

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE 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 la lavande (*Lavandula officinalis*).

**Présenté par:**

- 1- Hadjeri Faten
- 2- Hamouda Ikram
- 3- Kerroun Chaima
- 4- Mouhamed tich tich Asma

**Membre de Jury:**

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

Année universitaire 2023/2024.

## Résumé :

La lavande vraie (*Lavandula officinalis*) 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, feuilles et fleurs de la *Lavandula officinalis*, qui a révélé la présence de quelques groupes chimiques ; tanins, flavonoïdes et alcaloïdes.
- 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 :** Lavande vraie, *Lavandula officinalis*, extrait aqueux, huile essentielle, caractéristiques organoleptiques, indices physico-chimiques, profil chimique et spectral, activité antibactérienne.

## Abstract :

True lavender (*Lavandula officinalis*) 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, leaves and flowers of *Lavandula officinalis*, which revealed the presence of some chemical groups; tannins, flavonoids and alkaloids.
- 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:** True lavender, *Lavandula officinalis*, aqueous extract, essential oil, organoleptic characteristics, physicochemical indices, chemical and spectral profile, antibacterial activity.

## الملخص:

نبات الخزامى الحقيقي (*Lavandula officinalis*) هو نبات طبي و عطري يستخدم لفترة طويلة في الطب الجزائري التقليدي. يركز عملنا على محورين؛

1. دراسة كيميائية نباتية لـ:

- المستخلص المائي لسيقان و أوراق و أزهار نبات *Lavandula officinalis* و الذي كشف عن وجود بعض المجموعات الكيميائية: العنصر، الفلافونويد و القلويدات.

- 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 الخزامى الحقيقي، *Lavandula officinalis*، مستخلص مائي، زيت عطري، الخصائص الحسية، المؤشرات الفيزيوكيميائية، المظهر الكيميائي و الطيفي، النشاط المضاد للبكتيريا.

## **Remerciement**

*Avant toute chose on remercie Allah*

*Le Tout-Puissant de nous avoir donné la santé la volonté et la patience pour mener à bien ce travail.*

*On tient à remercier en premier lieu notre encadrent*

*Professeur Boughendjioua Hicham*

*Qui s'est montré disponible pour nous guider avec des conseils et des commentaires rigoureux.*

*Nos remerciements s'adressent également aux ingénieurs de laboratoires de l'école normale supérieure d'enseignement technologique (ENSET) de Skikda (Azzaba) (laboratoire de biochimie et de microbiologie et le laboratoire de physiologie végétale), Sans oublier de remercier la doctorante mademoiselle Bougueroua Rayene pour son aide dans la partie pratique de ce mémoire et pour sa patience et ses précieux conseils.*

*Nous tenons également à remercier tous nos professeurs de l'université de Skikda (faculté des sciences de la nature et la vie) qui nous ont enseigné tout au long de ces années.*

*On remercie vivement les membres de jury qui ont eu l'amabilité de porter une appréciation sur ce travail et de participer au jury de soutenance.*

*En fin merci à tous ceux qui nous ont aidés et encouragés de près ou de loin.*

## *Dédicace*

*Je dédier ce travail :*

*À mon père et ma mère*

*Je veux prendre un moment pour vous exprimer ma gratitude la plus profonde pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre soutien sans faille, votre patience infinie, vos encouragements constants et vos sacrifices silencieux, mon poussé à poursuivre mes rêves et à surmonter les obstacles.*

*À mes sœurs Rayen et Manel*

*Pour être une source d'inspiration et de soutien, pour leurs mots d'encouragement et leur présence réconfortante dans les moments de doute. Leur force et leur amour ont illuminé mon chemin.*

*À mes chères petites nièces*

*Qui ont apporté la joie à ma vie et ont été une source constante d'espoir et de bonheur. Leur innocence et leur énergie contagieuse mon toujours motivé à surmonter les difficultés.*

*À tous ceux qui mon soutenu, que ce soit par un mot gentil, un geste d'encouragement votre présence a été une bénédiction précieuse.*

*Faten*

## *Dédicace*

*Aux cœurs les plus merveilleux, à votre cœur et aux plus belles paroles que vous murmurez, à celui qui a cru en moi et a prié pour ma réussite, à Qui a été et est toujours mon soutien. A toi, ma mère Que Dieu te protège pour moi, A celui qui me pousse à réaliser ce que je veux pour que je puisse être fier de lui. Celui qui m'attend tous les jours Pour continuer mon chemin, mon père que Dieu prolonge ta vie.*

*A mon précieux joyau, mon précieux trésor, et mon soutien dans ce monde, ma sœur Rayan Rania et mes frères Nidal Ebd El Raouf , Fadi Taj Al-Din, qui m'a soutenu et qui a été ma meilleure aide, je demande à Dieu Tout-Puissant de les protéger.*

*A mon cher mari, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.*

*À ma belle-famille, je les remercie pour tout leur soutien, en particulier ma belle-mère, Habiba, qui m'a toujours été d'un soutien, et mon beau-père, Muhammad, qui veut me voir travailler sur mon diplôme. Je les remercie beaucoup pour tout leur amour et leur soutien*

*À mes compagnons et amis, Nahla et Jihan, qui ont partagé mon parcours de vie avec moi. À mes amis et collègues, Asma Faten Chaima, qui ont partagé le travail avec moi, que Dieu vous accorde le succès.*

*Ikram*

## *Dédicace*

*Avant tout, je remercie Allah de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*J'ai tout le plaisir de dédier ce modeste travail à*

*MA TRÈS CHÈRE MÈRE*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ta bienveillance, ta présence constante et ton amour inconditionnel ont été ma source d'inspiration tout au long de mon chemin*

*Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection.*

*MON CHÉR PÈRE*

*Ce mémoire est le témoignage de ton soutien, ta sagesse et de ton amour sans limites.*

*MON CHÉR FRÈRE YASSER*

*Mon compagnon de route, mon confident et mon ami, merci d'être ici.*

*MES CHÈRES GRANDS-PARENTS*

*Ce mémoire est un hommage à votre amour, présence et à votre soutien depuis mon enfance.*

*A ma chère famille tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*Chaïma*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*À mes parents*

*Votre amour, votre soutien et vos sacrifices ont été la lumière qui a éclairé chaque étape de ce parcours, chaque page tournée, chaque examen réussi, chaque obstacle surmonté, c'est grâce à vous, dans les moments les plus difficiles, c'est votre présence réconfortante qui m'a permis de persévérer.*

*À ma sœur et à mon frère.*

*À mes professeurs, du primaire jusqu'à aujourd'hui, vous avez été les guides de mon parcours éducatif. Vos enseignements, votre patience et votre soutien indéfectible ont façonné la personne que je suis devenue. Merci du fond du cœur pour avoir semé les graines de la connaissance et de la persévérance dès mes premiers pas dans l'éducation.*

*À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, je vous adresse mes plus sincères remerciements.*

*Asma*

## 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                         | 16   |
| 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                   | 17   |
| 11. La phytothérapie   | 18   |
| 12. La Pharmacognosie  | 18   |
| <b>CHAPITRE II: MÉTABOLITES SECONDAIRES</b>                      |      |
| 1. Définition  | 20   |
| 2. Les composés phénoliques                                      | 20   |
| 2.1. Classification des composés phénoliques                     | 21   |
| 2.1.1. Les acides phénoliques                                    | 21   |
| 2.1.2. Les flavonoïdes   | 22   |
| 2.1.3. Les tanins  | 23   |
| 2.1.4. Coumarines  | 25   |
| 2.2. Effets biologiques des polyphénols                          | 25   |
| 3. Les terpénoïdes   | 25   |
| 4. Les alcaloïdes  | 26   |
| 5. Les huiles essentielles                                       | 26   |
| <b>CHAPITRE III: LES HUILES ESSENTIELLES</b>                     |      |
| 1. Définition  | 28   |
| 2. Caractérisation d'huiles essentielles                         | 28   |
| 3. Etat naturel et répartition                                   | 28   |
| 4. Localisation  | 28   |
| 5. Propriétés physiques  | 29   |
| 6. Extraction  | 29   |
| 7. Classification des huiles essentielles                        | 30   |
| 8. Emploi des huiles essentielles                                | 31   |
| 9. La conservation des huiles essentielles                       | 31   |
| 10. Toxicité des huiles essentielles                             | 31   |
| 11. Rôle écologique  | 32   |
| 12. Caractéristiques économiques                                 | 32   |
| 13. Activités biologiques des huiles essentielles                | 33   |
| 14. Facteurs intervenant dans la qualité des huiles essentielles | 34   |
| 15. Composition chimique des huiles essentielles                 | 34   |
| 15.1. Principales structures chimiques                           | 35   |
| 16. Les chémotypes des huiles essentielles                       | 36   |

| <b>CHAPITRE IV: LAVANDULA OFFICINALIS</b>                |    |
|--|----|
| 1- Généralités sur la famille de lamiacées               | 39 |
| 2-Historique   | 39 |
| 3- Etymologie  | 39 |
| 4-Répartition géographique                               | 40 |
| 5-Description botanique                                  | 40 |
| 5.1. Les racines   | 40 |
| 5.2. La tige :   | 40 |
| 5.3. Les feuilles  | 40 |
| 5.4. Les fleurs  | 40 |
| 5.5. L'inflorescence                                     | 40 |
| 6. Classification  | 42 |
| 7. Culture   | 42 |
| 8. Les bienfaits de la lavande                           | 42 |
| 9. Composition chimique                                  | 43 |
| <b>PARTIE PRATIQUE</b>                                   |    |
| <b>MATERIELS ET METHODES</b>                             |    |
| 1. Choix du matériel végétal                             | 46 |
| 2. Échantillonnage                                       | 46 |
| 2.1. Screening phytochimique                             | 46 |
| 2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux                   | 46 |
| 2.1.1.1. Saponines                                       | 46 |
| 2.1.1.2. Tannins   | 46 |
| 2.1.1.3. Terpènes  | 47 |
| 2.1.1.4. Flavonoïdes (Teste d'ammoniaque)                | 47 |
| 2.1.1.5. Alcaloïdes : (Teste de Wagner)                  | 47 |
| 2.2. Extraction de l'huile essentielle (Partie employée) | 47 |
| 2.2.1. Méthodes d'extraction                             | 47 |
| 2.2.2. Caractéristiques organoleptiques                  | 48 |
| 2.2.2.1. Odeur   | 48 |
| 2.2.2.2. Couleur   | 48 |
| 2.2.2.3. Aspect  | 48 |
| 2.2.3. Propriétés physico-chimiques                      | 48 |
| 2.2.3.1. Indice de réfraction                            | 49 |
| 2.2.3.2. Échelle de Brix                                 | 50 |
| 2.2.3.3. Potentiel d'hydrogène                           | 50 |
| 2.2.4. Chromatographie sur couche mince (CCM)            | 51 |
| 2.2.5. Spectrométrie de l'absorbance                     | 52 |
| 3. Activité antibactérienne                              | 53 |
| 3.1. Microorganismes utilisés                            | 53 |
| 3.2. Méthode de l'aromatogramme                          | 53 |
| 3.3. Méthode des puits                                   | 53 |
| 3.4. Lecture   | 53 |
| <b>RESULTATS ET DISCUSSION</b>                           |    |
| 1. Screening phytochimique                               | 55 |
| 2. Expression du rendement d'extraction                  | 56 |
| 3. Propriétés organoleptiques                            | 57 |
| 4. Propriétés physico-chimiques                          | 57 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Indice de réfraction   | 57 |
| 4.2. Échelle de Brix  | 57 |
| 4.3. Potentiel d'hydrogène  | 58 |
| 5. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul du R <sub>f</sub> )) | 58 |
| 6. Spectrométrie de l'absorbance  | 59 |
| 7. Activité antibactérienne   | 61 |
| <b>Conclusion</b>   | 64 |
| <b>Références bibliographiques</b>  | 65 |

## LISTE DES TABLEAUX

| Titre   | Page |
|---|------|
| <b>Tableau n° 01:</b> Principales classes des composés phénoliques.   | 21   |
| <b>Tableau n° 02:</b> Activités biologiques des composés polyphénoliques.   | 25   |
| <b>Tableau n° 03:</b> Partie utilisée et quantité de la prise d'essai.  | 47   |
| <b>Tableau n° 04:</b> Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale.   | 48   |
| <b>Tableau n° 05:</b> Résultats du screening phytochimique.   | 55   |
| <b>Tableau n° 06:</b> Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> selon la norme AFNOR NFT 7. | 57   |
| <b>Tableau n° 07:</b> Indice de réfraction obtenu.  | 57   |
| <b>Tableau n° 08:</b> Échelle de Brix obtenue.  | 57   |
| <b>Tableau n° 09:</b> Potentiel d'hydrogène obtenu.   | 58   |
| <b>Tableau n° 10:</b> Interprétation du chromatogramme.   | 59   |
| <b>Tableau n° 11:</b> Interprétation du spectre UV visible de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> .                 | 60   |
| <b>Tableau n° 12:</b> Halos d'inhibition en (mm) provoqués par l'huile essentielle.   | 61   |

## LISTE DES FIGURES

| Titre  | Page |
|--|------|
| <b>Figure n° 01:</b> Structure chimiques de quelques acides hydroxy-benzoïques.                  | 22   |
| <b>Figure n° 02:</b> Structure chimiques de quelques acides hydroxy-cinnamique.                  | 22   |
| <b>Figure n° 03:</b> Structure de base des flavonoïdes.  | 23   |
| <b>Figure n° 04:</b> Cation flavylum (Squelette de base de tous les anthocyanes).                | 23   |
| <b>Figure n° 05:</b> Exemple de tanin hydrolysable, penta-galloylglucose.                        | 24   |
| <b>Figure n° 06:</b> Exemple de tanin condensé.  | 24   |
| <b>Figure n° 07:</b> Structure d'une molécule de coumarine.                                      | 25   |
| <b>Figure n° 08:</b> Structure d'isoprène.   | 26   |
| <b>Figure n° 09:</b> Composés monoterpéniques.   | 35   |
| <b>Figure n° 10:</b> Composés sesquiterpéniques.   | 35   |
| <b>Figure n° 11:</b> Composés diterpéniques.   | 36   |
| <b>Figure n° 12:</b> Composés triterpéniques.  | 36   |
| <b>Figure n° 13:</b> Répartition géographique de la lavande.                                     | 40   |
| <b>Figure n° 14:</b> Planche botanique de <i>Lavandula angustifolia</i> Miller.                  | 40   |
| <b>Figure n° 15:</b> Feuilles de lavande.  | 41   |
| <b>Figure n° 16:</b> Fleurs de la lavande.   | 41   |
| <b>Figure n° 17:</b> Epi de lavande.   | 42   |
| <b>Figure n° 18 :</b> Dispositif de l'hydrodistillation.   | 48   |
| <b>Figure n° 19:</b> Appareil à mesurer l'indice de réfraction.                                  | 49   |
| <b>Figure n° 20:</b> Appareil à mesurer l'indice de Brix.  | 50   |
| <b>Figure n° 21:</b> Papier pH utilisé.  | 51   |
| <b>Figure n° 22:</b> Matériel de la chromatographie sur couche mince.                            | 52   |
| <b>Figure n° 23:</b> Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé.                            | 52   |
| <b>Figure n° 24:</b> Masse de l'huile essentielle obtenue.                                       | 56   |
| <b>Figure n° 25:</b> Plaque CCM (Taches obtenues).   | 58   |
| <b>Figure n° 26:</b> Spectre UV visible de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> . | 60   |
| <b>Figures n° 27:</b> Inhibition obtenu pour les souches bactériennes.                           | 61   |

## Introduction:

Le genre *Lavandula* est un membre important de la famille des Labiateae (Lamiaceae) et se compose d'environ 28 espèces, qui sont dans la plupart d'origine méditerranéenne. Les espèces de lavande sont d'une grande valeur marchande due à leur arôme plaisant. La matière végétale et son huile essentielle sont principalement utilisées en parfumerie, cosmétique et en industrie alimentaire. L'importance médicinale de la plante est bien documentée et les extraits préparés à partir de cette plante sont enregistrés dans beaucoup de pharmacopées (**Boulahia et al., 2020**).

La littérature rapporte que l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* est un antibactérien naturel très efficace et peut être une source très importante de constituants phytopharmaceutiques utilisés pour éradiquer les infections.

Ce mémoire a pour but de mettre en évidence l'*activité* antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinale* 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 : *Lavandula officinale*.

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.**

## **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 XIXe 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 XXe 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 secondaires 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 (**Khireddine, 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 et al., 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 croissance 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 chémotype. 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 antioxydants (**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 efficaces. 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: Les métabolistes secondaires.**

## II. Les métabolites secondaires:

### 1. Définition:

La plante possède une composition chimique très complexe, elle est constituée de centaines de substances. Elle puise par ses racines des éléments dans le sol (eaux, minéraux, oligo-éléments) et grâce à la photosynthèse réalisée dans ses feuilles, elle élabore des molécules complexes appelées composés organiques (**Grenez, 2019**).

Les plantes produisent une variété de composés organiques qui sont habituellement ramifiés en deux grandes classes : les métabolites primaires et les métabolites secondaires (**Afrin et al., 2015**).

- Les métabolites primaires sont des produits issus directement des photoassimilats (sucres simples, acides aminés, protéines, acides nucléiques et organiques), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base. Ils sont souvent produits en grande quantité mais présentent une valeur ajoutée relativement basse. Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et, nécessaires à leur croissance et à leur développement (**Thi Dao, 2008**).
- Les métabolites secondaires par opposition, ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolites primaires et résultent de réactions chimiques ultérieures. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre, avec une structure chimique parfois complexe, ils s'accumulent le plus souvent en faible quantité (**Thi Dao, 2008**).

Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent. Ils sont probablement des éléments essentiels de la co-évolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs (**Krief, 2003**).

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (composés phénoliques, terpènes, les alcaloïdes) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux, représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents la pharmacologie ou l'agroalimentaires (**Macheix et al., 2005**).

### 2. Les composés phénoliques:

Les composés phénoliques, ou polyphénols, constituent l'un des groupes de substances les plus nombreux et les plus répandus dans le règne végétal, avec plus de 8000 structures phénoliques actuellement connues (**Urquiaga et Leighton, 2000**). L'élément structurale fondamentale qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (**Bruneton, 2009**).

les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (**Allélopathie**), ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (**Macheix et al., 2005**).

## 2.1. Classification des composés phénoliques:

Les composés phénoliques sont classés en fonction du nombre d'atomes de carbone du squelette de base. La structure des polyphénols naturels varie des molécules simples, comme les acides phénoliques, aux composés hautement polymérisés, comme les tanins condensés. (Tableau n° 01) (Urquiaga et Leighton, 2000).

Tableau n° 01: Principales classes des composés phénoliques (Macheix et al., 2005).

| Squelette carboné                              | Classe  | Exemple   | Origine (exemple)   |
|--|---|---|---|
| C <sub>6</sub>                                 | Phénols simples   | Catéchol  | Epices, fraise  |
| C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>                 | Acides Hydroxybenzoïques  | p-Hydroxybenzoïque  | Pomme, Pomme de terre   |
| C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>                 | Acides Hydroxycinnamiques   | Acide caféïque, férulique   | Citrus  |
|  | Coumarines  | Scopolétine   | Noix  |
| C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>                 | Naphthoquinones   | Juglone   | Vigne   |
| C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub> | Stilbènes   | Resvératrol   |   |
| C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> | Flavonoïdes   |   |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavonols</li> <li>• Anthocyanes</li> <li>• Flavanols</li> <li>• Flavanones</li> </ul> | Kaempférol, quercétine<br>Cyanidine, pélargonidine<br>Catéchine, épicatechines<br>Naringénine | Fruits, légumes, fleurs<br>Fleurs, fruits rouges<br>Pomme, raisin<br>Citrus |
| (C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | Isoflavonoïdes  | Diadzéine   | Soja, pois  |
| (C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub> | Lignanes  | Pinorésinol   | Pin   |
| (C <sub>15</sub> ) <sub>n</sub>                | Lignines  |   | Bios, noyau des fruits  |
|  | Tanins condensés  |   | Raisin rouge, kaki  |

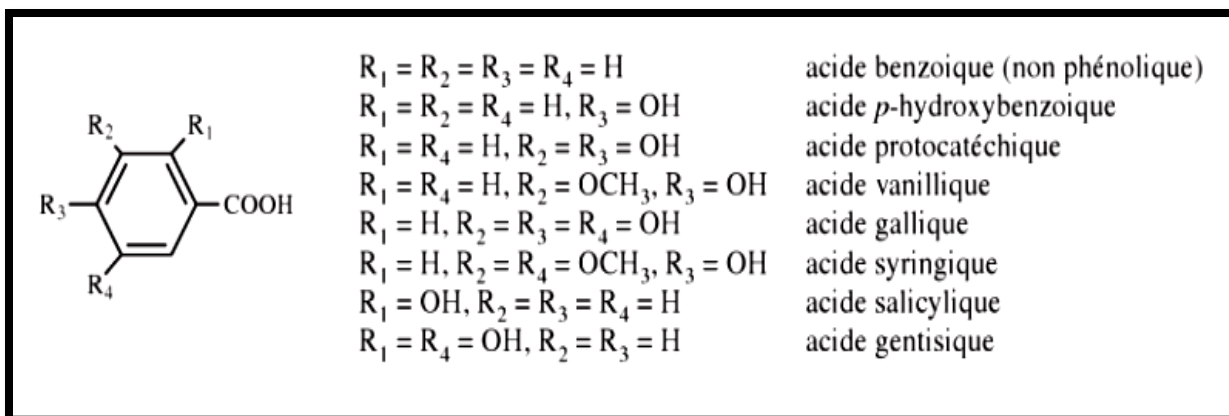
### 2.1.1. Les acides phénoliques:

Il existe une très grande variété de phénols, de composés simples à des substances plus complexes (Andrew, 2001). Le terme d'acide-phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Bruneton, 2009).

Ils sont représentés par deux sous classes, les dérivés de l'acide hydroxy-benzoïque et l'acide hydroxy-cinnamique (Bruneton, 2009).

- **Les dérivés de l'acide hydroxy-benzoïques:**

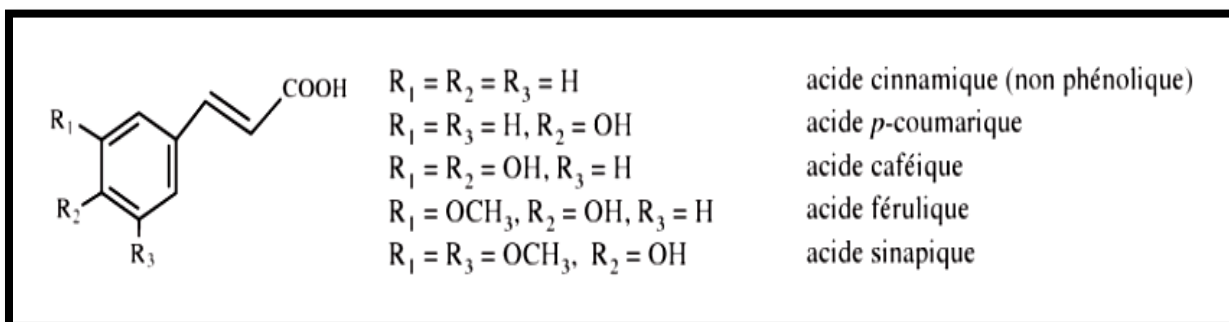
Les acides-phénols en C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>, dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque, sont très communs aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'ester ou d'hétéroside (acides benzoïque, *p*-hydroxybenzoïque, salicylique, vanillique, syringique, gentisique, vétratrique, gallique, protocatéchique) (Bruneton, 2009) (Figure n° 01).



**Figure n° 01:** Structure chimique de quelques acides hydroxy-benzoïques (Macheix *et al.*, 2005).

• **Les dérivés de l'acide hydroxy-cinnamique:**

Ils ont une structure de base de type C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>, Les fonctions phénols (OH) de ces dérivés peuvent aussi être méthylés (-O-CH<sub>3</sub>) (Sahli. 2017). (Figure 2).



**Figure n° 02:** Structure chimique de quelques acides hydroxy-cinnamique (Macheix *et al.*, 2005).

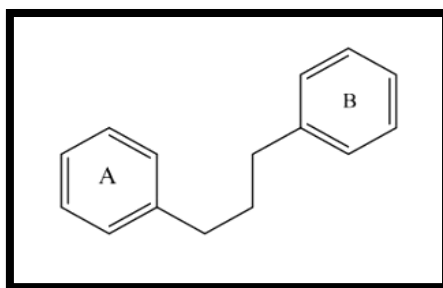
**2.1.2. Les flavonoïdes:**

Les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc, Ils ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales (Andrew, 2001). L'ensemble des flavonoïdes, de structure générale en C<sub>15</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>), comprend à lui seul plusieurs milliers de molécules regroupées en plus de dix classes (Macheix *et al.*, 2005).

Les variations autour du squelette chimique de base en C<sub>15</sub> portent principalement sur trois points (Macheix *et al.*, 2005):

- Le degré d'hydroxylation des différents cycles,
- Le niveau de méthylation (groupements O-CH<sub>3</sub> à la place des seules fonctions phénoliques),
- Le niveau de glycosylation.

Ces variations qui permet de distinguer les différentes classes de flavonoïdes: Anthocyanidines, Flavanes (flavane-3-ols; flavane-3,4-diols), Les flavanones, les flavones, les flavonols et d'autres groupes (Macheix *et al.*, 2005).



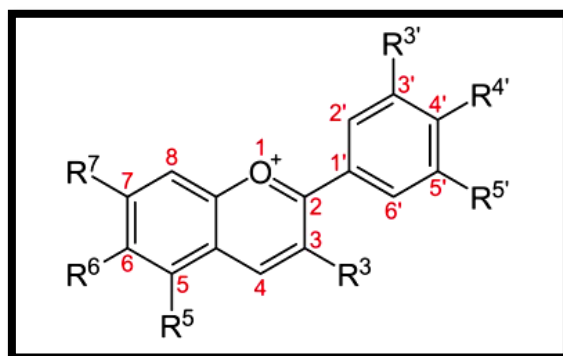
**Figure n° 03:** Structure de base des flavonoïdes.

Les flavonoïdes existent à l'état libre (aglycones) ou le plus souvent sous forme d'hétérosides (O-hétérosides, parfois C-hétérosides) (Grenez, 2019).

- **Anthocyanidines:**

C'est un groupe de pigments polyphénoliques hydrosolubles responsables de la coloration rose à violette de la plupart des fleurs et fruits.

De structure dérivée du cation 2-phénylbenzopyrylium, synonyme flavylum, existent sous forme d'hétérosides (anthocyanosides) et de génines (anthocyanidols) et se rattachent au groupe des flavonoïdes au sens large.. (Grenez, 2019).



**Figure n° 04:** Cation flavylum (Squelette de base de tous les anthocyanes) (Grenez, 2019).

### 2.1.3. Les tanins:

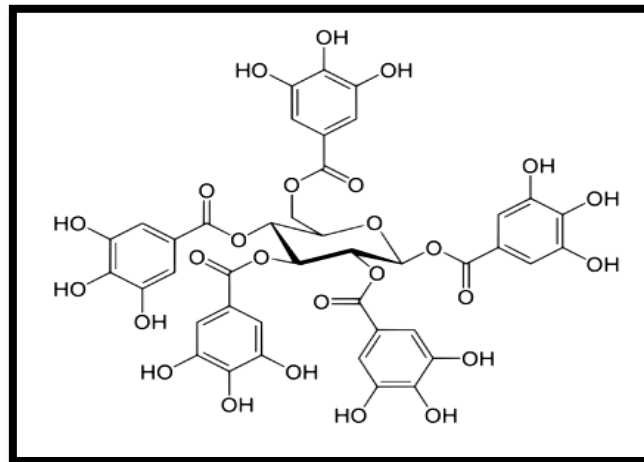
Les tanins représentent une classe très importante de polyphénols localisés dans les vacuoles. Ce sont des composés phénoliques ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da et qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (Sahli, 2017).

Il est classique de distinguer deux grands groupes de tannins différant à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition: les tannins hydrolysables et les tannins condensés (Macheix *et al.*, 2005)

- **Tanins hydrolysables:**

Ils sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique. Ils libèrent alors une partie non phénolique (souvent du glucose ou de l'acide quinique) et une partie phénolique qui peut être soit de l'acide gallique (cas des gallotannins), soit un dimère de ce même acide, l'acide ellagique (cas des tannins ellagiques ou ellagitannins) (Macheix *et al.*, 2005).

Une forme simple de tannins hydrolysables est le penta-galloylglucose (**Figure n° 05**), molécule très réactive qui est à l'origine de la plupart des formes complexes (**Macheix *et al.*, 2005**).



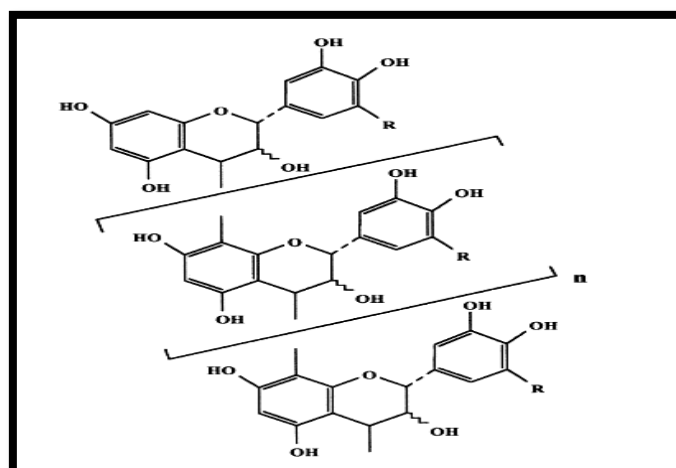
**Figure n° 05:** Exemple de tanin hydrolysable, penta-galloylglucose (**Grenez, 2019**).

- **Les tanins condensés:**

Les tanins condensés sont très abondants dans certains organes végétaux consommés ou utilisés par l'homme, par exemple de nombreux fruits (pomme, prune, fraise...) ou des boissons fermentées ou non (thé, vin, cidre...).

Sont des oligomères ou des polymères de flavane-3-ols (éventuellement de flavane-3,4-diols). Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader. Ainsi, par traitement acide à chaud, ils se transforment en pigments rouges

L'enchaînement des différentes unités constitutives se fait soit de manière linéaire grâce à des liaisons C-C, soit par des ramifications grâce à des liaisons C-O-C conduisant à des structures de plus en plus complexes qui restent cependant solubles dans l'eau des vacuoles (**Macheix *et al.*, 2005**).



R=H : unité procyanidine, dérivée de la catéchine.  
R = OH : unité prodelphinidine, dérivée de la gallocatéchine.

**Figure n° 06:** Exemple de tanin condensé.

#### 2.1.4. Coumarines:

Les coumarines sont des molécules largement répandues dans tout le règne végétal, sont des 2H-1-benzopyran-2-ones, que l'on peut considérer comme étant les lactones des acides 2-hydroxy-Z-cinnamiques, tous les coumarines sont substituées en C-7 par un hydroxyle, Elles existent sous forme libre solubles dans les alcools et dans les solvants organiques ou les solvants chlorés ou encore liées à des sucres (hétérosides) sont plus ou moins solubles dans l'eau (Bruneton, 2009).

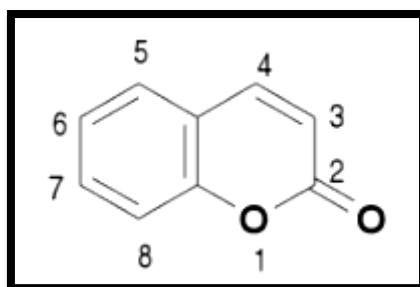


Figure n° 07: Structure d'une molécule de coumarine (Bruneton, 2009).

#### 2.2. Effets biologiques des polyphénols:

Les composés phénoliques agissent comme antioxydants avec des mécanismes impliquant à la fois le balayage des radicaux libres et la chélation des métaux, se sont révélés être des antioxydants plus efficaces in vitro que les vitamines E et C sur une base molaire (Urquiaga et Leighton, 2000).

Tableau n° 02: Activités biologiques des composés polyphénoliques (Bahorun, 1997).

| Polyphénols   | Activités  |
|---|--|
| <b>Acides phénols<br/>(cinnamiques et benzoïques)</b> | Antibactériennes<br>Antifongiques<br>Antioxydants  |
| <b>Coumarines</b>                                     | Protectrices vasculaires et antioedémateuses   |
| <b>Flavonoïdes</b>                                    | Anti tumorales<br>Anti carcinogènes<br>Anti inflammatoires<br>Hypotenseurs et diurétiques<br>Anti oxydantes      |
| <b>Anthocyanes</b>                                    | Protectrices capillaro-veineux   |
| <b>Pronthocyanidines</b>                              | Effets stabilisants sur le collagène<br>Anti oxydantes<br>Anti tumorales<br>Antifongiques<br>Anti-inflammatoires |
| <b>Tannins galliques et catéchiques</b>               | Anti oxydantes   |

#### 3. Les terpénoïdes:

Les terpénoïdes désignent un très vaste groupe de substances naturelles (plus de 30 000 représentants connus, présents principalement dans le règne végétal), dérivant d'unités isopréniques à cinq atomes de carbone assemblées et modifiées de milliers de façons. Les terpènes sont des hydrocarbures basiques, tandis que les terpénoïdes contiennent des groupes

fonctionnels supplémentaires. Il existe différents groupes de terpènes selon le nombre d'unités constitutives en C<sub>5</sub>, on distingue les monoterpènes en C<sub>10</sub>, les sesquiterpènes en C<sub>15</sub>, les diterpènes en C<sub>20</sub>, les sesterterpènes en C<sub>25</sub>, les triterpènes en C<sub>30</sub> et les tétraterpènes en C<sub>40</sub> (**Grenez, 2019**).

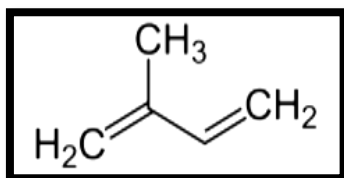


Figure n° 08: Structure d'isoprène.

#### 4. Les alcaloïdes:

Les alcaloïdes regroupent de très nombreuses substances naturelles contenant un ou plusieurs atomes d'azote dans un état d'oxydation négatif, en principe engagés dans un cycle, et leur conférant des propriétés basiques plus ou moins marquées. Sous forme de bases sont en général insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques apolaires, sous forme de sels les solubilités sont inverses, ils cristallisent souvent à l'état solide. Biosynthétiquement, c'est un acide aminé qui apporte l'atome d'azote dans la majorité des cas ; parfois ils ont une origine différente, par exemple les alcaloïdes d'origine polyacétique (coniine de la ciguë) ou encore ceux d'origine terpénique (aconitine des aconits). Les alcaloïdes ont des activités pharmacologiques qui s'exercent: - au niveau du système nerveux central, qu'ils soient dépresseurs (morphine, scopolamine) ou stimulants (strychnine, caféine). - au niveau du système nerveux autonome: sympathomimétiques (éphédrine) ou sympatholytiques (alcaloïdes de l'ergot de seigle), anticholinergiques (atropine)... (**Grenez, 2019**).

#### 5. Les huiles essentielles:

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 Moyses, 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**).

## **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 Moyses, 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 Moyses, 1976).

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

### **4. Localisation:**

Au point de vue 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 Moyse, 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 Niaouil).

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 Moyse, 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, ou 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 huile essentielle peut devenir au moins une fois une huile essentielle 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 corréler 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 endocanalisées (**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 terpénoides d'une part et le groupe des composés aromatiques 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 colorants 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 (C5) n ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène (isoprène) nous pouvons réaliser la classification suivante :

✓ les monoterpènes. Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en **C10**. 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.

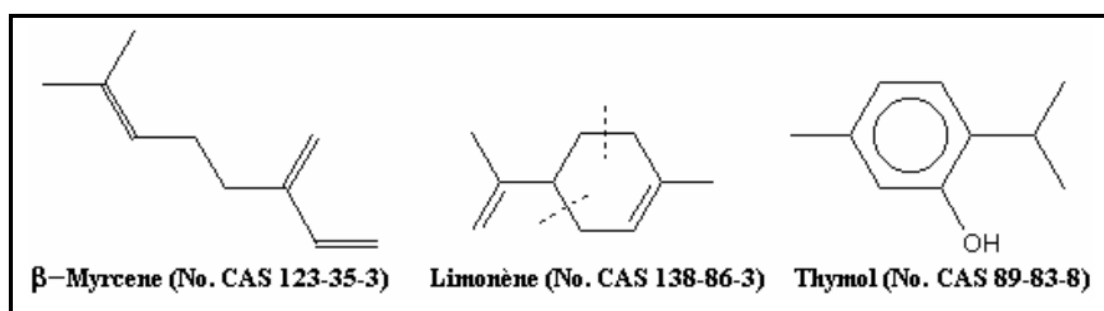


Figure n° 09: Composés monoterpéniques (Ganou, 1993).

✓ 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).

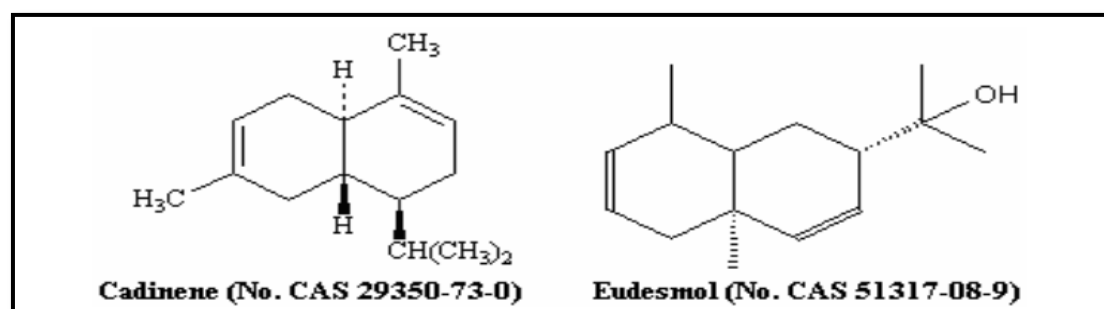
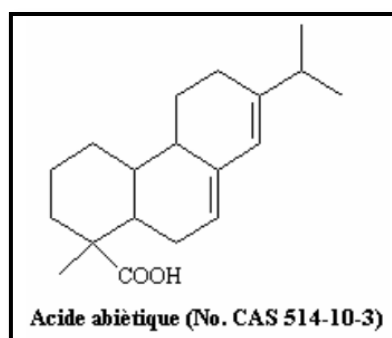


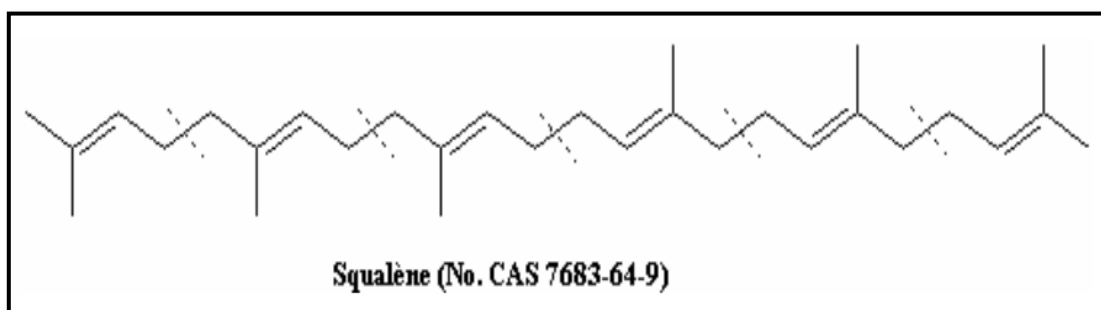
Figure n° 10: Composés sesquiterpéniques (Ganou, 1993).

✓ 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° 11:** 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° 12:** Composés triterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les polyterpènes le caoutchouc naturel est l'exemple plus connue. 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: *Lavandula officinalis*.**

### 1- Généralités sur la famille de lamiacées :

La famille des Lamiacées est connue également sous le nom des Labiées, en raison de la forme particulière des corolles. Ce sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales, 40% des espèces de la famille des Lamiacées contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques (**Aounia et Lakhdari, 2019**).

Cette famille comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites mais dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen tel que le thym, la lavande et le romarin. (**Botineau, 2010**). Elle est divisée en deux principales sous-familles:

- ✓ Les stachyoideae
- ✓ Les ocimoideae

Les lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous-arbrisseaux ou ligneuses (**Botineau, 2010**), une grande partie de ces plantes sont aromatiques riches en l'huile essentielle d'où leur intérêt économique et médicinale.

Entre autres, un grand nombre de genre de la famille Lamiaceae sont des sources de terpénoïdes, flavonoïdes, et de iridiodes glycosylés.

### 2-Historique :

La lavande est une plante aromatique qui est célèbre pour son parfum enivrant et ses multiples utilisations dans la parfumerie, la médecine et même la cuisine. Son histoire date depuis des millénaires et elle a été appréciée par de nombreuses civilisations à travers le temps.

La lavande, dont l'histoire s'étend sur des milliers d'années, a été chérie par de nombreuses civilisations au fil du temps. Originaires de Perse et des îles Canaries, elle a trouvé sa place dans la vie des Romains et des Nord-Africains qui l'utilisaient pour parfumer les bains et entretenir les tissus. L'armée romaine l'utilisait même comme désinfectant. La légende raconte que les anciens Égyptiens incorporent des fleurs de lavande dans le processus de momification. La lavande a également joué un rôle important dans la médecine traditionnelle chinoise, où elle était utilisée pour traiter des problèmes tels que l'infertilité, les infections, l'anxiété et la fièvre. De plus, la médecine arabe a reconnu son potentiel dans le traitement des problèmes rénaux et dans son rôle stomacal. Cette plante remarquable a continué à captiver l'attention jusqu'au XVIIe siècle.

Outre son efficacité dans le traitement des troubles nerveux, la lavande était également reconnue pour sa capacité à soulager les coliques et le catarrhe pulmonaire. Au XVIIIe siècle, elle a gagné le surnom de « plante céphalique » en raison de ses propriétés reconnues contre les maux de tête (**Benaïed et al., 2020**).

### 3- Etymologie :

Le mot lavande dérive du verbe laver, il est peut être issu de l'italien lavande (action de laver) mais peut remonter au latin lavare qui signifie laver et aussi se baigner (**Ryley, 1998**). Cette étymologie laisse penser que très tôt la lavande a été utilisée pour parfumer le linge fraîchement lavé. Des sachets de fleurs séchées sont traditionnellement placés dans les armoires pour éloigner les mites et parfumer la garde-robe. Mais il est également possible que lavandula et lavande soient tirés du latin «*livere*» (qui signifie "pour être livide ou bleuâtre") qui en latin médiéval a donné le terme lavandula. La relation entre la lavande et le lavage qui n'est clairement explicitée qu'en 1568 serait alors une supposition secondaire (**Benabdelkader, 2012**).

#### 4-Répartition géographique :

La répartition géographique naturelle de la lavande s'étend des îles Canaries au Cap-Vert, en passant par la région méditerranéenne, l'Afrique du Nord, la péninsule arabe et l'Inde (Tuttolomondo *et al.*, 2015 ; Fascella *et al.*, 2020).

L'espèce la plus cultivée dans le bassin méditerranéen est *Lavandula angustifolia* Miller (également connue sous le nom de lavande commune ou lavande anglaise, syn. *L. vera* ou *L. officinalis*).



Figure n° 13: Répartition géographique de la lavande.

#### 5-Description botanique :

**Nom latin:** *Lavandula angustifolia* Miller [=*L. officinalis* Chaix. = *L. vera* DC. = *L. vulgaris* Lm. = *L. spica* L. variété A.]

**Noms vulgaires:** Lavande vraie, Lavande officinale, Lavande fine, Lavande commune, Lavande femelle, Nard d'Italie, Faux Nard, Garde robes (Belmont, 2013).



Figure n° 14: Planche botanique de *Lavandula angustifolia* Miller.

##### 5.1. Les racines :

Les racines sont en rotation et il y a des branches simples, denses et non ramifiées. La racine pivotante est droite et envoie de nombreuses racines secondaires qui creusent profondément dans le sol, généralement pierreux, sec et calcaire, à la recherche d'une humidité maximale. Cette partie inférieure très boisée lui permet de conserver un maximum de fraîcheur durant les mois d'été. (Clareton, 1999 ; Fabiani *et al.*, 2002).

### 5.2. La tige :

La tige est ligneuse, vivace, carrée au niveau des parties jeunes et, arrondie au niveau des parties plus anciennes en raison du fonctionnement répété des assises génératrices secondaires, circulaires. Elle est haute de vingt à soixante centimètres et pousse en touffe avec des rameaux allongés et nus dans la partie moyenne. C'est sur la partie inférieure que poussent les feuilles, et au sommet de la tige, les fleurs. (Dupont and Guignard 2007 ; Fabiani *et al.*, 2002).

### 5.3. Les feuilles :

Mesurant entre 2 et 5 cm de longueur, les feuilles présentent une forme élancée ou ovale. Les bractées, teintées d'une teinte jaune brunâtre, présentent 5 à 7 nervures principales saillantes et bien visibles. Ces nervures forment un contour triangulaire et se distinguent facilement de l'axe central de l'épi (Belmont, 2013).



Figure n° 15: Feuilles de la lavande.

### 5.4. Les fleurs :

La disposition des fleurs est en épis, par groupes de six ou dix, et les groupes inférieurs sont distincts des groupes supérieurs. Ces fleurs ont des pédoncules courts et sont soutenues par des bractées aussi larges (Belmont, 2013).



Figure n° 16: Fleurs de la lavande.

### 5.5. L'inflorescence :

L'inflorescence est un épi de cymes secondaires. L'inflorescence est située à l'aisselle des feuilles supérieures, et chaque pédoncule présente un groupe de fleurs réparties en verticilles

pour former un épi. *Lavandula angustifolia* Miller n'a qu'un seul épi par tige (Clareton, 1999 ; Dupont and Guignard, 2007).



**Figure n° 17:** Epi de la lavande.

#### **6. Classification :**

La lavande appartient à l'embranchement des spermaphytes (Dupont and Guignard, 2007).

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliophyta (Angiospermes)

**Classe :** Magnoliopsida (Dicotylédones)

**Sous classe :** Astéridées

**Ordre :** Lamiales

**Familles :** Lamiacées

**Genre :** *Lavandula* L

#### **7. Culture :**

Avant toutes choses, les lavandes se plaisent en plein soleil où elles développent pleinement leurs fragrances caractéristiques. Comme de nombreuses plantes à feuilles velues, voire grises, elles n'aiment guère les sols lourds, argileux et sont capables de prospérer dans la pierraille. Avant chaque culture, le sol est défoncé sur toute la surface, pour assurer la pénétration des pluies et des racines en profondeur. On enfouit la fumure de fond P/K/Ca/Mg suivant l'analyse (Choi, 2016).

#### **8. Les bienfaits de la lavande :**

Les bienfaits de la lavande sont connus depuis des millénaires, et son huile essentielle est la plus utilisée en aromathérapie. Son action bienfaisante est en majeure partie expliquée par sa grande proportion en acétate de linalyle et linalol. Ces deux chémotypes ont notamment des effets régulateurs sur les neurotransmetteurs, et agissent donc sur le cerveau, le système hormonal et le système immunitaire.

Elle a un pouvoir rééquilibrant extraordinaire car elle agit sur le psychisme, et tempère les extrêmes. De par son effet régulateur, elle est aussi efficace contre les troubles dépressifs et les angoisses, le stress, l'émotivité et les peurs. Elle peut être stimulante, mais aussi calmer les nerfs, et faciliter l'endormissement. Elle a un effet harmonisant sur le système cardiovasculaire et sur la tension. Sa particularité est qu'elle agit comme catalyseur, donc a un effet synergique avec les autres huiles (souvent associée à la bergamote). (Aromaparfumerie, 2018)

#### **09. Composition chimique :**

- ✓ **Huile essentielle** : (1 à 3 %, min. 0,8 %) contenant principalement des monoterpènes,
- ✓ **Tanins** : (5 - 10 %),
- ✓ **Dérivés de coumarines** : ombelliférone, herniarine,
- ✓ **Flavonoïdes**,
- ✓ **Acides phénoliques** : dérivés de l'acide rosmarinique, acide férulique, acide p-coumarique, acide gentisinique, acide caféique...
- ✓ **Triterpènes** : acide mictomérique, acide ursolique,
- ✓ **Phytostérols** : campestérol, stigmastérol, bêta-sitostérol (**European Medicines Agency, 2012**).

# **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 : Lavande vraie (*Lavandula officinalis*).

Notre choix pour cette espèce est justifié par le fait que celle-ci contient plus de 8000 composés phénoliques dont les dérivés de l'acide rosmarinique, de l'acide férulique, de l'acide *p*-coumarique, de l'acide gentisinique, de l'acide caféique. Elle contient aussi de nombreux flavonoïdes comme les flavones, isoflavones, flavonols, flavanols, flavanones, anthocyanes, coumarines et chalcone. La Lavande possède également beaucoup de tanins et aussi des coumarines, des stilbènes, des lignanes, des triterpènes comme l'acide ursolique, l'acide oléanolique et l'acide mictomère et des phytostérols. On trouve dans la Lavande jusqu'à 3 % d'essence. L'essence de Lavande fine est composée d'alcools monoterpéniques (60% à 65 %) dont 20 à 50 % de linalol et d'esters terpéniques dont 25 à 46 % d'acétate de linalyle. L'essence de lavande cultivée dite officinale contient en plus une faible quantité de camphre, de monoterpènes comme le bêta-ocimène et le limonène, de sesquiterpènes comme le  $\beta$ -caryophyllène et le  $\beta$ -farnésène et d'oxyde 1,8-cinéole (Akhondzadeh *et al.*, 2003; Büyükkuroğlu *et al.*, 2003; Elhajili *et al.*, 2001; Nikfarjam *et al.*, 2013; Dobros *et al.*, 2022 ; Faridzadeh *et al.*, 2022).

## 2. Échantillonnage :

Notre échantillon provient de chez un herboriste, l'identification taxonomique de la lavande vraie (*Lavandula officinalis*) 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 100 g de poudre végétale (*Lavandula officinalis*) 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 bleu-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.

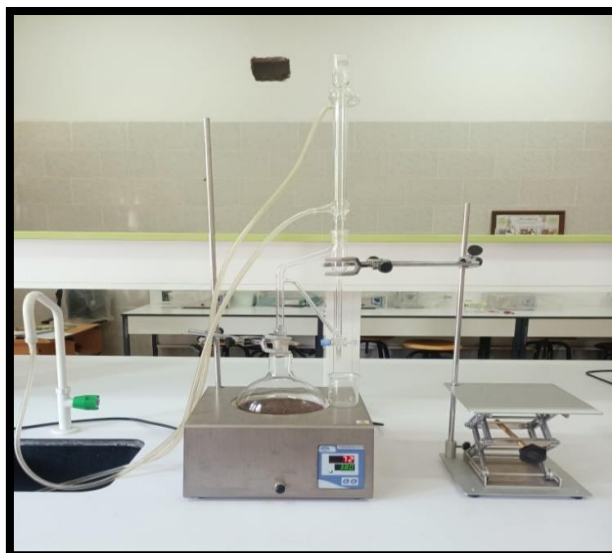
Tableau n° 03: Partie utilisée et quantité de la prise d'essai.

| Partie utilisée           | Prise d'essai totale (g) |
|---------------------------|--------------------------|
| Tiges, feuilles et fleurs | 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° 18 :** Dispositif de l'hydrodistillation.

**Tableau n° 04:** Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale.

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

La caractérisation de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* 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);
- 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 lavande 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 millièmes 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, 1986).

### 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).

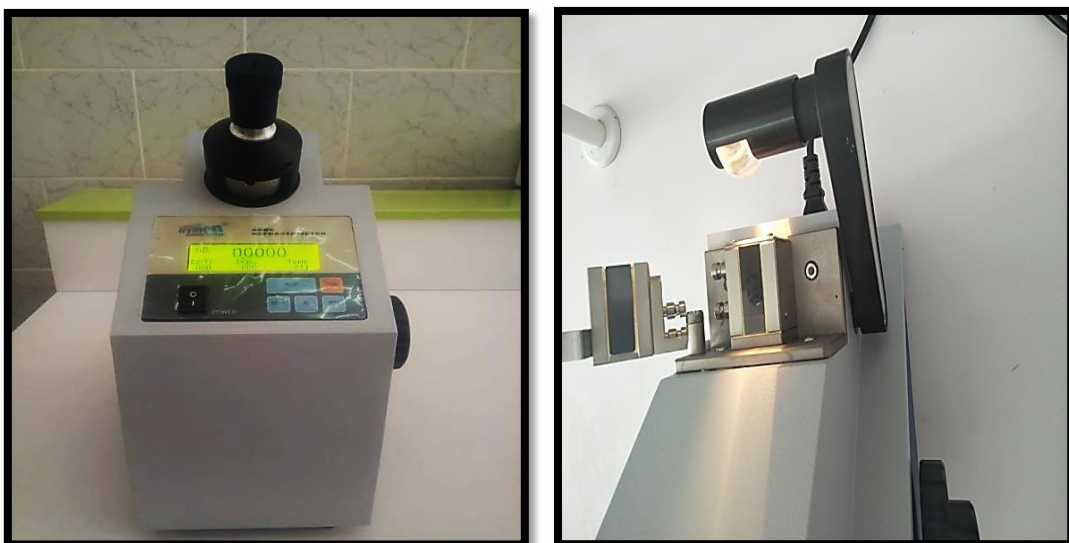


Figure n° 19: Appareil à mesurer l'indice de réfraction.

### 2.2.3.2. Échelle de Brix :

Sert à mesurer en degrés Brix ( $^{\circ}\text{B}$  ou  $^{\circ}\text{Bx}$ ) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de **matière sèche soluble**. Plus le  $^{\circ}\text{Brix}$  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° 20:** Appareil à mesurer l'indice de Brix.

### 2.2.3.3. Potentiel d'hydrogène :

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes  $\text{H}^+$  (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° 21:** Papier pH utilisé.

#### **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, 1978**).

**Solution à analyser (dépôt) :** huile essentielle de la *Lavandula officinalis* obtenue par hydrodistillation.

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



**Figure n° 22:** Matériel de la chromatographie sur couche mince.

### **2.2.5. Spectrométrie de l'absorbance :**

Une mesure spectrométrique de l'absorbance de l'huile essentielle de la *Lavandula officinalis* 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° 23:** Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé.

### 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 aromatogramme et la méthode des puits.

#### 3.2. Méthode de l'aromatogramme :

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

Le principe consiste àensemencer 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'huile essentielle 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° 05 rapporte les résultats du screening phytochimique pour l'extrait aqueux de la *Lavandula officinalis*.

**Tableau n° 05:** Résultats du screening phytochimique.

| Métabolites secondaires | Couleur obtenue   | Résultat |
|-------------------------|-------------------|----------|
| Saponines               | Absence de mousse | -        |
| Tanins                  | Vert foncé        | +++      |
| Terpènes                | Marron            | -        |
| Flavonoïdes             | Jaune foncé       | +++      |
| Alcaloïdes              | Marron            | +        |

L'apparition d'une coloration vert-foncé confirme la présence des tanins chez *Lavandula officinalis*, nos résultats sont en accord avec celles de (Abda et Boughazi, 2013).

Les tests indiquent également la présence d'une quantité importante de flavonoïdes, les recherches réalisées par Abda et Boughazi, (2013) sur la même plante sont en équivalence avec les nôtres.

D'autre part nos résultats concordent avec ceux trouvés par Azara et Benyahia (2023), qui ont montré la présence de glucides comme métabolites primaires et de différents groupes de métabolites secondaires; tanins, saponines, polyphénols, quinones libres, glycosides cardiaques, et même la présence d'huiles essentielles. En fait, les composés les plus couramment abondants dans la plante sont les polyphénols, les flavonoïdes et les alcaloïdes, qui se trouvent en quantités importantes dans la partie aérienne.

La présence de ces métabolites secondaires dans la plante étudiée explique leurs puissants effets thérapeutiques. Ces résultats justifient donc l'utilisation généralisée de cette famille en médecine traditionnelle par la population locale. En effet, les tanins, les polyphénols, les alcaloïdes, les flavonoïdes, ainsi que les saponines possèdent plusieurs propriétés bénéfiques telles que des propriétés antibactériennes (Di Carlo *et al.*, 1999; Bruneton, 2009; Bouhaddouda, 2016).

## 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 *Lavandula officinalis*.

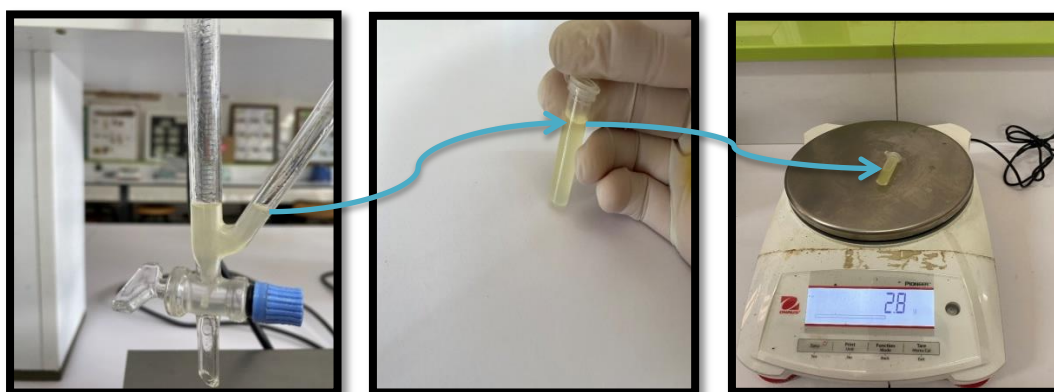


Figure n° 24: Masse de l'huile essentielle obtenue.

Le rendement d'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* a été calculé à l'aide de l'équation (AFNOR, 1986).

$$Rdt = M1/M0 * 100$$

Avec :

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

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

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

$$Rdt = 0.9 \%$$

L'expérience révèle que le rendement d'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* 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**.

Les résultats obtenus indiquent que le rendement d'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation est de **0.9 %**. Les résultats obtenus par **Laib et Barbat (2011)** et **Mohammadi et al., (2011)** indiquent que les fleurs sèches de la lavande provenant de deux régions d'Algérie présentent des teneurs en huile essentielle respectivement 1.36% et 2.01 %.

**Bouguerra et Zeghou (2009)** ont trouvé que les fleurs de *Lavandula officinalis* collecté du même lieu ont présenté un rendement de 3.41 %. De même, les résultats obtenus par **Sidi Boulouar et Ziane (2003)** indiquent que les fleurs sèches de la lavande provenant de la région d'Ouchba et Zarifet ont donné des teneurs en huile essentielle équivalentes respectivement à 0.94 % et 0.70 %. Ces variations de teneurs peuvent être dues à plusieurs facteurs notamment le degré de maturité des fleurs de *Lavandula officinalis*, l'interaction avec l'environnement (type de climat, sol), le moment de la récolte et la méthode d'extraction (**Botton et al., 1990**).

### 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 de *Lavandula officinalis* selon la norme AFNOR NFT 7.

**Tableau n° 06:** Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* selon la norme AFNOR NFT 7.

| Norme NFT7 | AFNOR | Aspect  | Couleur            | Odeur                      |
|------------|-------|---|--------------------|----------------------------|
|            |       | Liquide mobile limpide. Peut troubler légèrement. | Jaune pâle à jaune | Herbacée, florale, fraîche |

### 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'indice de réfraction a été calculé et ramené 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) |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1,4646                        | 1,463-1,468                  |

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'indice de Brix a été calculé et ramené 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) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 69.9                     | 45-82%                              |

La valeur de l'indice de Brix de notre échantillon correspond 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.

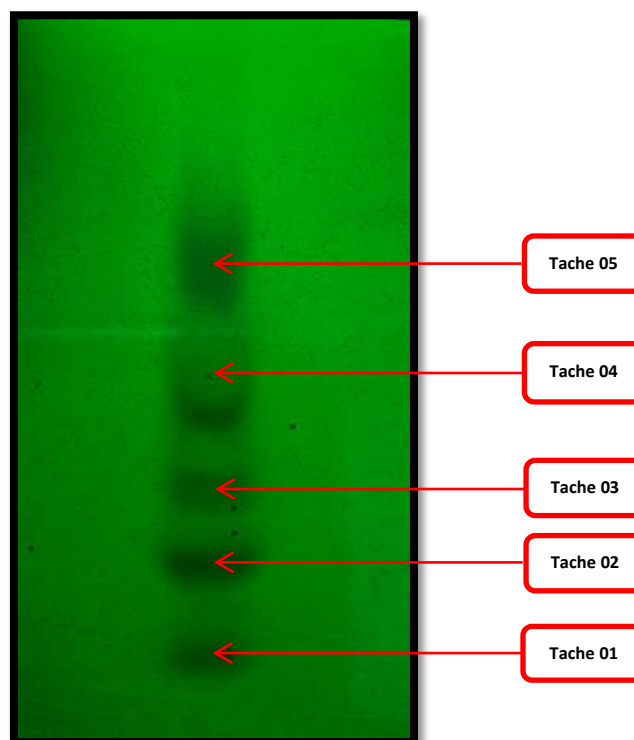
| pH (Obtenu) | pH (AFNOR) |
|-------------|------------|
| 5           | 4-6        |

### 5. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul de Rf)):

Les taches étant localisées et entourées d'un trait de crayon (certaines colorations sont fugaces), on peut déterminer ce que l'on appelle leur Rf (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 Rf 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 Rf 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° 25:** Plaque CCM (Taches obtenues) (Photo personnelle).

L'examen sous ultraviolet à 365 nm – 254 nm nous montre plusieurs extinctions de la fluorescence (05 taches) au niveau de notre dépôt (Huile essentielle de *Lavandula officinalis*).

**Tableau n° 10:** Interprétation du chromatogramme.

| Temps (CCM)  | Taches obtenues | Rf obtenu | Rf théorie | Interprétation              |
|--------------|-----------------|-----------|------------|-----------------------------|
| <b>01h30</b> | Tache 01        | 39        | 35-45      | Acétate de linalyle         |
|              | Tache 02        | 59        | 55-65      | 1,8-cinéole                 |
|              | Tache 03        | 68        | 65-75      | Bêta caryophyllène camphène |
|              | Tache 04        | 78        | 75-85      | Ocimène                     |
|              | Tache 05        | 88        | 85-95      | Linalol                     |

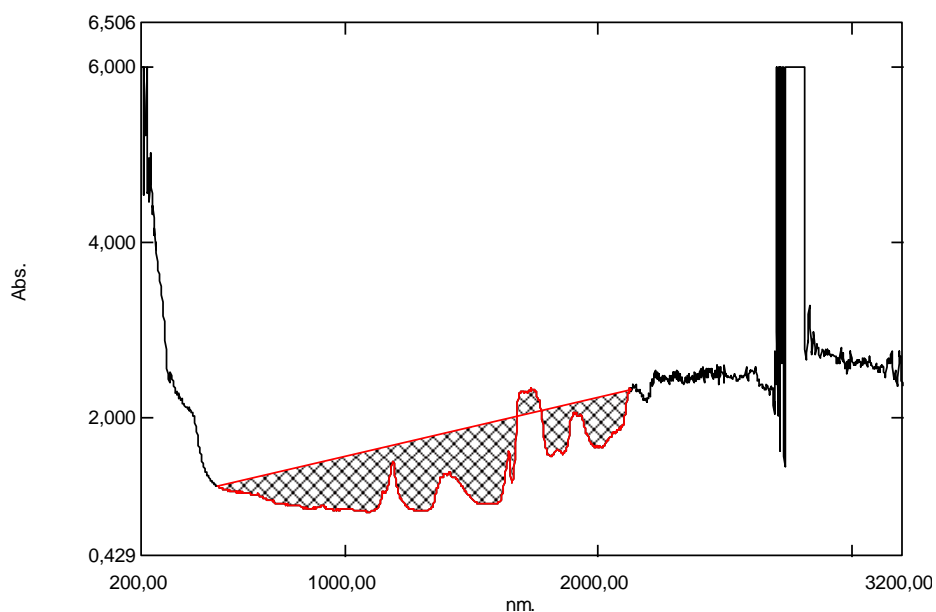
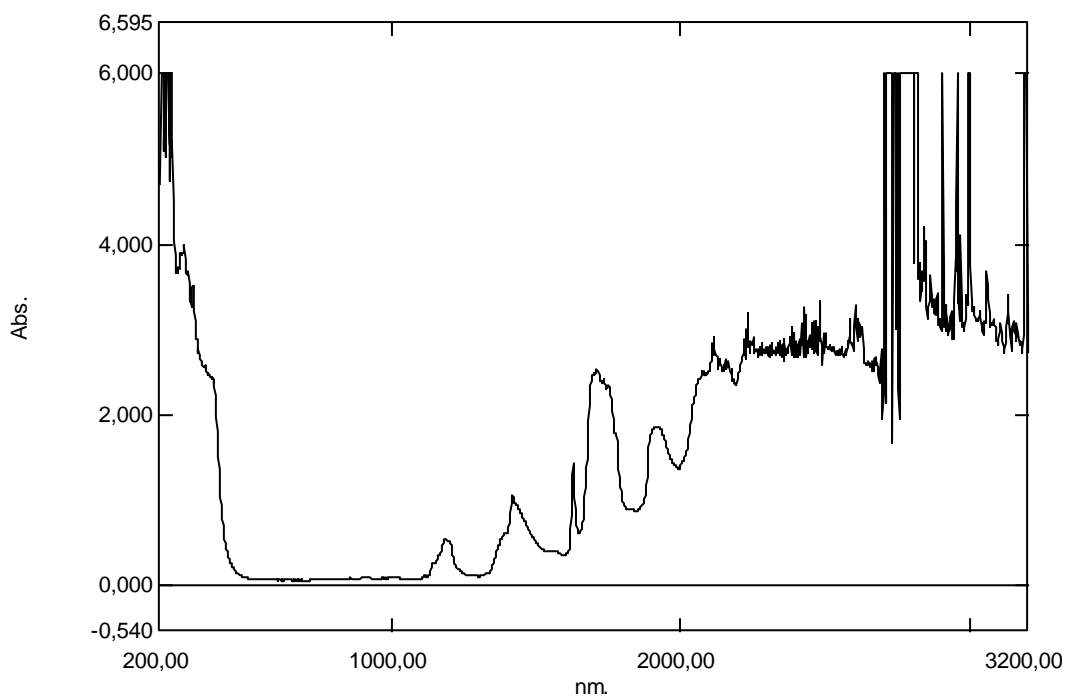
Après comparaison de nos résultats, d'après le tableau n° : 10 on constate que nos Rf sont très proche de ceux de Stahl (1975) ou de la pharmacopée française, donc on est réellement en présence des huiles essentielles de *Lavandula officinalis*.

Des études réalisées également en Algérie par **Laib et Barbat (2011)** pour la région de Constantine ont donné : Linalyl acétate (15.26 %), Linalool (10.68 %), 1,8- cineole (10.25 %),  $\gamma$ -terpinene (11.2 %) et camphor (11.25 %). Nos résultats et ceux de Laib et Barbat (2011) sont différents de ceux indiqués par certains auteurs. **Kulevanova et al., (2000)** ont analysé la composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula officinalis* collectées de la montagne de Kozjak (Macedonia), ils ont trouvé 32 constituants avec une prédominance de linalool (25,7 %), linalyl acétate (23,2 %) et lavandulyl acetate (12,4 %) avec une dominance des composants mono terpéniques et la présence des hydrocarbures sesquiterpéniques et ses dérivés oxygénés. **Verma et al., (2009)** ont étudié la composition de l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula officinalis* cultivées à Uttarakand (Inde), ils ont identifié 37 composés monoterpéniques. Les composés majeurs étaient : linalyl acétate (47,56 %), linalool (28,06 %), lavandulyl acétate (4,34 %) et  $\alpha$ - terpineol (3,7 %).

**Sun Kim et Sun Lee (2002)** ont comparé la composition chimique des huiles essentielles de *Lavandula officinalis* obtenues par différentes méthodes d'extraction. Ils ont trouvé que le linalyl acétate (35,44 %) et le linalool (18,70 %) sont prédominants dans les huiles essentielles obtenues par distillation à la vapeur tandis que leurs valeurs étaient respectivement de 2,63 et 4,04 % dans le cas d'extraction par solvants ; 36,80 et 43,47 % dans le cas d'extraction par microonde. D'après ces résultats, on remarque que la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Lavandula officinalis* cultivée à Constantine est différente de celles obtenues dans de nombreux travaux sur la même espèce, avec une prédominance des composés mono terpéniques dans la plupart des cas, mais à des proportions différentes. Cette différence de composition est due probablement à diverses conditions notamment l'environnement, le génotype, l'origine géographique, la période de récolte, le lieu de séchage, la température et la durée de séchage, les parasites et la méthode d'extraction (**Svoboda et Hampson, 1999**).

## 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° 11:** Spectre UV visible de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis*.

La figure n° 26 présente le spectre d'absorption de l'huile essentielle pure de la *Lavandula officinalis*. L'huile essentielle absorbe dans l'UV avec une longueur d'onde entre  $\lambda=2604.00$  nm et  $\lambda=290.00$  nm.

| No. | Wavelength nm. | Absorbance | Description |
|-----|----------------|------------|-------------|
| 1   | 290.00         | 3.832      | /           |
| 2   | 1188.00        | 0.543      | O-H         |
| 3   | 1416.00        | 1.028      | /           |
| 4   | 1630.00        | 1.391      | $\nu$ C=C   |
| 5   | 1706.00        | 2.500      | $\nu$ C=O   |

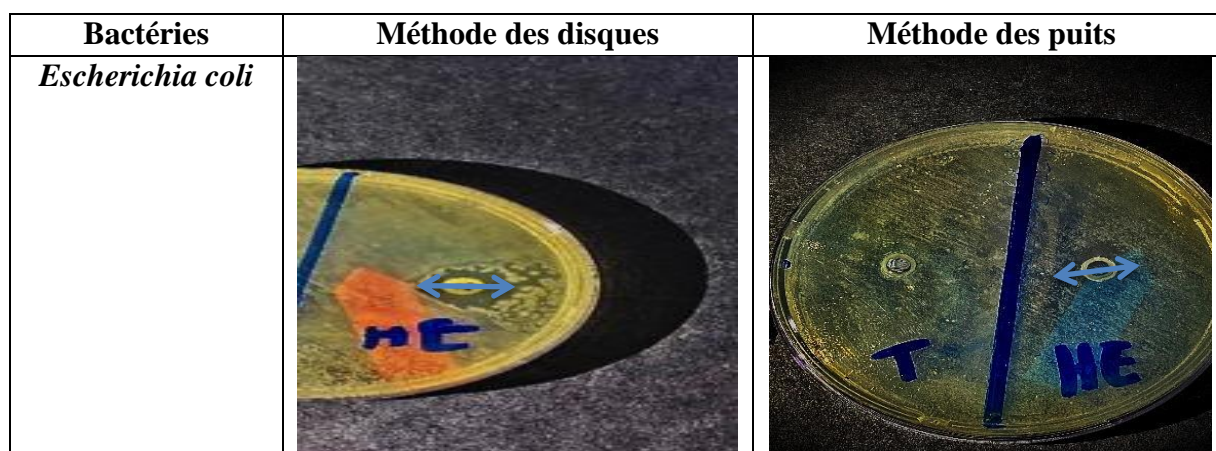
|    |         |       |       |
|----|---------|-------|-------|
| 6  | 1914.00 | 1.854 | /     |
| 7  | 2114.00 | 2.899 | /     |
| 8  | 2232.00 | 3.185 | /     |
| 9  | 2392.00 | 2.681 | /     |
| 10 | 2480.00 | 3.341 | /     |
| 11 | 2586.00 | 3.111 | v O-H |
| 12 | 2604.00 | 3.277 | v O-H |

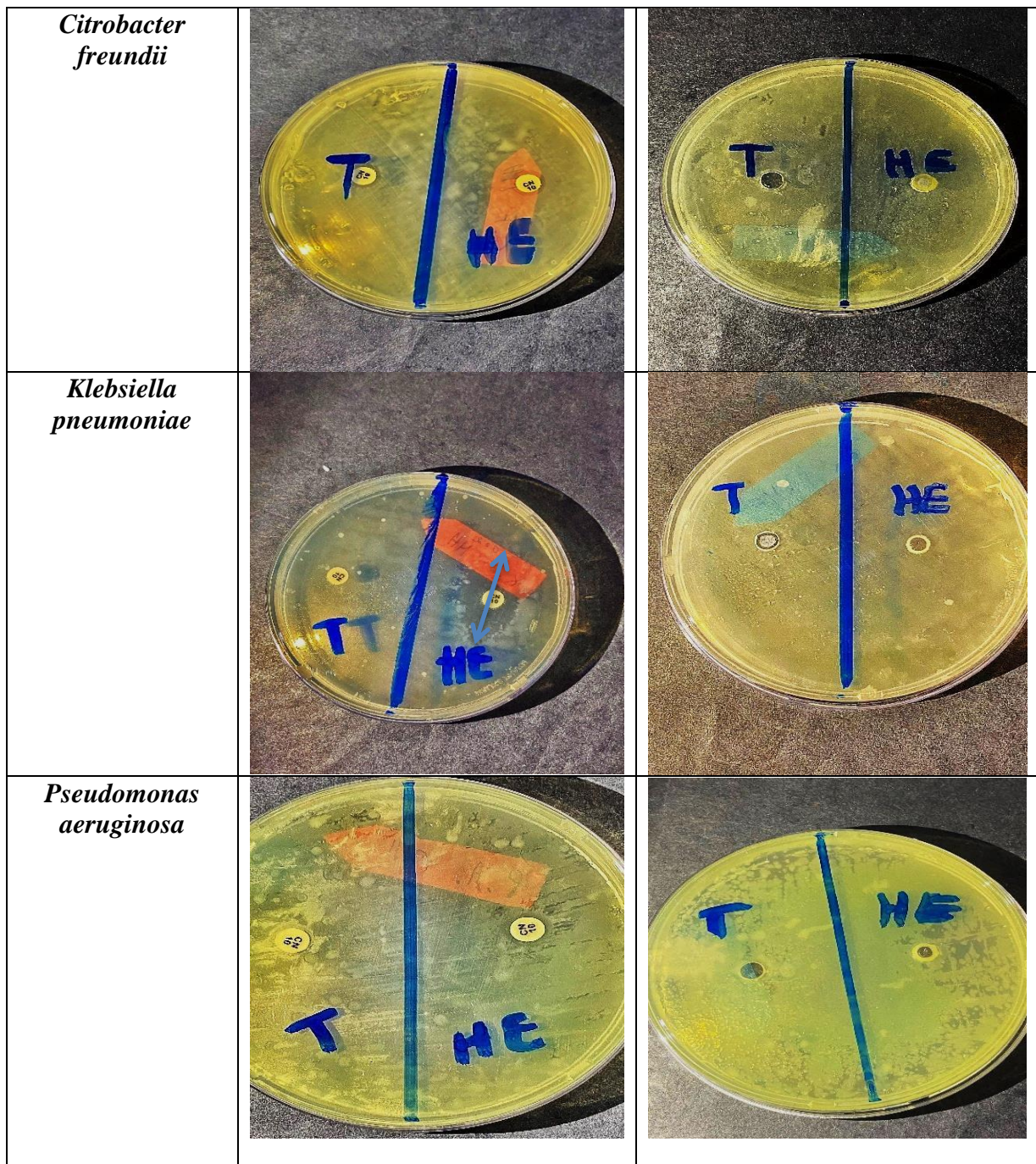
### 7. Activité antibactérienne:

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° 12:** 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>       | —   | 14,45<br>Sensible (+)                  | 13,46<br>Sensible (+)    |
| <i>Citrobacter freundii</i>   | —   | —                                      | —                        |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>  | —   | 26.43<br>Extrêmement sensible<br>(+++) | —                        |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | —   | —                                      | —                        |





**Figures n° 27:** Inhibition obtenu pour les souches bactériennes (Photo personnelle).

Selon Azara et Benyahia (2023), une activité modeste a été observée contre *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* avec une activité maximale de (8,3 mm à 10,3 mm) et 8,4 mm respectivement.

D'après les résultats de Bouzid et Zinai (2022), on constate que *Lavandula angustifolia* exerce une forte activité sur les bactéries Gram positive que les bactéries Gram négative. Les souches à Gram positif ont montré une sensibilité très importante allant de 29 mm - 48.33 mm pour *Staphylococcus aureus*, jusqu'à une inhibition totale pour, *Staphylococcus aureus* ATCC25923. Pour *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumoniae* on note une sensibilité plus au

moins faible  $9\pm 66$  et  $11$  respectivement, alors que pour *Escherichia coli* ATCC25922, la sensibilité est plus importante de  $29\pm 66$  mm.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'huile essentielle inhibe la croissance des bactéries avec des degrés de sensibilité différents. Cette sensibilité est attribuée principalement à l'activité antibactérienne des molécules lipophiles capables de pénétrer la double couche phospholipidique, entraînant alors un changement de conformation et un mauvais fonctionnement de la membrane cellulaire (Calsamiglia *et al.*, 2007).

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 géotypes, 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:**

De nos jours, l'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie présente un grand intérêt dans la recherche biomédicale. A la lumière de cette étude, nous avons réalisé une étude sur l'espèce *Lavandula officinalis* qui est une plante médicinale de la famille des Lamiaceae; parmi les familles les plus utilisées en médecine traditionnelle en Algérie.

L'étude phytochimique de l'extrait aqueux des tiges, feuilles et fleurs de la *Lavandula officinalis* a révélé la présence de quelques groupes chimiques; tanins, flavonoïdes et alcaloïdes.

Les résultats obtenus indiquent que le rendement d'extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation est de 0.9 %. L'analyse de la composition chimique par CCM a permis d'identifier 05 composés terpéniques qui sont: Acétate de linalyle, 1,8-cinéole, Bêta caryophyllène camphène, Ocimène et Linalol.

On peut conclure aussi que la capacité antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sur les germes cibles réalisée par la méthode des disques et la méthode des puits révèle un pouvoir antibactérien modeste sur les bactéries Gram négative.

Les huiles essentielles riches en principes actifs constituent un bon alternatif selon nombreuses études et peuvent être une source très importante de constituants phytopharmaceutiques utilisés pour éradiquer différentes infections.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AFNOR (1986).** Recueil des normes françaises afnor 1986. Eaux méthodes d'essai. Association française de normalisation.
- AFNOR (2000).** Série aérospatiale - Assurance qualité - Produits aérospatiaux en - Agrément du système qualité des fabricants.
- AFNOR NFT7-281 (2014).** Procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne - Détermination de l'activité bactéricide, fongicide, levuricide, mycobactéricide, tuberculocide sporicide et virucide incluant les bactériophages.
- Agnihotri A, Khatoon S, Shanta M. (2003).** Pharmacognostical evaluation of an antioxidant plant-Acorus calamus linn. Nat. Prod. Sci. 9(4): 264-269.
- Akhondzadeh S, Kashani L, Fotouhi A, Jarvandi S, Mobaseri M, Moin M, Khani M, Jamshidi AH, Baghalian K, Taghizadeh M. (2003).** Comparison of *Lavandula angustifolia* Mill. tincture and imipramine in the treatment of mild to moderate depression: a double-blind, randomized trial. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 27(1): 123-7.
- Anton R, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522p.
- Aounia M, Lakhdari S. (2019).** Biologie des huiles essentielles de la famille des Lamiaceae. Mémoire fin d'études. Université de M'sila (Algérie).
- 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. Page: 04.
- Azara DI, Benyahia K. (2023).** Évaluation de quelques activités biologiques d'une plante médicinale du genre *Lavandula* ; anti-oxydante, antifongique, antibactérienne, et antibiofilm. Mémoire de Master, filière : biotechnologies, spécialité: biotechnologie et biothérapie. Université frères Mentouri Constantine 1 .Page: 60.
- 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.
- Benabdelkader T. (2012).** Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de doctorat, Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Ecole normale supérieure de Kouba, Alger, 259 p.
- Botineau M. (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed: Tec et Doc, Lavoisier, Paris. Page: 1021-1043.
- Botton B, Bertron A, Fevere M, Gauthier S, Guph D, Plarpent J, Reymond P, Sanglier JJ, Vaysser Y, Veau S. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Ed : Masson collection biotechnologies, Paris.

- Bouacherine R., et 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.
- Bouguerra A, Zeghou K. (2009).** Etude des activités antioxydante et antibactérienne de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula stoechas* L. Mémoire d'ingénieur INATAA.
- Bouhaddouda, N. (2016).** Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local: *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. 205 p.
- Boulahia S, Kahleras M, Chenikher F. (2020).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne des deux plantes *Lavandula stoechas* et *Lavandula officinalis*. Mémoire de Master en sciences biologiques, spécialité microbiologie appliquée, université 8 Mai 1945 Guelma. Page: 1.
- 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.
- Bourrel C. (1993).** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Toulouse, France.
- Bouzi A, Zinai R. (2022).** L'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* sur des souches pathogènes multi résistantes. Mémoire de Master en biologie, option: microbiologie appliquée. Université Larbi Tébessi – Tébessa. Page: 34.
- Bruneton J. (1993).** Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales, (2<sup>ème</sup> édition). Technique documentation, Paris. p: 406, 410, 915.
- Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4<sup>ème</sup> édition). Lavoisier. 1292 pp.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. In: Technique et Documentation Lavoisier. Paris. pp: 418-419.
- Büyükokuroğlu ME, Gepdiremen A, Hacimüftüoğlu A, Oktay M. (2003).** The effects of aqueous extract of *Lavandula angustifolia* flowers in glutamate-induced neurotoxicity of cerebellar granular cell culture of rat pups. J Ethnopharmacol. 84(1): 91-4.
- 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.
- Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret, A. (2007).** Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. Journal of dairy science. 90(6): 2580–2595.
- Chaumont J.P, Leger D. (1989).** Propriétés antifongiques de quelques phénols et de composés chimiquement très voisin. Relation structure –activité. Plant Med. Phyto. 23(2): 124-126.

- Chevallier A. (2017).** Larousse des plantes médicinales. Editeur: Larousse. 336 pp.
- Choi Y. (2016).** Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *J. Dent. Hyg. Sci.* 39(7): 756-761.
- Clareton N (1999).** La Lavande, *Lavandula angustifolia* Mill. Thèse doctorat en pharmacie, Montpellier.
- Couderc VL (2001).** Toxicité des huiles essentielles. Thèse de grade Docteur Vétérinaire. Université Paul Sabatier de Toulouse, 61 p.
- Decaux I. 2002.** Phytothérapie: Mode d'emploi. Ed: le bien public. p: 6.
- 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.
- Di Carlo G, Mascolo N, Izzo AA, Capasso F. (1999).** Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci.* 65(4): 337-53.
- Dobros N, Zawada KD, Paradowska K. (2022).** Phytochemical Profiling, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of Plants Belonging to the *Lavandula* Genus. *Molecules.* 28; 28(1): 256.
- Dupont F, Guignard J. (2007).** Botanique, systématique moléculaire. Issy- les- Moulinaux: Masson, 285 pages.
- Edeoga HO, Okwu DE, Mbaebie BO. (2005).** Phytochemical Constituents of Some Nigerian Medicinal Plants. *African Journal of Biotechnology.* 4, 685-688.
- 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.
- Elhajili M, Baddouri K, Elkabbaj S, Meiouat F, Settaf A. (2001).** Diuretic activity of the flowers infusion of *Lavandula officinalis*. *Reprod Nutr Dev.* 41(5): 393-9.
- EL-Haoud H, Boufellous M, Berran A, Tazougart H, Bengueddour R. (2018).** Screening phytochimique d'une plante medicinale: *Mentha spicata* L. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 7(4): 226-233.
- European Medicine Agency. (2012).** Assessment report on *Lavandula angustifolia* Miller, aetheroleum and *Lavandula angustifolia* Miller, flos.
- Faridzadeh A, Salimi Y, Ghasemirad H, Kargar M, Rashtchian A, Mahmoudvand G, Karimi MA, Zerangian N, Jahani N, Masoudi A, Sadeghian Dastjerdi B, Salavatizadeh M, Sadeghsalehi H, Deravi N. (2022).** Neuroprotective Potential of Aromatic Herbs: Rosemary, Sage, and Lavender. *Front Neurosci.* 28, 16: 909833.
- 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.

**Fascella G et al., (2020).** Agronomic performance, essential oils and hydrodistillation wastewaters of *Lavandula angustifolia* grown on biochar-based substrates. *Industrial Crops and Products*. 154(13), 112733.

**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 hydro-thermo 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.

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

**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 J.P, 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.

**Khireddine 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.

**Krief S. (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda: Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de doctorat en écologie et chimie des substances naturelles. Muséum national d'histoire naturelle. Paris.

**Kulevanova S, Stetkov G, Ristic M. (2000).** Examination of and essential oils of *Lavandula officinalis* grown on mountain KOZJAK (MACEDONIA). *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*, 19(2): 165-169.

**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.

**Laib I, Barbat M. (2011).** Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*, *Revue de génie industriel*, 6, 46-54.

- Langenheim JH (1969).** Amber: a botanical inquiry. *Science*. 163(872): 1157-1169.
- Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. p: 4-5.
- 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. Appl. Microbiol.* 28(4): 291-296.
- Meynadier J.M, Raison-Peyron N. (1997).** Allergie aux parfums. *Re. Fr. Allergol.* 37(5): 641-650.
- Mohammedi Z, Atik F. (2011).** Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie.* 6, 34-39.
- Morin P, Richard H. (1985).** Thermal degradation of linalyl acetate during steam distillation inproc., 4 Fh Weurman Flav. Res. Symp. Elsevier Science. Publ. B.V. Amsterdam., pp 563-576.
- Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. 2000.** The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Reports.* 17(3): 215-34.
- Nikfarjam M, Parvin N, Assarzaghan N, Asghari S. (2013).** The Effects of *Lavandula angustifolia* Mill Infusion on Depression in Patients Using Citalopram: A comparison Study. *Iran Red Crescent Med J.* 15(8), 734-9.
- Pare 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 RR, Moyse H. (1976).** Précis de matière médicale, Tome1, deuxième édition, Masson, Paris.
- Pellecuer J, Roussel JL, Andary C. (1980).** Recherche du pouvoir antifongique de quelques huiles essentielles. *Rivista Italiana Essenza (EPPOS).* 23, 45-50.
- Pingot A. (1998).** Les huiles essentielles. Ed : Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 230- 236.
- Ponce A.G, Fritz R, Del Valle C, Roura S.I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologic.* 36, 679-684.
- Robert A, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 522 p.
- Ryley C. (1998).** Roman gardens and their plants. Sussex Archaeological Society, Lewes England. 56 pp.
- 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 Kontaktekzemen. Umweltbundesamtes.

**Shaikh JR, Patil MK. (2020).** Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *Int J Chem Stud.* 8(2): 603-608.

**Sidi Boulenouar K, Ziane A. (2003).** Etude phytochimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. de la région de Tlemcen. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études supérieur en biologie. Option : Biochimie. Faculté des Sciences. Univ. ABB. Tlemcen, p 54.

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

**Stahl E (1978).** Thin-layer Chromatography: A Laboratory Handbook, Kuo Hsing, 1041 p.

**Sun Kim N, Sun Lee DS. (2002).** Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 982, 31-47.

**Sutour S. (2010).** Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthes de corse et de kumquats thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de corse discipline : chimie organique et analytique, page 8 ; 9 ; 10, 11, 12, 43.

**Svoboda KP, Hampson JB. (1999).** Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW.

**Thi Dao V. (2008).** Effet de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez *Datura innoxia* Mill. cultivé en conditions hors sol; impact des facteurs biotiques et abiotiques. Thèse de doctorat en Sciences agronomiques. Institut National Polytechnique de Lorraine. France.

**Thierry 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.

**Tuttolomondo T, Dugo G, et al (2015).** Study of quantitative and qualitative variations in essential oils of Sicilian *Rosmarinus officinalis* L. *Nat. Prod. Res.* 29(20):1928-1934.

**Urquiaga I, Leighton F. (2000).** Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biological Research.* 33(2): 55 64.

**Verma RS, Laiq U, Rahman S, Chandan S, Chanotiya K, Rajesh K, Chauhan A, Yadav A, Singh A. (2009).** Essential oil composition of *Lavandula officinalis* cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. *J. Serb. Chem. Soc.* 75(3): 343-348.

**Viollon C, Chaumont JP. (1994).** Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. Mycopathologia. 128(3): 151-153.

**Willem J-P. (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 A.A, Moudachirou M, Chalchat JCC. (2004).** Chimie 7, 1013–1018.

**Zakarya D, Fathallah T, Chascnette 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 A.Z, 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: 28/01/2024 à 17:55.

**Site n° 02 :** Échelle de Brix, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Échelle\\_de\\_Brix](https://fr.wikipedia.org/wiki/Échelle_de_Brix). Consulté le: 17/03/2024 à 20:55.

**Site n° 03 :** Quel est le pH d'une huile essentielle ?, <https://www.danielefesty.com>. Consulté le: 25/03/2024 à 00:20.