5<sup>ème</sup> édition). pp: 1504.

**Bruneton J. (1999).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. In: *Technique et Documentation Lavoisier*. Paris. pp: 418-419.

**Caccionni D, Guizzardi M, Biondi D, Agantio R, Guiseppe R. (1998).** Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *penicillium digitatum* and *penicillium italicum*. *International J. Food Microbiol*. 43(12): 73- 79.

**Chaumont JP, Leger D. (1989).** Propriétés antifongiques de quelques phénols et de composés chimiquement très voisins. Relation structure –activité. *Plant Med. Phyto*. 23(2): 124-126.

**Chemat F, Abert Vian M, Dangles O. (2007).** *International Journal of Essential Oil Therapeutics* 1

**Chevallier A. (2017).** *Larousse des plantes médicinales*. Editeur: Larousse. pp: 336.

**Couderc VL. (2001).** Toxicité des huiles essentielles. Thèse de grade Docteur Vétérinaire. Université Paul Sabatier de Toulouse, 61 p.

**Cronquist A. (1977).** On the taxonomic significance of secondary metabolites in angiosperms. *Plant Systematics and Evolution*. 1(1): 179-189.

**Croteau R, Kutchan TM, Lewis NG. (2000).** *Natural Products (Secondary Metabolites). Biochemistry and molecular biology of plants*. 1250-1318.

**Cruz T, Cabo MP, Cabo MM, et al. (1989).** In vitro antibacterial effect of the essential oil of *Thymus longiflorus* Boiss. *Microbios* 60: 59–61.

**Dahmani-Hamzaoui N, Baaliouamer A. (2010).** Chemical Composition of Algerian *Artemisia herba-alba* Essential Oils Isolated by Microwave and Hydrodistillation. Journal of Essential Oil Research. 22(6): 514-517.

**Deschepper R. (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Faculté de Pharmacie. Université d'Aix-Marseille, page ; 55.

**Deysson G, 1967.** Organisation et classification des plantes vasculaires. Ed, sedes. Tome I, 116, Paris.

**Dob T, Benabdelkader T. (2006).** Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia herba-alba* Asso Grown in Algeria. Journal of Essential Oil Research. 18(6): 685-690.

**Edet f. (2004).** La cannelle de ceylan et ses activités biologiques, diplôme d'état, faculté de pharmacie de Grenoble, université Joseph Fourier, page ; 6, 7.

**Elberling J, Skov PS. (2007).** Increased release of histamine in patients with respiratory symptoms related to perfume. Clin Exp Allergy. Nov, 37 (11): 1676-80.

**Ez zoubi Y, Lairini S, Farah A, Taghzouti K, El Ouali Lalami A. (2018).** Activités antioxydante et antibactérienne de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* Asso du Moyen Atlas, Maroc. Phytothérapie.16(1):48-54.

**Faleiro ML, Miguel MG, Ladeiro F, Vanancio F, Tavares R, Brito JC, Figueirido AC, Barroso JG, Pedro LG. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portuguese endemic species of Thymus. Lett. App. Microbiol. 3: 35-40.

**Farnsworth NR, Akerele O, Bingel AS, Soejarto DD, Guo Z. (1985).** Medicinal plants in therapy. Bulletin of the World Health Organization. 63(6): 965-981.

**Gacemi S. (2014).** Mise en évidence des activités antimicrobienne et antioxydante des extraits d'*Eryngium ilicifolium* Lam. (Apiaceae) de la Wilaya de M'sila (Algérie). Mémoire de Magister. Université Ziane Achour, Djelfa.

**Gahbiche S (2009).** La phytothérapie. Certificat thalassothérapie, section hydrothermo thalassothérapie. Sousse, pp: 07.

**Ganou L. (1993).** Contribution a l'étude des mécanismes fondamentaux de l'hydrodistillation des huiles essentielle. Thèse de l'INP Toulouse, France.

**Garnero J. (1984).** La cannelle de Ceylan: son huile essentielle et ses produits d'extraction. Phytother. 11: 5-15.

**Gelal A, Jacob PYUL, Benowitz NI. (1999).** Disposition kinetics and effects of menthol. Clin Pharmacol Ther, 66: 128-135.

**Gobbi, R., Khebbaz W. (2014).** Traçabilité de l'identification des métabolites secondaires végétaux. Mémoire de licence, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.

**Hamida K. (2015).** Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes. Thèse de Magistère, 2013,15p.

**Hayakawa R. (1987).** Depigmented contact dermatitis due to incense. Contact Dermatitis, 16: 272-274.

**Hooser SB. (1990).** D-limonène, linalool and crude citrus oil extracts: veterinary clinics of North America. 20(2): 383-385.

**Hopkins WG. (2003).** Physiologie Végétale. Edition: De Boeck Supérieur. pp : 514.

**Houmani M, Houmani Z, Skoula M. (2004).** Intérêt de *Artemisia herba alba* Asso dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. Acta Botanica Gallica. 151(2): 165-172.

**Hudaib M, Speroni E, Di Pietra M, Cavrini V. (2002).** GC/MS ecaluation of thymus (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during during the vegetative cycle. J. Pharma. Biom. Analysis. 29(4): 691-700.

**Iserin P, Masson M, Restellini JP, Ybert E, Moulard F. (1996).** Encyclopédie des plantes médicinales; identifications, préparations, soins. Ed: Larousse-Borda. France. pp: 335.

**Iserin P, Masson M, Restellini JP, Ybert E, Moulard F. (1996).** Encyclopédie des plantes médicinales ; Identifications, Préparations, Soins. Ed : Larousse-Bordas pour l'édition originale en langue française, France. 335 p.

**Iserin P. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse. pp: 355.

**Khanfri N. (2012).** Optimisation des techniques d'extraction par hydrodistillation et hydrodistillation assistée par microonde de l'huile essentielle de cannelle algérienne : espece poussant en Algérie. Mémoire de Magister. Université de Boumerdès-M'hamed Bougara

**Khiredine H. (2013).** Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Mémoire de magister. Université Mohamed Bougara, Boumerdes. p: 97.

**Kundan S, Anupam S. (2010).** The Genus *Artemisia*: A Comprehensive Review. J. Pharm. Biol.pp:1-9.

**Kurita N, Miyaji M, Kurane R, Takahara Y, Ichimura K. (1979).** Antimicrobial activity of dalmatian sage oil from differents regions of the Yugoslav Adriatic coast. Agric. Biol. Chem. 43(11): 2365.

**Kurita N, Miyaji M, Kurane R, Takahara Y. (1981).** Antifungal activity of components of essential oils. Agric. Biol. Chem. 45(4): 945.

**Lagunez Rivera L. (2006).** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffée par induction thermomagnétique directe. Thèse Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse. P : 15-35.

**Lakehal S, Chaouia C, Benrebiha FZ. (2017).** Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso. from Djelfa. Agrobiologia. 7(2): 491-501.

- Lakehal S, Meliani A, Benmimoune S, Bensouna SN, Benrebiha FZ, Chaouia C. (2016).** Essential Oil Composition and Antimicrobial Activity of *Artemisia herba-alba* Asso Grown in Algeria. *Medicinal chemistry*. 6(6): 435-439.
- Langenheim JH. (1969).** Amber: a botanical inquiry. *Science*. 163(872), 1157-1169.
- Levin DA. (1976).** The chemical defenses of plants to pathogens and herbivores. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 7: 121-159.
- Lutge U, Kluge M, Bauer G. (2002).** Botanique (3<sup>e</sup> Ed). Technique Et Documentation. Lavoisier. Paris. pp: 211.
- Mahmoudi Y. (1994).** La thérapeutique par les plantes médicinales en Algérie. Edition : palais du livre Blida.
- Mangena T, Muyima NYO. (1999).** Comparative evaluation of the antimicrobial activities of essential oils of *artemisia afra*, *pteronia incana* and *rosmarinus officinalis* on selected bacteria and yeast strains. *Lett. Appli. Microbiol*. 28(4): 291-296.
- Merghem, R. (2009).** Eléments De Biochimie Végétale, (16). Ed, Bahaeddine. Algérie.
- Messai L. (2011).** Etude Phytochimique d'une plante médicinale de l'Est Algérien (*Artemisia herba-alba*). Thèse de Doctorat, Constantine. 27p.
- Meynadier JM, Raison-Peyron N. (1997).** Allergie aux parfums. *Re. Fr. Allergol.*, 37(5): 641-650.
- Miller RL, Gould AR, Bernstein ML. (1992).** Cinnamon-induced stomatitis venenata. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 73: 708-716.
- Mirjalili MH, Tabatabaei SMF, Hadian J, Nejad SE, Sonboli A. (2007).** Phenological Variation of the essential oil of *Artemisia scoparia* from Iran. *J. Essent. Oil Res.* 19: 326–329.
- Mohamed AH, El-Sayed MA, Mohamed NS. (2010).** Chemical constituents and Biological activities of *Artemisia herba-Alba*. *Records of natural products*. 4: 1-25.
- Mori S, Ojima Y, Hirose T, Sasaki T, Hashimoto Y. (1972).** The clinical effect of proteolytic enzyme containing bromelain and trypsin on urinary tract infection evaluated by double blind method. *Acta Obstet Gynaecol Jpn*. 19(3): 147-153.
- Morin P, Richard H. (1985).** Thermal degradation of linalyl acetat during steam distillation inproc.. 4 Fh Weurman Flav. Res. Symp. Elsevier Science. Publ. B.V. Amsterdam., pp 563-576.
- Mucciarelli M, Maffei M. (2002).** *Artemisia*: Introduction to the Genus Vol. 18 Ed Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.
- Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. (2000).** The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Reports*. 17(3): 215-34.
- Newman DJ., Cragg GM. (2012).** Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of Natural Products*. 75(3): 311–335.

**Ouguirti N, Bahri F, Bouyahyaoui A, Wanner J. (2021).** Chemical characterization and bioactivities assessment of *Artemisia herba-alba* Asso essential oil from Southwestern Algeria. *Natural Volatiles and Essential Oils*. 8(2): 27-36.

**Ozebda P, 1985.** La flore du Sahara. Tome II. Ed CNRS, pp 44.

**Par JRJ, Belanger J, Sigouin M. (1989).** "Novel Technology in the Extraction of Essential Oils", colloque sur les produits naturels d'origine végétale, ACF A, du 15 au 19 mai à Montréal, Canada.

**Paris R.R et Moyse. H. (1976).** Précis de matière médicale, Tome1, deuxième édition, Masson, Paris.

**Pellecuer J, Jacob M, Simeon de Buechberg M, Allegrini J. (1980).** Therapeutic value of cultivated mountain savory (*Satureia montana* L). *Acta Horti* 96: 35–9.

**Pharmacopée Européenne. (2002).** IV<sup>ème</sup> édition.

**Pingot A. (1998).** Les huiles essentielles. Ed : Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 230- 236.

**Pottier G, 1981.** *Artemisia herba-alba*. Flore de la Tunisie: angiospermes dicotylidones-gamopétales. p 1012.

**Pourrat, 1974.** Propriétés écophysiological associées à l'adaptation d'*Artemisia herba-alba* plante d'intérêt pastoral au milieu désertique. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Paris.

**Raven H, Evert RF, Eichhom SE. (2000).** Biologie Végétale (6ème Ed). (B. Jules., Et M Charles, Trad.). Paris.

**Rekkab S, Abaza I, Chibani S, Kabouche A, Kabouche Z. (2016).** Chemical composition of the essential oil of aerial parts of *Artemisia herba-alba* Asso. from Oum El-Bouaghi (Algeria) and chemotaxonomic survey. *Journal of Materials and Environmental Science*. 7(12): 4383-4390.

**Robert A, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 522 p.

**Sakamoto M, Yoshino H, Shirahata Y, Shimodairo K, Okamoto R. (1992).** Pharmacotherapeutic effects of Kwei-Chih-Fu-Ling-Wan on human uterine myomas. *Amer. J. Chin. Med*, 20: 313-317.

**Schauenberg P, Paris F. (1997).** Guide des plantes médicinales. Ed. Delachaux et Niestlé. Paris. pp: 396.

**Schnuch A, Uter W. (2006).** Untersuchungen der Bedeutung luftgetragener Kontaktallergene bei der Entstehung von Kontaktexzemen. *Umweltbundesamtes*.

**Shah AH, Al-Shzreef AH, A Geel AM, Qureshi S. (1998).** Toxicity studies in mice of common spices, Cinnamomum zeylanicum bark and Piper longum fruits. *Plant Foods Hum. Nutr*. 52: 231-239.

**Sivropoulou A, Papanikolaou E, Nikolaou C, Kokkini S, Lanaras T, Arsenakis M. (1996).** Antimicrobial and cytotoxic activities of organum essential oils. *J. Agric. Food Chem*. 44: 1202-1205.

- Stella A. (1998).** Le livre des épices. Flammarion, Paris.
- Sutour S. (2010).** Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthes de corse et de kumquats these pour obtenir le grade de docteur de l'universite de corse discipline : chimie organique et analytique, page 8 ; 9 ; 10, 11, 12, 43.
- Swain T. (1973).** Chemistry in Evolution and Systematics. Union internationale de chimie pure et appliquée. Division de chimie organique, Londres, Butterworths. pp: 672.
- Thiery B, Francis P, Rene, B. (1988).** Extraction des huiles essentielles, Chimie et Technologie. Informations Chimie. 298, 179.
- Thurzova L. (1978).** Les Plantes-santé qui poussent autour de Nous. Éditions Elsevier Séquoia. pp : 268.
- Touil S, Benrebiha FZ. (2014).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* Asso et *Artemisia campestris* de la région aride de Djelfa. Agrobiologia, 4(1): 40-45.
- Trabut L, 1988.** Précis de botanique médicale, 2<sup>ème</sup> Ed, Masson & Cie Paris.
- Uragodac CG. (1984).** Asthma and other symptoms in cinnamon workers. Br. J Ind Med. 41: 224-227.
- Valnet J. (1990).** L'aromathérapie. 10<sup>ème</sup> édition Maloine S.A., pp 64-66 ; 206-212.
- Vernon F, Richard H. (1976).** Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles Vol. 2. In Série synthèses bibliographiques N° 10 – Centre de documentation internationale des industries utilisatrices de produits agricoles. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris
- Viollon C, Chaumont JP. (1994).** Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. Mycopathologia. 128(3): 151-153.
- Wan J, Wilcock A, Coventry MJ. (1998).** The effect of essential oils of basil of the growth *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*, J. Appl. Microbiol. 84: 152-158.
- Westra WH, Mcmurra YJS, Califano J, Flint PW, Corio RL. (1998).** Squamous cell carcinoma of the tongue associated with cinnamon gum use: a case report. Head Neck. 20: 430-433.
- Wichtl M., Anton R. (2003).** Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 4<sup>ème</sup> édition. Tee & Doc et Editons médicales internationales, Paris.
- Willem JP. (2006).** Les Huiles Essentielles : Médecine d'Avenir. Editions du Dauphin.
- Williamson EM. (2001).** Synergy and other interactions in phytomedicines. Phytomedicine. 8(5): 401-409.

**Yayi E, Joachin D, Gbenou, Léon AA, Moudachirou M, Chalchat JCC. (2004).** Chimie 7: 1013–1018.

**Zakarya D, Fathallah T, Chastrette M. (1993).** Use of multifunctional autocorrelation method to estimate molar volumes of alkanes and oxygenated compounds. Comparison between components of autocorrelation vectors and topological indices. J. Phys. Org. Chem. 6(10): 574-582.

**Zambonelli A, D'Aurelio AZ, Severi A, Benvenuti E, Maggi L, Bianchi A. (2004).** Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of thymus vulgaris L. J. Essent. Oil Res. 16(1): 69-74.

### **Webographie**

**Site n° 01 :** Les huiles essentielles, [http:// www. tpejbs2012.canalblog.com/archives](http://www.tpejbs2012.canalblog.com/archives). Consulté le: 27/02/2024 à 18:55.

**Site n 02 :** Échelle de Brix, [https://fr.wikipedia.org/wiki/ Échelle\\_de\\_Brix](https://fr.wikipedia.org/wiki/Échelle_de_Brix), Consulté le: 16/04/2024 à 18:55.

**Site n 03 :** Quel est le pH d'une huile essentielle ?, <https://www.danielefesty.com>, Consulté le: 24/04/2024 à 15:20.