

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université BLIDA 1

Faculté des Sciences

Département de Chimie



Mémoire présenté par :

BAKRIME Manel

LAROUCI Rania

**En vue d'obtenir le diplôme de master**

Domaine : Science de la matière

Filière : Chimie

Option : **Chimie des produits naturels**

**Titre :**

Valorisation de la composition chimique, l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de la plante *Chamaemelum fuscatum*

Soutenu le 29/09/2020 devant le jury composé de :

N.BOUZIDI	MCA	Présidente Université Blida 1
A.MEZRAG	MCB	Examineur Université Blida 1
M.R.ZAHI	MCB	Promoteur Université Blida 1
S.SABOUR	MCB	Co-Promoteur Université Blida 1

**Promotion 2019/2020**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ:

« وَقَالُوا الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلَا أَنْ هَدَانَا اللَّهُ »

سورة الأعراف: الآية 43

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

## Remerciements

*Avant tout, on remercie notre DIEU tout puissant, qui nous a donné, la patience et qui a guidé nos pas vers le droit chemin durant les années d'études.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur, le docteur M.R.ZAHI pour avoir dirigé ce travail avec professionnalisme et patience et pour tous les conseils précieux qu'il nous a prodigués.*

*Nous remercions sincèrement monsieur S.SABOUR pour ces conseils et son aide.*

*On exprime nos sincères remerciements à Mme. BOUZIDI .N, qui nous a honorées de sa présence en acceptant de présider le jury de cette soutenance.*

*Nos remerciements et nos profondes considérations vont à l'endroit de Mr. MEZRAG .A, qui a accepté de donner des critiques sur ce mémoire, et d'éclaircir avec leurs commentaires.*

*Nous adressons également nos remerciements à Mr. METAILLE docteur au département de science de la vie et de la nature de l'université de SAAD DAHLEB BLIDA, qui nous a aidé à identifier la plante.*

*On exprime nos sincères remerciements.*

*Dédicace*

Gloire soit rendu au Dieu tout puissant le très miséricordieux pour tous ses bienfaits dont il m'a comblé et de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce modeste travail que je dédie à :

Mon très cher père pour ses précieux conseils, son immense amour, son affection intarissable.

Ma chère mère pour ses encouragements, son soutien et ses conseils ainsi que son amour.

Que dieu vous protège et vous réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé.

A mes très chers frères : Walid, Nassim, Djamel e-ddine et à ma chère et unique sœur : Sara

Mon très cher binôme Rania

Mes tantes, mes oncles, cousins et cousines

Et à tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin.

Manel

## **DÉDICACE**

*Grâce à Dieu Tout-Puissant et à Sa puissance, j'ai pu achever ce modeste travail que je me dédie à :*

*Mes chers parents, qui m'ont montré le chemin de la vie avec leurs précieux conseils, et qui m'ont donné tout ce dont j'avais besoin sans m'ennuyer. Votre patience, votre compréhension et vos encouragements infinis sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'offrir.*

*Sans vous je n'aurais certainement pas terminé mes études supérieures. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain. Que Dieu le tout puissant vous préserve, vous accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et vous protège de tout mal.*

*A mes sœurs Assia et Meriem qui m'ont beaucoup aidé, merci à vous.*

*A ceux qui sont toujours à mes coté Roumaïssa, Radia, Hanane, Imane et Djamila.*

*Mon très cher binôme Manel.*

*Mes oncles, mes tantes mes cousins et cousines, et spécialement mon oncle Abdou allah.*

*A mes collègues de la promotion, et spécialement Hadjer et Aya.*

*Et à tous ceux qui ont prié pour moi pour que je réussisse.*

*Rania*

## المخلص

من بين أنواع البايونج الغير معروفة على المستوى الطبي مقارنة بالأنواع الأخرى من نفس الصنف خاصة بما يتعلق بأنشطته البيولوجية نذكر *Chamaemelum fuscatum*

يعتمد عملنا أساسا على استخراج الزيت الأساسي من هذا النبات و التقييم النوعي لنشاطه المضاد للبكتيريا بطريقة انتشار القرص. حيث بلغت كفاءة استخلاص الزيت الأساسي عن طريق التقطير المائي 0.40% وقد تم اختبار نشاط هذا الزيت على ثلاث سلالات بكتيرية وهي *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, و *Escherichia coli*. حيث أظهرت نتائج هذا الاختبار نشاط كبير مضاد للبكتيريا للزيت الأساسي ضد جميع السلالات المختبرة .

**الكلمات المفتاحية:** *Chamaemelum fuscatum*، زيت أساسي، نشاط مضاد للبكتيريا

## Résumé

*Chamaemelum fuscatum* est l'une des camomilles méconnue surtout en ce qui concerne ses activités biologiques. Notre travail repose sur l'extraction de l'huile essentielle de cette plante, et l'évaluation qualitative de son activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur disque. Le rendement de l'extraction de l'HE à partir des fleurs de cette plante par hydrodistillation était de l'ordre de 0.40%.

Les résultats du test de l'activité de cette huile sur trois souches bactériennes deux souches a Gram + : *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* et une souche a Gram - : *Escherichia coli*, ont montrés que l'HE de *C. fuscatum* est dotée d'une importante activité antibactérienne contre les souches testés.

**Mots clés :** *Chamaemelum fuscatum*, huile essentielle, activité antibactérienne.

## Abstract

*Chamaemelum fuscatum* is one of the unrecognized chamomiles especially with regard to its biological activities. Our work is based on the extraction of the essential oil from this plant, and the qualitative assessment of its antibacterial activity by the disk diffusion method. The efficiency of extracting EO from the flowers of this plant by water distillation was of the order of 0.40%.

The results of the test of the activity of this oil on three bacterial strains, two strains are Gram +: *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* and one strain is Gram -: *Escherichia coli* , showed that the EO of *C. fuscatum* is endowed with significant antibacterial activity against the strains tested.

**Keywords:** *Chamaemelum fuscatum*, essential oil, antibacterial activity.

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**µg/ml** : Microgramme par Millilitre

**ml** : Millilitre

**mm** : Millimètre

**AFNOR** : Association Française de normalisation

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

***B. subtilis*** : *Bacillus subtilis*

***C. albicans*** : *Candida albicans*

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

***C. fuscatum*** : *Chamaemelum fuscatum*

**CMB** : Concentration Minimale Bactéricide

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice

***C. mixtum*** : *Chamaemelum mixtum*

***C. nobile*** : *Chamaemelum nobile*

**DL<sub>50</sub>** : Dose Létale médiane

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

***E. faecalis*** : *Enterococcus faecalis*

**H** : Taux d'humidité

**HE** : Huile Essentielle

**I** : Indice de rétention

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

***L. monocytogenes*** : *Listeria monocytogenes*

***M. recutita*** : *Matricaria recutita*

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

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

**Rd** : Rendement

**Rdm** : Rendement moyen

**RMN** : Résonance Magnétique Nucléaire

**RMN 1D** : Résonance Magnétique Nucléaire à une dimension

**RMN 2D** : Résonance Magnétique Nucléaire à deux dimensions

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

**SHR** : Spontaneously Hypertensive Rats

**S. typhimurium**: *Salmonella typhimurium*

**STZ** : Streptozotocin-induced

## Liste des figures

Figure I.1 : Structure de l'isoprène(C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ).....	9
Figure I.2 : Exemples des structures de mono- et sesquiterpènes.....	10
Figure I.3 : Exemples des structures de composés dérivés de phénylpropane.....	10
Figure I.4 : Quelques composés d'origine variée.....	11
Figure I.5 : Croquis botanique de <i>Chamaemelum mixtum</i> .....	15
Figure I.6 : Photo de <i>Chamaemelum nobile</i> .....	17
Figure I.7 : Croquis botanique de <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	20
Figure II.1 : Photo de <i>C. fuscatum</i> après la récolte.....	25
Figure II.2 : Photo de <i>C. fuscatum</i> après le séchage.....	25
Figure II.3 : Montage d'hydrodistillation.....	26
Figure II.4 : Aspects de l'HE de <i>C. fuscatum</i> .....	27
Figure II.5 : Graphique en bâtons des valeurs des rendements.....	28
Figure III.1 : Histogramme des résultats des diamètres des zones d'inhibition.....	33
Figure III.2 : Aromatogramme de l'HE de <i>C. fuscatum</i> contre <i>B. subtilis</i> .....	33
Figure III.3 : Aromatogramme de l'HE de <i>C. fuscatum</i> contre <i>E. coli</i> .....	33
Figure III.4 : Aromatogramme de l'HE de <i>C. fuscatum</i> contre <i>S. aureus</i> .....	33

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Les plantes médicinales les plus utilisées en Algérie.....	6
Tableau 02 : Situation géographique.....	24
Tableau 03 : Périodes de séchage.....	25
Tableau 04 : Tableau des rendements.....	27

# Sommaire

Remerciements

Dédicace

الملخص

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction .....1

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

I.1 Généralités sur la phytothérapie, l'aromathérapie et les plantes médicinales.....3

I.1.1 Définition de la phytothérapie.....3

I.1.2 L'aromathérapie.....3

I.1.2.1 Définition de l'aromathérapie.....3

I.1.2.2 Historique de l'aromathérapie.....3

I.1.3 Les plantes médicinales.....4

I.1.3.1 Définition.....4

I.1.3.2 Utilisation des plantes médicinales.....5

I.1.3.3 Historique des plantes médicinales en Algérie.....5

I.2 Généralités sur les huiles essentielles.....7

I.2.1 Définition.....7

I.2.2 Répartition des huiles essentielles dans la plante.....8

I.2.3 Techniques d'extraction des huiles essentielles.....8

I.2.4 Composition chimique des huiles essentielles.....9

I.2.4.1 Les terpénoïdes.....	9
I.2.4.2 Les composés aromatiques.....	10
I.2.4.3 Composés d'origine variée.....	11
I.2.5 Caractéristiques physico-chimiques d'une huile essentielle.....	11
I.2.6 Techniques d'analyse.....	11
I.2.7 Utilisations.....	12
I.2.7.1 En cosmétologie.....	12
I.2.7.2 Dans l'industrie agro-alimentaire.....	12
I.2.7.3 En pharmacie.....	13
I.3 La famille des <i>Asteraceae</i> .....	13
I.4 Le genre <i>chamaemelum</i> .....	13
I.4.1 Les espèces du genre <i>chamaemelum</i> .....	14
I.4.1.1 <i>Chamaemelum mixtum</i> .....	14
I.4.1.1.1 Travaux antérieurs sur <i>Chamaemelum mixtum</i> .....	15
I.4.1.2 <i>Chamaemelum nobile</i> .....	16
I.4.1.2.1 Travaux antérieurs sur <i>Chamaemelum nobile</i> .....	17
I.5 <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	19
I.5.1 Description de la plante.....	19
I.5.2 Classification botanique.....	20
I.5.3 Les appellations de la plante.....	20
I.5.4 Habitat et distribution géographique.....	20
I.5.5 Utilisations.....	21
I.5.6 Etudes chimiques et biologiques de la plante <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	22
I.5.6.1 Etude chimique des extraits lipidiques de <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	22
I.5.6.2 Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	22

I.5.6.3 Les activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Chamaemelum fuscatum</i> .....	23
---	----

## **Chapitre II : L'extraction de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum***

II. 1 Introduction.....	24
II .2 Matériel botanique.....	24
II. 2.1 Identification de la plante.....	24
II. 2.2 Récolte .....	24
II. 2.3 Séchage et conservation.....	25
II. 2.4 Le taux d'humidité.....	25
II. 3 Procédé d'extraction de l'huile essentielle.....	26
II. 3.1 Aspects de l'huile essentielle obtenue.....	27
II. 3.2 Rendement d'extraction.....	27

## **Chapitre III : Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum*.**

III.1 Généralités sur les souches bactériennes testées. ....	30
III.1.1 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	30
III.1.2 <i>Bacillus subtilis</i> .....	31
III.1.3 <i>Escherichia coli</i> .....	31
III.2 Protocole expérimentale.....	31
III.2.1 Préparation des souches bactérienne.....	31
a- Repiquage.....	31
b- Préparation de l'inoculum (pré-culture).....	31
III.2.2 L'ensemencement.....	31
III.3 Interprétation des résultats obtenus.....	32

Conclusion.....	35
Références bibliographique.....	36
Annexe.....	48

## Introduction

La nature est un monde caractérisé par sa diversité (végétale, animale et microorganismes...etc.), allant des éléments les plus simples et petits jusqu'à ceux qui sont grands et complexes. A cause de cette diversité, l'homme a pu exploiter la nature pour subvenir à ses différents besoins tel que : nourriture, abri, vêtements, industrie ..... etc.

L'utilisation des végétaux par l'homme se confond avec l'histoire de l'humanité, à la fois à des fins alimentaires (pour son alimentation et celle de ces animaux herbivores...etc.), pour sa protection (abris et pour ses propre vêtements...etc.), comme une source énergétiques (feu, énergie fossiles...etc.), et de lutte contre les maladies par les constituants chimiques des végétaux [1].

Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels qui sont généralement des métabolites secondaires qui ayant un très large éventail d'activités biologiques.

Les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales ont été pendant longtemps le principal, voire l'unique recours de la tradition orale pour soigner les pathologies, en même temps que la matière première pour la médecine moderne [2]. Actuellement environs 60 à 80 % de la population mondiale font appel à la médecine traditionnelle pour satisfaire leurs besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne [3].

La découverte des produits synthétiques tels que les antibiotiques, les antioxydants, insecticides ....etc, a provoqué le déclin de la thérapie à base de plantes et l'a reléguée à un rang secondaire. Cependant, la résistance des micro-organismes pathogènes à de tels médicaments, et les effets secondaires qui les causent ont obligé les scientifiques de différentes disciplines à faire recours aux plantes médicinales et aromatiques pour découvrir des alternatifs naturels bioactifs [4].

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées depuis des millénaires par différentes cultures, comme celles de Chine, d'Inde, d'Egypte, de Grèce et de Rome. Les gens de chaque région utilisent une variété de plantes utiles dans leur environnement, pour des usages religieux, cosmétiques, ou thérapeutiques. Les formes les plus connus d'utilisation de ces plantes sont : l'infusion, décoction (préparation de thés), macération et huile essentielle. Cette

dernière est un mélange des composés volatiles liposolubles contenus dans différentes parties des plantes aromatiques qui est obtenue au moyen de différents procédés. Les techniques traditionnelles d'extraction (admises pour l'utilisation à des fins thérapeutiques) sont la distillation à la vapeur d'eau et l'expression à froid. Selon la partie de la plante distillée (feuille, écorce, fleur, graine, racine, fruit) les huiles essentielles obtenues sont différentes du point de vue propriétés et qualités de leurs constituants [5].

Les plantes médicinales trouvent encore leurs indications thérapeutiques dans le traitement de plusieurs maladies en Algérie et cela grâce à son climat très diversifié, les plantes poussent en abondance dans les régions côtières, montagneuses et également sahariennes. Ces plantes constituent des remèdes naturels potentiels qui peuvent être utilisées en traitements curatifs et préventifs. Selon plusieurs études, les familles des plantes les plus dominantes en Algérie sont les lamiacées et les astéracées [6,7].

La famille des astéracées (*Asteraceae*) (dont la plante étudiée fait partie) est la plus grande famille de plantes à fleurs dont le principal caractère est de posséder des fleurs groupées en capitules [8]. La famille est répartie dans le monde entier, sauf en Antarctique, et comprennent près de 23 500 espèces réparties en 1 600 genres [9]. La majorité des espèces d'*Asteraceae* sont herbacées. La famille contient plusieurs espèces qui sont d'importantes sources d'huiles de cuisson, d'agents édulcorants et d'infusions [10].

*Chamaemelum fuscatum* est l'une des espèces du genre *Chamaemelum* de la famille des *Asteracea*. C'est une camomille du sud-ouest ibérien qui a été traditionnellement utilisée dans son aire de distribution naturelle, comme un antiseptique sous forme d'infusion (les fleurs) pour le traitement des maladies digestives (usage interne), et comme un anti-inflammatoire sous forme de décoction (les fleurs) pour usage externe [11].

Ce travail est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré aux généralités sur la plante et d'autres espèces de son genre.

Le second comportera l'extraction de l'huile essentielle de la plante *Chamaemelum fuscatum*. Le troisième concernera l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle.

# Chapitre I : Synthèse bibliographique

## I.1 Généralités sur la phytothérapie, l'aromathérapie et les plantes médicinales

### I.1.1 Définition de la phytothérapie

La phytothérapie est une médecine traditionnelle ancestrale basée sur l'utilisation des plantes médicinales à des besoins thérapeutiques. Le mot phytothérapie vient du grec «phyton» qui veut dire plantes et therapeia qui veut dire soigner« soigner par les plantes » [12].

Elle puise notamment ses origines dans la pharmacopée chinoise et la pharmacopée indienne. En phytothérapie, la plante est utilisée en partie (les feuilles, les fleurs, les racines, l'écorces...etc.) ou entière, utilisée fraîche ou sèche sous plusieurs formes (tisanes, gélules, poudres...etc.) [13]. C'est une médecine à part entière, qui contribue au bon équilibre du corps humain en stimulant son organisme, sans effets secondaires et/ou intoxication, et permet éventuellement une véritable prévention (guérison) de nombreuses maladies [14].

La phytothérapie se décompose en deux branches distinctes :

- **La phytothérapie traditionnelle:** elle est basée sur des usages ancestraux, empiriques et qui repose sur une approche holistique. Elle utilise les effets de la plante totale sur l'individu dans sa globalité.

-**La phytothérapie moderne:** elle s'appuie sur des connaissances biochimiques, cherchant à soulager des symptômes grâce à des principes actifs identifiés, testés cliniquement et contenus dans les plantes médicinales. Elle a surtout recours à des produits d'origine végétale obtenus par extraction et présentés comme toutes autres spécialités pharmaceutiques [15].

### I.1.2 L'aromathérapie

#### I.1.2.1 Définition de l'aromathérapie

Selon Michel Faucon [16] « L'aromathérapie est une thérapie utilisant les essences, les huiles essentielles et les hydrolats aromatiques, extraits de parties aromatiques des plantes médicinales ».

#### I.1.2.2 Historique de l'aromathérapie

L'histoire de l'aromathérapie se confond en grande partie avec celle de la phytothérapie. L'utilisation des parfums et huiles essentielles est connue depuis l'antiquité dans les anciennes civilisations chinoise, romaines et égyptiennes. Les romains, connus pour leurs bains, utilisaient déjà les huiles essentielles, aussi bien en tant que parfum que pour soulager les douleurs, tandis que, les Egyptiens employaient les huiles essentielles pour embaumer leurs morts 4000 ans avant J-C [5]. Cependant, les vrais fondateurs de l'aromathérapie sont les Arabes, avec l'invention de l'alambic ont affiné la technique de la distillation. Avicenne (980-1037), produit la première huile essentielle pure, l'huile essentielle de *Rosa centifolia*, et en décrit plusieurs autres dans le « Canon de la médecine » [17].

Le mot 'aromathérapie' a été inventé par le chimiste René-Maurice Gattefossé en 1928, suite à un accident en travaillant sur les parfums, il plongea par réflexe sa main brûlée lors d'une explosion dans l'huile essentielle de la lavande, parce que c'était le premier liquide à proximité, il a noté une guérison rapide sans infection et sans laisser de cicatrices [18]. Au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle le docteur Jean Valnet, vulgarisa la médecine par les plantes et les huiles essentielles en suivant les travaux de Gattefossé sur les relations structures-activité et les propriétés chimiques et thérapeutiques des principales molécules aromatiques [19]. Par la suite en 1971 Pierre Franchomme, avec la notion de chémotype contribua à améliorer l'identification des principes actifs dans les extraits utilisés [20].

Aujourd'hui l'aromathérapie bénéficia de l'avancée des méthodes d'analyses, en particulier de la chromatographie. La distinction précise des composés aromatiques a permis à la médecine de mieux appréhender leurs mécanismes d'action, et d'affiner leur prescription.

### **I.1.3 Les plantes médicinales**

#### **I.1.3.1 Définition**

Selon l'OMS, les plantes médicinales sont toutes plantes qui contiennent une ou plusieurs substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles [11].

Selon la pharmacopée française note 1, elle est définie comme une drogue végétale au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie (feuille, tige, racine etc.) possède des propriétés médicamenteuses. Une « drogue végétale » est une plante ou une partie de plante, utilisée, soit le plus souvent sous la forme sèche, soit à l'état frais [21]. L'expression drogue

végétale ou, plus couramment, drogue, désigne donc une matière première naturelle servant à la fabrication des médicaments.

L'effet thérapeutique des plantes médicinales est dû à leurs compositions chimiques (métabolites secondaires), et qui sont des éléments d'adaptation, de restauration et de défense produites par les plantes médicinales pour leurs propre survie [22].

Dans le monde, 80% des populations ont recours à des plantes médicinales pour se soigner, par manque d'accès aux médicaments prescrits par la médecine moderne. Cependant les plantes médicinales présentent une source naturelle et renouvelable de métabolites secondaires qui peuvent être utilisés pour produire de nouveaux médicaments et, par conséquent, le traitement de divers troubles humains [15].

### **I.1.3.2 Utilisation des plantes médicinales**

Depuis un siècle et demi, les plantes médicinales ont fourni à la pharmacie des médicaments très efficaces [23]. De nos jours, de nombreux travaux menés dans le domaine de l'ethnopharmacologie, montrent que les plantes utilisées en médecine traditionnelle et qui ont été testées sont souvent d'une part, des plantes efficaces dans les modèles pharmacologiques et d'autre part seraient quasiment dépourvues de toxicité [23].

Il existe divers modes de préparations à base des plantes médicinales : les tisanes (décoction, macération et infusion), poudre et gélules, huiles essentielles, extraits hydroalcooliques de plantes fraîches...etc, selon l'effet thérapeutique désiré, la nature de la plante utilisée et le mode d'utilisation : interne ou externe [24].

### **I.1.3.3 Historique des plantes médicinales en Algérie**

L'Algérie est l'un des pays les plus riches en plantes médicinales, l'usage de ces plantes est une tradition très ancienne. Les premiers écrits sur les plantes médicinales qui décrivent leurs usages, ont été faits en IX<sup>ème</sup> siècle par Ishâ-Ben-Amran et Abdallah-Ben-Lounès. Cependant, la plus grande production de livres a été réalisée au XVII<sup>ème</sup> et au XVIII<sup>ème</sup> siècles, durant le colonialisme français. Les botanistes algériens ont réussi à cataloguer un grand nombre d'espèces médicinales aussi qu'un livre sur les plantes médicinales et aromatiques d'Algérie a été publié en 1942 par Fourment et Roques [25] où ils ont mentionné, décrit et étudié 200 espèces végétales d'intérêt médicinales. La majorité des plantes étaient du nord d'Algérie et seulement 6 espèces étaient du Sahara.

L'Algérie comprenait plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques [26]. Les ouvrages les plus récents sur les plantes médicinales algériennes sont ceux de Blouad 1998 [6] et Baba aissa 1999 [27].

Depuis longtemps, la phytothérapie était l'une des parties indispensables dans la culture des quatre cotées d'Algérie surtout dans les zones rurales. Les plantes médicinales et aromatiques sont toujours utilisées par des personnes âgées pour préparer pleines de recette traditionnelles des différentes tisanes (recettes grands-mères) [28]. En Kabylie, Derridj A et al, (2010) [29] ont répertorié 114 espèces botaniques de la flore médicinale traditionnelle dans la région de Tizi-Ouzou appartenant à 52 familles et que certaines espèces rares protégées par le Parc National et réserve de biosphère du Djurdjura tel que *Phlomisbovei* et *Origanum floribundum* qui sont très utilisées par la population locale.

Dans la région de M'sila, Amel Boudjelal et al, (2013) [30] ont déterminé un total de 58 espèces de 50 genres attribué à 27 familles. L'étude de Mohamed Djamel Miara et al, (2019) [31] à permet d'identifier 83 espèces appartenant à 37 familles, utilisées comme des remèdes traditionnels par la population de Bordj Bou Arreridj. Dans toutes les régions citées avant, les familles botaniques dominantes des plantes étaient les lamiacées et les astéracées.

Le tableau ci-dessous regroupe les plantes médicinales les plus utilisées en Algérie [32] :

**Tableau 01** : Les plantes médicinales les plus utilisées en Algérie.

<u>Nom scientifique</u>	<u>Famille</u>	<u>Nom commun</u>
<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Astéraceae</i>	Armoise
<i>Crataegus Oxycantha</i>	<i>Rosaceae</i>	Aubépine
<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Lamiaceae</i>	Basilic
<i>Borago officinalis</i>	<i>Boraginaceae</i>	Bourrache
<i>Coriandrum sativum L.</i>	<i>Apiaceae</i>	Coriandre
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	<i>Fabaceae</i>	Fenugrec
<i>Fumaria officinalis L.</i>	<i>Fumariaceae</i>	Fumeterre
<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Lamiaceae</i>	Lavande
<i>Malva sylvestris</i>	<i>Malvaceae</i>	Mauve

<i>Mentha piperita</i>	<i>Lamiaceae</i>	Menthe poivrée
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Lamiaceae</i>	Origan
<i>Urtica dioica</i>	<i>Urticaceae</i>	Ortie
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Portulacaceae</i>	Purslane
<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	<i>Lamiaceae</i>	Romarin
<i>Salvia officinalis L</i>	<i>Lamiaceae</i>	Sauge
<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Lamiaceae</i>	Thym
<i>Verbena officinalis</i>	<i>Verbénaceae</i>	Verveine

## I.2 Généralités sur les huiles essentielles

### I.2.1 Définition

Il s'agit d'un extrait pur et naturel provenant de plantes aromatiques [33,34]. Les HEs sont des substances odorantes volatiles, très concentrées, de consistance huileuse, offrant une forte concentration en principes actifs [35].

Selon l'AFNOR (l'Association Française de Normalisation ), les HEs sont des produits généralement odorants, obtenues soit par entraînement à la vapeur d'eau, de végétaux ou de parties de végétaux, soit par expression du péricarpe frais de certaines fruits. Les essences obtenues par d'autres procédés d'extraction ne sont pas inclus dans cette définition [36].

Selon la pharmacopée européenne, les HEs sont des produits odorants, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage [37]. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition chimique.

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent à deux groupes caractérisés par origines bioénergétiques : le groupe des terpénoïdes et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane qui sont

beaucoup moins fréquents [38]. Les plantes utilisent généralement ces mélanges complexes pour:

- Protection contre les prédateurs de la plante.
- Attraction des insectes pollinisateurs.
- Inhibition de la germination, la croissance, et la multiplication des bactéries et des champignons [39].

### **I.2.2 Répartition des huiles essentielles dans la plante**

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal. Cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles telles que : les *Rutacées*, les *Ombellifères*, les *Myrtacées*, les *Lamiacées* [40].

Elles sont présentes dans différents organes végétaux producteurs, variant en fonction de la zone productrice du végétal [41, 42]. On les trouve dans:

Les sommités fleuries (ex: lavande, menthe...), dans les racines ou rhizomes (ex: gingembre), dans les écorces (ex: cannelles), le bois (ex: camphrier), les fruits (ex: citron), les graines (ex: Muscade) et sont contenues dans des structures spécialisées à savoir : les poils, les canaux sécréteurs et les poches [43].

Il est possible d'obtenir des huiles essentielles de compositions chimiques très différentes, venant de différentes parties de la même plante, c'est le cas de *Citrus aurantium L* ou l'essence extraite par expression à froid du péricarpe frais du fruit, est riche en limonène, alors que l'hydrodistillation de la fleur produit de linalol, farnésol et nérolidol [44].

### **I.2.3 Techniques d'extraction des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont toujours en quantité faible voir minime dans la matière végétale, c'est pour cela, il faut des grandes quantités parfois des tonnes de plantes pour l'obtention d'un litre d'huile essentielle.

Il existe plusieurs procédés d'extraction des huiles essentielles, les techniques anciennes ou dites classiques : Enfleurage, expression, distillation (hydrodistillation, entraînement à la vapeur d'eau, distillation par des solvants organiques), et les techniques récentes : extraction par CO<sub>2</sub> supercritique, par micro-ondes [45] et par ultrasons [46].

La technique la plus utilisée est l'entraînement à la vapeur ou l'hydrodistillation de la plante fraîche ou sèche car elle n'est pas coûteuse et facile à mettre en œuvre.

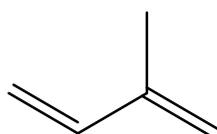
#### **I.2.4 Composition chimique des huiles essentielles**

La composition des huiles essentielles est complexe, qui leur confèrent leurs différentes propriétés et éventuelles toxicités.

Ces composants sont divisés en deux grands groupes: le groupe majeur des terpénoïdes et le groupe des composés aromatiques (dérivés du phénylpropane) [47-49].

##### **I.2.4.1 Les terpénoïdes**

Une famille de composés largement répandus dans le règne végétal, ce sont des hydrocarbures formés par assemblages de deux ou plusieurs unités isopréniques. L'unité isoprénique est de formule brute ( $C_5H_8$ ) [50].



**Figure I.1** : Structure de l'isoprène( $C_5H_8$ ).

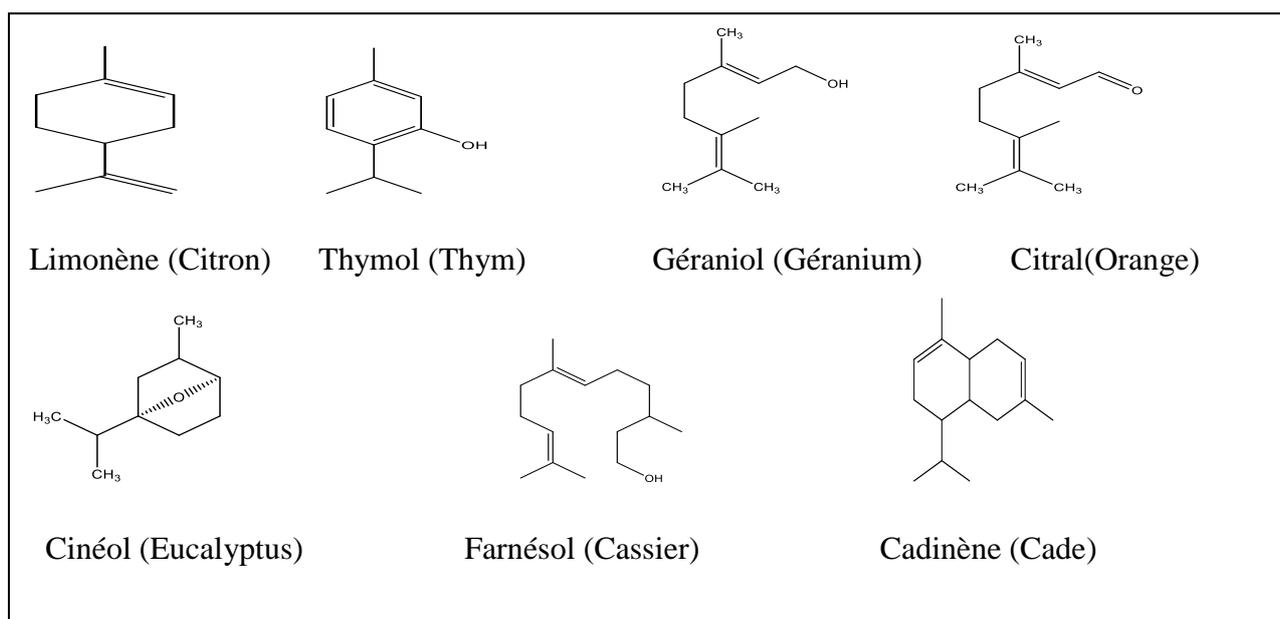
Les terpénoïdes sont classés selon [51] :

- Leurs fonctions : alcools (géraniol, linalol), esters (acétate de linalyle), aldéhydes (citral, citronellal), cétones (menthone, camphre, thuyone), éthers-oxydes (cinéole).
- Leurs structures : linéaire (farnésol) ou cyclique : monocyclique (zingiberène), bicyclique (cadinène, caryophyllène) ou tricyclique (cubébol).
- Le nombre d'unités isopréniques: les mono en ( $C_{10}$ ), les sesqui en ( $C_{15}$ ), les di en ( $C_{20}$ ), les tri en ( $C_{30}$ ), les tetra en ( $C_{40}$ ) et les polyterpènes.

La majorité des composés terpéniques sont des métabolites secondaires sans fonction directe dans la croissance des végétaux. Ces métabolites sont responsables de la couleur et l'odeur des plantes et des épices (piments, curies), certains d'entre eux ont des fonctions écologiques importantes mais la majorité (les mono et sesquiterpènes) possèdent une activité

antimicrobienne contre un large éventail des bactéries et champignons. Par ailleurs, un certain nombre de terpènes ont des propriétés toxiques, répulsives ou attractives pour d'autres organismes.

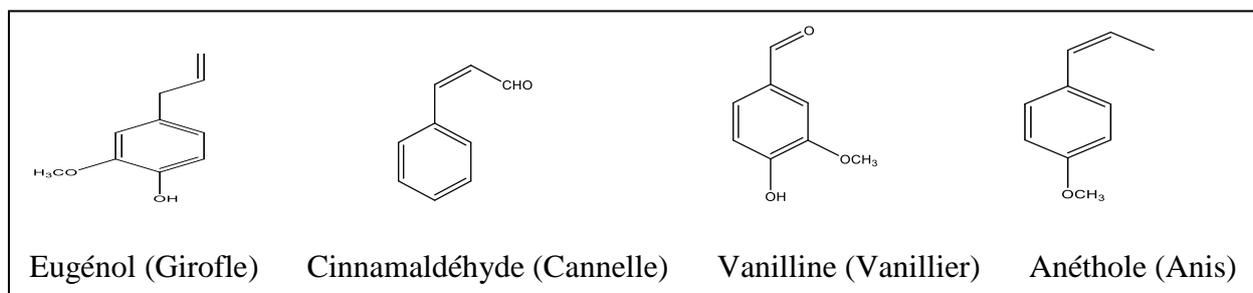
Les huiles essentielles contiennent particulièrement les monoterpènes, les sesquiterpènes et souvent très peu les diterpènes. Ils leur confèrent un caractère volatil et des propriétés olfactives [52]. Des exemples des structures des terpènes qu'on trouve généralement dans les huiles essentielles sont présentes ci-dessous.



**Figure I.2 :** Exemples des structures de mono- et sesquiterpènes [52].

#### I.2.4.2 Les composés aromatiques

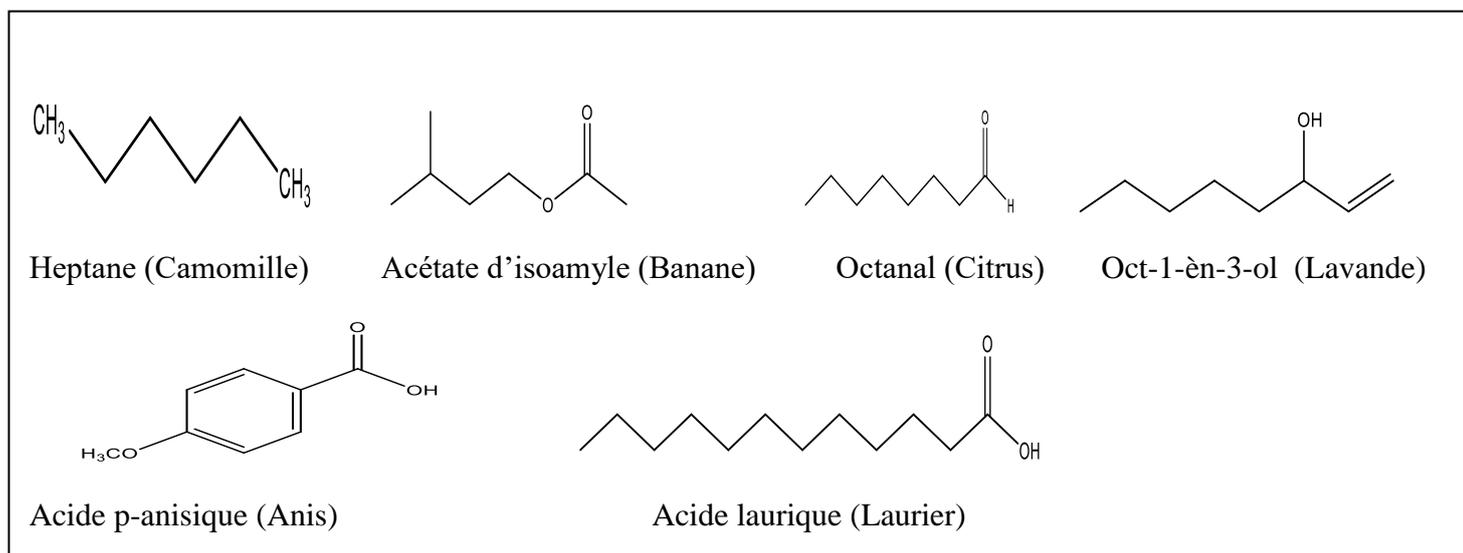
Connus aussi sous le nom phénylpropanoïdes, ce sont des composés moins fréquents dans les huiles essentielles, ils dérivent de phénylpropane (C6-C3) [47]. Quelques composés aromatiques les plus répandus dans les huiles essentielles sont données sur la figure I.3.



**Figure I.3 :** Exemples des structures de composés dérivés de phénylpropane [47].

### I.2.4.3 Composés d'origine variée

Ce sont les hydrocarbures aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions (acides, esters...) de faibles masses moléculaires et entraînés par hydrodistillation [48].



**Figure I.4** : Quelques composés d'origine variée [48].

### I.2.5 Caractéristiques physico-chimiques d'une huile essentielle

Les huiles essentielles sont constituées de molécules à squelette carboné, le nombre d'atomes de carbone étant compris entre 5 et 22 (le plus souvent 10 ou 15) [53].

Elles sont à l'état liquide à température ambiante. Elles sont caractérisées par la volatilité, ce qui les différencie des huiles dites fixes. Elles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînés à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau [49]. Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Elles sont pour la plupart colorées, elles sont aussi altérables et sensibles à l'oxydation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité en absence de l'humidité. De ce fait, l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée [54].

### I.2.6 Techniques d'analyse

L'analyse des huiles essentielles est une étape importante, elle consiste à la séparation et l'identification de leurs composants. Cependant, elle demeure une opération délicate nécessitant la mise en œuvre de diverses techniques [55].

La chromatographie est le procédé fréquemment utilisé pour séparer les constituants des huiles essentielles, les méthodes chromatographiques les plus utilisées sont :

- **Chromatographie sur couche mince (CCM)** : utilisée pour l'analyse rapide de fractions obtenues à la suite d'une séparation initiale.
- **Chromatographie en phase gazeuse (CPG)** : la technique la plus utilisée pour les huiles essentielles, elle permet la séparation, l'identification et la quantification des constituants d'un mélange en basant sur leurs indices de rétention (I).
- **Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GPC/SM)** : utilisée pour la séparation et l'identification par comparaison des indices de rétention (I) et des données spectrales (spectres de masse) des constituants individualisés avec les caractéristiques de produits de référence contenus dans les banques de données spectrales[56].

Parmi les techniques spectroscopiques utilisées pour l'identification des HEs, on trouve la RMN (la Résonance Magnétique Nucléaire). Cette technique permet l'accès à des informations concernant le squelette et la fonctionnalisation des molécules [57].

### **I.2.7 Utilisations**

Les huiles essentielles sont utilisées dans plusieurs domaines, principalement en parfumerie et cosmétique, dans le domaine alimentaire et l'industrie pharmaceutique.

#### **I.2.7.1 En cosmétologie**

Les huiles essentielles présentent environ 60% des matières premières de l'industrie des parfums synthétiques, des savons et des produits cosmétiques. On les trouve aussi dans les préparations dermo- pharmacologique, bair « calmant » ou « relaxant », et leur emploi dans les rouges à lèvres, les shampoings, les dentifrices, où les HEs à base de lavande, de citron, de citronnelle, sont les plus utilisées [58].

#### **I.2.7.2 Dans l'industrie agro-alimentaire**

Les huiles essentielles sont utilisées comme aromatisants naturels et agents de conservation des aliments et cela grâce à la présence des composés ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydants [59]. Actuellement, l'industrie agroalimentaire utilise les huiles essentielles dans les préparations surgelées non seulement pour rehausser le goût mais aussi pour empêcher les contaminations alimentaires qui se développent (effet antimicrobien) [60,61].

### **I.2.7.3 En pharmacie**

Elles sont généralement utilisées comme antiseptiques externes ou contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne ou fongique. Le caractère volatil de ces huiles permet d'envisager leur utilisation en tant qu'agents de préservation pour le contrôle de l'hygiène de l'air des systèmes de climatisation, notamment en milieu hospitalier, entraînant un effet bénéfique au niveau de la qualité de l'air des locaux [62].

## **I.3 La famille des *Asteraceae***

Les astéracées forment, avec 23500 espèces réparties en 1 600 genres la plus grande famille du règne végétal [63]. Leur aire de distribution est extrêmement vaste. En effet, elles sont représentées sur tous les continents, à toutes les altitudes, sous tous les climats. Les astéracées sont particulièrement abondantes dans les régions sèches, ou même arides, tels que les pays circum méditerranéens, l'Afrique australe, l'Australie du Sud, et l'Amérique (Ouest des Etats-Unis, Mexique, Andes).

Pour la plupart d'entre elles ce sont des herbes (*Artemisia*, etc.), rarement des herbes arbustives (*Inula*, etc.), et exceptionnellement des arbres (*Brachyleana*) [64].

Les astéracées ont la caractéristique commune d'avoir des fleurs réunies en capitules. Chaque capitule floral étant composé de dizaines, voire de centaines, de fleurs, modifiées certes, le faisant ressembler à une fleur unique (les fleurs externes - ligules - miment des pétales, les centrales - tubules - des étamines). Cette structure en forme de coupe ou de collerette est appelé un involucre.

Les fruits sont des akènes, souvent couronnés d'une aigrette de soies appelée pappus qui favorise la dispersion des graines par le vent. C'est la raison pour laquelle elles sont considérées comme les plantes les plus évoluées [65].

## **I.4 Le genre *Chamaemelum***

*Chamaemelum* est un petit genre de plantes de la famille des *Asteraceae*. *Chamaemelum* est proche du genre *Anthemis* du quel il se différencie par les fleurs à corolle enveloppant l'apex de l'akène. Ce sont des plantes annuelles, dépassant rarement 50 cm de hauteur et portant habituellement des fleurs (capitules) solitaires blanches à centre jaune ressemblant à la marguerite commune [66]. Il comporte seulement trois espèces : *Chamaemelum mixtum*,

*Chamaemelum nobile* (nommée anciennement *Anthemis nobilis* L) et *Chamaemelum fuscatum*.

Les espèces du genre *chamaemelum* sont originaires d'Europe occidentale et d'Afrique du Nord, mais elles sont présentes dans d'autres continents où elles ont été importées [66, 67].

Les espèces du genre *chamaemelum* ou brièvement les camomilles ont fait l'objet de nombreux usages médicaux depuis l'Antiquité (Bien qu'il soit souvent difficile d'identifier exactement les plantes mentionnées dans les textes anciens en termes d'espèces botaniques). Au II<sup>ème</sup> siècle, Galien fut le premier à utiliser la camomille pour soigner les migraines et les névralgies, ce sont les fleurs séchées qui sont utilisées en médecine dans diverses préparations : infusion, décoction et macération [68]. En générale les camomilles (en infusion) sont employées comme calmant et contre les inflammations des muqueuses [69], et l'huile essentielle à base de camomille est utilisée comme anti-inflammatoire, antalgique, préanesthésique et calmante [70]. Les camomilles sont largement utilisées dans différents produits cosmétiques, comme les shampooings (pour blondir les cheveux) et dans les gels antisolaires, tandis que l'huile essentielle est utilisée en parfumerie et en savonnerie [68].

#### **I.4.1 Les espèces du genre *chamaemelum***

##### **I.4.1.1 *Chamaemelum mixtum***

*Chamaemelum mixtum* anciennement appelée *Ormenis mixta*, *Anthemis mixta* ou encore *Cladanthus mixtus*, nommée aussi commercialement Camomille du Maroc (ces changements découlent des nouvelles classifications génétiques), est une Astéracée chaméphyte bisannuelle à nombreuses tiges dressées, terminées par des capitules à ligules blanches, ornées de jaune à leur base [71]. Elle pousse à l'état sauvage dans le littoral des zones d'Europe occidentale, en Algérie, au Maroc, dans les parties nord et est du bassin méditerranéen [72]. Cette espèce est caractérisée par une odeur fraîche balsamique, et l'huile essentielle de ses parties aériennes d'odeur caractéristique camphrée est utilisée en cosmétique, parfumerie et médecine comme aphrodisiaque, antibactérien et anxiolytique [73,74]. La plante est cultivée au Maroc pour le commerce de son huile essentielle (Le Maroc est le seul fournisseur de ce produit sur le marché international) [75], et elle est utilisée pour le traitement de la fièvre et les maladies gastriques, comme rééquilibrant du système nerveux central, et pour les insuffisances hépatiques [73].



**Figure I.5** : Croquis botanique de *Chamaemelum mixtum* [67].

#### **I.4.1.1.1 Travaux antérieurs sur *Chamaemelum mixtum***

Malgré son abondance dans la nature, et ses utilisations multiples dans différents secteurs de vie, peu de recherches scientifiques étaient publiées sur cette espèce. Engelmeier D et al, (2004) [76] ont publié une étude sur les extraits des parties aériennes de *C. mixtum* obtenus à l'aide d'un mélange hexane / diéthyl oxyde / méthanol qui recense la présence de deux nouvelles coumarines : la corfine et la 3-hydroxycorfine. Ils ont évalué leur activité antifongique. Seule la première molécule est jugée efficace avec un diamètre d'inhibition élevé et une faible CMI. Tandis que la première description (aspect et analyse physico-chimique) de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus* du Maroc a été réalisée par Trabaud et Sabetay en 1939 [77]. En outre Toulemonde B et al, (1984) [78], ont publié plus de détails sur la composition chimique de l'huile essentielle de *C. mixtum* du Maroc, où le santolina alcool (27,9-32,0%), l' $\alpha$ -pinène (3,6-15,0 %), le germacrène D (3,3-10,2 %), le yomogi alcool (2,8-4,5 %) et le (*E*)- $\beta$ -farnésène (2,5-4,5 %) ont été identifiés comme les principaux composants. Satrani B et al, (2007) [79] ont pu identifier en plus des composés mentionnés précédemment, la camphénilone (4,8 %), le cubénol (3,2 %) et Artemisia alcool (2,3 %), comme composés majoritaires avec un rendement de 0,47% en huile essentielle. Cette huile a montré une forte activité biologique contre les bactéries : *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Micrococcus luteus* et les mycoses : *Penicillium parasiticus*, *Aspergillus niger* et *Trametes pini*. Alors que l'*épi*- $\alpha$ -cadinol (4,4 %), l' $\alpha$ -cadinol (3,8 %) sont des sesquiterpènes identifiés pour la première fois par Zrira S et al, (2007) [80].

Darriet F et al, (2012) [81] ont étudié les compositions chimiques des huiles essentielles des parties aériennes de *C. mixtum* (L.) Alloni de Corse et Sardaigne ont trouvé que par rapport à la composition chimique de l'huile essentielle de *C. mixtum* du Maroc décrite précédemment [78-80], l'huile essentielle de Corse et Sardaigne comprenait une nouvelle cétone linéaire,

(Z)-heptadéca-9,16-diène-7-one (4,4–12,7%), en tant que composé majeur. La structure de ce dernier a été élucidée par GC/MS, RMN proton 1D et 2D et RMN  $C^{13}$ . Ils ont également notés une variabilité quantitative de la composition chimique des deux huiles. Ce résultat s'est expliqué par les facteurs environnementaux liés aux lieux de récolte. Par la même étude, l'huile de *C. mixtum* a montré une forte activité contre *S. aureus*, *E. coli*, *C. freundii*, *E. faecalis*, *L. monocytogenes* et *K. pneumoniae* avec une CMI égale à (90,0 µg / mL), et une activité modérée contre *B. cereus*, *P. aeruginosa*, et la levure *C. albicans*, les résultats de CMI sont respectivement (900, 1000, 900 0 µg / mL) [81].

#### **I.4.1.2 *Chamaemelum nobile***

*Chamaemelum nobile*, est une plante médicinale aromatique qui appartient à la famille des *Astéraceae*, connue aussi par : *Anthemis nobilis*, *Ormenis nobilis*, la camomille noble ou généralement appelée la camomille romaine, d'où *Chamaemelum nobile* est le nom scientifique retenu après la classification de Carlo Allioni, qu'il la reclassa dans le genre *Chamaemelum* en échange de sa première classification dans le genre *Anthemis* [82]. Elle a gagné son nom «nobile» pour distinguer son efficacité thérapeutique exceptionnelle par rapport à *Matricaria recutita* L. (la camomille allemande) [83], car les deux camomilles se ressemblent et se confondent dans les anciens livres et citations.

C'est une plante herbacée vivace, qui peut atteindre 10 à 30 cm de haut. Elle est blanchâtre et possède des tiges couchées ou dressées. Ses feuilles alternes sont filiformes, divisées en lobes et ses capitules font de 20 à 30 mm de diamètre. Les fleurs sont grandes de couleurs jaune et blanc, érigées en solitaire, au bout d'une tige, elles possèdent une forte odeur agréable [84]. Cette espèce est originaire des régions de la façade atlantique de l'Europe (Portugal, Espagne, France, Royaume-Uni, Irlande) et d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie), elle est cultivée en Asie (Iran, Türkiye), en Australie, l'Amérique du nord et également en Europe (Bulgarie, Italie, Serbie, Belgique). Elle s'épanouit en été, entre juillet et septembre, et affectionne les sols siliceux [85].

*C. nobile* est l'une des plantes médicinales la plus utilisée et la plus documentées du Monde [86], elle a été utilisée contre plusieurs maladies, y compris dysménorrhée, flatulences, nausées et vomissements, dyspepsie, anorexie, et plus particulièrement en cas de dyspepsie flatulente et douleurs gastro-intestinales associées à un stress mental [87]. L'utilisation de la camomille romaine comme un thé a également été décrite dans la région méditerranéenne pour améliorer l'appétit et prévenir l'indigestion après le repas [88], et pour l'usage externe

(les plaies, les ulcères, l'eczéma, les irritations cutanées, les douleurs rhumatismale...etc.) [89].

L'huile essentielle des fleurs de la camomille romaine est couramment utilisée dans les produits pharmaceutiques, les additifs alimentaires, les produits cosmétiques et les parfums. Elle est également utilisée en cas de stress ou d'anxiété, troubles du sommeil et chocs psychologiques, grâce à ses différentes propriétés (antiallergique, antalgique, préanesthésiante, anti-inflammatoire, antiprurigineuse, antifongique, antiparasitaire, anti bactériennes et effet relaxant des muscles lisses...etc.) [90, 91].



**Figure I.6 :** Photo de *Chamaemelum nobile* [92].

#### **I.4.1.2.1 Travaux antérieurs sur *Chamaemelum nobile***

Par rapport aux *Chamaemelum mixtum* et *Chamaemelum fuscatum*, la *C. nobile* a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche et divers expériences, cela est dû à sa large diffusion dans de nombreux pays et à sa valeur médicinale prouvée en raison du grand nombre d'utilisations traditionnelles [93]. La plante *C. nobile* contenait 80% d'eau, 6-7% de matières minérales, huile volatile, sesquiterpènes, hydroperoxydes, flavonoïdes, catéchines, coumarines, polyacétylènes, acides phénoliques, triterpènes, stéroïdes et polysaccharides [93, 94]. Cependant, de nombreux auteurs [89, 95, 96] ont mentionné que les différentes parties de la plante *C. nobile* contenaient:

Huiles volatiles (0,4-1,75%): esters d'acide angeiique et tiglique (85%) et 1,8 cinéole, 1-trans-pinocarvéol, 1-trans-pinocarvone, chamazulène, farnésol et nérolidol. Flavonoïdes: apigénine, lutéoline, quercétine et leurs glycosides (apiine, lutéoline-7-glucoside et rutine). Coumarines: scopolétine-7-glucoside. Lactones sesquiterpéniques de type germacranolide (0,6%): nobiline, 3-épinobiline, 1,10-époxy-nobiline et 3-déhydronobiline. Alcools divers: alcools amyliques et isobutyliques. Elle contenait également: esters d'acide angélique et tiglique, acide anthémique, choline, phénolique, phytostérols, inositol et acides gras. L'utilisation traditionnelle de *C. nobile* a été basée essentiellement sur les différents extraits préparés à base des fleurs sèches de cette plante, pour cela beaucoup de recherches ont été réalisés sur ses extraits lipidiques. En 2004, l'étude menée par Eddouks M et al, (2004) [97] sur les activités antidiabétiques de

*C. nobile* a démontré que l'administration orale d'une seule dose de 20 mg / kg d'extrait aqueux de cette plante pendant 15 jours a provoqué une diminution significative de la glycémie chez les rats normaux et diabétiques STZ. Tandis que l'activité hypotensive de l'extrait aqueux de la plante a été déterminée par Zeggwagh N A et al, (2009) [98], où ils ont noté que l'extrait semble produit un effet hypotenseur et diurétique dans SHR après administration orale répétée pendant 3 semaines à la dose de 140 mg / kg. Erjaee H et al, (2017) [99] ont réussi à synthétiser des nanoparticules d'argent (encapsulation) à l'aide de l'extrait aqueux de *C. nobile* du sud de l'Iran. Les nanoparticules synthétisées présentent une activité antibactérienne prononcée contre différents microorganismes : *E coli*, *S.typhimurium*, *S.aureus* et *B.subtilis* où les zones d'inhibition étaient : 15.1, 14.3, 13.0 et 14.3 mm, respectivement. Bien également l'étude de Kazemian H et al, (2018) [100] a mis en évidence l'efficacité de l'extrait éthanolique des fleurs sèches de *C. nobile* de l'Iran à accélérer la progression de la cicatrisation des plaies avec au effet antibactérien contre *P. aeruginosa*, les résultats obtenus sont significativement meilleur par rapport à la tétracycline.

Concernant l'huile essentielle de *C. nobile*, le profil chimique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *C. nobile* étudié par Omidbaigi R et al, (2004) [101] a noté les principaux composants suivants : l'angélate d'isobutyle (25,9%), 2- angélate de méthylbutyle (13%), tiglate de propyle (12%), angélate d'isoamyle (6,6%) et isobutyrate de 3-méthylbutyle (5,2%). Cette composition se varie selon l'origine, la composition du sol, la position géographique et l'âge des fleurs [102]. En outre l'analyse chimique de l'huile essentielle des fleurs de *C. nobile* provenant de France faite par Bail S et al, (2009) [103], a montré les constituants principaux et mineurs tels que : l'angélate d'isobutyle (32,1%), l'angélate de 2-méthylbutyle (16,2%), l'isobutyrate d'isobutyle (5,3%), le 2-méthylbutyrate de méthyle (1,9%), l'acétate de prényle (1,4%), le 2-méthylbutyl 2-méthylbutyrate (1,2%) et acétate de 2-méthylbutyle (1,2%).

Cette huile a montré des effets antimicrobiens moyens à élevés contre différentes souches de bactéries : Gram-positive (*Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*) et Gram-négative (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae* et *Salmonella sp*), ainsi que contre la levure *Candida albicans*. Avec des valeurs de CMI : 600, 600, 60, 600, 600, 600, 60, 600 (ppm) respectivement [103].

Selon le travail de l'équipe de Piccaglia R et al, (1993) [104], l'huile essentielle des parties aérienne de *C. nobile* d'Italie est dotée d'une forte activité antioxydante. Cependant, l'activité

antimicrobienne était modéré par rapport aux autres huiles essentielles de *Lavanduula angustifolia*, *Thymus vulgaris*, *Satureja montana L*, *Rosmarinus officinalis L*, *Salvia officinalis L*, *Mentha piperita L*, *Chamomilla recutita L*, *Anthemis nobilis L*, *Artemisia dracunculus L*, *Foeniculum vulgare* et *Foeniculum vzdgare Mill* étudiés.

A cause de la ressemblance de *C. nobile* et la camomille allemande (*Matricaria recutita*), beaucoup d'étude de comparaison ont été réalisés sur les deux camomilles, citant le travail de Roozbeh Farhoudi R et al, (2013) [105] qui ont étudié l'activité antioxydante des huiles essentielles des deux camomille, où les résultat obtenus montre que l'activité de piégeage DPPH de l'huile essentielle de la *M. recutita* est (137,2 µg / ml) et celle de *C. nobile* (195,8 µg / ml) ce qui indique que l'huile essentielle des fleurs de la *M. recutita* possède une forte activité anti oxydante par rapport à l'huile *C. nobile*. Concernant la toxicité de l'huile, les tests biologiques fait par Olukayode O A et al, (2018) [106] ont montrés que l'huile essentielle de *C. nobile* provenant de l'Afrique du Sud n'est pas toxique en utilisation aiguë avec une  $DL_{50} \geq 5000$  mg / kg. Cette huile possède à la fois des propriétés analgésiques et anti-inflammatoire.

L'activité biologique de *C. nobile* est principalement due aux flavonoïdes apigénine, lutéoline, quercétine, patulétine et des constituants d'huiles essentielles tels que l' $\alpha$ -bisabolol et ses oxydes et azulènes [107].

## **I.5 *Chamaemelum fuscatum***

*C. fuscatum* est une camomille du sud-ouest ibérien qui a été traditionnellement utilisée dans son aire de distribution naturelle, comme un antiseptique sous forme d'infusion (les fleurs) pour le traitement des maladies digestives (usage interne), et comme un anti-inflammatoire sous forme de décoction (les fleurs) pour usage externe [108].

### **I.5.1 Description de la plante**

*C. fuscatum* est une plante annuelle glabre d'une hauteur de 5 à 30 cm (figure I.7), avec des tiges dressées ou ascendantes ramifiées. Ses feuilles sont moyennes pennatiséquées ou bipennatiséquées, à divisions étroites et qui se terminent par une petite pointe. Les fleurs sont jaunes tubuleuses à ligules blanches, entourant le sommet de l'akène d'une coiffe régulière, bractées de l'involucre se renversant complètement au-dessous des capitules fructifiés, presque égales entre elles. Les fruits ou akènes sont très petits, blancs brunâtres ou un peu verdâtres (1 mm) [109].



**Figure I.7 :** Croquis botanique de *Chamaemelum fuscatum* [109].

### **I.5.2 Classification botanique [110]**

**Règne :** *Plantae*.

**Sous règne :** *Tracheobionta*.

**Super division :** *Spermatophyta*.

**Division :** *Magnoliophyta*.

**Classe :** *Magnliopsida*.

**Subclasse :** *Asteridea*.

**Ordre :** *Asterales*.

**Famille :** *Asteracea*.

**Genre :** *Chamaemelum*.

**Espèce :** *Chamaemelum fuscatum*.

### **I.5.3 Les appellations de la plante**

*C. fuscatum* est connue sous plusieurs noms : *Anthemis fuscata* Brot, Anthémis précoce, dusky dogfennel, camomille brunâtre, ou brièvement camomille [111]. Son nom arabe est « *babounedj* », « البابونج ».

### **I.5.4 Habitat et distribution géographique**

*C. fuscatum* se trouve sur les chaînes de la côte nord extérieure, et les zones agricoles en particulier dans les vignobles. La floraison de la plante est entre le mois de Janvier et Avril [112].

Originnaire de la Méditerranée, *C. fuscatum* est répandue dans les pays sud européens (l'Espagne, l'Italie et la France), elle pousse également dans les pays du nord de l'Afrique en Algérie, la Tunisie, et le Maroc. C'est une plante sauvage qui se trouve dans les lieux humides, les marais et les dayas [113].

### **I.5.5 Utilisations**

Diverses espèces de camomille ont fait l'objet de nombreux usages médicaux depuis l'Antiquité (Bien qu'il soit souvent difficile d'identifier exactement les plantes mentionnées dans les textes anciens en termes d'espèces botaniques). Traditionnellement, *C. fuscatum* a été utilisée pour le traitement du gonflement des gencives [114], les problèmes digestifs [114,115], l'indigestion, et les douleurs coliques. De plus, elle a aussi été utilisée comme un sédatif pour le système nerveux et maladie mentale [115].

Elle soulage aussi, en application locale l'irritation des yeux, la conjonctivite et d'autres problèmes liés au système respiratoire grâce à ses propriétés anti-inflammatoires et antiseptiques [114,115].

Ce sont généralement les capitules floraux qui sont utilisées (la fleur est la partie la plus riche en principes actifs), peuvent être employées fraîches ou séchées dans des formes diverses : infusion, décoction, teinture, poudre, et les huiles volatiles (huiles essentielle).

*C. fuscatum* est largement utilisée dans différents produits cosmétiques, comme les shampooings, elle peut être considérée comme une teinture capillaire. L'emploi le plus habituel est comme un tonique délicat pour les cheveux blonds [116].

Tandis que l'huile essentielle est utilisée en parfumerie et en savonnerie pour la parure personnelle [115] et comme insecticide (contre *Tribolium spp*) [117].

L'utilisation traditionnelle de cette plante a mis en évidence son potentiel comme une nouvelle source naturelle de composés bioactifs d'application dans les domaines pharmacologique, cosmétique et alimentaire. Cependant, et malgré ses multiples bioactivités, l'utilisation actuelle de cette espèce est inférieure à celle des autres camomilles, sa mise en

marché de récolte est aujourd'hui insignifiante et elle reste en quelque sorte sous-estimée [118].

### **I.5.6 Etudes chimiques et biologiques de la plante *Chamaemelum fuscatum***

Il existe peu de travaux de recherche sur la *C. fuscatum*, et qui ont généralement pour but de différencier cette dernière des autres camomilles de son genre (famille) ou d'étudier la composition chimique de son huile essentielle.

#### **I.5.6.1 Etude chimique des extraits lipidiques de *Chamaemelum fuscatum***

Selon la littérature, les premiers travaux sur le screening chimique de la plante *C. fuscatum* étaient dans les années 80 à l'Université de Salamanque (Espagne), par De Pascual T-J et al, (1983) [119]. Ils ont analysé l'extrait d'hexane des parties aériennes de la plante, et ils ont pu identifier des esters méthacryliques du 2-méthyl-2- (E) -buténol, 2-hydroxy-2-méthyl-3-buténol et 2-hydroxy-2-méthyl-3-oxobutanol par mesures spectrales et analyse des normes correspondantes. Trois ans après en 1986, ces auteurs ont utilisé des méthodes spectroscopiques et transformations chimiques pour élucider les structures de six nouveaux eudesmanolides (sesquiterpene lactone) dans l'extrait au chloroforme des parties aériennes de cette plante et qui sont : 8 $\alpha$ -methacryloyloxybalchanin, 8 $\alpha$ -isobutyryloxybalchamin, 8 $\alpha$ -methacryloyloxyarmexifolin, 8 $\alpha$ -isobutyryloxyarmexifolin, 8 $\alpha$ -methacryloyloxyarmefolin et 8 $\alpha$ -isobutyryloxyarmefolin [120], et deux ans plus tard, ils ont signalé quatre nouveaux sesquiterpene lactone : 8-O-methacryloylfuscatin, 8-O-isobutyrylfuscatin, 3 $\alpha$ -hydroxy-8 $\alpha$ -methacryloyloxyreynosin et 3 $\alpha$ -hydroxy-8 $\alpha$ -isobutyryloxyreynosin dans le même extrait chloroformique [121].

#### **I.5.6.2 Composition chimique de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum***

Selon la littérature l'huile essentielle de *C. fuscatum* contient une variété de classe de produits chimiques. Un total de 61 composants, y compris les monoterpénoïdes, les sesquiterpénoïdes et des esters aliphatiques ont été identifiés [108]. Les esters aliphatiques étaient la classe prédominante des composés identifiés dans cette huile (toujours la partie aérienne de la plante est utilisée) avec un pourcentage de 50,46% représentés principalement par : (E) -2-méthyl-2-butényl méthacrylate (27,57%) et l'isobutyrate de 2-méthylallyle (9,79%) et qui ont été identifiés par De Pascual T-J et al, (1983) [119]. Le méthacrylate de 2-méthylène-3-oxobutyle, a été isolé par les mêmes chercheurs en 1987 [121] où toutes les structures ont été déterminées par mesures spectrales. Un total de 42 terpénoïdes a également été identifié dans

cette huile avec un pourcentage de 23,77% pour les sesquiterpènes qu'on cite :  $\alpha$ -curcumène (9,21%) et  $\alpha$ -bergamotène (5,08%), et 14,97% pour les monoterpènes représentés principalement par trans-pinocarveol (5,14%) et pinocarvone (4,39%). Les autres composés comme l'acide palmitique et l'acide stéarique sont présents avec des faibles teneurs (2,49% et 0,75%) respectivement. De plus, plusieurs composés en abondance relativement élevée tels que le méthacrylate d'isobutyle, le butyrate d'isoamyle,  $\alpha$ -bergamotène et pinocarvone ont également été identifiés pour la première fois par Marcos F et al, (2019) [108] (Annexe). Ces données restent quelque peu relatives selon le climat, les procédés d'extraction, la région et la période de récolte.

### **I.5.6.3 Les activités biologiques de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum***

L'étude menée par Marcos F et al, (2019) [108] pour renforcer l'utilisation ethnobotanique d'huile essentielle de *C. fuscatum*, a mis en évidence le potentiel de cette plante comme source naturelle de bioactifs. Mais reste le fait que cette dernière n'attire pas beaucoup l'attention des chercheurs en comparaison avec les autres espèces de camomille, et c'est pour cela n'existe pas des recherches sur les activités biologiques de cette huile.

## Chapitre II : L'extraction de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum*.

### II.1 Introduction

Les plantes médicinales et leurs huiles essentielles représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et moderne. Ce chapitre est dédié à l'extraction de l'huile essentielle de l'espèce végétale *Chamaemelum fuscatum* par hydrodistillation. En fait, l'objectif pré-Covid 19 était d'établir une étude comparative entre l'huile essentielle et la fraction volatile de point de vue compositions chimique, et les tests biologiques « antioxydant et antibactérien ». Malheureusement, à cause de cette pandémie nous n'avons pas pu terminer le travail.

### II. 2 Matériel botanique

#### II.2.1 Identification de la plante

Le matériel végétal a été identifié au département de science de la nature et de la vie au sein de l'université SAAD DAHLEB de Blida 1.

#### II.2.2 Récolte

##### -Situation géographique de la zone de récolte

La plante utilisée est d'origine de la région de CHEBLI à BLIDA.

**Tableau 02** : Situation géographique [122].

Région	Chebli
Wilaya	Blida
Altitude moyenne	65 m
Longitude	3.0091700 m
Climat	Méditerranéen chaud avec été sec

La récolte a eu lieu en deux fois de toutes les parties de la plante (fleurs, feuilles, tige et racines) :

- 1<sup>ère</sup> récolte : 27.02.2020 (le matin)

➤ 2<sup>ème</sup> récolte : 04.03.2020 (le matin)



**Figure II.1** : Photo de *C. fuscatum* après la récolte.

### II.2.3 Séchage et conservation

Les parties aériennes (les fleurs) qui ont été séchées à l'ombre, à température ambiante à l'abri de la lumière pendant :

**Tableau 03** : Périodes de séchage.

Récolte	Période de séchage
1 <sup>ère</sup> récolte	De 28.02.2020 jusqu'au 08.03.2020
2 <sup>ème</sup> récolte	De 07.03.2020 jusqu'au 2.09.2020



**Figure II.2** : Photo de *C. fuscatum* après le séchage.

### II.2.4 Le taux d'humidité

Le taux d'humidité correspond à la quantité d'eau contenue dans le végétale. Il est calculé par la relation suivante :

$$H = (M_f - M_s) / M_f * 100.$$

H : taux d'humidité.

M<sub>f</sub> : masse de la plante fraîche.

M<sub>s</sub> : masse de la plante sèche.

Le calcul du taux d'humidité pour *C. fuscatum* a révélé une valeur égale à 75%. D'où la masse de la plante fraîche était 2.8 kg et après le séchage la masse est devenue 0.7 kg.

Cette valeur montre que la quantité d'eau contenant dans la plante *C. fuscatum*, est très élevée.

### II.3 Procédé d'extraction de l'huile essentielle

Nous avons utilisé la technique d'hydrodistillation (Clevenger) pendant 3 heures pour l'extraction de l'HE. L'opération consiste à introduire la matière végétale (50g) dans un ballon en verre (1L) rempli d'eau distillée (2/3 de volume de ballon afin d'éviter le débordement à l'ébullition) qui est chauffé par la suite.

A l'ébullition, les vapeurs qui entraînent les gouttelettes d'HE montent à travers le montage jusqu'au condensateur où elles se condensent et chutent dans la burette. Suite à la différence de densité l'huile se positionne au-dessus de l'eau.



**Figure II.3 :** Montage d'hydrodistillation

L'HE est ensuite séparée de l'eau par décantation et est conservée dans un flacon en verre dans un réfrigérateur à une température de 4 °C afin d'éviter toute dégradation.

### II.3.1 Aspects de l'huile essentielle obtenue

L'HE obtenue est de couleur jaune pâle d'une odeur forte spécifique de camomille.



**Figure II.4 :** Aspects de l'HE de *C. fuscatum*

### II.3.2 Rendement d'extraction

Le rendement en huile essentielle (Rd), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction ( $M^\circ$ ) et la masse de la matière végétale utilisée (M). Il est peut être calculé par la formule suivante :

$$Rd = (M/M^\circ) * 100$$

Rd: rendement en huile essentielle.

M : masse de l'huile essentielle obtenue en gramme.

$M^\circ$  : masse des fleurs utilisées en gramme et qui vaut 50g.

Les valeurs de rendement obtenues sont regroupées dans le tableau ci dessous.

**Tableau 04 :** Tableau des rendements.

Date de récolte	Date de l'extraction	Poids de la matière végétale	Rendement
27.02.2020	09.03.2020	100g	Rd1=0.48%
27.02.2020	11.03.2020	100g	Rd2=0.38%

<b>04.03.2020</b>	<b>06.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd3=0.36%</b>
<b>04.03.2020</b>	<b>07.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd4=0.34%</b>
<b>04.03.2020</b>	<b>07.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd5=0.36%</b>
<b>04.03.2020</b>	<b>07.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd6=0.35%</b>
<b>04.03.2020</b>	<b>08.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd7=0.48%</b>
<b>04.03.2020</b>	<b>08.09.2020</b>	<b>100g</b>	<b>Rd8=0.48%</b>

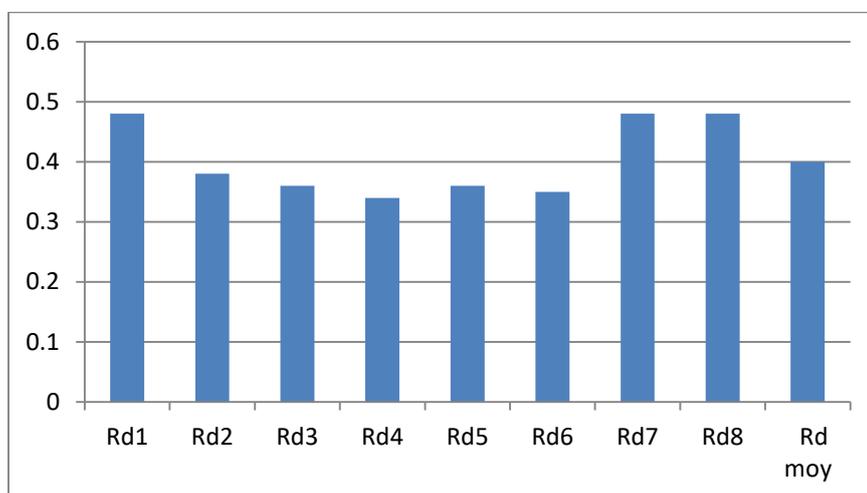
Le rendement moyen de toutes les extractions est calculé comme suite :

La somme de tous les rendements précédents divisés sur le nombre de manipulations.

$$Rdm = (Rd1 + Rd2 + Rd3 + Rd4 + Rd5 + Rd6 + Rd7 + Rd8) / 8$$

$$Rdm = 0.40\%$$

Les valeurs de rendement obtenues sont moyennement différentes. Cela est dû aux erreurs possiblement produites lors des manipulations et la différence entre les deux périodes de séchage de la plante. Les résultats sont illustrés dans la figure **II.5**.



**Figure II.5 :** Graphique en bâtons des valeurs des rendements.

Ce graphique en bâtons présente les différentes valeurs de rendement qui varient de 0.34% à 0.48%.

La valeur de rendement calculé (0.40%) représente la moyenne de 8 manipulations. Cette valeur est similaire à celle trouvée en Espagne par Marcos F et al, (2019) [108]. On note ici

que l'étude de Marcos et al, (2019) est la seule qui a déterminé le rendement de l'huile essentielle des fleurs de *C. fuscatum*.

Par rapport aux autres espèces de son genre, le rendement en huile essentielle de fleur de *C. fuscatum* (0,40%) était proche de celui de *C. mixtum* (0,47%) [79]. Tandis que *C. nobile* a été décrit pour donner généralement un rendement de 0,70% en huile essentielle [108].

## **Chapitre III : Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Chamaemelum fuscatum***

Les propriétés antibactériennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Le terme "agent antibactérien" désigne toute substance utilisée pour détruire les bactéries ou empêcher leur croissance, y compris les antibiotiques [123].

En effet, les huiles essentielles, et leur composition riche en métabolites secondaires, ont un champ d'activité très large, également l'activité antibactérienne. Plusieurs études ont été menées sur ce sujet et ont montré la capacité des huiles essentielle d'inhiber la croissance des bactéries [124], de plus elles sont très efficaces sur les microorganismes résistants aux antibiotiques.

L'activité antibactérienne d'une substance peut être mise en évidence par des techniques différentes, aussi bien en milieu solide (Aromatogramme (méthode de Vincent)), qu'en milieu liquide (Détermination des CMI et CMB par dispersion des extraits en milieu liquide).

Dans ce travail l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle des fleurs de *C. fuscatum* est réalisée par la méthode de diffusion en milieu solide (l'aromatogramme) sur trois souches bactérienne, deux bactéries à Gram-positif : *Staphylococcus Aureus* ATCC 44300 et *Bacillus subtilis* ATCC 6633 et une seule bactérie à Gram-négatif : *E.coli* ATCC 25921.

### **III.1 Généralités sur les souches bactériennes testées**

**III.1.1 *Staphylococcus aureus*** : Les espèces *Staphylococcus aureus* sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique, avec un diamètre de 0.8 à 1 µm. Elles sont regroupées en diplocoques ou en petits amas (grappe de raisin). Ce type de bactéries sont immobiles, asporulés, habituellement sans capsule. De nombreuses souches de *Staphylococcus aureus* produisent un pigment jaune doré [125]. C'est un pathogène opportuniste qui peut causer diverses maladies chez les humains, allant des affections qui évoluent spontanément vers la guérison à des pathologies mortelles. Cette bactérie est une des principales causes de toxi-infections alimentaires, résultant de la consommation d'aliments contaminés par des entérotoxines. L'intoxication alimentaire par les staphylocoques se caractérise par une période d'incubation de courte durée (1 à 6 heures, en moyenne 3) puis par des symptômes variés : nausées, vomissements, douleurs abdominales, crampes et diarrhée. Les symptômes disparaissent habituellement après 24 heures [126,127].

**III.1.2 *Bacillus subtilis*** : C'est une bactérie à gram positif de type aérobie stricte. Elle a une forme de bâtonnets à bout arrondis. Sa longueur varie de 2 à 4 µm et sa largeur de 0,5 à 2 µm. Elle est mobile grâce à une ciliature péritriche (un système de flagelle qui recouvre tous les côtés de la surface d'une bactérie). *B. subtilis* peut produire ou co-produire des biofilms qui peuvent abriter d'autres espèces, éventuellement pathogènes.

Elle est considérée comme pathogène pour l'homme, car elle peut contaminer des aliments et peut exceptionnellement provoquer une intoxication alimentaire [128].

**III.1.3 *Escherichia coli*** : *Escherichia coli* est un bacille à gram négatif [125] de forme non sporulée, de type anaérobie facultatif, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6 µm, alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5 µm [129]. Les bactéries appartenant à l'espèce *E. coli* constituent la majeure partie de la flore microbienne aérobie du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux. Certaines souches sont virulentes, capables de déclencher spécifiquement chez l'homme ou chez certaines espèces animales des infections spontanées des voies digestives ou urinaires ou bien encore des méningites néo-natales. D'autres souches appartenant à la flore commensale peuvent être responsables d'infections opportunistes variées, surtout chez les sujets aux défenses immunitaires affaiblies [125].

## **III.2 Protocol expérimentale**

### **III.2.1 Préparation des souches bactériennes**

#### **a- Repiquage**

Les différentes souches sont repiquées par la méthode des stries. L'ensemencement des bactéries est réalisé à l'aide d'une anse pasteur sur le milieu de la gélose nutritive solide coulé dans des boîtes de Pétri, puis incubées à l'étuve à 37 °C pendant (18-24) heures.

#### **b- Préparation de l'inoculum (pré-culture)**

L'inoculum est préparé à partir d'une culture pure de 18 h / 37°C sur milieu contenant 3 à 5 colonies bien isolées et parfaitement identiques, sont prélevées à l'aide d'une anse de platine, puis mise en suspension dans 9 ml d'eau physiologique stérile à 0.9%. La suspension bactérienne doit être homogène et préparée à une absorbance comprise entre 0,08 et 0,10 lu à 625 nm [9].

### **III.2.2 L'ensemencement**

L'aromatogramme ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore méthode de disques est une technique qualitative permettant de déterminer la sensibilité des microorganismes vis-à-vis d'une substance réputée antimicrobienne (antibiotique, huile essentielle, extraits végétaux...etc) [130]

La suspension microbienne prise de l'inoculum par une micropipette est ensemencée sur la surface de la gélose nutritive coulée dans des boîtes de Pétri. L'ensemencement est fait à l'aide d'un écouvillon stérile, afin d'obtenir une croissance microbienne uniforme. Dans des conditions aseptiques, des disques de papier Whatman de 9mm de diamètre imprégnés de l'huile essentielle, sont déposés sur la surface de la gélose. Ensuite, toutes les boîtes préparées vont être incubées dans une température égale à 37 ° C pendant 24h.

Si le germe est sensible, une auréole transparente (zone d'inhibition) apparaît, tandis que l'absence d'auréole traduit la résistance du germe à l'huile essentielle.

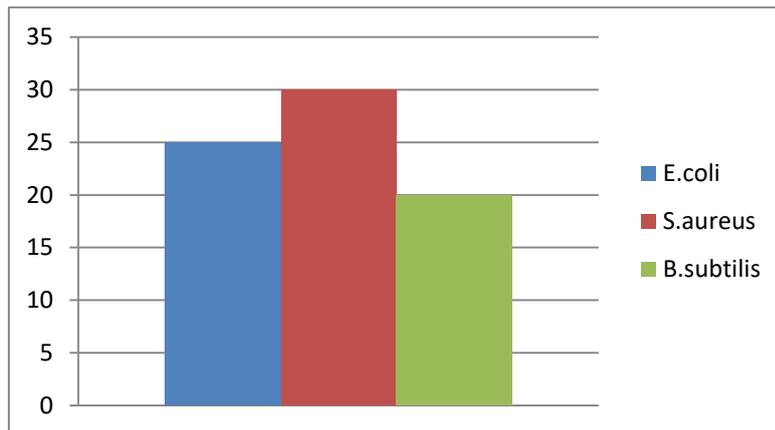
La mesure des diamètres des zones d'inhibitions (D) en millimètre, sert à évaluer la sensibilité des souches bactériennes testées à l'huile essentielle [131].

### **III.3 Interprétation des résultats obtenus**

L'activité antibactérienne quand elle existe, est évaluée en mesurant les diamètres des zones d'inhibition autour des disques chargés en huile essentielle. D'après Celikel et Kavas, (2008) [132], la sensibilité à l'HE est classée selon le diamètre (D) :

- Extrêmement sensible :  $D > 20\text{mm}$ .
- Très sensibles :  $15 < D < 19\text{mm}$ .
- Sensible :  $9 < D < 14\text{mm}$ .
- Non sensible :  $D < 8\text{mm}$ .

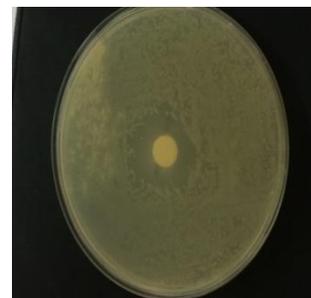
Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure **III.1** et les images qui montrent les diamètres d'inhibition.



**Figure III.1 :** Histogramme des résultats des diamètres des zones d'inhibition.



**Figure III.2 :** Aromatogramme de l'HE de *C. fuscatum* contre *B. subtilis*.



**Figure III.3 :** Aromatogramme de l'HE de *C. fuscatum* contre *E. coli*.



**Figure III.4 :** Aromatogramme de l'HE de *C. fuscatum* contre *S. aureus*.

Notre huile essentielle a montré une activité antibactérienne contre toutes les bactéries testées, dont la zone la plus grande était celle de la bactérie *Staphylococcus aureus* avec un diamètre de 30 mm, l'*E.coli* et *Bacillus subtilis* ont également montré une forte sensibilité (extrême) avec des diamètres de 25mm et 20mm respectivement.

Selon la littérature, l'activité antibactérienne de cette huile est du probablement à la présence des agents antimicrobien tel que :  $\alpha$ -pinène [133],  $\delta$ -cadinène [134],  $\gamma$ -terpinène [135], trans-pinocarveol [136] et le limonène [137] dans sa composition chimique [108].

## Conclusion

Notre présente étude repose sur l'extraction et la détermination qualitative de l'activité antibactérienne, de l'huile essentielle de l'espèce *Chamaemelum fuscatum*.

*C. fuscatum* appartient à la famille des *Asteraceae*, l'une des familles les plus dominantes dans la flore Algérienne. Cette espèce a été récoltée dans la région de Chebli wilaya de Blida aux mois de février et mars.

Le rendement moyen en huile essentielle de *C. fuscatum* est de l'ordre de 0.40%. L'évaluation qualitative de l'activité antibactérienne de cette dernière sur trois souches bactériennes a révélé des zones d'inhibitions assez importantes où les zones d'inhibitions étaient : 30 mm, 25 mm et 20 mm pour *S.aureus*, *E.coli* et *B.subtilis* respectivement.

L'étude du potentiel antibactérien de cette huile a révélé une activité intéressante, et cela ouvre un champ d'exploitation plus vaste sur d'autres activités biologiques de l'huile essentielle et l'espèce elle-même dans plusieurs domaines, dans le cadre de l'évaluation des produits naturels comme alternative des substances synthétiques.

## Références bibliographiques :

- [1] Macheix J-J, Fleuriet A, Christian J-A, Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, pages 4-5, (2005).
- [2] Jean V, Jiri S, Plantes médicinales. 250 illustrations en couleurs, Larousse, Paris, page 319, (1983).
- [3] M AW G Tanr X, Fuzzati N, Liq S, Wolfender J L, Hostettmannk, Natural occuring and synthetic polygne glucosides. Phytochemistry, volume 45(2), pages 411-415, (1997).
- [4] Steinar D, Haruki D, Kenjiro W, Kari H, Rune B, Several Culinary and Medicinal Herbs Are Important Sources of Dietary Antioxydant, The Journal of Nutrition, volume 133 (5), pages 1286-1290, (2003).
- [5] Baudoux D, L'aromathérapie: se soigner par les huiles essentielles (2e éd.). Anglet : Atlantica, (2001).
- [6] Belouad A, Plantes médicinales d'Algérie. Office de publications universitaires, page 277, (1998).
- [7] Mahmoudi Y, La thérapeutique par les plus communes en Algérie, (1992).
- [8] PLANTEFOL L, Cours de bot. et de biol. végétale,t, volume 2 (1931), page 448.
- [9] Chaouch TM, Contribution à l'étude des activités anti oxydantes et antimicrobiennes des extraits de quelques plantes médicinales. Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen (UABT), pages 18 et 35, (2014).
- [10] Stevens P F, Angiosperm Phylogeny Website .Version 8, (June 2007), (2001 onwards).
- [11] Blanca G, Cabezudo B, Cueto M, Fernández López C, Morales Torres C, *Chamaemelum Mill* In Flora Vasculare de Andalucía Oriental. Eds, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía: Sevilla, Spain, pages 1655-1656, (2011), ISBN 978-84-92807-12-3.
- [12] Singh S et Edzard E, Médecines douces : info ou intox ? Cassini, pages 229 et 253, (5 juin 2014).

- [13] Dévoyer J, Korsia-Meffre S, phytothérapie mode d'emploi comment utiliser les plantes pour se soigner-177037. Santé magazine, Rédacteur et coordinateur du Guide des plantes qui soignent (éd.Vidal), (28 Septembre 2012).
- [14] Testard-Vailland P, Médecine alternatives : ce qu'en dit la science. Science & Santé, volume 20, pages 22-33, (2014).
- [15] Jortie S, La phytothérapie, une discipline entre passé et future : de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel. Sciences pharmaceutiques, HAL Id: dumas-01188820, (31 Aout 2015).
- [16] Site web : <https://aroma-coach.com/aromatherapie-histoire-definition/>
- [17] Whichello Brown D, Le guide de l'aromathérapie. Londres : Larousse, (2008).
- [18] Baudoux D, Aromathérapie: définition et histoire de l'aromathérapie. [www.collegearomatherapie.com](http://www.collegearomatherapie.com) (2013).
- [19] Lacoste S, Sur les traces du Docteur Valnet, des remèdes naturels à l'efficacité prouvée. *Belle-Santé* (2010).
- [20] Franchomme P, Jollois R, Pénoël D, L'Aromathérapie exactement: encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles: fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. Limoges (France): Roger Jollois Editeur, (2001).
- [21] Sanago R, Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle, Université Bamako (Mali), page 53, (2006).
- [22] Kamyar M H, Lapraz J-C, Schuff B, Medicinal plants in clinical practice. The Theory of Endobiogeny, volume 4, pages 57-60, (2020).
- [23] Gurib-Fakim A, Medicinal plants, traditions of yesterday and drugs of tomorrow. Mol Aspects, volume 27, pages 1-93, (2006).
- [24] Chabrier J-Y, thèse de doctorat : Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie, Université HENRI POINCARÉ - NANCY 1, (28 Mai 2010).
- [25] Répertoire des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie, édition : Alger, Gouvernement Général de l'Algérie, (1942).

- [26] Mokaddem A, Cause de dégradation des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. *Revue vie et nature*, volume 7, pages 24-26, (1999).
- [27] Baba aissa F, Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Edas, page 368, (1999).
- [28] Reguieg L, Using medicinal plants in Algeria. *American Journal of Food and Nutrition*, volume 1 (3), pages 126-127, (2011).
- [29] Derridj A, Ghemouri G, Meddour R, Meddour-Sahar O, Approche Ethnobotanique des Plantes Médicinales en Kabylie (Wilaya de Tizi Ouzou, Algérie). *Acta Hort* 853, ISHS (2010).
- [30] Boudjelal A, Henchiri C, Sari M, Sarri Dj, Hendel N, Benkhaled A, Giuseppe R, Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (NorthAlgeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of Ethnopharmacology*, (2013).
- [31] Miara M Dj, Bendif H, Rebbas K, Bounar R, Ait Hammou M, Maggi F, Medicinal plants and their traditional uses in the highland region of Bordj Bou Arreridj (Northeast Algeria). *Journal of Herbal Medicine* 16 100262, (2019).
- [32] Beloued A, Plantes médicinales d'Algérie. Éd. Office de publications, page 184, (1998).
- [33] Roulier G, Les huiles essentielles pour votre santé : traité pratique d'aromathérapie. Propriétés et indications thérapeutiques des essences de plantes, Editions Dangles, (2009).
- [34] Wegrzyn R, Lamendinh H, Huiles essentielles et aromathérapie bucco-dentaire. *Chir.Dent, Fr*, volume 1225, pages 62-66, (2005).
- [35] Lardry J-M, Haberkorn V, L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinesither Rev*, volume 61, pages 14-7, (2007).
- [36] Paris M, Hurabielle M, Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie, Tome I, édition Masson, (1981).
- [37] Pharmacopée européenne. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé (Afssaps), (Mai 2008).

- [38] Bruneton J, Terpènes et stéroïdes In pharmacognosie. phytochimie, plantes médicinales, 3<sup>ème</sup> Edition : Lavoisier, pages 484-535, (1999).
- [39] Richter G, Composés phénoliques In «Métabolisme des végétaux : physiologie et biochimie». Edition Presses polytechnique et universitaires romandes, pages 317-339, (1993).
- [40] Mann J, Secondary metabolism. Second edition, Clarendon press, Oxford, page 374, (1987).
- [41] Lamendin H, Huiles essentielles en diffusion atmosphérique. Chir Dent. Fr, volume 1185, pages 78-80, (2004).
- [42] Rafi A, Tasneem U S, Ashfaq A, The essential oils. Hamdard Medicus, volume XXXV(1), page 108, (1995).
- [43] Couic-Marinier F, Lobstein A, Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine, Actualités pharmaceutiques, volume 52 (525), pages 18-21, (2013).
- [44] Bouziane M, Thèse de doctorat : Extraction et analyse de la composition chimique de plantes sahariennes d'intérêt médicinal. Université Kasdi Merbah, Ouergla, (2015).
- [45] Ericsson M, Colmsjo A, Dynamic micro-wave assisted extraction, Journal of chromatography A, volume 877, page 141, (2007) et Pourmortazavi S M, Hajimirsadeghi S S, Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis, journal of chromatography A , volume 1163, pages 2-24, (2007).
- [46] Kimbaris A C, Siatis N G, Deferera D J, Tarabtilis P A, Pappas C S, Polossiou M G, Ultrasonics Sonochem, Volume 13, pages 54-60, (2006).
- [47] Bruneton J, Pharmacognosie. Editions Lavoisier, (2009).
- [48] Raynaud J, Prescription et conseil en aromathérapie. Tec & Doc Lavoisier, (2016).
- [49] « Propriétés et caractéristiques d'une huile essentielle - Penntybio ». Disponible sur le site web : <http://www.penntybio.com/content/39-proprietes-et-caracteristiques-d-une-huile-essentielle> .
- [50] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M, Biological effects of essential oils-A review, Food Chem Toxicol, volume 46, pages 446-475, (2008).

- [51] Couic-Marinier F, Lobstein A, Composition chimique des huiles essentielles, *Actual pharm*, volume 52 (525), pages 22-25, (2013).
- [52] Pibiri M C, Thèse de Doctorat : Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. EPFL Lausanne, page 161, (2006).
- [53] Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles, (Mai 2008).
- [54] Couic-Marinier F, Lobstein A, Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine, *Actualités pharmaceutiques*, volume 52 (525), pages 18-21, (2013).
- [55] Joulain D, Modern methodologies applied to the analysis of essential oil and other complex natural mixture: use and abuse, *Perfumer & Flavorist*, volume 19, pages 5-17, (1994).
- [56] Paolini J, Thèse de doctorat : Caractérisation des huiles essentielles par CPG/IR, CPG/SM-(IE et IC) et RMN du carbone-13 de *Cistus albidus* et de deux *Asteraceae* endémiques de Corse : *Eupatorium cannabinum*, *Subsp corsicum* et *Doronicum orsicum*, Université de Corse, (2005).
- [57] Günther H, La spectroscopie de RMN. Principes de base, concepts et applications de la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire du proton et du carbone-13 en chimie. Ed Masson, Paris, (1994).
- [58] Seu-saberno M, Blakeway J, « la mousse de chêne, une base de parfumerie ». Pour la science, édition française de *Scientific American*, page 83, (mai 1987).
- [59] Reighard T S, Olesik S V, Bridging the Gap Between Supercritical Fluid Extraction and Liquid Extraction Techniques: Alternative Approaches of the Extraction of Solid and Liquid Environmental Matrices, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, volume 26, pages 1-39, (2006).
- [60] Busta F F, Foegeding P M, Chemical food preservatives In S block, "Disinfection, sterilization and preservation". Lea and Fibiger Eds, Philadelphia. USA, pages 656-694, (1980).

- [61] Hitokoto H, Morozomi S, Wauke T, Sakai S, Kurata H, Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi, *Appl Environ Microbil*, volume 39, pages 818-822, (1980).
- [62] Blanc M C, Muselli A, Bradesi P, Casanova J, Chemical composition and variability of the essential oil of *Inulagraveolens* from Corsica *Flavour Fragr. J*, volume 19, pages 314-319, (2004).
- [63] Jeffrey C, Compositae: Introduction with key to tribes. In J. J. W. Kadereit, & C. Jeffrey (Eds), *Flowering plants: Eudicots, asterales*, Volume 8, pages 61-87, (2007).
- [64] L'aromathérapie exactement (Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques). Roger Jollois, édition (2001).
- [65] Coste H, Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes II. Librairie scientifique et technique Albert Blanchart, Paris, page 627, (1980).
- [66] *Chamaemelum* Mill, Gard. Dict. Abr, ed 4, (1754). Druce in Rep. Bot. Exch. Cl. Brit. Isles, volume 3 (430), (1913) (1754).
- [67] Gamisans J, Jeanmonod D, Compléments au prodrome de la flore corse : *Asteraceae-II*. Editions des Conservatoires et Jardins botaniques de la Ville de Genève, Genève, page 340, (1998).
- [68] Janmejai K, Srivastava Sanjay G, Chamomile: A Herbal Agent for Treatment of Diseases of the Elderly, Foods and Dietary Supplements in the Prevention and Treatment of Disease in Older Adults, pages 171-183, (2015).
- [69] Lamendin H, Plantes, thérapeutique et hygiène buccodentaires, aujourd'hui. *Chir Dent Fr*, volume 959, pages 90-92, (1999).
- [70] Lamendin H, Plantes thérapeutiques pour les muqueuses buccales, notamment. *Chir Dent Fr*, volume 1019, pages 136-138, (2001).
- [71] Aafi A, Achhal A K, Benabid A, Rouchdi M, Richesse et diversité floristique de l'écosystème de chêne-liège de la forêt de la Mamora. *Acta Bot. Malacitana*, volume 30, pages 127-138, (2005).

- [72] Pottier-Alapetite G, Flore de la Tunisie (Angiospermes-Dicotyledones). Publié par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et le Ministère de l'Agriculture, Partie 1, pages 991-992, (1981).
- [73] Haddad P S, Depot M, Settaf A, Chabli A, Cherrah Y, Comparative study on the medicinal plants most recommended by traditional practitioners in Morocco and Canada, J. Herbs, Spices Med. Plants, volume 10 (3), pages 25-45, (2003).
- [74] Lahsissene H, Kahouadji A, Tijane M, Hseini S, Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaer (Maroc Occidental). Rev. Bot. Lejeunia, page 186, (2009).
- [75] Franchomme P, Jollois R, Pénoël D, Mars J, L'aromathérapie, (1990).
- [76] Engelmeier D, Hadacek F, Hofer O, Lutz-Kutschera G, Nagl M, Wurz G, Greger H, Antifungal 3-butylisocoumarins from *Asteraceae-Anthemideae*, Journal of Natural Products, volume 67, pages 19-25, (2004).
- [77] Trabaud L, Sabetay S, Moroccan oil of chamomile, *Perfum.Ess. Oil Rec*, volume 30, pages 13-14, (1939).
- [78] Toulemonde B, Beauverd D, Contribution à l'étude d'une camomille sauvage du Maroc: L'huile essentielle d'*Ormenis mixta* L, 1er Colloque international sur les plantes aromatiques et médicinales du Maroc, Editeur: Centre National de Coordination et de Planification de la Recherche Scientifique et Technique, Rabat, pages 169-173, (1984).
- [79] Satrani B, Ghanmi M, Farah A, Aafi A, Fougrach H, Bourkhiss B, Bousta D, Talbi M, Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux, volume 146, pages 85-89, (2007).
- [80] Zrira S, Menut C, Bessiere J M, Benjilalii B, Chemical Composition of the Essential Oils of Moroccan *Ormenis mixta*(L.) Dumort.ssp. Multicaulis, Journal of essential oil bearing plants, volume 10 (5), pages 378-285, (2007).
- [81] Darriet F, Bendahou M, Costa J, Muselli A, Chemical Compositions of the Essential Oils of the Aerial Parts of *Chamaemelum mixtum* (L.) Alloni, Agric Food Chem, volume 60, pages 1494-1502, (2012).
- [82] Allioni C, Flora pedemontana, Flora Pedemontana sive enumeratiom ethodica stirpium indigenarum pedemontii.3 tomes. Augustae Taurinorum, Ioannes Michael Briolus, (1785).

- [83] Hiller K, Melzig M, Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag GmbH, (1999).
- [84] Franke R, Plant Sources. In R. Franke and H. Schilcher (Eds.) Chamomile. Industrial Profiles, CRC Press, (2005).
- [85] Bernath J, Mezo: Budapest, Hungary, page 667, (2002).
- [86] Salamon I, Chamomile A Medicinal Plant, The Herb Spice and Medicinal Plant Digest, volume 10, pages 1-4, (1992).
- [87] Bradley P, British Herbal Compendium. Bristol: British Herbal Medicine Association, pages 191-193, (1992).
- [88] Rivera D, Obon C, The ethnopharmacology of Madeira and Porto Santo Islands a review. J. Ethnopharmacol, volume 46, pages 73-93, (1995)
- [89] Newall C A, Anderson L A, Phillipson J D, Herbal medicines: a guide for health-care professionals. London: Pharmaceutical Press, page 296, (1996).
- [90] Teixeira Duarte M C, Glyn M F, Adilson S, Vera L G, Demarmelina C, J. of Ethnopharmacology, volume 97, pages 305-31, (2005).
- [91] Felter H W, Monographs extracted from: The Eclectic Materia Medica, Pharmacology and Therapeutics, page 28, (1992).
- [92] Khela S, *Chamaemelum nobile*. The IUCN Red List of Threatened Species, (2013): e.T202952A2758213. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20132.RLTS.T202952A2758213.en>.
- [93] Faucounnier M L, Jaziri M, Homes J, Shimomura K, Marlier M, II *Anthemis nobilis* L (Roman chamomile) in vitro culture micropropagation and the production of essential oils, Biotechnology in Agriculture and Forestry, volume 37, pages 16-20, (1996).
- [94] Guimarães R, Barros L, Dueñas M, Calhelha R C, Carvalho A M, Santos-Buelga C, Queiroz M G, Ferreira I C, Nutrients, phytochemicals and bioactivity of wild Roman chamomile: a comparison between the herb and its preparations, Food Chemistry, volume 136 (2), pages 718-725, (2001).
- [95] Opdyke D L J, Chamomile oil roman, Food Cosm et Toxico, volume 12, page 853, (1974).
- [96] Mann C, Staba E J, The chemistry, pharmacology and commercial formulations of chamomile in herbs spices and medicinal plants: Recent advance in botany, Horticulture and Pharmacology, volume 1, Craker L E, Simon J E (Eds) Arizona, Oryx Press, pages 235-280, (1986).

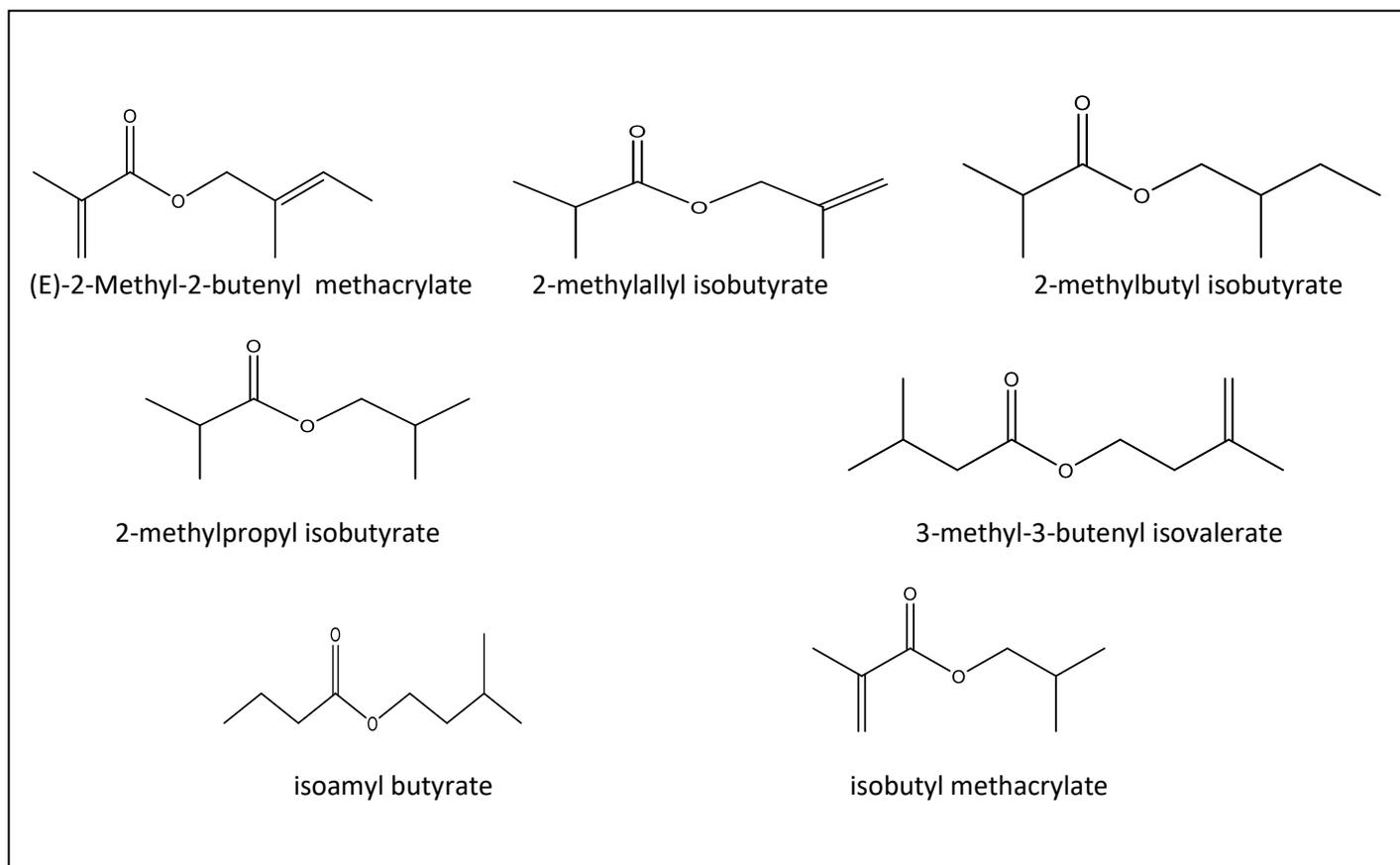
- [97] Eddouks M, Lemhadri A, Zeggwagh N A, Michel J B, Potent hypoglycaemic activity of the aqueous extract of *Chamaemelum nobile* in normal and streptozotocin-induced diabetic rats, *Diabetes Research and Clinical Practice*, volume 67, pages 189-195, (2005).
- [98] Zeggwagh N A, Moufid A, Baptiste Michel J, Eddouks M, Hypotensive Effect of *Chamaemelum Nobile* Aqueous Extract in Spontaneously Hypertensive Rats, *Clinical and Experimental Hypertension*, volume 31, pages 440-450, ( 2009).
- [99] Erjaee H, Rajaian h, Nazifi S, Synthesis and characterization of novel silver nanoparticles using *Chamaemelum nobile* extract for antibacterial application, *Nat Sci: Nanosci Nanotechnol*, volume 8, 025004, (2017).
- [100] Kazemian H, Ghafourian S, Sadeghifard N, Houshmandfar R, Badakhsh B, Taji A, Shavalipour A, Mohebi R, Ebrahim-Saraie H S, Hourri H, Heidari H, In vivo Antibacterial and Wound Healing Activities of Roman Chamomile (*Chamaemelum nobile*), *Infectious Disorders - Drug Targets*, volume 18, pages 41-45, (2018).
- [101] Omidbaigi R, Sefidkon F, Kazemi F, Influence of drying methods on the essential oil content and composition of Roman chamomile, *Volume 19*, pages 196-198, (2004).
- [102] Conny M, Bradesi P, Casanova J, *Flavour and Fragrance Journal*, volume 19, pages 424-433, (2004).
- [103] Bail S, Buchbauer G, Jirovetz L, Denkova Z, Slavchev A, Stoyanova A, Schmidt E, Geissler M, Antimicrobial Activities of Roman Chamomile Oil From France and Its Main Compounds, *Journal of Essential Oil Research*, volume 21(3), pages 283-286, (2009).
- [104] Piccaglia R, Marotti M, Giovanelli E, Deans S G, Eaglesham E, Antibacterial and antioxidant properties of Mediterranean aromatic plants, *Industrial Crops and Products*, volume 2(1), pages 47-50, (1993).
- [105] Farhoudi R, Chemical constituents and antioxidant properties of *Matricaria recutita* and *Chamaemelum nobile* essential oil growing in south west of Iran . *Free Radical Biology and Medicine*, TEOP, volume 16 (4), pages 531-537, (2013).
- [106] Olukayode O A, Charlotte M T, Constance R S-R, Adebola O O, Opeoluwa O O, Benedicta N N-C, Phytochemical composition and analgesic and anti-inflammatory properties of essential oil of *Chamaemelum nobile* (*Asteraceae L All*) in rodents, *Trop J PharmRes*, volume 17(10), pages 1939-1945, (October 2018).
- [107] Sharafzadeh S, Alizadeh O, German and Roman Chamomile, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, volume 1 (10), pages 1-5, (2001).

- [108] Marcos F, María José P, José Blanco-S, Ana Cristina S, Trinidad R, Analysis of the Essential Oils of *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. from Spain as a Contribution to Reinforce Its Ethnobotanical Use, *Forests* 2019, volume 10, page 539, (2019).
- [109] *Anais Inst, Vinho Porto*, volume 20, page 276, (1967).
- [110] Tison J-M, de Foucault B [coord], Gallica F. Flore de France. Biotope, Éditions, Mèze. Xx, page 1196, (2014).
- [111] Pierric H, Félix T, Joseph C, Ange B, Direct Identification of Two Major Components of an Essential Oil Using “Extraction NMR” (2010). *ACL*, volume 1 (1), pages 115-122, (2011).
- [112] *Chamaemelum fuscatum* (Brotero) Vasconcellos [family COMPOSITAE]. *Anais Inst. Vinho Porto*, volume 20, page 276, (1966).
- [113] Fennane M, Ibn Tattou M, Mathez J, Ouyahya A, El Oualidi J, Flore Pratique du Maroc. Institut Scientifique, Université Mohammed V, Rabat, volume 1, page 558, (1999).
- [114] Gregori P, *Medicina Popular en Valencia de Mombuey*. Thèse de doctorat, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain, (2007).
- [115] Tejerina Á. *Usos y Saberes Sobre las Plantas de Monfragüe, Itomonfragüe*: Cáceres, Spain, (2010).
- [116] *Journal of the Chemical Society*, volume 105, page 2280, (1914).
- [117] Chaieb I, Research on insecticidal plants in Tunisia: review and discussion of methodological approaches, *Tunisian Journal of Plant Protection*, volume 6, pages 109-125, (2011).
- [118] Blanco-Salas J, Ruiz-Téllez T, Vázquez-Pardo F M, *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. In *Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales Relativos a la Biodiversidad. Fase II (Tomo 1)*, Et Pardo de Santayama M, Morales R, Tardío J, Molina M, Eds, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain, pages 332-334, (2018).
- [119] De Pascual T-J, Caballero E, Caballero C, Anaya J, Gonzalez M S, Four Aliphatic Esters Of *Chamaemelum fuscatum* Essential Oil, *Phytochemistry*, volume 22 (8), pages 1757-1759, (1983).

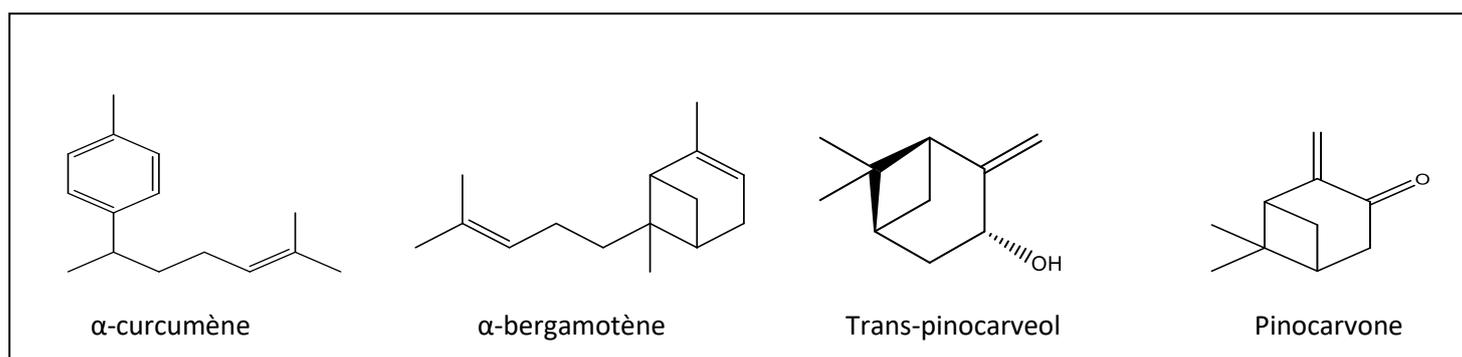
- [120] De Pascual T-J, Caballero E, Caballero C, Anaya J, Gonzalez M S, Eudesmanolides from *Chamaemelum fuscatum*, *Phytochemistry*, volume 25 (06), pages 1365-1369, (1986).
- [121] De Pascual T-J, Anaya J, Caballero E, Caballero C, Sesquiterpene lactones and aliphatic esters from *Chamaemelum fuscatum*, *Phytochemistry*, volume 27, pages 855-860, (1988).
- [122] <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Blida--Bouinan--Chebli>.
- [123] Yala D, Merad A S, Mohamedi D, Ouar Korich M N, Classification et mode d'action des antibiotiques, *Médecine du Maghreb*, n° 91, (2001).
- [124] Duarte M C T, Fingueira G M, Sartoratto, Rehder V L G, Delarmelina C, Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants, *Journal of Ethnopharmacology*, volume 97 (2), pages 305-311, (2005).
- [125] Patrick B, Jean L, Michel S, *Bactériologie : Les bactéries des infections humaines*. 1er Ed Médecine -Sciences Flammarion, Paris, pages 100-108-274, (1988).
- [126] Guiraud J P, *Microbiologie alimentaire*. DUNOD, Paris, page 615, (1998).
- [127] Kayser M D F H, Bienz K A, Eckert Ph D J, Zinkernagel M D M R, *Medical Microbiology*. Thieme, page 698, (2005).
- [128] Bridier A, Le Coq D, Dubois-Brissonnet F, Thomas V, Aymerich S, Briandet R, The spatial architecture of *Bacillus subtilis* biofilms deciphered using a surface-associated model and in situ imaging. *PLoS One*, volume 6(1), e 16177, Epub (18 Janvier 2011).
- [129] Steven P, Rachel C, Martha E, Paul H, Jane S, Peter W J, *Microbiology of Waterborne Diseases*. Ed Elsevier Academic Press, pages 71-132, (2004).
- [130] Belaiche P, *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*, volume 1, page 10, (1997).
- [131] Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CASFM), (2012).
- [132] Celikel N, Kavas G, Antimicrobial properties of some essential oils against some pathogenic microorganisms, *Czech J. Food Sci*, volume 26, pages 174-181, (2008).

- [133] Rivas da Silva A C, Lopes P M, Barros de Azevedo M M, Costa D C, Alviano C S, Alviano D S, Biological activities of  $\alpha$ -pinene and  $\beta$ -pinene enantiomers. *Molecules*, volume 17, pages 6305-6316, (2012).
- [134] González A M, Tracanna M I, Amani S M, Schu C, Poch M J, Bach H, Catalán C A N, Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of the volatile oil and methanol extract of *Xenophyllum poposum*, *Nat Prod Commun*, volume 7, pages 1663-1666, (2012).
- [135] Carson C F, Riley T V, Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*, *J Appl Bacteriol*, volume 78, pages 264-269, (1995).
- [136] Elaissi A, Rouis Z, Mabrouk S, Salah K B, Aouni M, Khouja M L, Farhat F, Chemli R, Harzallah-Skhiri F, Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils from fifteen *Eucalyptus* species growing in the Korbous and Jbel Abderrahman arboreta (North East Tunisia). *Molecules*, volume 17, pages 3044-3057, (2012).
- [137] Rancic A, Sokovi M, Van Griensven L, Vukojevic J, Brkic D, Ristic M, Antimicrobial action of limonene, *Lekovite Sirovine*, volume 23, pages 83-88, (2003).

## Annexe



Les esters aliphatiques majoritaires identifiés dans l'HE de *C.fuscatum* [108].



Les terpénoïdes majoritaires trouvés dans l'HE de *C.fuscatum* [108]