

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : des sciences

DEPARTEMENT : de chimie

N° .....



DOMAINE: Science de la matière

FILIERE : Chimie

OPTION : Chimie Pharmaceutique

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

Par :

**CHARIK Safia – KADRI Yamina**

**Intitulé**

**Criblage phytochimique et extraction  
des huiles essentielles de l'espèce  
*lavandula officinalis***

**Soutenu devant le jury composé de :**

**Presidente:** O. BELHADDAD

**Examinatrice:** K. BOUCHELOUCHE

**Encadreur :** S. MOHAMADI

Université Mohamed Boudiaf –M'sila

Université Mohamed Boudiaf –M'sila

Université Mohamed Boudiaf –M'sila

**Année universitaire : 2019/2020**

## *Remerciements*

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au laboratoire de graduation et de chimie à l'université M'sila.

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la force nécessaire pour réaliser ce travail.

Le grand merci à notre encadreur **Dr. S. MOHAMADI** enseignante à l'université de M'sila, pour son aide, sa disponibilité et ses orientations qui nous ont permis de mener à bien l'ensemble de nos recherches.

Nos remerciements s'adressent également au **Dr. O. BELHADDAD** et à **Dr. K. BOUCHELOUCHE** pour avoir bien voulu mobiliser de leurs temps pour juger ce travail.

Nous remercions également à tous les membres du laboratoire, enseignants, à toute personne qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

# Dédicace

*J'ai le grand honneur de dédier ce travail :*  
*Au bon Dieu qui m'a donné la force et le courage de*  
*continuer et*  
*qui m'a éclairé le chemin tout le long de ma vie.*  
*A ceux qui m'ont donnée la vie, la lumière de mes yeux*  
*mes très chers*  
*parents « qui m'ont entourée de leur amour, leur soutien et*  
*leur affection et qui*  
*m'ont énormément aidée pour ma réussite*  
*(MOHAMED, SABAH).*

*Avec toute ma fidélité et tout mon amour pour vous, mes*  
*parents, je ne*  
*pourrai jamais égaler votre mérite et je prie Dieu de me*  
*les protéger.*

*A mes très chers frères (AHMED, AHMED)*  
*A mes très chères sœurs (NOURA, ASMA).*

*Kadri yamina*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents que Dieu les garde*

*(MOUSSA, SAÏDA).*

*A mes très chers frères (BADREDDINE,*

*ABDESSAMME)*

*A mes très chères sœurs (RATIHA, DOUMNA*

*,MALAK, AMIRA).*

*A toute ma famille CHARIK ET TOUJOUR*

*A ma binôme YAMINA, et mes meilleurs amies (Best friends for*

*ever) DOUMNA, SARAT, YOUSRA, AMINA,*

*MOUMNA, AMEL, KANZA, ASMA, KAOUÛLA.*

*A tous mes amis.*

*A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation*

*de ce travail.*

**CHARIK SAFIA**

## Résumé

*lavandula officinalis* est une plante aromatique et médicinale, appartenant à la famille des lamiacées largement utilisé en médecine traditionnelle Algérienne.

L'objectif de cette étude est la caractérisation des métabolites secondaires et l'extraction des huiles essentielles par hydro-distillation des parties aériennes de l'espèce *lavandula officinalis*.

Le screening phytochimique a mis en évidence la présence de différents groupes de métabolites secondaires en quantité abondante tels que : les flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, térpenoïdes, stéroïdes les mucilages, ...etc.,

L'huile essentielle a fourni un rendement de 0,5% .

**Mots clés :** *lavandula officinalis*, Lamiaceae, Flavonoïdes .

## Abstract :

*lavandula officinalis* is an aromatic and medicinal plant, belonging to the lamiaceae family widely used in traditional Algerian medicine.

The objective of this study is the caractérisation of secondary metabolites and the extraction of essential oils by hydro-distillation of the aerial parts of *lavandula officinalis* species.

The phytochemical screening revealed the presence of different groups of secondary metabolites in abundant quantities such as: flavonoids, tannins, alkaloids, terpenoids, steroids, mucilages, etc.,

The essential oil provided a yield of 0.5%.

**Key words:** *lavandula officinalis*, Lamiaceae, Flavonoids.

## المخلص:

الخزامة *lavandula officinalis* هو نبات عطري وطبي ، ينتمي إلى العائلة الشفوية lamiaceae المستخدمة على نطاق واسع في الطب التقليدي الجزائري.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الأيضات الثانوية واستخراج الزيوت العطرية عن طريق التقطير المائي للأجزاء الهوائية لنوع الخزامة *lavandula officinalis*.

كشف الفحص الكيميائي النباتي عن وجود مجموعات مختلفة من الأيضات الثانوية بكميات وفيرة مثل: الفلافونويد ، التانين، القلويدات ، التربينويدات ، المنشطات ، الصمغ ، إلخ.

وفر الزيت العطري مردودا بنسبة 0.5%.

**الكلمات المفتاحية:** الخزامة، العائلة الشفوية، فلافونويد.

## *Liste des abréviations*

- **C** : Carbone
- **°C** : Degrés Celsius
- **Cm** : Centimètre
- **FeCl<sub>3</sub>**: Chlorure de fer.
- **HCl** : Acide chlorhydrique
- **HE** : huile essentielle.
- **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Acide sulfurique.
- **G** : gramme
- **MHE** : la masse d'huile essentielle.
- **min** : Minute
- **ml** : millilitre
- **MS** : la masse de la matériel végétale sèche.
- **NaCl** : Chlorure de sodium.
- **Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Sulfate de sodium.
- **nm**: nanomètre
- **NH<sub>4</sub>OH** : hydroxide d'ammonium.
- **OH** : hydroxyles.
- **%** : Pourcentage
- **RHE** : Le rendement en huile essentielle.
- **UV** : Ultra-violet.

# Liste des Figures

<b>Figure 1 :</b> Aspect d'une plante du genre <i>Lavandula</i> .....	6
<b>Figure 2:</b> monographie de <i>Lavandula officinalis</i> .....	8
<b>Figure 3:</b> répartition géographique mondiale de <i>Lavandula officinalis</i> .....	9
<b>Figure 4:</b> Carte géographique de répartition de <i>Lavandula officinalis</i> .....	9
<b>Figure 5:</b> Structure de base d'acide hydroxy-benzoïque.....	14
<b>Figure 6:</b> Structure de base d'acide hydroxy-cinnamique.....	14
<b>Figure 7:</b> Structure de base des coumarines.....	15
<b>Figure 8:</b> Structure de base des flavonoïdes .....	16
<b>Figure 9 :</b> Structure générale des anthocyanes (Le cation flavylum).....	18
<b>Figure 10:</b> Structures des tanins hydrolysables et condensés.....	19
<b>Figure 11:</b> Exemples d'alcaloïdes hétérocycliques.....	20
<b>Figure 12:</b> Structure chimique de l'isoprène.....	21
<b>Figure 13:</b> La distillation par entrainement a la vapeur d'eau.....	24
<b>Figure 14:</b> Montage d'hydrodistillation.....	24
<b>Figure 15:</b> la plante de <i>lavandula officinalis</i> .....	26
<b>Figure 16 :</b> Le séchage du plante.....	26
<b>Figure 17:</b> Poudre de lavande.....	26
<b>Figure 18:</b> Préparation de l'infusé à 5%.....	27
<b>Figure 19:</b> préparation de la matière végétale.....	30
<b>Figure 20:</b> Appareil expérimental de Clevenger.....	31
<b>Figure 21:</b> Les différentes étapes d'extraction de l'huiles essentielles <i>lavandula officinalis</i> .....	31

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1:</b> Les classes les plus importantes des composés phénoliques dans les plantes.....	<b>13</b>
<b>Tableau 2 :</b> Les principales classes de flavonoïdes.....	<b>16</b>
<b>Tableau 3 :</b> Les résultats de l'étude phytochimique.....	<b>33</b>
<b>Tableau 4 :</b> propriétés organoleptiques d'huile essentielle des feuilles et fleurs de <i>Lavandula officinalis</i> .....	<b>36</b>
<b>Tableau 5:</b> Rendement en HE de <i>lavandula officinalis</i> obtenu par hydrodistillation.....	<b>36</b>
<b>Tableau 6:</b> La comparaison des rendements avec les travaux antérieurs .....	<b>37</b>

# SOMMAIRE

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

## Partie 1: Synthèses bibliographiques

### Chapitre I : Rappels bibliographiques sur la plante étudiée

1. La famille lamiacées.....	3
1.1. Généralité .....	3
1.2. Description botanique des Lamiacées.....	3
1.3. L'importance de la famille des Lamiacées.....	3
1.4. L'intérêt économique de la famille des Lamiacées.....	4
1.5. Phytothérapie des Lamiacées .....	4
2. Le genre <i>Lavandula</i> .....	4
2.1. Usage traditionnelle du genre <i>lavandula</i> .....	5
2.2. Caractéristiques botaniques du genre <i>Lavandula</i> .....	6
2.3. Composition chimique.....	6
2.4. Principales espèces .....	7
3. Etude phytochimique et botanique de l'espèce <i>Lavandula officinalis</i> .....	7
3.1. <i>Lavandula officinalis</i> .....	7
3.2. Description botanique .....	8
3.3. Répartition géographique.....	8
3.4. Classification.....	9
3.5. Culture.....	10
3.6. Métabolites secondaires isolées de l'espèce <i>Lavandula officinalis</i> .....	10
3.7. Propriétés médicinales .....	10
3.8. Toxicité .....	11

### Chapitre II : Les métabolites secondaires

Introduction.....	12
1. Définition des métabolites secondaires.....	12

2. Fonctions des métabolites secondaires.....	12
3. Classification des métabolites secondaires .....	12
3.1. Les polyphénols.....	13
3.1.1. Les acides phénoliques.....	14
3.1.2. Les coumarines .....	15
3.1.3. Les flavonoïdes.....	15
3.1.3.1. Les principales classes des flavonoïdes.....	17
3.1.3.2. Propriétés chimique et rôle biologique des flavonoïdes.....	17
3.1.3.2.1. Propriétés chimique.....	17
3.1.3.2.2. Rôle biologique des flavonoïdes.....	17
3.1.3.3. Localisation des flavonoïdes.....	18
3.1.4. Les tanins.....	18
3.1.4.1. Classification des tannins .....	18
3.1.4.2. Utilisation des tannins .....	19
3.2. Les alcaloïdes.....	19
3.2.1. Intérêts des alcaloïdes.....	20
3.3. Les tèrepenoïdes.....	21
3.3.1. Les huiles essentielles.....	22
3.3.1.1. Rôle des huiles essentielles.....	22
3.3.1.2. Propriétés physiques .....	22
3.3.1.3. Composition chimique des huiles essentielles .....	23
3.3.1.4. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	23
3.3.1.4.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	23
3.3.1.4.2. Hydrodistillation.....	23
3.3.1.4.3. Extraction par expression .....	24
3.3.1.5. Toxicité des huiles essentielles.....	24

## **Partie 2: Partie expérimentale**

### **Chapitre I: Matériels et méthodes**

1. Matériels.....	26
1.1. Matériels végétales.....	26
2. Méthodes.....	27
2.1. Criblage phytochimique.....	27
2.1.1. Préparation des solutions .....	27

2.1.2. Tests chimiques d'identification.....	28
2.1.2.1. Recherche des tanins totaux.....	28
2.1.2.2. Recherche des mucilages.....	28
2.1.2.3. Recherche de saponoside.....	28
2.1.2.4. Recherche des coumarines.....	28
2.1.2.5. Recherche des flavonoïdes libres.....	29
2.1.2.6. Recherche des anthocyanes.....	29
2.1.2.7. Recherche des alcaloïdes.....	29
2.1.2.8. Recherche des stérols et des triterpènes.....	29
2.2. Extraction des huiles essentielles de <i>Lavandula officinalis</i> par hydro-distillation.....	30
2.2.1. Principe.....	30
2.2.2. Mode opératoire.....	30
2.2.3. Caractérisation des huiles essentielles.....	32
2.2.3.1. Propriétés organoleptiques.....	32
2.2.4. Calcul de rendement.....	32

## **Chapitre II : Résultats et discussions**

1. Criblage phytochimique de la plante <i>Lavandula officinalis</i> .....	33
2. Extraction de l'Huile Essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> .....	36
2.1. Caractérisation de l'huile essentielle.....	36
2.1.1. Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> .....	36
2.2. Le rendement d'extraction.....	36
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>39</b>

### **Références bibliographiques**

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies, ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologique (**Belaidi, 2018**).

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir des nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Maurice, 1997**).

Les activités biologiques de ces plantes résident principalement dans leur richesse en métabolites secondaires. Ces derniers représentent une variété très large de composés organiques sans fonction directe dans la croissance et le développement des plantes.

Il existe plusieurs groupes de ces métabolites d'origine végétale telle que les saponines, les tanins, les flavonoïdes et les huiles essentielles (HE). Chaque groupe de ces derniers regroupe un ensemble de molécules qui possèdent des activités particulières.

Les huiles essentielles représentent un groupe très intéressant. Elles sont dotées de propriétés antimicrobiennes et anti-oxydantes les rendant intéressants comme nouveaux produits, ou comme des alternatives naturels pouvant remplacer les molécules synthétiques doués des mêmes propriétés (**Stanieret et al, 1966**).

La famille des lamiacées riche en espèces aromatiques utilisées en médecine traditionnelle et en pharmacie dont la plupart ont une importance écologique et économique due à leur production d'huiles essentielles (**Marin et al, 2005**). Un très grand nombre de genres de la famille des Lamiaceae sont des sources riches en terpénoides, flavonoides et iridoïdes glycosylés

A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces de la famille des Lamiacées : la lavande (*Lavandula officinalis*), celle-ci est utilisée comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant (**Bouhdid et al, 2006**).

L'objectif de ce travail est d'identifier les composés chimiques de l'espèce *Lavandula officinalis* par criblage phytochimique et d'extraire son huile essentielle

Ce travail est scindé en deux parties :

➤ La première partie (synthèse bibliographique) représente une partie bibliographique consacré à une étude botanique et phytochimique générale de la famille des lamiacées et du genre et de l'espèce de *Lavandula officinalis*. et comportent des généralités sur les métabolites secondaires des extraits des plantes.

➤ La deuxième partie (partie expérimentale) illustre le matériel et méthodes avec une présentation de la technique d'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* et la détermination de différentes classes des familles chimiques par criblage phytochimique ainsi que les résultats obtenus.

**Partie 1 :**  
**Synthèses bibliographiques**

# **Chapitre I**

## **Rappels bibliographiques sur la plante étudiée**

## 1. La famille Lamiacées

### 1.1. Généralité

La famille des Lamiacées connue également sous le nom des Labiées, Labiées dérive du nom latin "labium" qui signifie lèvre, en raison de la forme particulière des corolles (**Bouhaddouda, 2016**).

La famille des Lamiacées est l'une des premières familles à être distingués par les botanistes, les Lamiacées sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales. Cette famille comprend environ 260 genres et plus de 6500 espèces (**Spichiger et al, 2004**).

### 1.2. Description botanique des Lamiacées

Les Lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois arbrisseaux ou ligneuses (**Botineau, 2010**).

Les feuilles généralement simples, opposées-décussées et souvent garnies de poils ou de glandes à huiles essentielles. La section de la tige est généralement quadrangulaire. La fleur typiquement zygomorphe a deux lèvres, plus rarement a un lèvre *Ajuga, Teucrium*, parfois à symétrie radiaire *Mentha, Lycopus*, hermaphrodite mais dont les organes femelles peuvent être atrophiés *Mentha, Nepta*; calice pentamère à pièces souvent soudées (parfois bilabié), généralement terminées par des dents ou des aiguillons; corolle à 5 pétales soudés; androcée à 4 étamines; gynécée à 2 carpelles soudés mais formant 4 loges distinctes contenant chacune un ovule basal et ovaire supère. Inflorescence un racème (*Scutellaria*), ou une cyme bipare à l'aisselle de bractées, fleurs disposées en verticilles ou contractées en glomérule parfois terminal. Fruit typiquement un tétrakène (formé de 4 nucules) (**Philippe, 2014**).

### 1.3. L'importance de la famille des Lamiacées

Cette famille contient une grande variété de produits chimiques. Une large gamme de composés tels que les terpénoïdes, les iridiods, les composés phénoliques et les flavonoïde sont été signalés (**Richardson, 1992**).

40% des espèces de la famille des Lamiacées contiennent des composés qui possède des propriétés aromatiques (**Verse, 2007**). En raison des huiles essentielles (HE) produits

dans glandulaire, les poils sont répartis sur les organes aériennes de la végétation et de la reproduction (Marija et al, 2008).

#### 1.4. L'intérêt économique de la famille des Lamiacées

Les membres de la famille sont utilisées pour différents but, mais nous pouvons grouper leurs utilisations en trois catégories principales: les médicaments, l'ornement et les parfums (Tomas-Barberan, 2001).

Cette famille est une importante source d'huiles essentielles et antibiotiques naturels pour l'aromathérapie et la parfumerie même si les parfums de synthèse tendent à remplacer ces essences. L'industrie des cosmétiques utilise également les Lamiacées pour leurs propriétés hydratantes et souvent antiseptiques. On y rencontre beaucoup d'espèces cultivées comme plantes condimentaires (sauge, thym, basilic, menthe etc.), On y trouve aussi des plantes ornementales (sauge par exemple) tant en extérieur qu'en intérieur (coléus) (Yuan et al, 2010).

#### 1.5. Phytothérapie des Lamiacées

En phytothérapie, on emploie les fleurs séchées. Les principaux composants pharmacologiques sont l'hydroxycoumarine, les tannins, les dérivés d'acide caféique et l'essentiel contenant du linalol et de l'acétate d'inlay.

Légèrement sédatif, est aussi diurétique, sudorifique, vermifuge et stimulante. Elle donne des résultats probants contre les maux de tête, le vertige, la nausée et les bouffées de chaleur. En cas de manque d'appétit, de ballonnements, de nervosité, de neurasthénie, de palpitations cardiaques, d'asthme, de grippe, de faiblesse générale, de troubles du foie et de la rate, de jaunisse, de congestion, de pertes blanches et de faiblesse des yeux, elle fait merveille (Aichaoui et al, 2019).

## 2. Le genre *Lavandula*

Le nom *Lavandula* vient du latin lavare qui signifie laver. La *Lavande* était ainsi nommée par les Romains car ils parfumaient leurs bains avec cette plante (Chu et Kemper, 2001).

Le genre *Lavandula* est l'un des plus importants genres de la famille des Lamiacées sous-arbrisseaux aromatique produisant une essence odorante très utilisée en cosmétique médecine et alimentation (fourrager) (Bachiri et al, 2015).

### 2.1. Usage traditionnelle du genre *Lavandula*

L'utilisation de la *Lavande* remonte à des temps très anciens, Dans l'Antiquité, on l'employait en parfumerie et en médecine, ainsi que comme cosmétique, pour parfumer l'eau du bain et adoucir la ligne (FABIANI et al, 2002).

*La Lavande* a une longue histoire en usage médicinal, beaucoup de variétés sont cultivées autour du monde mais au moins cinq espèces différentes sont employées en médecine. Elle a été employée par les Romains et l'Afrique du nord pour parfumer les bains et entretenir le linge. L'armée romaine l'utilisait comme désinfectant. On dit que les égyptiens employaient la fleur de *Lavande* dans le processus de momification. Dans la médecine chinoise traditionnelle, la *Lavande* été utilisée pour traiter l'infertilité, l'infection, l'angoisse et la fièvre. La médecine arabe l'employait pour les problèmes des reins et comme stomachique.

Au Moyen Âge, ses pouvoirs désinfectants étaient reconnus et on en faisait des fumigations et des emplâtres destinés à combattre la peste, d'ailleurs Hildegarde de Bingen vante ses vertus antiseptiques et dépuratives. Pour Matthiolo, la *Lavande* est une panacée, elle traite les spasmes du cerveau, les convulsions et les paralysies, elle conforte l'estomac, délivre le foie et la rate, échauffe la matrice et provoque les règles dit -il.

Dans la même époque, cette plante fut utilisée pour la composition de parfums et de médicaments.

Au XVIIe siècle, la *Lavande* fut reconnue pour guérir, outre les maladies nerveuses, les affections coliques et les catarrhes pulmonaires.

Au XVIIIe siècle, on la dénomme la plante céphalique (pour soulager les maux de tête) (Jean, 2009).

## 2.2. Caractéristiques botaniques du genre *Lavandula*

Le genre *Lavandula* se compose d'environ 28 espèces, qui sont dans la plupart d'origine méditerranéenne (Maganga, 2004), c'est un sous-arbrisseau à tiges et feuilles persistantes jusqu'à 1 mètre de longueur étroit et vert pâle, peuvent s'étendre du gris bleuâtre profonde au vert à brun pâle (Chu et Kemper, 2001), les fleurs présentent une couleur bleu – violet, cependant il existe d'autres variétés à fleurs blanches et roses, l'ensemble de la plante est très aromatique (Allaby, 1992).

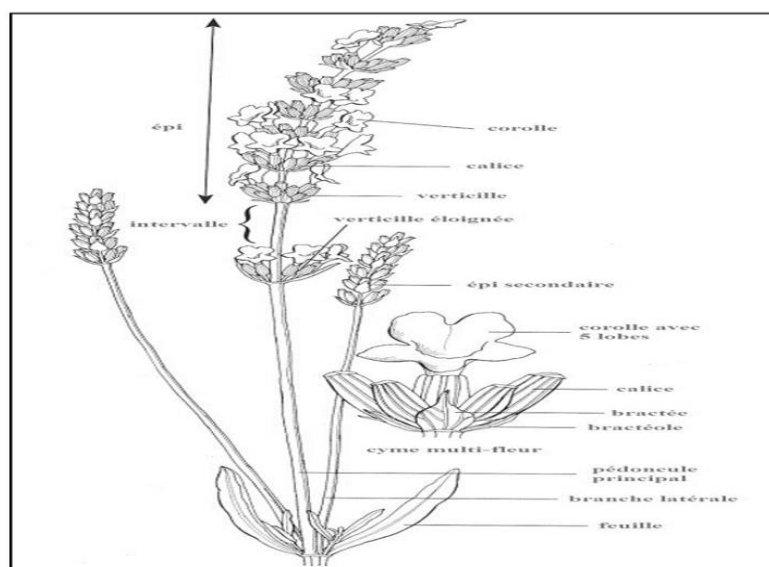


Figure 1 : Aspect d'une plante du genre *Lavandula*.

## 2.3. Composition chimique

Des études phytochimiques du genre *Lavandula* ont révélé plus d'une cinquantaine de composés chimiques qui varient qualitativement et quantitativement d'une espèce à une autre, selon le chémotype et l'environnement.

Les principaux constituants chimiques potentiellement actifs qu'on peut trouver dans le genre *Lavandula* sont :

- **Monoterpenes:**  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -ocimene, camphre, limonene, p-cymene, sabinene, terpinene.
- **Monoterpenes alcools:**  $\alpha$ -terpinol, borneol, lavandulol, linalool, p-cymen-8-ol, transpivocarvol

- **Monoterpenes aldéhydes:** aldéhyde de cumin
- **Monoterpenes éthers :** 1,8-cineole
- **Monoterpenes esters :** acétate de linalyl , acétate de terpenyl
- **Monoterpenes cétones :** carvone, coumarine, cryptone, fenchone, methylheptenone, noctanone, nopinone, p-methylacetophenone
- **Benzenoides:** eugénol , coumarine, carvacrol , acidehydroxycinnamique, acide rosmarinique, thymol .
- **Sequiterpenes:** caryophyllene, oxyde de caryophyllene,  $\alpha$ -photosantanol ,  $\alpha$ -santalal,  $\alpha$ -norsantalenone
- Quelques traces d'autres composés tels que les flavonoïdes (MESSARA, 2012).

## 2.4. Principales espèces

Le genre *Lavandula* se compose d'environ 39 espèces indigènes des îles atlantiques, de l'Inde de la région méditerranéenne, du Moyen -Orient, de l'Afrique du Nord et occidentale.

Ces espèces divisées en plusieurs sous espèces. Cette multiplicité est sans doute due aux facultés d'adaptation et d'hybridation de cette plante. On peut les classer en 2 principales espèces de *Lavande*: La *Lavande* vraie ou officinale ou fine (*Lavandula angustifolia* ou *Lavandula officinalis*, *Lavandula Vera*): Est l'espèce la plus prisée grâce à la qualité de l'huile essentielle qu'elle fournit. Son parfum est plus odorant par rapport aux autres espèces.

Il existe également une autre espèce qui est la *Lavande* aspic ou *Lavande* sauvage (*Lavandula Spica* ou *Lavandula latifolia*) (Bruneton Jean, 1999).

## 3. Etude phytochimique et botanique de l'espèce *Lavandula officinalis*

### 3.1. *Lavandula officinalis*

La *Lavande officinale* ou *Lavande vraie*, *Lavandula angustifolia* Mill, est une espèce végétale de la famille des Lamiacées. Elle pousse à l'état sauvage en Provence mais peut être cultivées dans des régions plus septentrionales. Les petits rameaux portent les feuilles à de couleur mauve pale à violette au sommet. On dénombre plus d'une centaine de variétés de *Lavande* dont les propriétés sont très différentes. Les dénominations

latines *Lavandula angustifolia* Mill et *Lavandula officinalis* désignent la même plante (Toninoli et Meglioli, 2013).

### 3.2. Description botanique

*Lavandula officinalis* est un arbrisseau buissonnant pouvant atteindre 1 m de hauteur. Les feuilles, linéaires et de couleur gris vert, ont une longueur variant entre 3 et 5 cm. La tige est ligneuse. Les Fleurs sont bleues groupées à l'aisselle de bractées ovales au sommet de rameaux fertiles formant des sortes d'épis un peu lâches, très aromatiques (Laibe et Barket, 2011).



Figure 2: Monographie de *Lavandula officinalis*.

### 3.3. Répartition géographique

*Lavandula officinalis* ne pousse qu'en altitude, à partir de 700 mètres et jusqu'à 1200 mètres sur les versants ensoleillés uniquement, orientés sud, sud-ouest, pour produire le maximum d'huile essentielle dont la qualité augmente avec l'altitude. Elle croît sous un climat tempéré et doux sur les sols pauvres et rocheux, sableux ou graviers. Elle aime les sols bien drainés pour permettre à ses racines de s'étendre et de résister aux intempéries.

A l'état sauvage, on la trouve essentiellement en Provence mais elle est également cultivée dans d'autres régions françaises: coteaux arides des montagnes du Midi, Jura, Alpes, Cévennes, Pyrénées, Corse.

Au niveau mondial, la *Lavande officinale* se retrouve beaucoup en Europe sur les reliefs: Angleterre, Espagne, Portugal, Allemagne, Suède, Sardaigne, Sicile, Italie, Grèce, mais aussi en Algérie et très peu aux Etats Unis (Florine Harnist, 2013).

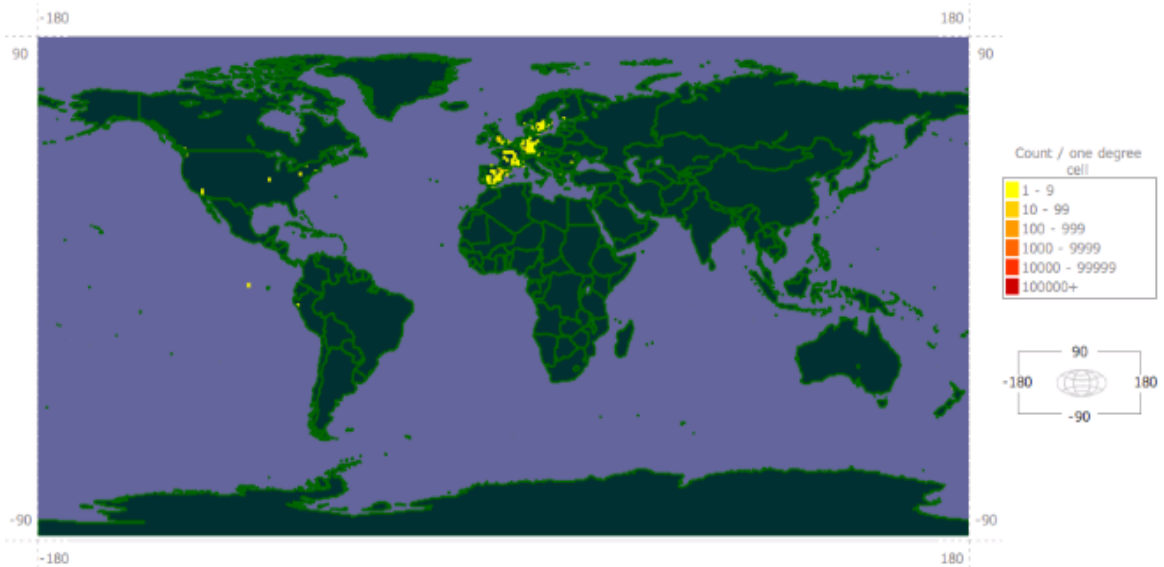


Figure 3: Répartition géographique mondiale de *Lavandula officinalis*.



Figure 4: Carte géographique de répartition de *Lavandula officinalis*.

### 3.4. Classification

- **Règne:** Plantes
- **Sous règne:** Plantes vasculaires
- **Classe:** Dicotyledones
- **Sous classe :** Dialypétales

- **Ordre:** Lamiales (Labiales)
- **Famille:** Lamiaceae
- **Genre:** *Lavandula*
- **Espèce:** *Lavandula officinalis*

### 3.5. Culture

Ces plantes se plaisent au soleil, dans un sol fertile, bien drainé, indifféremment acide ou calcaire. La rusticité varie selon les espèces, mais la plupart sont assez rustiques, pour peu que leurs pousses s'aoutent bien lors d'un automne chaud. La plante est multipliée par semis ou bouturage en été. Elles peuvent être plantées en haies ou de manière isolée (**Geoff Burnie**).

### 3.6. Métabolites secondaires isolées de l'espèce *Lavandula officinalis*

*La Lavande vraie* renferme 0,5 à 3% d'huile essentielle, dans laquelle on trouve :

- Acétate de linalyle (40 à 50%)
- Linalol (30 à 40%), en partie libre et en partie combiné avec l'acide acétique, butyrique et valérianique.
- Géraniol, Pinène, Acides-phénols, Bornéol, Cinéol, Ethylamylcétone (elle donne l'odeur de la *Lavande*).

On trouve également dans les sommités fleuries les substances, telles que : Coumarines, flavonoïdes, tanins (**Jean, Philippe Zahalaka, 2009**).

### 3.7. Propriétés médicinales

*La Lavande* est utilisée contre plusieurs maladies, y compris, les spasmes, les insomnies, les maladies infectieuses, les affections des voies respiratoires (asthme, bronchite, tuberculose...). Pour cela, il est possible de l'utiliser sous forme d'infusion, ou d'utiliser ses huiles essentielles. Sa toxicité est quasiment nulle, d'où l'usage sécuritaire de cette huile essentielle devenue incontournable (**Iserin, 2001**).

Elle possède des propriétés antimicrobiennes, anti-carcinogènes (**Gören et al, 2002**), anxiolytiques, analgésiques, anti-oxydantes, anti-inflammatoires et insecticides (**Chu et Kemper, 2001**).

En Algérie, la *Lavande* est beaucoup utilisée pour le traitement des toux, les maux de têtes et les troubles d'estomac. Elle offre ses bouquets très aromatiques dès le mois de février, beaucoup de familles Algériennes profitent de cette période pour préparer le «Mesfouf » du printemps (un excellent couscous roulé avec les fleurs de *Lavande* séchée, saupoudré de sucre et accompagné de lait caillé) (Zergui, 2006).

### 3.8. Toxicité:

*La Lavande* est dans tous les cas déconseillée aux femmes enceintes ou allaitantes, car elle fait tarir la lactation. La substance majoritairement toxique est le linalol, la plupart des Lamiacées sont excitantes voire convulsivantes par utilisation abusive (présence de menthol). Les huiles essentielles sont des concentrées de principes actifs, c'est ce qui leurs donnent leur efficacité mais aussi leur toxicité si elles sont utilisées à mauvais escient ou en surdosage. A forte dose, l'essence de *Lavande* est stupéfiante. Certaines personnes sont allergiques aux *Lavandes* (crise d'asthme, eczéma.) (Jean, Philippe Zahalaka, 2009).

# **Chapitre II**

## **Les métabolites secondaires**

**Introduction**

La plante est le siège d'une intense activité métabolique aboutissant à la synthèse de principes actifs les plus divers. Ce processus métabolique est lié aux conditions mêmes des vies de la plante : la plante doit faire face à de multiples agressions de l'environnement dans le quel elle vit : prédateurs, microorganismes, pathogènes...Etc. On conçoit donc que la plante puisse développer un métabolisme particulier lui permettant de synthétiser les substances les plus divers pour se défendre : les métabolites secondaires (**Kansole, 2009**).

**1. Définition des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont des molécules ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Ils sont nécessaires à sa défense contre les agressions extérieures (**Kahlouche, 2014**).

**2. Fonctions des métabolites secondaires**

Les métabolismes secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes qui les produisent. Beaucoup fonctionnent comme signaux chimique permettant à la plante de répondre aux contraintes de l'environnement. D'autres interviennent pour défendre leur producteur contre les herbivores, les pathogènes (organismes responsables de maladies) ou les compétiteurs. Certains assurent une protection contre les radiations solaires et d'autres encore facilitent la dispersion du pollen et des graines (**Raven et al, 2007**).

**3. Classification des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont produits en très faible quantité, il existe plus de 200000 métabolites secondaires classés selon leur appartenance chimique en l'occurrence, les terpènes, les alcaloïdes, les composés acétyléniques, les cires, et les composés phénoliques (**Vermerris, 2006**).

Elle sont divisés principalement en trois grandes familles, les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (**Bendif, 2017**).

- **Les composés phénoliques :** (Composés aromatiques) comme les flavonoïdes, les tanins, la lignine, les coumarines.

- **Les composés azotés** : (les alcaloïdes) par exemple la morphine, la caféine, la nicotine, la cocaïne et l'atropine (**Bouhaddouda, 2016**).
- **Les terpènes** : c'est la plus grande catégorie de métabolites secondaires avec plus de 22000 molécules. Cette catégorie contient les hormones végétales, les pigments, les stérols, les hétérosides et une grande partie d'huiles essentielles.

### 3.1. Les polyphénols

L'appellation « polyphénols » ou « composés phénoliques » regroupe un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules, divisé en une dizaine de classes chimiques qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH).

Il existe de nombreuses classes de polyphénols

- **Les acides phénoliques** (acides hydroxy-benzoïques, acides hydroxy cinnamiques),
- **Les coumarines**
- **Les flavonoïdes**, pigments végétaux jaunes-orangés.
- **Les tanins**

**Tableau 1:** Les classes les plus importantes des composés phénoliques dans les plantes.

nombre d'atomes de carbone	squelette de base	Classe
6	C6	phénols simples, benzoquinones
7	C6-C1	acides phénoliques
8	C6 - C2	acétophénone, acide phénylacétique
9	C6 - C3	acide hydroxycinnamique, polypropène, coumarine, isocoumarine
10	C6 - C4	Naphtoquinone
13	C6 - C1 - C6	Xanthone
14	C6 - C2 - C6	stilbène, anthraquinone

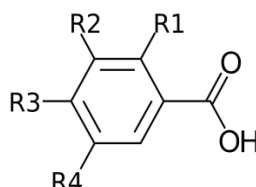
15	C6 - C3 - C6	flavonoïdes, isoflavonoïdes
18	(C6 - C3) 2	lignanes, neolignanes
30	(C6 - C3 - C6) 2	Biflavonoïdes
N	(C6 - C3) n	Lignanes
	(C6) n	Catecholmelanine
	(C6 - C3 - C6) n	(tanins condensés)

### 3.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être estérifiées, étherifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides, ces acides phénoliques sont solubles dans les solvants polaires (Wichtl et Anton, 2009).

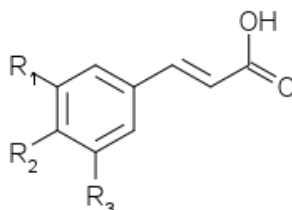
On distingue deux classes appartenant à cette sous-famille :

- **Les acides hydroxybenzoïques** (acides phénols en C6-C1) sont à la base de structures complexes comme les tanins hydrolysables présents dans les mangues, et les fruits rouges comme les fraises, les framboises ou encore les mûres (Manach et al, 2004).



**Figure 5:** Structure de base d'acide hydroxy-benzoïque.

- **Les acides hydroxycinnamiques** (acides phénols en C6-C3) sont plus abondants que les acides hydroxybenzoïques. Ils sont principalement composés d'acide p-coumarique, acide caféïque, acide férulique et acide sinapique. (El Gharras, 2009).



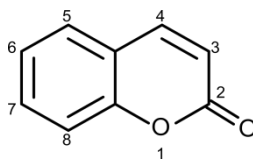
**Figure 6:** Structure de base d'acide hydroxy-cinnamique.

### 3.1.2. Les coumarines

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels et donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché. A l'exception des algues, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont : les Légumineuses, Rutacées, Apiécées et Thymelacées. Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante et notamment dans les fruits et les huiles essentielles des graines.

Les coumarines sont des substances phénoliques qui deviennent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale.

Les coumarines ont des effets différents sur le développement des plantes suivant leur concentration et aussi selon l'espèce. Dans la cellule végétale elles sont principalement présentes sous forme glycosylée. Cette glycosylation est une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques de ces molécules (**Michel Botineau, 2001**)

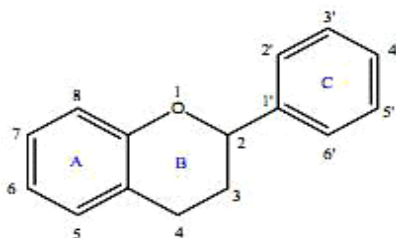


**Figure 7:** Structure de base des coumarines.

### 3.1.3. Les flavonoïdes

Le nom flavonoïde proviendrait du terme flavedo, désignant la couche externe des écorces d'orange, cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du favus ; (favus=jaune) (pigments végétaux jaune-orangé). (**Hennebelle et al, 2004**).

Ce sont des pigments permettant la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Quand ils ne sont pas directement visibles, ils contribuent à la coloration par leur rôle de co-pigments. Ce sont des polyphénols ayant une structure de base en C6-C3-C6, constituée de deux noyaux aromatiques, que désignent les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, que désigne la lettre C.



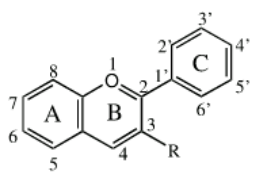
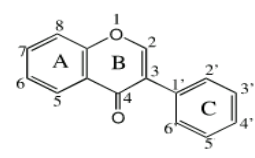
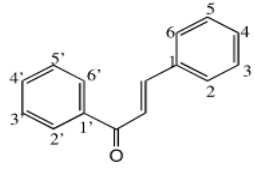
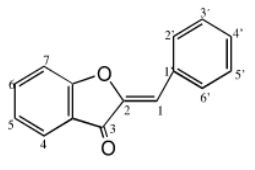
**Figure 8:** Structure de base des flavonoïdes.

### 3.1.3.1. Les principales classes des flavonoïdes

Plus de 5000 se produisent naturellement flavanoides ont été caractérisé à partir de diverse plantes. ils sont classés en six sous – groupes : flavones, flavanols, flavanone ,isoflavones, chalcones et anthocyanines. Ils sont associés à la physiologie de la plante (Umseh et al, 2018).

**Tableau 2 :** Les principales classes de flavonoïdes (Balasundram et al, 2006).

Les classes de flavonoids		Principales substances	
Structure	Nom de famille	Hydroxylation	Nom
	<b>R=H</b> Flavone	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Apeginine Luteoline
	<b>R=OH</b> Flavonol	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Kaempferol Quercetine
	<b>R=H</b> Flavanone (Dihydroflavone)	5, 7, 4' 7, 3', 4'	Naringenine Butine
	<b>R=OH</b> Flavanonol (Dihydroflavonol)	7, 3', 4' 5, 7, 3', 4'	Fustine Taxifoline
	<b>R=H</b> Catechine (Flavanol-3)	5, 7, 3', 4', 5' 5, 7, 3', 4'	Gallocatechine Catechine
	<b>R=OH</b> Leucoanthocyanidine (Flavandiol-3, 4)	5, 7, 3', 4' 5, 7, 3', 4', 5'	Leucocyanidine Leucodelphinidine

	<b>R=H</b> Flavylum (Anthocyane)	5, 7, 4' 5, 7, 3', 4'	Apigenidine Luteolidine
	<b>R=OH</b> Anthocyanidine	5, 7, 3', 4' 5, 7, 3', 4', 5'	Cyanidine Delphinidine
	Isoflavone	7, 4' 5, 7, 3', 4'	Daidzein Orobol
	Chalcone	2', 4', 3, 4 2', 3', 4', 3, 4	Buteine Okanine
	Aurone	6,3', 4' 6, 7, 3', 4'	Sulphuretine Maritimetine

### 3.1.3.2. Propriétés chimique et rôle biologique des flavonoïdes

#### 3.1.3.2.1. Propriétés chimique

Les flavonoïdes parmi les meilleurs métabolites secondaires reconnus ils sont : Solides, solubilisation facile dans les solvants communs a des capacités d'absorbé radiation ultraviolet, La stabilisation chimique des flavonoïdes est permis les avantages de leur utilisation (**Bruce et Tod, 2001**).

#### 3.1.3.2.2. Rôle biologique des flavonoïdes

Comme cela a été démontré par de nombreux travaux, les flavonoïdes sont des molécules de défense contre les organismes pathogènes, leurs propriétés ont été exploitées pour leur un potentiel en thérapeutique contre les microorganismes. On leur reconnaît des activités antivirales, anti -tumoraux, anti -inflammatoires, antiallergiques et anticancéreuses. Ils ont

également des actions positives sur le diabète, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson (Saffidine, 2015).

Les flavonoïdes montrent d'autres propriétés intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec diverses hormones végétales de croissance. Certains d'entre eux jouent également un rôle de phytoalexines, c'est-à-dire des métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries (Marfak, 2003).

### 3.1.3.3. Localisation des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont surtout abondants et diversifiés chez les plantes supérieures, particulièrement dans certaines familles : Apiacées, Astéracées, Fabacées, Polygonacées et Rutacées. Présents dans tous les organes aériens, la teneur maximale est dans les organes jeunes (Marouf et Reynaud, 2007).

Les flavonoïdes (du latin flavus, jaune) sont largement représentés ; pratiquement absents chez les algues, ils font leur apparition chez les mousses. Chez les fougères et les conifères, leur variété structurale est encore faible (Guignard, 2000).

### 3.1.4. Les tanins

Ils sont d'origine végétale et non azotée qu'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbres, les fruits (raisin, datte, café, cacao...) et les feuilles de thé. Ce sont des composés polyphénoliques, solubles dans l'eau de masse molaire entre 500-2000D, de structures variées ayant en commun la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. (Vermerris et al, 2006).

#### 3.1.4.1. Classification des tannins

On distingue deux groupes de tannins différents par leur structure et par leur origine biogénétique :

- **Les tanins hydrolysables** : qui sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénolique. Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénolique est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins soit

l'acide ellagique dans le cas des tannins classiquement dénommés ellagitannins (Bruneton, 1993).

- **Les tanins condensés** : sont des composés phénoliques hétérogènes, se trouvent sous forme d'oligomères ou polymères qui sont formés par condensation des molécules de flavonoïdes entre elles (Bruneton, 2009).

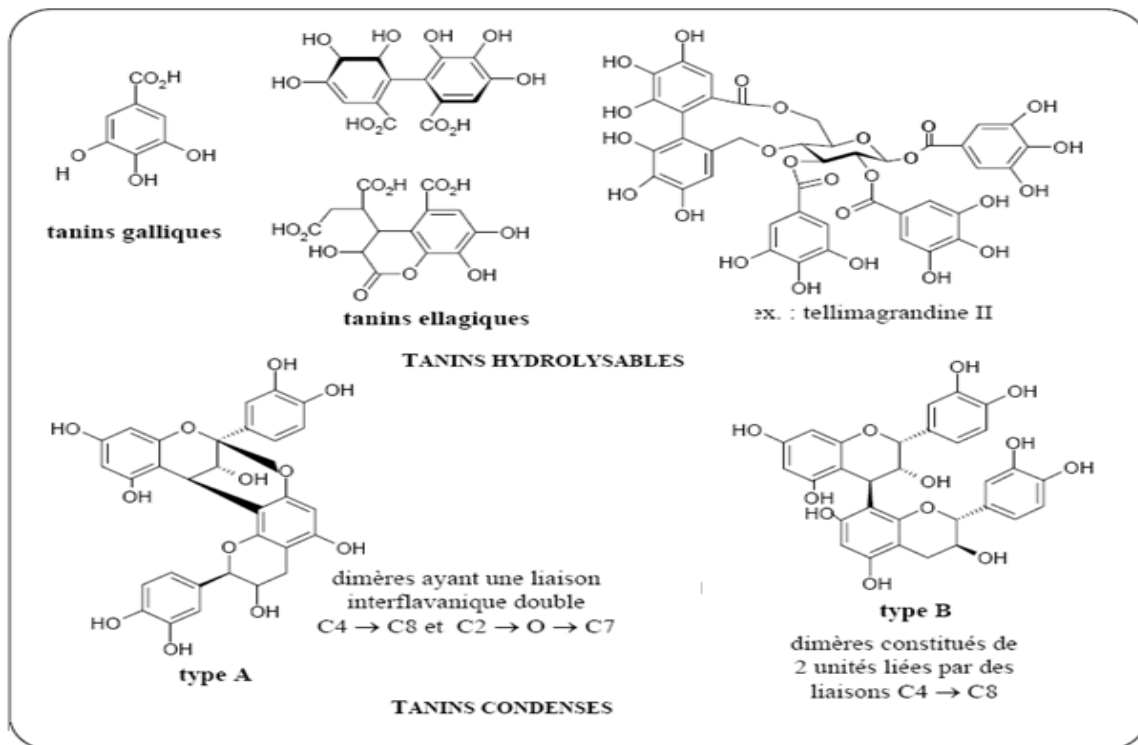


Figure 10: Structures des tanins hydrolysables et condensés (Bruneton, 1999).

### 3.1.4.2. Utilisation des tannins

- Grâce à leurs astringentes les tanins sont utilisés comme anti diarrhéiques vasoconstricteurs et hémostatiques, mais surtout comme protecteurs veineux dans traitement des varices et hémorroïdes
- On utilise les tannins pour fixer la couleur et pour former des encres par des combinaisons avec les sels ferriques ils jouent le rôle d'une colle à papier (Khedimallah et al, 2018).

### 3.2. Les alcaloïdes

Un alcaloïde est un composé organique d'origine naturelle (le plus souvent végétale), azoté, plus ou moins basique, de distribution restreinte et doté, à faible dose de propriétés pharmacologiques marquées. Le regroupement d'un tel ensemble est par ailleurs

confirmé par des réactions communes de précipitation avec les « réactifs généraux des alcaloïdes » (Bruneton, 2009).

Les alcaloïdes sont le plus souvent localisés dans les tissus périphériques; assises externes des écorces de tige et de racine, téguments des graine (Krief, 2003).

On trouve des alcaloïdes dans plusieurs familles de plantes et on en connaît plus de mille. (La morphine, la strychnine, la caféine, la quinine, la colchicine, le curare, l'atropine.) (Sebai et Boudali, 2012).

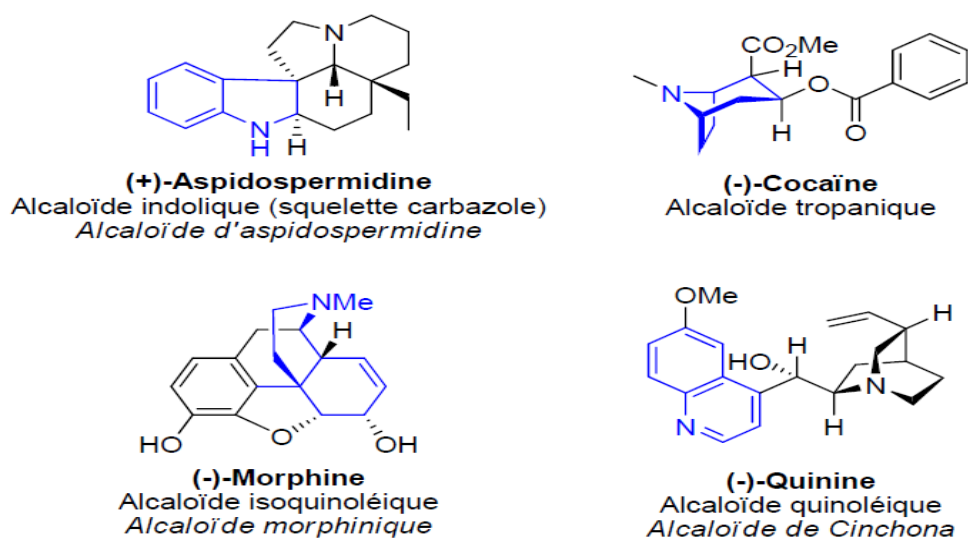


Figure 11: Exemples d'alcaloïdes hétérocycliques.

### 3.2.1. Intérêts des alcaloïdes

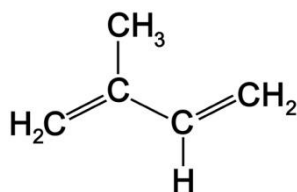
- Fonctions au niveau du producteur: Comme pour beaucoup d'autres métabolites secondaires, on ne sait pratiquement rien du rôle des alcaloïdes dans les végétaux. La toxicité de certains, laisse supposer des rôles de protection contre les prédateurs (Krief, 2003). Certains auteurs estiment que ce sont des métabolites terminaux «déchets inutiles». D'autres les désignent comme des métabolites intermédiaires (Bruneton, 2009).
- Actions pharmacologiques: Leurs propriétés pharmacologiques concernent des domaines variés;
- Dépresseurs (morphine, scopolamine) ou stimulants (caféine, strychnine) au niveau du système nerveux central.

- Sympathomimétiques (éphédrine), parasymphomimétique (pilocarpine) au niveau de système nerveux autonome.
- Anesthésiques locaux (cocaïne), antipyrétique (quinidine), anti-tumoraux (ellipticine), antipaludiques (quinine)...etc (**Bruneton, 2009**).

### 3.3. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes constituent sans doute le plus vaste ensemble connu des métabolites secondaires des végétaux, ce sont des molécules polyéniques qu'on trouve également dans le règne animal .

Les terpènes sont une classe d'hydrocarbures, dont le nom se termine par « ène ». Ils sont produits par de nombreuses plantes, en particulier les conifères et les agrumes. Les terpènes sont des dérivés de l'isoprène  $C_5H_8$  et ont pour formule de base des multiples de celle-ci. Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien former des cycles.



**Figure 12:** Structure chimique de l'isoprène.

Les terpènes sont divisés en plusieurs classes en fonction des unités pentacarbonées ramifiées (C<sub>5</sub>). On distingue donc les monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes, les triterpènes et les polyterpènes (comme le caoutchouc naturel). Seuls les terpènes les plus volatils, mono (C<sub>10</sub>) et sesquiterpènes (C<sub>15</sub>) sont retrouvés dans la composition chimique des HE. Les terpènes sont les molécules les plus répandues et connues dans les HE pour leurs nombreuses propriétés thérapeutiques. Les plus importants sont : le limonène, le  $\delta$ -3-carène, le carotène, le  $\beta$ -pinène et l' $\alpha$ -pinène.

#### 3.3.1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelées aussi « essences », constituent l'ensemble des substances odorantes volatiles présentes dans les végétaux, leur volatilité les oppose aux huiles fixes qui sont des lipides (**El Abed et Kambouche, 2003**).

Le terme «huile» fait allusion à la propriété de ces composés à se solubiliser dans les graisses ainsi qu'à leur caractère hydrophobe. Le terme «essentielle» fait référence au parfum et à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante (**Bruneton, 1999**).

Les huiles essentielles sont des mélanges de nombreux composés qui sont des molécules peu complexes comme les terpènes, les phénols, les méthyle-éthers, les oxydes, les esters, et les cétones... (**Isman, 2002**).

### **3.3.1.1. Rôle des huiles essentielles**

Le rôle des huiles essentielles dans la physiologie de la plante reste encore mal connu. Toutefois, les parfums émis jouent un rôle attractif pour les insectes pollinisateurs (**Deroin, 1988**).

Certainement plusieurs effets apparents « utiles » ont été décrits : protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides et contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux .

En phytothérapie, les huiles essentielles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne (**billerbeck et al, 2002**).

### **3.3.1.2. Propriétés physiques**

Les huiles essentielles doivent répondre à des critères physiques imposés par les normes :

- Ce sont généralement des liquides à température ambiante, d'odeur aromatique très prononcée ;
- Leur consistance est huileuse mais non grasse ;
- Les huiles essentielles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes ;
- Leurs coloration varie de l'incolore au brun clair,
- Leurs densité est en général inférieure à celle de l'eau (de 0.850 à 0.950).
- Leurs point d'ébullition varie de 160° à 240° C ;
- Entraînables à la vapeur d'eau, elles sont très peu solubles dans l'eau.
- Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques ;
- Les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leurs odeur modifie, leurs point d'ébullition augmente et leurs solubilité diminue ;

• Leurs indice de réfraction est assez élevé, par exemple : coriandre : 1.4620-1.4700 et vétiver bourbon: 1.5220-1.5300, elles sont donc douées de pouvoir rotatoire. (Paris et Hurabeille, 1981 ; Bruneton, 1999 , Ghestem et al, 2001 ; Baser et Buschbauer, 2010).

### 3.3.1.3. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont constituées de mélanges extrêmement complexes. Les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux classes en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpénoïdes (composés terpéniques) et les phénylpropanoïdes (Buchanan et al, 2000). Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

### 3.3.1.4. Techniques d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des produits bioactifs, ainsi que les HEs peut être réalisée au moyen de nombreux et divers procédés

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

La plupart des huiles essentielles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau. l'huile est entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation

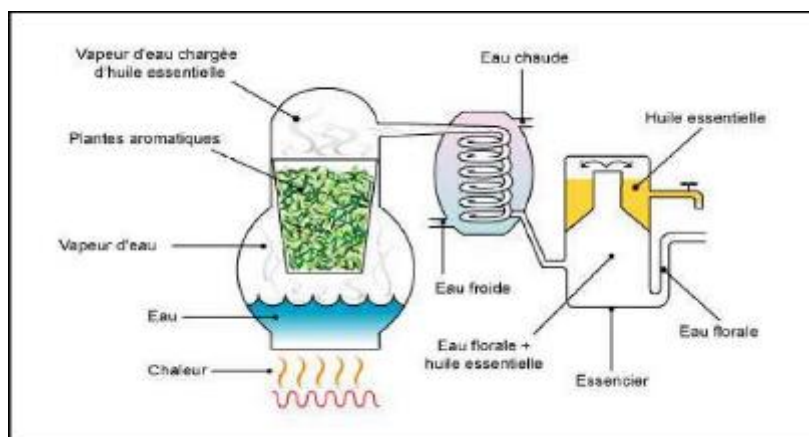
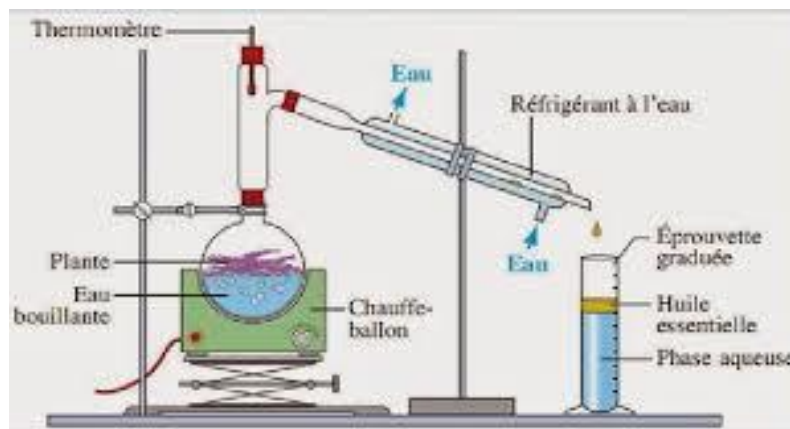


Figure 13: La distillation par entraînement à la vapeur d'eau.

#### 3.3.1.4.2. Hydrodistillation

C'est la méthode la plus employée pour extraire les huiles essentielles. La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles se séparent de l'eau par différence de densité.

Cette méthode est généralement utilisée pour les huiles essentielles dont les constituants chimiques sont thermorésistants. Elle est aussi utilisée dans l'extraction des huiles à partir des feuilles et des fleurs fraîches ou séchées.



**Figure 14:** Montage d'hydrodistillation.

#### 3.3.1.4.3. Extraction par expression

C'est une technique simple où le matériel végétal est pressé mécaniquement à froid pour extraire son huile essentielle. Cette méthode est essentiellement utilisée pour recueillir les huiles essentielles des épicarpes frais des Citrus (citrons, oranges, mandarines et pamplemousses). Dans l'industrie, les zestes sont dilacérés et le contenu des poches sécrétrices est récupéré par expression manuelle ou à l'aide de machines qui rompent les poches par expression et recueillent directement l'huile essentielle (**Bruneton, 1999**); ou encore après scarifications mécaniques et entraînement de l'huile essentielle par un courant d'eau. L'essence est séparée par décantation (**Paris et Hurabielle, 1981**).

#### 3.3.1.5. Toxicité des huiles essentielles:

Malgré les activités bénéfiques des huiles essentielles, elles peuvent s'avérer plus ou moins toxiques, soit *in situ* (irritation, réaction allergiques et phototoxiques), soit au niveau d'un organe (neurotoxicité, hépatotoxicité, néphrotoxicité...etc.). Il est nécessaire d'évaluer le danger potentiel, qu'elles sont susceptibles de représenter à un certain niveau d'exposition afin d'éviter tous risques (**Baali et al, 2017**).

Il est cependant capital d'intégrer la notion de la dualité "Efficacité - Toxicité". En effet, toute substance thérapeutiquement active est potentiellement toxique. Tout dépendra de la dose unitaire, journalière, de la voie d'administration, de l'état du patient... N'oublions pas qu'un produit toxique intéressera sûrement la recherche fondamentale

pour la mise en évidence et l'isolement de molécules toxiques qui dans certaines pathologies, apporteront des solutions appréciables. C'est le cas du taxol isolé de l'if (*Taxus baccata*) dont l'activité anti tumorale traite les cancers mammaires et utérins avec de bons résultats (**Pierron, 2014**).

**Partie 2 :**  
**Partie expérimentale**

# **Chapitre I**

## **Matériels et méthodes**

## 1. Matériels

### 1.1. Matériels végétales

Le matériel végétal est constitué de la partie aérienne (tiges, feuilles, fleurs) de la plante *Lavandula officinalis*, qui a été récoltée de la région de Bordj bouarréridj au mois de Février 2020.



**Figure15:** La plante de *Lavandula officinalis*.

cette plante a été séchée à l'abri de la lumière et de l'humidité à température ambiante. Après séchage pendant 10 jours, puis broyage à l'aide d'un mortier, puis tamisage cette dernière est réduite en poudre très fine pour les tests de screening et la grande quantité pour l'extraction des huiles essentielles, et stockée soigneusement dans un flacon en verre bien fermé dans un endroit sec pour éviter la contamination.



**Figure 16 :**Le séchage du plante.



**Figure 17:** Poudre de *Lavande*.

## 2. Méthodes

### 2.1. Criblage phytochimique

Le screening chimique d'une drogue végétale représente toujours la première étape de l'étude chimique et permet d'orienter les recherches ultérieures. Les techniques de détection utilisables pour un "screening" des substances actives doivent être rapides, simples et sensibles afin de ne mettre en œuvre qu'une faible quantité de matière végétale. Ces méthodes sont donc limitées à la détection de quelques groupes chimiques.

Le screening phytochimique est un test qualitatif qui permet de mettre en évidence les métabolites primaires et secondaires de notre plante basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation. Ces tests s'effectuent soit sur la poudre soit sur l'infusé à 5% afin de mettre en évidence la présence ou l'absence des métabolites primaires ou secondaires.

#### 2.1.1. Préparation des solutions

##### a)- Préparation de l'infusé à 5% :

5g de poudre végétale a été mélangée avec 100 ml d'eau distillée chaude. Le mélange est filtré après 15 à 20 min. puis on ajuste à 100ml d'eau distillée .



**Figure 18:** Préparation de l'infusé à 5%.

**b)- Préparation de l'extrait éthérique:**

Une quantité de poudre végétale (10g) extraire avec 15 ml l'éther déthylique (macération pendant 24 heures).

**c)- Préparation de l'extrait hydroalcoolique:**

La même quantité de poudre végétale (10g) extraire avec 100ml de méthanol (70%) (macération pendant 24 heures).

**2.1.2. Tests chimiques d'identification**

On a réalisé différents tests pour rechercher les métabolites secondaires de notre plante exemple les tanins totaux, les flavonoïdes, les coumarines, les quinones libres, les saponosides...etc.

**2.1.2.1. Recherche des tanins totaux**

A 5 ml d'infusé, on ajoute quelques gouttes d'une solution de  $FeCl_3$  dilué 1%. L'apparition d'une coloration verte foncée ou bleu-noirâtre indique la présence des tanins galliques, tandis que l'apparition d'une coloration et vert-noirâtre, indique la présence des tanins catéchol.

**2.1.2.2. Recherche des mucilages**

1 ml d'infusé est ajouté à 5 ml d'éthanol absolu. Le mélange est laissé 10 min. on remarque l'apparition d'un précipité floconneux indiquant la réaction positive.

**2.1.2.3. Recherche de saponoside**

10 ml infusé est place dans un tube a essais, agiter pendant 15 secondes puis dépose durant 15 minutes

Une hauteur de mousse persistante supérieure a 1cm indique la présence des saponosides.

**2.1.2.4. Recherche des coumarines**

Evaporer 5ml d'extrait alcoolique jusqu'à l'obtention d'un volume de 1ml, ajoute 1ml d'eau chaude au mélange, après l'agitation le volume total est divise en deux l'un sert de témoin et l'autre est ajouté a 0,5ml de  $NH_4OH$  (10%) puis examine sous lampe UV a 366nm

L'émission de fluorescence indique la présence des coumarines

**2.1.2.5. Recherche des flavonoïdes libres**

5ml d'extrait alcoolique est mélangé avec 1ml d'HCl concentré avec 0,5g de tournures de magnésium

La présence des flavonoïdes mise en évidence si une couleur rose, orange ou rouge se développe après 3 min

**2.1.2.6. Recherche des anthocyanes**

Ajouté à 5ml d'extrait alcoolique 15 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a (10% )(milieu acide), après l'agitation, le mélange est ajouté à 5ml d'NH<sub>4</sub>OH a (10% )(milieu basique).

La présence d'anthocyanes est affirmée par une coloration bleu – violacée en milieu basique.

**2.1.2.7. Recherche des alcaloïdes**

Quelques gouttes de réactif de Dragendorff sont ajoutées à 2 ml d'infusé. Le test positif se lit sur la formation d'un précipité orange ou coloration rouge orangé

**2.1.2.8. Recherche des stérols et des triterpènes**

5ml de l'extrait étherique séché à sec, le résidu obtenu est dissout dans 0,5 ml l'anhydride acétique anhydre puis dans 0,5 ml de chloroforme puis la solution est transférée à un tube à essai, l'acide sulfurique (1ml) ensuite déposée au fond du tube

Le changement de coloration est observée pendant une heure:

- Une coloration bleu-vert indique la présence des triterpènes
- En cas de réaction positive (présence des stérols), il se forme un anneau rouge – brunâtre au violet à la zone de contact de deux liquides, la couche surnageant étant grise ou violette.

## 2.2. Extraction des huiles essentielles de *Lavandula officinalis* par hydro-distillation

### 2.2.1. Principe :

L'hydro-distillation est la méthode la plus employée pour extraire les huiles essentielles selon Clevenger. Dans ce procédé, la matière première à traiter est entièrement immergée dans l'eau, les extraits végétaux sont chauffés jusqu'à ébullition ; les huiles essentielles s'évaporent alors avec les vapeurs dégagées, puis sont condensées et séparées de l'eau.

### 2.2.2. Mode opératoire :

100g de poudre est introduite dans un ballon de 1000ml, imprégné de 600ml d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition pendant 3 heures en ajoutant l'eau distillée de temps en temps pour éviter la dessiccation du mélange. Les vapeurs chargées des huiles essentielles traversant le réfrigérant se condensent et sont récupérées dans une fiole propre. -une phase organique huileuse et très odorante, appelée « huile essentielle », contenant la majorité des composés odorants. -une phase aqueuse, odorante, appelée « eaux aromatiques », qui n'en contient que très peu. Mais dans notre cas, on n'a pas obtenu ces deux phases, les huiles essentielles n'ont pas été séparées de l'eau aromatique donc cette distillat (H.E+eau) séparées premièrement par l'ajoute de NaCl pour séparer les deux phases, ensuite en ajoute  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  pour absorber l'eau qui présente dans l'huile.

Enfin l'huile obtenue est conservée dans un flacon fumé et bien scellé à une température de 5°C.

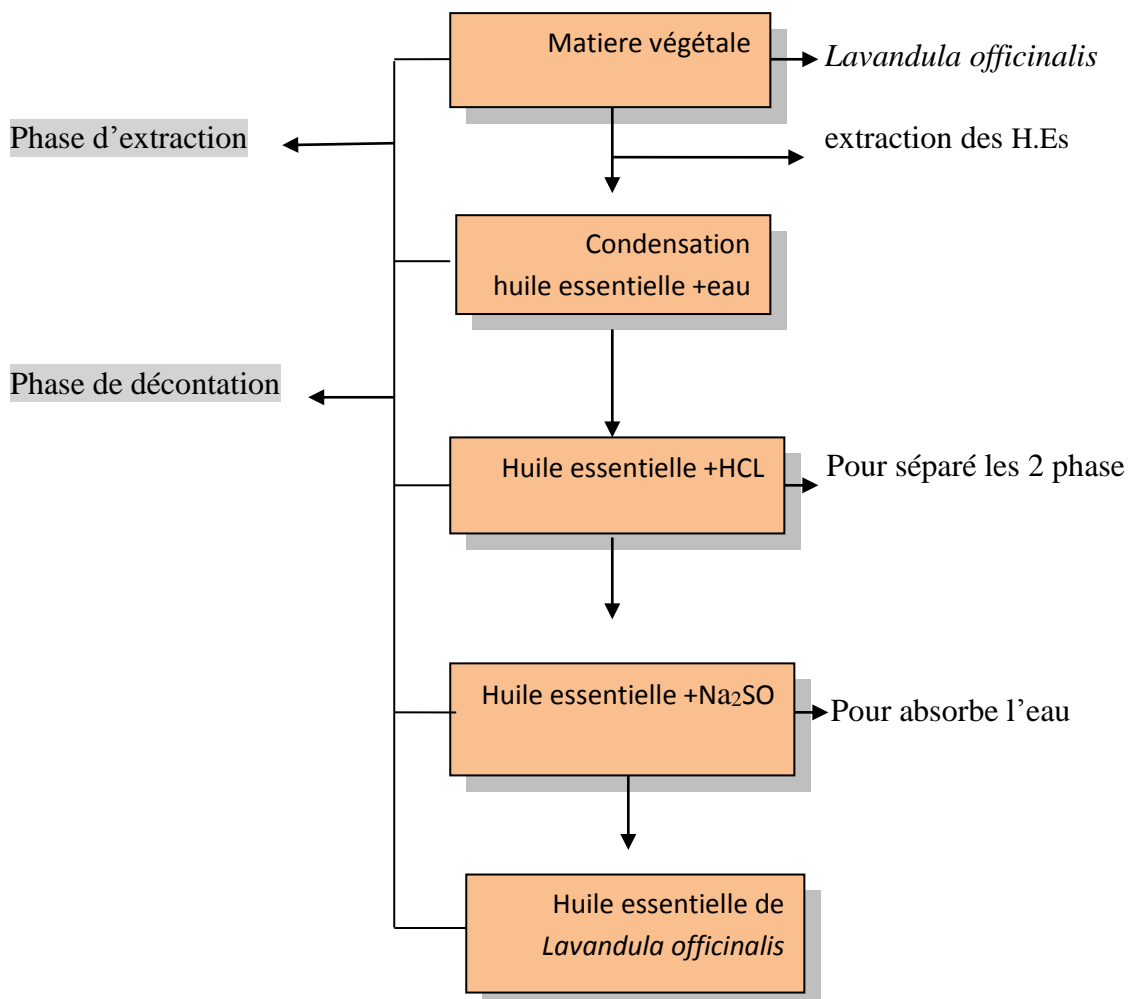


**Figure 19:** Préparation de la matière végétale.



**Figure 20:** Appareil expérimental de Clevenger.

Les différentes étapes de l'expérimentation sont mentionnées dans la figure 21.



**Figure 21:** Les différentes étapes d'extraction de l'huiles essentielles de *Lavandula officinalis*.

**2.2.3. Caractérisation des huiles essentielles****2.2.3.1. Propriétés organoleptiques :**

L'évaluation des propriétés organoleptiques constitue généralement une partie des études visant à analyser les facteurs qui affectent la qualité de l'huile essentielle. Dans le présent travail, trois critères sont considérés pour évaluer la qualité organoleptique : l'odeur, la couleur, l'aspect.

**2.2.4. Calcul de rendement.**

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale (**Bourkhis et al, 2001**)

$$R_{HE} = M_{HE} / M_S . 100$$

**RHE** : rendement extraits fixes en g /100g de matière sèche.

**MHE**: quantité d'extrait récupérée exprimée en g.

**MS** : quantité de matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g.

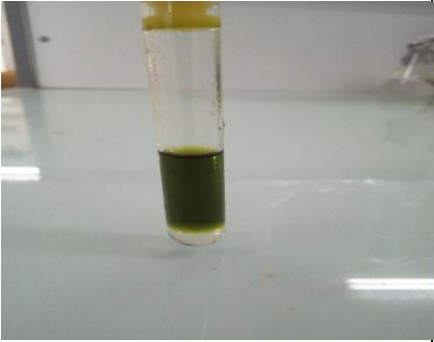
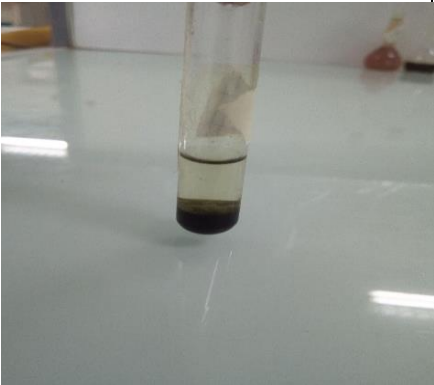

# **Chapitre II**

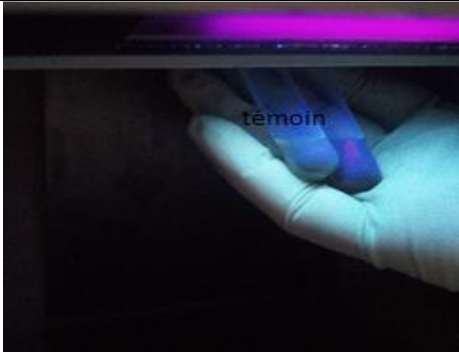
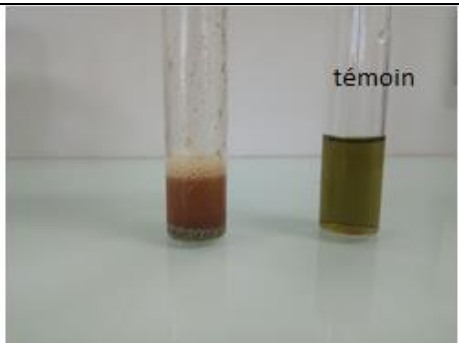
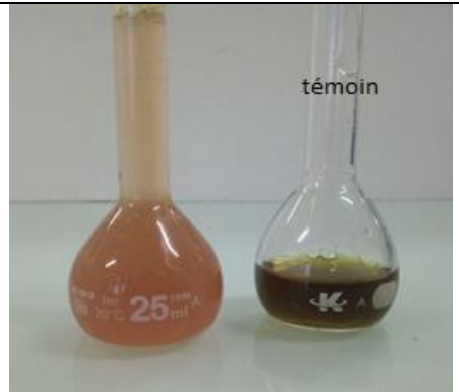

## **Résultats et discussions**



1. Criblage phytochimique de la plante *Lavandula officinalis*

Les résultats de l'étude phytochimique sont présentés dans le tableau 03.

**Tableau 3** : Les résultats de l'étude phytochimique.

Substances	Résultats positifs	Résultats observés
(tanins totaux) tanins catéchol	Vert noirâtre	 ( +++)
Mucilages	L'apparition d'un précipité floconneux	 (+)
Saponoside	Une hauteur de mousse persistante supérieure à 1cm	 (-)

<p><b>Coumarines</b></p>	<p>L'émission de fluorescence</p>	 <p>(+)</p>
<p><b>flavonoïdes libres</b></p>	<p>Rose, orange ou rouge se développe après 3 min</p>	 <p>(++)</p>
<p><b>Anthocyanes</b></p>	<p>Une coloration bleu – violacée en milieu basique.</p>	 <p>(-)</p>
<p><b>Alcaloïdes</b></p>	<p>Précipité orange ou coloration rouge orangé</p>	 <p>(+)</p>

<p style="text-align: center;"><b>Stérols</b></p>	<p>Anneau rouge – brunâtre au violet a la zone de contact de deux liquide ,la couche surnageant étant grise ou violette.</p>	 <p style="text-align: center;">(+)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Triterpènes</b></p>	<p>Coloration bleu-vert</p>	 <p style="text-align: center;">(+)</p>

- : Test négatif

+ : Test faiblement positif

++ : Test positif

+++ : Test fortement positif

Les tests de la composition chimique réalisés sur la poudre des feuilles de la lavande nous ont permis en premier d'identifier les principaux groupes chimiques présents dans cette plante à travers les réactions de caractérisation qui révèlent la présence plus ou moins importante de tous les principes actifs

D'après le tableau 3 l'analyse a révélée que

- les saponosides et les anthocyanes sont totalement absents.
- les mucilages , les coumarines, les alcaloïdes, les stérols et les triterpènes sont présents en faible quantité.
- Les tanins et les flavonoïdes ont révélé un résultat positif en forte quantité .


## 2.Extraction de l'Huile Essentielle de *Lavandula officinalis*

### 2.1.Caractérisation de l'huile essentielle

#### 2.1.1. Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis*

Les différentes caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) de l'essence de la lavande (*Lavandula officinalis*) ont été notées et présentés dans le tableau 4 .

**Tableau 4 :** Propriétés organoleptiques d'huile essentielle des feuilles et fleurs de *Lavandula officinalis*.

HE des feuilles et fleurs de <i>Lavandula officinalis</i>	
<b>Couleur</b>	Jaune pale
<b>Aspect</b>	Liquide, mobile, limpide
<b>Odeur</b>	Forte, agréable et propre à la plante
<b>Huile essentielle</b>	

### 2.2.Le rendement d'extraction

Le rendement de huile essentielle obtenu à partir de la partie aérienne de la plante est noté dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Rendement en HE de *lavandula officinalis* obtenu par hydrodistillation.

Masse de plante (g)	Masse de H.E extraite (g)	Rendement
100g	0,500g	0,5%

Après avoir extrait par hydro-distillation une huile essentielle, des feuilles sèches et emiétées de la *lavande officinale* (100g), nous avons obtenu un rendement en huile essentielle égale à 0,5 %.

Il est connu que la quantité et le contenu biochimique d'une huile essentielle extraite des fleurs, feuilles...diffère de manière significative selon la saison (le climat), la maturation de la plante et la quantité de la drogue utilisée (partie de la plante utilisé) dans l'extraction. Le rendement varie selon la nature du matériel végétal employé pour l'extraction (feuilles, fleurs..), la méthode d'extraction mais également l'origine de la plante.

Une étude comparative des rendements en huile essentielle de l'espèce *lavandula officinalis* avec les travaux antérieurs a été réalisée et regroupé sous forme de tableau (tableau6) :

**Tableau 6:** La comparaison des rendements avec les travaux antérieurs

Références bibliographiques	Rendement%
Abda et Boughazi, 2013	1,68
Sidi Boulenouar et Ziane, 2003	0,70 - 0,94
Laib et Barbat , 2011	1,36
Mohammadi et al,2011	2,01
Notre travail	0.5

Le rendement en HE de *lavandula officinalis* obtenu est voisin de 0.5% . Ce rendement est comparable à ceux obtenus dans d'autres travaux. En effet, (**Abda et Boughazi, 2013**) ont montré que le rendement des HE extraites par hydrodistillation est 1,68% ce qui est supérieure à notre rendement. De même avec (**Sidi Boulenouar et Ziane, 2003**) qui indiquent que la lavande provenant de la région d'Ouchba et Zarifet (Wilaya de Skikda) ont donné des teneurs en huile essentielle des fleurs et des feuilles équivalentes respectivement à 0.94% et à 0.70%. Cependant, 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 plus élevées en huile essentielle respectivement 1.36% et 2.01 %. Cette différence des teneurs 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

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

De nos jours, l'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie présente un grand intérêt dans la recherche biomédicale. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs et d'autre part du besoin de la recherche d'une meilleure médication par une thérapie plus douce sans effets secondaires.

Du fait de la grande importance dirigée vers les substances naturelles bioactives issues des plantes médicinales et afin de contribuer à la valorisation de la flore algérienne, la présente étude avait pour objectif la réalisation du criblage phytochimique de la partie aérienne de l'espèce *Lavandula officinalis* de la famille des Lamiacées, récoltée de la région de bordj bouarréridj.

Notre recherche à pour but, la détermination de la richesse en métabolisme secondaire, l'extraction de l'huile essentielle (HE) de *Lavandula officinalis* et la détermination du rendement de l'HE extraite.

L'étude phytochimique de la partie aérienne de la lavande montre qu'elle est très riche en tanins (tanins catéchol), et des flavonoïdes libres. Elle est moyennement riche en mucilage, alcaloïdes, stérols, tri terpènes.

La détermination du rendement en l'huile essentielle, issue par hydro-distillation, a montré une rentabilité de 0,5%. Rendement qui peut différer selon la matière végétale, le cycle végétatif, les facteurs climatiques, la nature du sol et le mode de récolte, de stockage et d'extraction.

# **Références Bibliographiques**

- **Aichaoui, S., et Abeoube, H. , (2019).** Etude phytochimique et activité biologique des extraits de l'espèce *Lavandula angustifolia* Mill. Dans la région Est d'Algérie (Batna). Mémoire de Master, univ. M'sila, P. 4.
- **Allaby, M., (1992).** *The Concise Oxford Dictionary of Botany*, Oxford University Press.
- **Baali, K., et Rouha, H., (2017).** Activité antioxydant des huiles essentielles extraites de quelque plantes de la famille des Lamiaceae. Mémoire de master. univ. Bejaia. 18p.
- **Bachiri, L., Labzi, N., Daoudi, A., Ibjibijen, J., (2015).** Etude ethnobotanique de quelques lavandes marocaines spontanées. *International journal of biological and chimicale. sciences*, 9(3):1308-1318 .
- **Balasundram, N., et Sundram, K., et Sammam, S., (2006).** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses *Food Chemistry*. 99: pp: 191-203.
- **Barrett, P., (1996).** *Growing and Using Lavender*. A Storey Country Wisdom Bulletin: US. 28
- **Baser, K.H.C., et Buchbauer, G., (2010).** *Handbook of essential oil: Science, Technology, and Applications*. Ed. Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, Forid, USA.
- **Belaidi Farida., (2018).** Etude de l'activité insecticide et fongicide de l'extrait éthanolique de *Lavandulastoechas* L. mémoire master, bouira. P, 1.
- **Bendif, H., (2017).** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques lamiaceae: *ajuga iva* (l.) schreb., *teucrium polium* l., *thymus munbyanus* subsp. *Coloratus* (boiss. & reut.) greuter & burdet et *rosmarinus eriocalyx* jord & fourr. Thèse de doctorat, Ecole normale supérieure de kouba-Alger, 154 p.
- **Bessas, A., et Benmoussa, L., et Kerarma, M., (2007),** Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérien. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie.
- **Billerbeck, V.G., et Roques, C., et Vanière, P., et Marquier, P., (2002).** Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles: publication scientifique revue *Hygienes*. N°3.

- **Botineau, M., (2010).** Systematic and applied botany of flowering plants: Technique et Documentation Lavoisier.
- **Bouhaddouda, N., (2016).** Activités antioxydants et antimicrobienne de deux plantes du sol local: Origanum vulgare et Menthapulegium. thèse doctorat, univ. Annaba, p.24, 10, 19.
- **Bouhdid, S., Idomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., SkaliN, S., Abrini, J., (2006).** Thymus essential oils : chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. Congrès international de biochimie, Agadir, Maroc, 09-12 Mai 2006.
- **Bruce, A.B., et Tod, F.S., (2001).** Biological function of flavonoids. Ch6. In: Springer-Verlag /Wien new york ,flavonoids of the sun flower family (astraceae). Austria .1éd. pp.136-144. ISBN:3-211-83479-6.
- **Bruneton, J., (2009).** Composés phénoliques Shikimates-acétates. In Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales. Ed Tec and Doc lavoisier. 4e édition. Paris. p. 260-546.
- **Bruneton Jean. (1999).** Pharmacognosie: phytochimie et plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> édition (TEC&DOC), p. 1085
- **Bruneton, J., (1999),** Pharmiognosie, Phytochimie plantes médicinales, 2<sup>ème</sup> édition, Ed : Médicales internationales, Tec et doc, Lavoisier, Paris, P 1-23
- **Bruneton, J., (1993).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes Médicinales. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- **Bruneton, J., (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4<sup>ème</sup> édition, Lavoisier Tec et Doc, Paris. p 1240.
- **Bruneton, J., (2009),** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Lavoisier Tec & Doc (4<sup>ème</sup> Ed.), p1268.
- **Bruneton, J., (2009).** Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales , 3<sup>ème</sup> édition ,TEC et DOC .Paris .p227,263,312 .
- **Bruneton, J., ( 1999).** “Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales”. (3<sup>ème</sup> éd.). Paris: Editions médicales internationales, éditions Tec. & Doc. Lavoisier,: p 1120
- **Bruneton, J., (2009).** Pharmacognosie - Photochimie, plantes médicinales. 4<sup>e</sup> éd., revue et augmentée, Paris, France : Tec & Doc. P.1288. - Éditions médicales internationales.

- **Buchana, B.B., et Gruissem, W., et Jones, R.L., (2000).** Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists: Rockville, MD. p: 1367.
- **Chu, C.J., et Kemper, K.J., (2001).** Lavender (Lavandulaspp.). Longwood Herbai Task Force, p. 32.
- **Deroin, T., (1988).** Biologie florale d'une Annonaceae introduite en Côte D'Ivoire : Cananga diagnosis and epidemiology of fungal infections. 36 (1), p: 249-257.
- **El Abed, D., et Kambouche, N., (2003).** Les huiles essentielle. Edition: Dar El Badr. 91p.
- **El Gharras, H., (2009).** Polyphenols: Food sources, properties and applications- A review. Int. J. Food Sci. Technol. 44(12):2512-2518.
- **Fabiani, G., et christof, A., (2002).** Mémoire de la lavande. Barbentane : Equinoxe, p. 131.
- **Florine Harnist, (2013).** L'huile essentielle de lavande officinale: etat des connaissances sur ses potentialites thérapeutiques. mémoire de diplôme d'état de docteur en pharmacie, universite de strasbourg, p. 18-19.
- **Geoff Burnie.** Botanique : Encyclopédie de botanique d'horticulture plus de 1000 plantes du monde entier, p. 512-513.
- **Ghestem, A., et Seguin, E., et Paris, M., et Orecchioni, A.M., (2001).** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2 : Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- **Gören, A.C., Topçu, G., Bilsela, M., Aydogmus, Z., Pezzuto, J. M. (2002).** The chemical constituents and biological activity of Essential oil of Lavandula stoéchas ssp. Stoéchas. Z. Nature. 570 :797- 800.
- **Grunwald ,J ., Janicke ,C .(2004).** Guide de la phytothérapie. édition MARABOUT . p293.
- **Guignard, J.L., (2000).** Biochimie végétale, 2ème édition. Ed Dunod, Paris, 169p.
- **Hennebell, T., et Sahpaz, S., et Bailleul, F ., (2004) .** Polyphénols végétaux, sources et utilisations potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif,Phytothérapie,1ed, 3-6.
- **Iserin, P. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales. Ed : Larousse Bourdasse. Paris, P. 335.
- **Isman, M., (2002).** Problème et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. Biopesticides d'origine végétales. CBJR Renault-Roger, and CV Phylogène (Eds), Tec and Doc Editions, Lavoisier, Paris, France, 300-311.

- **Jean, Philippe Zahalaka., (2009).** Les plantes en pharmacie propriétés et utilisation. Édition Douphin, p. 125.
- **KABOUCHE Ahmed., (2005).** Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae. Thèse de doctorat, université de Constantine.
- **Kahlouche, R.F., (2014).** Evaluation chimique et activité antibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de doctorat, université de Constantine, 128p.
- **Kansoles, M .R., (2009),** Etude ethnobotanique, Phytochimique et activité biologiques de quelques Lamiaceae du Burkina-Faso: Cas de *Leucas martinicensis* (D.E.A) en sciences biologiques appliquées, Burkina-Faso.
- **Khedimallah, N., et Filali, I ., (2018).** Etude phytochimique et activités biologiques des deux espèces : *Ocimum basilicum* L et *Lavandula angustifolia* Miller. Mémoire de Master, univ. Constantine, p. 31, 35.
- **Krief, S., (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. HAL. Thèse de doctorat "Ecologie et chimie des substances naturelles". Muséum national d'histoire naturelle. p31-32.
- **Laib., et Barkat., (2011).** Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs seches de *lavandula officinalis*. (1- Institut de Nutrition, d'Alimentation et des Technologies Agro alimentaires, Université de Constantine Mentouri, Algérie, Page 89 .
- **Maganga, A., (2004).** Influence of variety and organic cultural practices on yield and essential oil content of Lavender and Rosemary in Interior BC. (STOPA). Ecorational Technologies. Kamloops. BC. P. 23.
- **Manach, C., et Scalbert, A., et Morand, C., et Remesy, C., et Jimenez, L., (2004).** Polyphenols: Food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(5):727-747.
- **Marfak, A., (2003).** Radiolyse gamma des flavonoïdes, Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides, thèse de doctorat, Limoges.
- **Marija, M., Senzana, B., Dusica, J., Sonja, D., et Milica, L., (2008).** Morphology, distribution, and histochemistry of trichomes of *THYMUS LYKAEDEGEN & JAV.* (LAMIACEAE) *Arch. Biol. Sci., Belgrade,* 60 (4), 667-672.

- **Marin, M.V., Koko, S., Deuletié-Lensevic., P.D, Marin., D, rancic., Z, Djic-Stevanovic., (2005).** South African Journal of Botany, 72.
- **Marrouf, A., Tremblin, G., (2009).** Abrege de biochimie appliquée, EDP science
- **Maurice, N., (1997).** L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXIe siècle. Ed. Lavoisier . Paris. 1214p.
- **MESSARA, Y., (2012).** Extraction des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des Labiées - Essais de formulation, p. 9.
- **Michel, Botineau., (2001).** *Guide des plantes médicinales*, Belin, p. 132.
- **Paris, M., et Hurabielle, M., ( 1981).** Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome 1: généralités, monographies. Ed. Masson, Paris.
- **Philippe, M., (2014).** Les familles des Plantes à fleurs d'Europe . Botanique ili .
- **Pierron, C., (2014).** les huiles et leur expérimentation dans les services hospitalières de France: exemples d'applications en gériatrie gérontologie et soins palliatifs.thèse de doctorat en pharmacie. Univ. De lorraine. P29.
- **Richardson, P., (1992).** The chemistry of the labiatae : An introduction and overview.In : Harley RM and Reynolds, T. Advances in labiatae Science. Botanicale Garden kew.
- **Saffidine, K., (2015).** Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *Carthamus caeruleus* L. et de *Plantago major* L.Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas-Sétif.
- **Sebai, M., et Boudali, M., ( 2009/2012).** La phytothérapie a la confiance et mefiance , Institut de formation paramédical CHETTIA,
- **Spichiger, R.-E., Vincent, V.-S., Figeat M., et Jeanmonod D. (2004).** Botanique systématique des plantes a fleurs « une approche polygénétique nouvelle des angiospermes des régions tempères et tropicales. 3emeEd.press polytechniques et universitaire romandes Lausanne, Suisse, p.328.
- **Stanier, RY., Doudoroff , M., Adelberg, ED A., (1966).** Microbiologie Générale. Masson et Cie Editeurs.
- **Tomas-Barberan, F.A., Gil, M.L. (2001).** Chemistry and Natural distribution of Flavonoïde In the labiatae.In Harley, R.M. Reynolds, T.Advances in labiatae Science.
- **Toninoli, F., Meglioli, V., (2013 ).** Huiles Essentielles L'encyclopédie. JUDENA . France .p 37,38, 202.

- **Umseh, C.V., et Jamsheer, A.M., et Parasad, M ., (2018).** The role of flavonoids in drug discovery review on potential applications .Research Journal of Life , bioinformatics pharmaceutical and Chemical Sciences(RJBPCS), 4(1),70.
- **Veres, K., (2007).** Variability and biologically active components of some Lamiaceaespecies.Ph.D. thesis. Départements of pharmacognosy. Univ. Szeged, Hunngary, p. 3.
- **Vermerris, W., (2006).** Phénolic compound biochemistry, □ Springer, Dordrecht. ISBN-10 1- 4020-5163-8 (HB).
- **Wichtl, M., et Anton, R., (2009).** Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition lavoisier, Paris : p 38, 41.
- **Yuan, Y., Mabberley, D.J., Steane, D.A., Olmstead, R.G.** "Further disintegration and redefinition of Clerodendrum (Lamiaceae): Implications for the understanding of the evolution of an intriguing breeding strategy". Taxon. 59 (1): 125–133. 2010.
- **Zergui, M., (2006).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales du lac Tonga: extraction et caractérisation chimique des principes actifs de Lavandulastoéchas L et Eucalyptus globulus. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Institut d'agronomie de El-Tarf, p. 51.