

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de SAAD DAHLEB BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie des populations et d'Organismes
Option : Biodiversité et Physiologie Végétale

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en Sciences
Biologique

Thème

**Contribution à la caractérisation histologique, physicochimique et
phytochimique des extraits, de lavande originaire de deux régions différentes
d'Algérie.**

Soutenu le : 29/09/2020

Par :

- **MERDJI Yasmine**
- **KRAMOU Nesrine**

Devant le jury :

. Mme RADI N.	MAA	Université Blida 1	Présidente
. Mme BENSALAH L.	MAA	Université Blida 1	Examinatrice
. Mme BENASSEL N.	MAA	Université Blida 1	Promotrice

Année Universitaire : 2019 / 2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, et la force pour l'élaboration de ce travail.

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à Mme **BENASSEL N.** pour avoir accepté de nous encadrer et de diriger ce travail, pour ses orientations et ses précieux conseils.

Nous tenons à remercier également les membres de jury.
Mme RADI N. d'avoir accepté de présider le jury de ce travail
Mme BENSALAH L. pour avoir eu l'amabilité d'examiner le mémoire.

Tous nos enseignants, nous vous remercions d'avoir partagé avec nous votre passion pour l'enseignement. Nous avons grandement apprécié votre soutien, votre implication et votre expérience tout au long des années.

Nous tenons à remercier tous nos collègues et toute personne qui nous a aidé de près ou de loin à élaborer ce travail.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

C'est tout simplement... que je dédie ce modeste travail

À MES CHERS PARENTS. Nulle dédicace ne puisse exprimer comme il se doit mes sincères sentiments, mon profond amour, mon respect, ma gratitude et ma reconnaissance.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'encouragement tout au long de mes longues années d'études, pour vos innombrables sacrifices et pour l'amour dévoué par lequel vous m'avez entouré depuis mon enfance.

Vos prières m'ont toujours accompagné et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera encore. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder la santé, le bonheur et la longue vie.

À MES DEUX PERLES. Ma chère sœur "Imène" et Mon cher petit frère "Abd El Moumene" pour leur amour inconditionnel et leur soutien interminable, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude et mon amour, que Dieu, vous protège, vous garde et vous accorde le bonheur.

À LA MEMOIRE DE MON GRAND PERE. Qui m'a pris par la main depuis mes premiers pas et qu'il m'a toujours aimé, aidé, poussé et motivé. J'aurais tant aimé que tu sois présent. Que la miséricorde de dieu soit sur toi.

À MA CHÈRE GRAND MÈRE. Qui m'a beaucoup donné.

À MES AMIS DE TOUJOURS : Ma chère Wafia, Sabrina, en souvenir de notre sincère amitié, des agréables moments et du chemin qu'on a traversé ensemble.

À tous ceux que j'aime et à toute personne qui m'a aidé et soutenu de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail et pendant toutes mes études.

Yasmine

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce travail :

Au bon Dieu qui m'a donné la force et le courage de continuer et qui m'a éclairé le chemin tout le long de ma vie.

A ceux qui m'ont donnée la vie, la lumière de mes yeux « mes très chers parents « qui m'ont entourée de leur amour, leur soutien et leur affection et qui m'ont énormément aidée pour ma réussite. Avec toute ma fidélité et tout mon amour pour vous, mes parents, je ne pourrai jamais égaler votre mérite et je prie Dieu de me les protéger.

A mon très cher frère (AMME)

A mes très chères sœurs (SARA et ILEEM).

A toutes mes amies, et A toute personne qui m'aime.

Nesrine

Liste des figures

Figure 1 : Aspect général de <i>Lavandula stoechas</i> (Lim, 2014).	4
Figure 2 : Distribution géographique de <i>L. stoechas</i> (Upson et Andrews, 2004).	7
Figure 3 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).	12
Figure 4 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (El Haib, 2011).	13
Figure 5 : Photographie d'une coupe transversale de la tige de <i>Lavandula stoechas</i> (Photographies Olympus BX 51, microscope trinoculaire) (Küçük <i>et al.</i> , 2019).	26
Figure 6 : Schéma d'une coupe transversale de la tige de <i>Lavandula stoechas</i> (Küçük <i>et al.</i> , 2019).	27
Figure 7 : <i>Lavandula stoechas</i> (Küçük <i>et al.</i> , 2019).	28
Figure 8 : Schéma d'une coupe transversale de la feuille de <i>Lavandula stoechas</i> (Küçük <i>et al.</i> , 2019).	29
Figure 9 : Schéma de poils des tiges et des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> (Küçük <i>et al.</i> , 2019).	29
Figure 10 : Familles des composés identifiés de l'huile essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> L. de la Région 1 Bouira.	32
Figure 11 : Familles des composés de l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> L. de la Région 2 Cherchel.	33
Figure 12 : Composés majoritaires des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> L. de la région 1 de Bouira.	34
Figure 13 : Composés majoritaires des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> L. de la région 2 Cherchel.	34
Figure 1 : Profile chromatographique en phase gazeuse de l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> de Bouira (Baali <i>et al.</i> , 2019).	Annexe 1

Liste des tableaux

Tableau 1 : Processus d'extraction des huiles essentielles.	22
Tableau 2 Analyses chromatographiques des huiles essentielles.....	23
Tableau 3 : Rendements en huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i>	30
Tableau 4 : Nombre de composés identifiés des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> L. de la région de Bouira et de la région de Cherchell.	32
Tableau 5 : Composition chimiques des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i> provenant de différentes localisations géographiques algériennes.....	36
Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> de Région 1 Bouira (Baali <i>et al.</i> , 2019).....	Annexe 2
Tableau 2 : Composition chimique de <i>Lavandula stoechas</i> de Région 2 Cherchel (Dob <i>et al.</i> , 2006).....	Annexe 3

Résumé

La présente étude est basée sur des travaux de recherches antérieures. Elle est consacrée à la caractérisation histologique, physicochimique et phytochimique des extraits « Huiles essentielles », de *Lavandula stoechas* originaires de deux régions différentes d'Algérie.

Les résultats des coupes transversales au niveau de la tige et feuilles ont montré la présence d'un épiderme composé d'une cuticule et recouvert de Poils épidermiques tecteurs et des poils glandulaires.

Le résultat du calcul de la densité de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* de Oum el Alou de Tlemcen est égale à 0.813. Cette valeur est en accord avec celle mentionnée par la norme AFNOR.

Les huiles essentielles extraites par hydrodistillation à partir des parties aériennes de *Lavandula stoechas* des régions de Bouira et de Cherchel ont donné respectivement les rendements de 1.46 % et 1.1 %. Les analyses chromatographiques par CG/MS ont révélé la présence de 68 constituants représentant 93.51 % de l'huile essentielle totale de *lavandula stoechas* de Bouira, dont les constituants majoritaires sont le fenchone (50.29 %), camphre (14.02 %), acétate de bornyl (5.60 %) et acétate de myrtenyl (4.99 %). Alors que 54 composés ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de Cherchel et qui représentent 73 % de sa totalité. Cette huile essentielle est dominée par le fenchone (31.6%), camphre (22.4%) ce qui est similaire à huile essentielle de Bouira, plus le p-cymène (6.5%), acétate de lavandulyl (3.0%) et a-pinène (1.0%).

Mots clés : *Lavandula stoechas*, huile essentielle, histologie, densité, CG/MS, fenchone.

Abstract

This present study is based on previous researches. It's dedicated to the histological, physicochemical and phytochemical characterization of the extracts « Essential oils», of *Lavandula stoechas* originated from two different regions of Algeria.

The results of the cross-sections at the stem and leaves showed the presence of an epidermis composed of a cuticle and covered with tector epidermal hairs and glandular hairs.

The result of the calculation of the density of the essential oil of the aerial part of *Lavandula stoechas* of Oum el Alou of Tlemcen is equal to 0.813. This value is in agreement with that mentioned by the AFNOR standard.

The essential oils extracted by hydrodistillation from the aerial parts of *Lavandula stoechas* from Bouira and Cherchel regions have given yields of 1.46% and 1.1% respectively. Chromatographic analyses by GC/MS revealed the presence of 68 constituents representing 93.51% of the total essential oil of *lavandula stoechas* from Bouira, whose majority constituents are fenchone (50.29%), camphor (14.02%), bornyl acetate (5.60%) and myrtenyl acetate (4.99%). While 54 compounds have been identified in the essential oil of *Lavandula stoechas* from Cherchel and represent 73% of its total. This essential oil is dominated by fenchone (31.6%), camphor (22.4%) which is similar to Bouira's essential oil, plus p-cymene (6.5%), lavandulyl acetate (3.0%) and a-pinene (1.0%).

Keywords: *Lavandula stoechas*, essential oil, histology, density, GC/MS, fenchone.

ملخص

تستند هذه الدراسة الحالية على أبحاث سابقة وهي مخصصة للوصف النسيجي، الفيزيائي الكيميائي و الفيتو كيميائي للمستخلصات الزيوت الأساسية، لنبته الحلحال الناشئة بمنطقتين مختلفتين في الجزائر.

أظهرت نتائج المقاطع العرضية في الساق والأوراق وجود طبقة من البشرة تتألف من قشيرة ومغطة بأوبار واقية وأوبار غدية.

نتيجة حساب كثافة الزيت الأساسية للجزء العلوي لنبته الحلحال من منطقة أم الألو في تلمسان تساوي 0.813 هذه القيمة تتفق مع القيمة المذكورة في معيار أفنور.

الزيوت الأساسية المستخلصة من خلال التقطير المائي للأجزاء العلوية لنبته الحلحال من منطقتي بويرة و شرشال قد حققت مردود بلغ 1.46 % و 1.1 % على التوالي.

كشفت التحليلات الكروماتوغرافية عن وجود 68 مكون ما يمثل 93.51 % من اجمالي الزيت الأساسية لنبته الحلحال من منطقة البويرة و التي مكوناتها الأساسية هي الفنشون (50.29 %), الكافور (14.02%), أسينات البورنيل (5.60%) و أسينات الميرتنيل (4.99%). بينما تم تحديد 54 مركبا في الزيت الأساسية لنبته الحلحال من شرشال وتمثل 73% من اجماليها. هذه الزيت الأساسية في غالبيتها الفنشون (31.6%) و الكافور (22.4%) ما يشبه زيت بويرة الأساسية، بالإضافة الى ف-سيمين (6.5%)، اسينات لافاندوليل (3.0%) و أ-بينين (1.0%).

الكلمات المفتاحية: الحلحال، كثافة، زيت أساسية، علم الانسجة، فنشون, *Lavandula stoechas*, CG/MS

Table des matières

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	3
I. Généralités sur la plante <i>Lavandula stoechas</i> L.....	3
I.1. Historique	3
I.2. Description botanique	3
I.2.1. Appareil végétatif.....	3
I.2.2. Appareil reproducteur	4
I.3 Taxonomie	5
I.3.1. Etymologie	5
I.3.2. Nomenclatures et synonymes.....	5
I.3.3. Classification botanique	6
I.4. Répartition géographique	6
I.5. Ecologie.....	7
I.6. Composition chimique.....	7
I.7. Utilisation de <i>Lavandula stoechas</i> L.....	8
II. Généralités sur les métabolismes secondaires	9
II.1. Définition	9
II.2. Classification des métabolites secondaires.....	9
II.2.1. Les alcaloïdes	9
II.2.2. Les terpénoïdes.....	9
II.2.3. Les composés phénoliques	9
III. Généralités sur les huiles essentielles	10
III.1. Historique	10
III.2. Définition	10
III.3. Composition chimique des huiles essentielles	11
III.3.1. Les terpènes	11
III.3.2. Les composés phénoliques	11

III.3.3.	Les composés d'origine diverse	11
III.4.	Méthodes d'extraction des huiles essentielles	12
III.4.1.	Hydrodistillation	12
III.4.2.	Entrainement à la vapeur d'eau.....	13
III.4.3.	Hydrodiffusion.....	13
III.4.4.	Expression à froid	13
III.4.5.	Technique de l'extraction assistée par micro-ondes	14
III.4.6.	L'extraction par les solvants volatils	14
III.4.7.	Extraction par enfleurage	14
III.4.8.	Technique d'extraction par les fluides supercritiques	14
III.5	Méthodes d'analyse des huiles essentielles	15
III.5.1.	Chromatographie en phase gazeuse (CPG)	15
III.5.2.	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/SM)	15
III.6.	Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles	16
III.7.	Facteurs de variabilités des huiles essentielles	16
III.8.	Notion de chémotype ou race chimique	16
IV.	Généralités sur l'histologie végétale.....	17
IV.1.	Définition	17
IV.2.	Définition d'un tissu.....	17
IV.3.	Principaux tissus végétaux	17
IV.3.1.	Les méristèmes primaires et secondaires	17
IV.3.2.	Tissus primaires	17
IV.3.2.1.	Tissus primaires de revêtement.....	17
IV.3.2.2.	Tissus primaires de remplissage.....	18
IV.3.2.3.	Tissus primaires de soutien.....	18
IV.3.2.4.	Tissus conducteurs primaires.....	18
IV.3.2.5.	Tissus d'interface interne.....	18
IV.3.3.	Tissus secondaires	18
IV.3.3.1.	Tissus conducteurs secondaires.....	19

IV.3.3.2. Tissus secondaires de revêtement.....	19
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	20
I. Analyse histologique de l'espèce <i>Lavandula stoechas</i>	20
I.1. Matériel végétal.....	20
I.2. Etude histologique	20
II. Caractérisation physicochimique et phytochimique des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i>	20
II.1. Matériel végétal	20
II.1.1 Étude physicochimique	20
II.1.1.1. Climatologie de la région de Oum el Alou (Tlemcen).....	21
II.1.2 Étude phytochimique.....	21
II.1.2.1. Climatologie de la région de Bouira.	21
II.1.2.2. Climatologie de la région de Cherchel.	21
II.2. Méthodes	21
II.2.1. Extraction des huiles essentielles	21
II.2.2. Calcul de la densité.....	23
II.2.3. Analyses chromatographiques des huiles essentielles	23
Chapitre 3 : Résultats et discussion	25
I. Caractérisation histologique de l'espèce <i>Lavandula stoechas</i>	26
I.1. Tige	26
I.2. Feuille.....	27
II. Caractérisation physicochimique de l'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i>	30
II.1 Calcul de la densité.....	30
II. Caractérisation phytochimique des huiles essentielles de <i>Lavandula stoechas</i>	30
III.1. Le rendement en huile essentielle	30
III.2. Composition chimique des huiles essentielles	31
Conclusion.....	39
Listes des références Bibliographiques	41
Annexes	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Introduction

Les plantes, en raison de leur riche biodiversité, forment l'une des ressources naturelles les plus abondantes de la planète. En effet, elles offrent un grand répertoire de métabolites bioactifs. Toutes les plantes sont capables de produire des substances naturelles très diversifiées, à côté des métabolites primaires, ils accumulent des métabolites dits secondaires, y compris les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes, présentent une grande diversité par rapport aux métabolites primaires universellement constitutifs.

Parmi les métabolites secondaires présents dans les plantes, on trouve les huiles essentielles qui sont des substances actives synthétisées par des plantes dites aromatique, elles sont caractérisées par une grande variabilité au sein des espèces végétales.

L'Algérie, la porte de l'Afrique, par son climat très varié (la mer méditerranéenne au Nord et le Sahara dans le sud) et sa situation géographique particulière bénéficie d'une flore très riche et diversifiée répartie sur tout le territoire algérien, estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques dont 15% sont endémiques (**Quezel et Santa, 1963**).

Dans le cadre de la valorisation de la biodiversité de la flore Algérienne, nous nous sommes intéressées à l'espèce *Lavandula stoechas*, de la famille des Lamiacées, une plante spontanée aromatique, source riche des huiles essentielles.

L'objectif initial de ce travail consistait à la caractérisation histologique, phytochimique et physicochimique des extraits plus précisément les huiles essentielles, de *Lavandula stoechas* L. originaires de deux régions différentes d'Algérie. Vu les conditions exceptionnelles et les difficultés rencontrées pour la réalisation de l'étude expérimentale ; nous avons orienté notre travail à une étude théorique. Nous nous sommes donc inspirées des études de recherche antérieures qui vont dans le sens de notre objectif : **Baali et al., (2019), Dob et al., (2006), Mohammedi et Atik, (2012), Küçük et al., (2019)**.

L'étude est divisée donc en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique. Dans laquelle nous présentons des généralités sur la plante étudiée *Lavandula stoechas*, sur les métabolites secondaires, sur les huiles essentielles et sur l'histologie végétale.
- ✓ Le deuxième chapitre comprend le matériel végétal utilisé, ainsi que les méthodes expérimentales utilisées :
 - Analyses histologiques de l'espèce *Lavandula stoechas*.

INTRODUCTION

- Caractérisation physicochimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* : Calcul des paramètres physicochimiques
- Caractérisation phytochimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* : Extraction par hydrodistillation et détermination de la composition chimique par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC/MS.
- ✓ Le troisième chapitre présente les résultats obtenus qui seront suivis d'une discussion et d'une conclusion générale.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

I. Généralités sur la plante *Lavandula stoechas* L.

I.1. Historique.

Les lavandes sont utilisées depuis l'antiquité pour leurs propriétés antiseptiques et calmantes ainsi que pour leurs parfums (**Cavanagh et Wilkinson, 2002**). Le nom lavande viendrait d'ailleurs du terme latin « lavare » qui signifie laver, associant la plante à la notion de propreté. En effet, les grecs et les romains l'utilisaient pour parfumer et assainir les bains (**Upson et al., 2004**).

Au Moyen Âge, ses pouvoirs désinfectants étaient reconnus et son utilisation était liée à la lutte contre les maladies infectieuses. À cette époque, elle était utilisée à but curative. Les plantes étaient d'ailleurs les seuls éléments de la pharmacopée. Quant à la cueillette de la lavande, elle apparaît dès le XIV^e siècle dans des textes relatifs à l'herboristerie (**Benabdelkader, 2012**). Au début, la cueillette était effectuée par des paysans et des bergers qui voyaient là un revenu d'appoint. Puis cette pratique s'organise et c'est surtout les femmes et les enfants qui sont dévolus à cette tâche (**Moulin, 2003**).

C'est en Provence que la lavande connaît son âge d'or avec le développement de l'industrie du parfum à Grasse. A la fin des années 1890, des distilleries s'implantent un peu partout. Ce n'est que vers 1920, sous la pression de la demande en huile essentielle de lavande pour la parfumerie, du fait de l'épuisement des baïssières surexploitées et de l'apparition d'une réglementation de la cueillette, que les premières cultures vont être mises en place (**Ricorday et al., 2008**). Vers 1960, la production de lavande s'industrialise avec l'apparition des premiers lessiviers comme Soupline et Monsieur Propre (**Monge, 2012**).

Au cours des dernières années, l'exploitation économique des espèces du genre *Lavandula* a augmentée en raison de l'utilisation de leurs huiles essentielles qui peuvent être obtenues de plantes sauvages ou cultivées (**Benabdelkader, 2012**).

I.2. Description botanique.

I.2.1. Appareil végétatif.

Lavandula stoechas se présente sous forme d'un sous-arbrisseau ou arbuste de 40 à 70 cm, tige quadrangulaire. Feuilles supérieures opposés, lancéolées-elliptiques, souvent gris tomenteux, marges légèrement révoltées, avec des feuilles, linéaires très révoltées à l'aisselle et à la base des branches (**Chaytor, 1937 ; Quezel et santa,1963 ; Lis-balchin, 2002**).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

I.2.2. Appareil reproducteur.

Inflorescences sessiles en épis denses terminaux. Pédoncules courts, généralement de 1 à 2 cm, jusqu'à 3,5 cm. Bractées fertiles largement ovées, oblates à spatulées-obovales, apiculées ou peu acuminées, base des bractées supérieures atténuée en un court pétiole. Bractées stériles de couleur mauve ou parfois blanches, obovales ou spatulées, largement obtuses à l'apex, dépassant les bractées fertiles de 1 à 2 cm, parfois de 3 cm. Calice sessile, à treize nerfs, ové au stade de floraison, augmentant en longueur dans les fruits. Le lobe moyen du calice modifié en appendice. Corolle noire-pourpre ou occasionnellement blanche, rose, ou rose cuivré : tube de 1 à 2 cm, plus long que le calice, étamines quatre, jaune et un ovaire surmonté d'un style très court. Nucules largement elliptiques-oblongues de 2 mm (Chaytor, 1937 ; Quezel et santa.,1963 ; Lis-balchin, 2002).

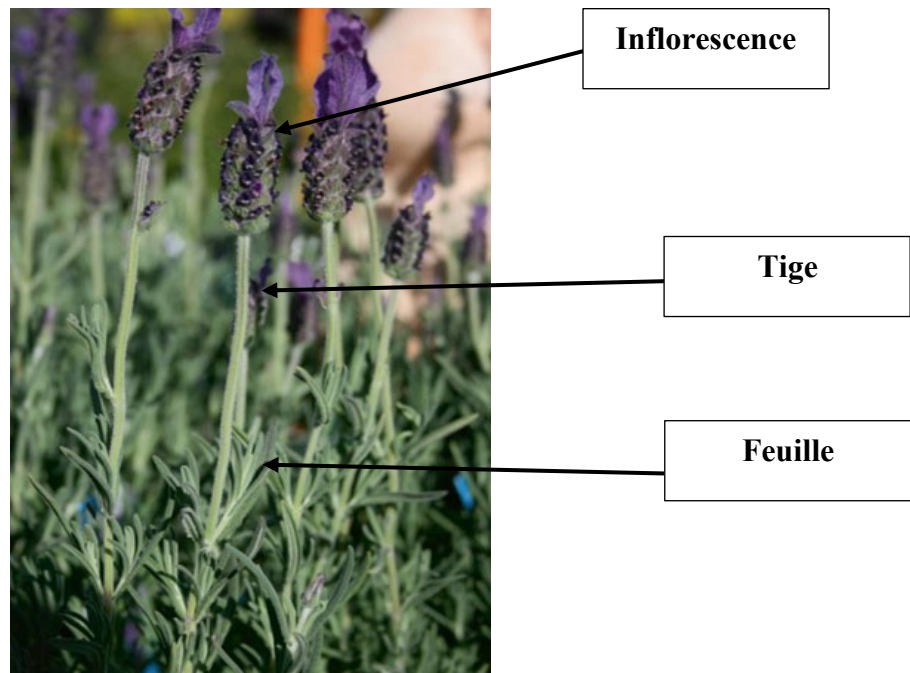


Figure 1 : Aspect général de *Lavandula stoechas* (Lim, 2014).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

I.3. Taxonomie.

La classification du genre *Lavandula* a connu une grande évolution au cours des années, et le nombre d'espèces décrites n'a cessé d'augmenter au fil des travaux botaniques (**Lis-Balchin, 2002**).

Au moyen âge, les espèces européennes ont été considérées comme deux groupes, ou deux genres, distincts, *Stoechas* (*stoechas*, *pedunculata*, *dentata*) et *Lavandula* (*spica* et *latifolia*), jusqu'à ce que Linné les combine (**Benabdelkader, 2012**). La classification moderne majeure du genre *Lavandulase* trouve dans "*A Taxonomic Study of the Genus Lavandula*" de Chaytor (1937). Sa révision reconnaît vingt-huit espèces ainsi que de nombreux taxons infra-spécifiques répartis en cinq sections, *Stoechas*, *Spica*, *Subnuda*, *Pterostoechas* et *Chaetostachys* (**Lis-balchin, 2002**).

Récemment, la classification phylogénétique du genre *Lavandulaa* été réexaminée par Upson et Andrews (2004). Cette étude a conduit à reconnaître 39 espèces différentes réparties en trois sous-genres *Fabricia*, *Sabaudia* et *Lavandula* et huit sections (les 5 d'origine de Chaytor, (1937), et trois nouvelles sections). Cette organisation taxonomique a été réalisée sur la base de plus de 40 critères anatomiques mais aussi par une analyse phylogénétique basé sur la comparaison de séquences nucléaires (*Internal Transcribed Spacer* - séquence interne traduite) (**Benabdelkader, 2012**).

I.3.1. Etymologie.

Le terme lavande est considéré comme provenant du mot latin « lavando » partie du verbe « lavare » pour se baigner, Les Grecs et les Romains ont également appelé lavande nard, du latin *Nardus Italica*, d'après la ville syrienne Naarda (**Lis-Balchin, 2002**). Le terme *Stoechas* désigne en grec l'espèce de lavande qui croissait abondamment dans les îles d'Hyères (France). Lesquelles avaient reçu pour cette raison le nom d'îles *Stoechades* (**Bebiston, 1984**).

I.3.2. Nomenclature et synonymes.

Lavandula stoechas est connue sous différentes appellations selon Lim, (2004) les noms vernaculaires sont :

En Arabe : Halhal, moqif rwah, astuhudus, meharga.

En Anglais : Spanich lavender (in America), lavender (in Europe), Italian lavender, top lavender, Fringed lavender.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

En Français : lavande papillon, lavande stoechas, lavande à toupet, lavande française, lavande maritime.

I.3.3. Classification botanique.

Selon Upson et Andrews (2004), l'espèce *Lavandula stoechas* L., est classée comme suit :

Règne : Plantae.

Sous-règne : Plantes vasculaires.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous- embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous- classe : Dialypétales.

Ordre : Lamiales.

Famille : Lamiaceae.

Sous- famille : Nepetoideae.

Genre : *Lavandula*.

Espèce : *Lavandula stoechas* L.

I.4. Répartition géographique.

Lavandula stoechas se caractérise par une aire de répartition très large. Elle est répandue dans tout le bassin méditerranéen : l'Afrique du nord (Algérie, Maroc, Tunisie), l'Europe (France Portugal, Espagne, Italie, Grèce, Macdonie, l'Asie (Syrie, Liban, Palestine, Turquie, Chypre), Les îles Madère et les îles Canaries (**Chaytor, 1937**). Cette jolie espèce est commune dans les lieux stériles et surtout dans les bois de pins, les bruyères, dans les maquis, sur le littoral et en Corse (**Penzig, 1902**).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

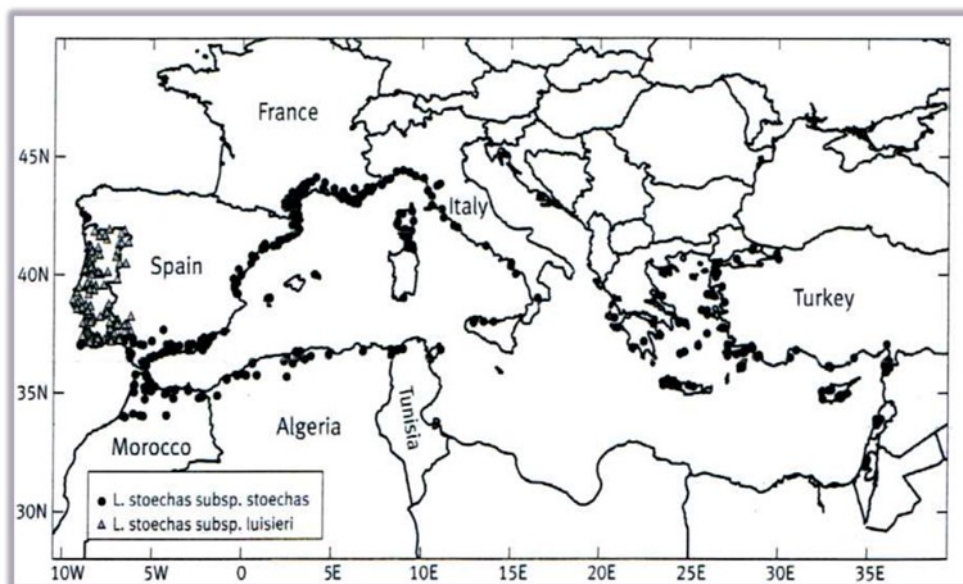


Figure 2 : Distribution géographique de *L. stoechas* (Upson et Andrews, 2004)

I.5. Ecologie.

Dans son aire naturelle, elle pousse en plein soleil dans les collines sèches, la garrigue, les maquis ou les forêts ouvertes et sur les sols calcaires ou granitiques bien drainés. Elle nécessite un sol sec ou humide et résiste à la sécheresse (Lim, 2014). Elle supporte la mi-ombre et tolère le froid jusqu'à -5°C . La floraison, plus précoce que chez les autres lavandes, se déroule d'avril à mai puis en automne (Benabdelkader, 2012).

I.6. Composition chimique

Lavandula stoechas comme le reste des espèces de la famille des lamiacées, est une espèce aromatique (Penzig, 1902). Les travaux sur sa composition chimique montrent sa richesse en monoterpènes et sesquiterpènes, les principaux composés phytochimiques sont le camphre et le fenchone (Lis-Balchin, 2002), de plus de 1,8-cinéole, le pinène et l'acétate de myrtényle (Skoula *et al.*, 1996).

Les principaux flavonoïdes de *Lavandula stoechas* ont été identifiés comme étant l'apigénine 7-glucoside, la lutéoline, la lutéoline 7-glucoside et le 7-rutinoside (Xaver et Andary, 1988).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

I.7. Utilisation de *Lavandula stoechas* L.

Cette plante est utilisée dans plusieurs domaines :

- **Domaine médicinal.**

Lavandula stoechas est une espèce très connue pour ses propriétés et vertus thérapeutiques et médicinales, elle est efficace pour le traitement de plusieurs maladies, l'apoplexie, l'épilepsie et des maladies similaires. Contre les obstructions du foie, des poumons, des fondants, de l'utérus et de la vessie (**Gerard, 1633**). Elle est considérée comme « céphalique (tonique), résolutif, désobstruant, et carminative » et le prescrire dans les « infections pulmonaires et pour l'expulsion des humeurs bilieuses et flegmatiques » (**Said, 1996**). *L. stoechas* avec ses vertus céphaliques ils l'ont appelé le « balai du cerveau » (**Lis-Balchin, 2002**).

De plus, elle aide soulager les évanouissements, faible vertige, spasmes et coliques, la fatigue, névralgie, entorses et rhumatisme ; c'est un stimulant puissant dans le traitement de l'hystérie, la paralysie et similaires troubles de la débilité et manque de puissance nerveuse, la dépression mentale et des délires, des maux de tête nerveux (**Greives, 1937**). Elle possède aussi des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, antiinflammatoires, anticancérigènes, hypoglycémiques et hypotensives (**Lim, 2014**).

- **Domaine cosmétologique.**

Lavandula stoechas a une odeur aromatique très caractéristique, mais elle n'a pas le parfum aussi agréable que les lavandes connues en parfumerie (**Penzig, 1902**). Bien qu'elle fût la première lavande à être utilisée en parfumerie, son huile essentielle est aujourd'hui délaissée en raison de son odeur fortement camphrée (**Benabdelkader, 2012**).

- **Domaine alimentaire.**

Lavandula stoechas est utilisée comme un condiment, aromatisant des plats (**Greives, 1937**). Ces huiles peuvent être utilisées dans des plats sucrés et salés (**Garland, 1993**). En Algérie elle est utilisée comme herbe culinaire pour préparer un type particulier de couscous (**Benabdelkader, 2012**).

- **Domaine Ornemental.**

Cette jolie espèce est largement cultivée comme arbuste ornemental (**Lis-Balchin, 2002**).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

II. Généralités sur les métabolismes secondaires.

II.1. Définition.

Les métabolites secondaires végétaux, aussi appelés produits naturels ou métabolites spécialisés, constituent un réservoir extrêmement riche de biodiversité chimique. Plus de 200 000 structures chimiques diverses ont été identifiées (**Buchanan *et al.*, 2015**).

Un métabolite secondaire est une substance présente chez un organisme qui ne participe pas directement aux processus de base de la cellule vivante, ni à la croissance et le développement des plantes (**Fang *et al.*, 2011**).

II.2. Classification des métabolites secondaires.

En fonction de leurs structures chimiques, les métabolites secondaires des plantes peuvent être divisés en trois grands groupes : les composés phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes.

II.2.1. Les alcaloïdes.

Environ 9% des genres de plantes ont des espèces qui s'accumulent les alcaloïdes, Ils sont définis comme étant des composés azotés, ayant des structures chimiques complexes, synthétisés à partir de précurseurs simples dans la plupart des cas, des acides aminés (tryptophane, tyrosine, phénylalanine, lysine et arginine). Ils sont de faibles poids moléculaires, et présentent des propriétés hydrophiles et alcalines (**Sylvie *et al.*, 2008 ;Buchanan *et al.*, 2015**).

II.2.2. Les terpénoïdes.

Les terpénoïdes, dont plus de 30 000 membres ont été décrits jusqu'à maintenant, ont reçu l'honneur d'être la plus grande classe de produits naturels à petites molécules dans les plantes. Ils présentent une énorme diversité structurale, mais sont unis par une origine biosynthétique commune. Dérivés de l'assemblage de cinq unités d'isoprène de carbone, les terpénoïdes sont également appelés isoprénoïdes et terpènes (**Buchanan *et al.*, 2015**). Ils peuvent être classés en hémiterpènes (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterpènes (C25), triterpènes (C30), tétraterpènes (C40).

II.2.3. Les composés phénoliques.

Les végétaux contiennent une quantité remarquable de divers types de composés phénoliques dont la taille et la complexité varient considérablement, mais tous possèdent

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

généralement un cycle aromatique phényle avec au moins un groupe hydroxyle attaché. La plupart des composés proviennent des voies du phénylpropanoïde et de l'acétate de phénylpropanoïde, dont le précurseur est le Phénylalanine synthétisé par la voie du shikimate (**Buchanan *et al.*, 2015**).

Les principales classes des composés phénoliques sont les Phénols simples, les flavonoïdes, les lignines, les lignanes, les tanins, les Acides hydroxybenzoïques, les Acides Hydroxycinnamique, les Coumarines, les Stilbènes, les Flavonols, les Anthocyanes, les Flavanones, les Isoflavonols.

III. Généralités sur les huiles essentielles.

III.1. Historique.

En Chine, en Inde, au Moyen- Orient, en Egypte, en Grèce, en Amérique et en Afrique, les huiles essentielles sont reconnues et utilisées depuis des millénaires pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques. L'invention de la distillation par les arabes au Vème siècle a développé de façon révolutionnaire l'art de l'extraction de ce type de produits. En fait, c'est au début du XXème siècle que les propriétés des huiles essentielles et leurs vertus thérapeutiques commencent à être sérieusement étudiées (**Djeddi, 2012**).

En 1930 le chimiste français Rene Maurice Gattefosse utilisa le terme d'«aromathérapie» pour désigner les pratiques médicales utilisant les huiles (**Gattefosse, 1937**). Avec le développement de la science moderne, la technologie des huiles essentielles a connu de nouvelles méthodes d'extraction et d'analyse. On connaît actuellement 2000 huiles essentielles, parmi lesquelles près de 200 font l'objet d'importantes transactions commerciales internationales, elles sont d'un usage courant et servent de matière première pour l'industrie pharmaceutique (**Djeddi, 2012**).

III.2. Définition.

Plusieurs définitions ont été attribuées aux huiles essentielles mais **selon l'association française de normalisation AFNOR, (2000)**, les huiles essentielles sont : « des produits obtenus soit à partir de matières premières d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation « sèche ». L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques ».

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

Elles peuvent aussi être défini comme des composés volatils, naturels et complexes caractérisés par une forte odeur et formés par des plantes aromatiques comme métabolites secondaires (**Bakkali et al., 2008**).

III.3. Composition chimique des huiles essentielles.

Ces substances sont des molécules qui appartiennent principalement à deux groupes de composés odorants distincts en fonction de leur voie de biosynthèse. Il s'agit du groupe des terpènes ou des terpénoïdes d'une part (beaucoup plus fréquent) et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part (**Bruneton, 2009**).

III.3.1. Les terpènes.

C'est le groupe le plus important. Il comprend des monoterpènes (10 atomes de carbone dans la molécule), des sesquiterpènes (15 atomes de carbone), des diterpènes (20 atomes de carbone) Ils sont des molécules organiques constituées par un multiple de 5 atomes de carbone de formule générale $[C_5H_8]_n$. ou la molécule de base est l'isoprène (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**). On rencontre après extraction des huiles essentielles, les terpènes les plus volatils dont le poids moléculaire est faible, les monoterpènes et les sesquiterpènes (**Bruneton, 2009**).

- Les monoterpènes.

Les monoterpènes sont formés à partir du couplage de deux unités d'isoprène (C10). Ce sont les molécules les plus représentatives qui constituent 90% des huiles essentielles et permettent une grande variété de structures. Ils se composent de plusieurs fonctions : Carbures : Alcools : Aldéhydes : Cétone : Esters (**Bakkali et al, 2008**).

- Les sesquiterpènes.

Les sesquiterpènes sont formés à partir de l'assemblage de trois unités d'isoprènes C15. L'extension de la chaîne augmente le nombre de cyclisation ce qui permet une grande variété de structure. La structure et la fonction des sesquiterpènes sont semblables à ceux des monoterpènes Carbures : Alcools : Cétones : Époxyde (**Bakkali et al, 2008**).

III.3.2. Les composés phénoliques.

Beaucoup moins présents dans la composition de l'huile essentielle, dérivés du phénylpropane (C6-C3) (**Bruneton, 2009**).

III.3.3. Les composés d'origine diverse.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire entraînés lors de l'hydrodistillation : hydrocarbures, acide, alcools, aldéhydes, esters et lactones (Bruneton, 1995).

III.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.

Les huiles essentielles peuvent être obtenues de la matière végétale par plusieurs techniques d'extraction, chacune à ses propres caractéristiques, on cite :

III.4.1. Hydrodistillation.

C'est la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée pour extraire les composés volatils des plantes (Chemat, 2009).

Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau placé sur une source de chaleur. L'ensemble est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotrope. Ainsi le mélange « eau + huile essentielle » distille à une température ambiante 100 C. Il est ensuite refroidi et condensé dans un essencier 'réfrigérant'. Une fois condensées l'eau et molécule aromatiques se séparent par différence de densité, en une phase aqueuse et une phase organique : huile essentielle. En laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger (Lucchesi, 2005).

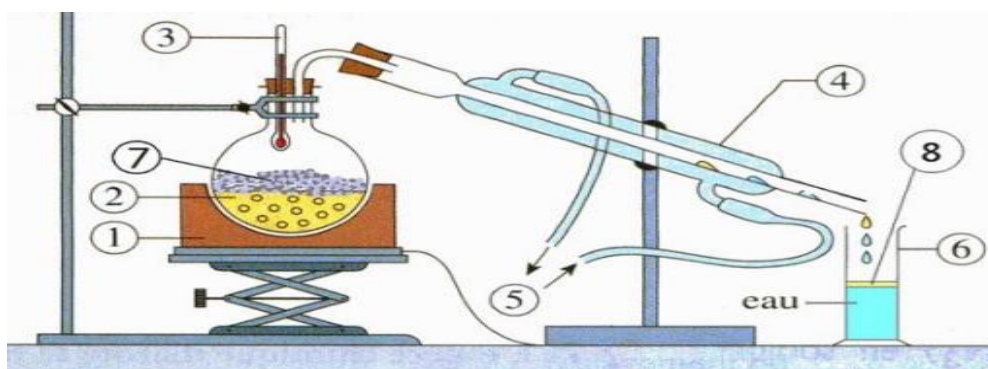


Figure 3 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005).

- | | |
|-------------------|--|
| 1- Chauffe ballon | 5- Entrer et sortie d'eau de refroidissement |
| 2- Ballon | 6- Eprouvette graduée |
| 3- Thermomètre | 7- Matière à extraire l'essence |
| 4- Réfrigérant | 8- La couche d'HES |

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

III.4.2. Entraînement à la vapeur d'eau.

L'entraînement à la vapeur d'eau « Vapo-Hydrodistillation » est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. Cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». La vapeur d'eau chargée ainsi d'essence retourne à l'état liquide par condensation. Le produit de la distillation se sépare donc en deux phases distinctes : l'huile et l'eau condensée (Belaiche, 1979).

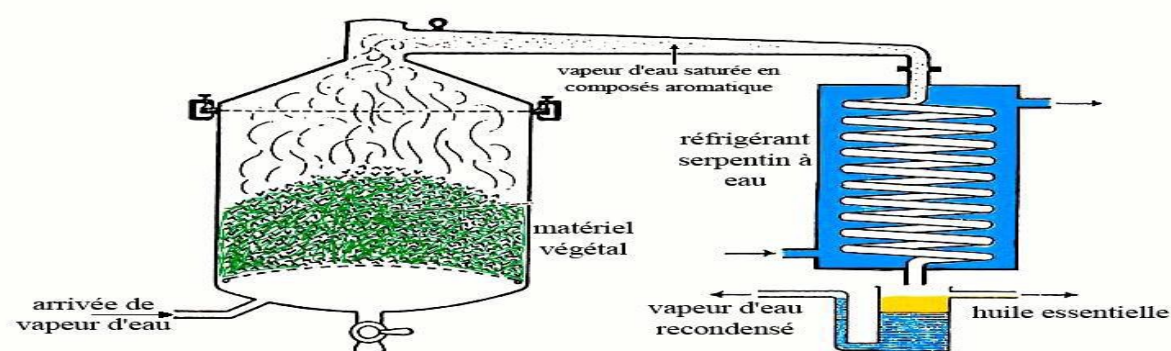


Figure 4 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (El Haib, 2011).

III.4.3. Hydrodiffusion.

Le principe de l'extraction par hydrodiffusion est basé sur l'action descendante d'un flux de vapeur qui traverse le végétal (utilisation de la pesanteur) ce qui permet globalement un gain de temps d'extraction, et donc une économie d'énergie par rapport à la technique précédente où le courant de vapeur est ascendant (Sutour, 2010).

III.4.4. Expression à froid.

Réalisé uniquement pour les agrumes. Les poches sécrétrices d'huile essentielle se trouvent dans le péricarpe des fruits qui sont soumis à une action abrasive sur la peau grâce à des râpes ou des micro-pics métalliques (picots) de manière à faire éclater les cellules contenant l'huile essentielle. La pulpe est récupérée ; elle est constituée par des déchets solides et un liquide hétérogène constitué par une phase aqueuse (le jus de fruit) et une phase hydrophobe non miscible (l'huile essentielle). Après centrifugation, les déchets solides sont éliminés, la phase

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

liquide est récupérée. L'huile essentielle est séparée du jus de fruit par un procédé mécanique de décantation à froid (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

III.4.5. Technique de l'extraction assistée par micro-ondes.

Le procédé d'«hydrodistillation par microondes » est basé entièrement sur le principe de l'hydrodistillation classique. Le matériel végétal est donc placé en présence d'une quantité d'eau suffisante dans un ballon disposé dans l'enceinte du four à micro-ondes. Le système de réfrigération ainsi que la partie prévue pour la récupération des essences sont situés à l'extérieur du four (Sutour, 2010).

III.4.6. Extraction par les solvants volatils.

Ce procédé est utilisé pour l'extraction des concrètes et des absolues, quand une partie de l'arôme est peu entraînable par la vapeur d'eau. Son principe consiste à épuiser la matière végétale de ses constituants odorants généralement à température ambiante par solvants volatils. Le mélange solvant-extrait. Appelé miscella est ensuite séparé par évaporation sous vide afin d'éviter la dégradation thermique des molécules odorantes (Naama, 2009).

III.4.7. Extraction par enfleurage.

Certains organes de végétaux, en particulier les fleurs, sont trop fragiles C'est le cas des fleurs de jasmin, d'œillet...L'enfleurage consiste à déposer des plantes sur une couche de graisse qui absorbe les parfums. La graisse est ensuite mélangée à de l'alcool qui récupère les senteurs. L'alcool est ensuite évaporé et il reste une absolue (Djeddi, 2012).

III.4.8. Technique d'extraction par les fluides supercritiques.

Le CO₂ est le solvant supercritique de choix pour l'extraction des composés parfumés, car il est non toxique et permet un fonctionnement supercritique à basse pression et à température ambiante. Le CO₂ supercritique se comporte comme un solvant lipophile mais, par rapport aux solvants liquides, il a l'avantage que sa sélectivité ou sa puissance de solvant est réglable et peut être réglée à des valeurs allant de type gazeux à liquide (Reverchon, 1997).

Le CO₂ est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie, ensuite il est injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, après le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (Benayad, 2013).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

III.5. Méthodes d'analyse des huiles essentielles.

III.5.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG).

La chromatographie concerne la séparation des constituants d'un mélange grâce à la différence de distribution des composés entre deux phases non miscibles : stationnaire et mobile. La technique de la CPG est la plus couramment utilisée pour déterminer la composition chimique des huiles essentielles elle permet une évaluation quantitative et qualitative de leurs composition chimique. Elle s'applique à des échantillons gazeux ou susceptibles d'être vaporisés sans décomposition dans l'injecteur (**Audigie et al., 1995 ; Bruneton, 1999 ; Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**).

L'appareillage de la CPG comprend principalement : une bouteille de gaz vecteur comprimé : Les gaz vecteurs (hélium, hydrogène, azote ou argon) choisis en fonction de leur capacité d'éluion (l'entraînement des solutés gazeux par la phase mobile) / Un injecteur dans lequel est introduit l'échantillon : le mélange gazeux (solutés + gaz vecteur) entre dans la colonne. / Une colonne représente le cœur de la séparation chromatographique placée dans un four thermostat elle contient la phase stationnaire (liquide très visqueux) / Un détecteur relié à un système d'enregistrement. Actuellement tous les appareils sont pilotés par un micro-ordinateur (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**).

Pour chacun des composés, des indices de rétention expérimentaux peuvent être obtenus. Ils sont calculés à partir du temps de rétention des composés qui sont ensuite comparés avec ceux des produits de référence (mesurés au laboratoire ou décrits dans la littérature) (**Souici et al., 2007**).

III.5. 2. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/SM).

L'une des faiblesses de la chromatographie en phase gazeuse est que la séparation des composés présente souvent des pics qui se chevauchent, ce qui rend les composés difficiles à identifier. Grâce au couplage d'un spectromètre de masse à l'extrémité d'une colonne capillaire d'un chromatographe en phase gazeuse, le détecteur peut capturer et ioniser (bombarder d'électrons) chaque molécule et l'identifier en fonction de la charge relative des fragments de molécules cassées (ions) (**Murray, 2009**).

En combinant le temps de rétention et les détections d'ionisation, la plupart des molécules peuvent être identifiées avec précision. Les composés sont identifiés en comparant le spectre à une base de données de bibliothèque de spectres composés dans un ordinateur connecté. Le

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

GC-MS quantifie les molécules dans le mélange en comparant les concentrations relatives entre les masses atomiques dans le spectre généré. L'avènement du chromatographe en phase gazeuse Spectromètre de masse (GC-MS) est une méthode qui a révolutionné l'analyse et l'identification des composés dans les huiles essentielles (Murray, 2009).

III.6. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont volatiles à la température ambiante, inflammables, et très odorantes, liquides dans la plupart des cas. Elles sont généralement incolores et peuvent peu à peu prendre une coloration jaune plus au moins foncée. La densité des huiles essentielles est inférieure à celle de l'eau allant de 0.85 à 0.95. Le point d'ébullition varie de 160°C jusqu'à 240°C (Djeddi, 2012).

Elles sont en général solubles dans les solvants organiques courants (alcool éthylique, hexane...) et dans les matières grasses. Leur solubilité dans l'eau est quasiment nulle (inférieure à 1 %). Elles ont un indice de réfraction élevé (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

III.7. Facteurs de variabilité des huiles essentielles.

Plusieurs facteurs de différentes origines peuvent influencer la composition chimique des huiles essentielles soit d'ordre naturel, d'origine intrinsèque ou extrinsèque ou d'ordre technologique.

Les facteurs géographiques (altitude, latitude...), édaphiques (la nature du sol, composition du sol et son degré de fertilisation) (Garnero, 1985), climatiques : la température et l'humidité, la lumière, la pluviométrie, les variations saisonnières (Liusia et Penuelas, 2000).

De plus la composition chimique de l'huile essentielle diffère d'un organe à un autre. (Guignard, 1983), et selon aussi le cycle végétatif de la plante. Les pratiques culturales (irrigation, utilisation d'engrais). Les conditions de récoltes, de séchage et de stockage, et même la méthode d'extraction (Lors de l'hydrodistillation sous l'influence du pH, température, et la durée d'extraction) (Djeddi, 2012).

III.8. Notion de chémotype ou race chimique.

Dans une même espèce botanique, Une huile essentielle contient des corps chimiques très complexes. Cette variation chimique génère la notion de : CHÉMOTYPE ou RACE CHIMIQUE qui est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente dans une huile essentielle. Cette classification dépend des

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

facteurs liés directement aux conditions de vie spécifiques de la plante à savoir le pays, le climat, le sol, l'exposition des végétaux, les facteurs phytosociologiques et la période de récolte qui peuvent influencer la composition de l'huile essentielle. On parle d'une HUILE ESSENTIELLE CHÉMOTYPÉE "H.E.C.T" (Zhiri et Baudoux, 2005).

IV. Généralités sur l'histologie végétale.

IV.1. Définition.

L'histologie végétale est la partie de la biologie végétale qui étudie la structure microscopique des tissus végétaux (Taleb-Bendiab, 2012).

IV.2. Définition d'un tissu.

Un tissu est un groupement de cellules ayant une même origine embryonnaire, ayant le même aspect et qui sont semblablement différenciées dans le but de remplir une fonction déterminée. Les tissus peuvent se diviser en plusieurs catégories structurales ou fonctionnelles (Bouزيد, 2017).

IV.3. Principaux tissus végétaux.

Selon qu'ils dérivent d'un méristème primaire ou secondaire, les tissus végétatifs peuvent être classés en tissus primaires ou secondaires. On cite Selon (Tanguy, 2015) :

IV.3.1. Les méristèmes primaires et secondaires.

Les méristèmes primaires sont situés dans les parties terminales des organes (méristèmes apicaux racinaires ou caulinaires) ou parfois latéralement (feuilles : méristème axillaire). Ils permettent typiquement la croissance en longueur des plantes.

Les méristèmes secondaires permettent l'épaississement des organes ou croissance en largeur (Tanguy, 2015).

IV.3.2. Tissus primaires.

IV.3.2.1. Tissus primaires de revêtement.

D'après Tanguy (2015) :

Epidermes : A la périphérie des organes aériens, On y trouve souvent des stomates (les échanges gazeux avec l'extérieur.) et parfois des cellules sécrétrices et des poils épidermiques.

Rhizoderme : A la périphérie des organes racinaires. Il présente localement des poils absorbants.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

IV.3.2.2. Tissus primaires de remplissage.

Selon Breuil (2007) un parenchyme est un tissu composé de cellules vivantes souvent en grand nombre.

Au niveau des tiges (peu chlorophyllien) et des racines (non chlorophyllien)

- **En position centrale** = parenchyme médullaire
- **En position périphérique** = parenchyme cortical

Au niveau des feuilles (très chlorophyllien), on l'appelle mésophylle.

Types fonctionnels des parenchymes : On cite selon Breuil (2007) :

- **Les parenchymes chlorophylliens ou chlorenchymes** dans lesquels on trouve des chloroplastes et qu'on n'observe que dans les organes aériens.
- **Les parenchymes de réserve** qui permettent le stockage de substances variées dans tout type d'organe (racines, tiges, feuilles) :
- **Les parenchymes aquifères ou aquenchymes** qui présentent des vacuoles riches en mucilages retenant l'eau.

IV.3.2.3. Tissus primaires de soutien.

Selon Breuil (2007) :

Le collenchyme : souvent sous l'épiderme

Le sclérenchyme : dans les parties de la plante ne subissant plus d'élongation

IV.3.2.4. Tissus conducteurs primaires.

Ils assurent la conduction des sèves (sève brute pour le xylème et sève élaborée pour le phloème). Ils sont regroupés en unités structurales et fonctionnelles qu'on appelle faisceaux conducteurs ou faisceaux cribrovasculaires (Tanguy, 2015).

IV.3.2.5. Tissus d'interface interne.

Selon Breuil (2007) :

L'endoderme, assise la plus profonde de l'écorce des racines (Cortex).

Le péricycle, première assise du cylindre central (ou stèle) des racines

IV.3.3. Tissus secondaires.

Les tissus secondaires se trouvent dans les racines ou tiges de 'dicotylédones' présentant une lignification mais se rencontrent aussi dans leurs feuilles. Ces structures assurent notamment la croissance en épaisseur des organes (Tanguy, 2015).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

IV.3.3.1. Tissus conducteurs secondaires.

Le xylème secondaire ou bois.

Un tissu constitué d'éléments de vaisseaux, de parenchyme ligneux (= parenchyme xylémien), (à fonction de réserve riche en Amidon) et de fibres ligneuses (à fonction de soutien) **(Camefort, 1977)**.

Le phloème secondaire ou liber.

Constitué de cellules criblées et cellules compagnes, Un parenchyme phloémien à fonction de réserve, Des fibres de soutien **(Camefort, 1977)**.

IV.3.3.2. Tissus secondaires de revêtement.

Le périderme : il correspond « l'écorce ou cortex » des arbres. C'est l'ensemble du phelloderme, du suber et de l'assise subéro-phellodermique **(Camefort, 1977)**.

CHAPITRE 2 :

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. Analyse histologique de l'espèce *Lavandula stoechas*.

Pour l'analyse histologique, nous étions confrontés au manque de documentions en Algérie, nous nous sommes inspirées des travaux de **Küçük et al., (2019)** sur *Lavandula stoechas* poussant en Turquie. Les étapes de cette analyse sont ci-dessous.

I.1. Matériel végétal.

Le matériel végétal a été recueilli en Turquie, à Muğla, à Ula et à Portakallık, le 25 mars 2001. Le matériel a été identifié par SK et le spécimen de référence est conservé à l'herbier de la Faculté de pharmacie de l'Université Anadolu, Eskişehir (**Küçük et al., 2019**).

I.2. Etude histologique.

Des préparations microscopiques ont été faites à partir de matériel végétal fixé sur le terrain dans l'alcool 70%. Des coupes transversales de la feuille et de la tige de la plante ont été faites à la main et colorées avec du réactif Sartur. Les observations anatomiques ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique binoculaire Leitz SM-LUX avec un tube à dessin. Les photographies ont été prises avec le microscope trinoculaire Olympus BX 51 (**Küçük et al., 2019**).

II. Caractérisation physicochimique et phytochimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas*.

Vu le manque des études concernant les caractères physicochimiques de cette plante en Algérie, nous sommes contents d'un seul paramètre qui est la densité. Nous avons donc pris comme référence les travaux de **Mohammedi et Atik, (2012)**.

Pour l'étude phytochimique, nous sommes basées sur les travaux de recherche de (**Baali et al., 2019**) et ceux de (**Dob et al., 2006**), qui ont travaillé respectivement dans la région de Bouira et Cherchel.

II.1. Matériel végétal.

II.1.1. Étude physicochimique.

La plante "*Lavandula stoechas*" a été récoltée durant la période allant du mois de Novembre jusqu'au Juin, dans la région de Oum el Alou (Tlemcen). Le matériel végétal a été lavé au laboratoire et séché à l'obscurité dans un endroit bien aéré, à la température ambiante. Les

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

feuilles isolées du reste de la plante sont conservées dans des sacs propres dans un endroit aéré (Mohammedi et Atik, 2012).

II.1.1.1. Climatologie de la région de Oum el Alou (Tlemcen).

Oum el 'Alou se trouve à 862m d'altitude, Latitude 34° 55' 0'' N et Longitude 1° 13' 0'' W. Elle possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Oum el 'Alou est de 17.7°C et les précipitations sont en moyenne de 351 mm (Climate-Data, 2020).

II.1.2. Étude phytochimique.

1- Pour la région de Bouira, la partie aérienne de *L. stoechas* a été collectée (Bouira) en avril 2017. La plante a été authentifiée par le Dr Sarri Djamel de la Faculté des sciences de l'Université de M'sila (Algérie) (Baali *et al.*, 2019).

II.1.2.1. Climatologie de la région de Bouira.

Bouira se trouve à 516m d'altitude. Latitude 36° 22' 29'' N et Longitude 3° 54' 7'' E. Le climat y est chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Bouira qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Bouira affiche une température annuelle moyenne de 16.2 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 659 mm (Climate-Data, 2020).

2- Pour la région de Cherchel, des parties aériennes (feuilles et fleurs) de *L. stoechas* ont été recueillies chez des plantes poussant spontanément pendant la période de floraison (mai-juin 2001). La plante a été authentifiée dans le département botanique de l'Institut National d'Agronomie (NIA : Algérie), où un spécimen de référence de la plante a été déposé dans l'herbier de cette école (Dob *et al.*, 2006).

II.1.2.2. Climatologie de la région de Cherchel.

Cherchel se trouve à 24m d'altitude. Latitude 36° 36' 17'' N et Longitude 2° 11'26'' E. Le climat de Cherchel est chaud et tempéré. La pluie dans Cherchel tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Cherchel affiche 19.1 °C de température en moyenne sur toute l'année. La moyenne des précipitations annuelles atteints 608 mm (Climate-Data, 2020).

II.2. Méthodes.

II.2.1. Extraction des huiles essentielles.

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Tableau 1 : Processus d'extraction des huiles essentielles.

	Les échantillons de Oum el Alou Tlemcen	Les échantillons de Bouira	Les échantillons de Cherchel
Partie de plante.	Feuilles séchées.	Parties aériennes séchées de la plante.	Les parties aériennes (feuilles et fleurs) de la plante, séchées à l'ombre et finement pulvérisées.
Masse végétale utilisée.	100g.	100g.	
Méthode d'extraction.	Hydrodistillation.	Hydrodistillation.	Hydrodistillation.
Appareillage.	Type Clevenger.	Type Clevenger.	Type Clevenger muni d'un récepteur refroidi à l'eau, afin de réduire les artéfacts de surchauffe par hydrodistillation.
Durée.	2 heures.	3 heures.	3 heures.
Séchage et stockage des huiles extraites.		- L'huile a été séchée avec du sulfate de sodium anhydre et entreposée sous N ₂ dans un flacon scellé jusqu'à son utilisation.	- L'huile a été extraite du distillat avec de l'éther diéthylique, puis séchée avec du sodium sulfate anhydre. Après filtration du sodium sulfate, le solvant a été éliminé par distillation sous pression réduite dans un évaporateur rotatif. - L'huile a été stockée dans un flacon en verre scellé mis à l'obscurité à 4_C jusqu'à l'analyse.
Auteurs.	Mohammedi et Atik, 2012.	Baali <i>et al.</i>, 2019.	Dob <i>et al.</i>, 2006.

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.2.2. Calcul de la densité.

De l'huile essentielle des feuilles de *Lavandula stoechas* de Oum el Alou (Tlemcen) :

La densité d'une huile essentielle est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile essentielle à 20°C à la masse d'un égal volume d'eau distillée à 20°C (Mohhamedi, 2012). Elle est donnée par la relation N°1 suivante :

$$d_{20}^{20} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0}$$

M_0 : masse du pycnomètre vide.

M_1 : masse du pycnomètre avec l'eau distillée, M_2 : masse du pycnomètre avec l'huile essentielle.

II.2.3. Analyses chromatographiques des huiles essentielles.

Des parties aériennes de *Lavandula stoechas* des régions de Bouira et de Cherchel.

Tableau 2 : Analyses chromatographiques des huiles essentielles.

Méthode d'analyse	Les échantillons de Cherchel	Les échantillons de Bouira
Étape 1 : Chromatographie en phase gazeuse (CG).	A été réalisée à l'aide d'un système chromatographique Chrompack CP 9002 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID), équipé d'une colonne capillaire DB-5 non polaire (30m_0,25mm, épaisseur de film de 0,25 mm). La température de l'étuve a été programmée de 60_C à 240_C (3 min par isotherme) à 3_C=min à partir de 60_C pendant 3 min. Le gaz porteur était N2 avec un débit de 1ml=min. L'injecteur et le détecteur ont été chauffés à 250_C et 260_C, respectivement. Le volume d'injection était de 0,2 ml. Pour le	A été effectuée sur un chromatographe en phase gazeuse Shimadzu, modèle 17-A, équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et d'un logiciel d'exploitation Class VP Chromatography Date System version 4.3 (Shimadzu). Avec les conditions analytiques : colonne capillaire SPB-5 (15 m x 0,10 mm x 0,15 µm), hélium sous forme de gaz porteur (1 ml/min). Injection en mode fractionné (1:200), volume injecté 1 µL (4 % d'huile essentielle/CH2Cl2 v/v), température de l'injecteur et du détecteur 250 - 280°C,

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

	<p>polyéthylène glycol (PEG), les paramètres étaient la colonne 30m_0.32mm i.d., épaisseur de film de 0,25 mm ; température de l'étuve 50_C pendant 10 min puis 2_C=min à 230_C pendant 15 min. Les paramètres étaient les mêmes pour la colonne DB-5. Les composantes ont été quantifiées en pourcentage de la superficie des composés volatils totaux.</p>	<p>respectivement. vitesse linéaire dans la colonne 19 cm/sec. La température du four a été maintenue à 60 °C pendant 1 minute, puis programmée comme indiqué précédemment 14. Les pourcentages de composés ont été déterminés à partir de leurs zones de pointe dans les profils GC-FID.</p>
<p>Étape 2 : La spectrométrie de masse par chromatographie en phase gazeuse (CG/MS).</p>	<p>A été effectuée sur un système de spectrométrie de masse quadripolaire par chromatographie en phase gazeuse capillaire MS Finnigan à traces, équipé d'une colonne capillaire de silice fusionnée DB-5 (30 m_0,25 mm, épaisseur de film 0,25 mm); chromatographie. Les conditions étaient les mêmes que celles mentionnées ci-dessus. Le gaz porteur était He. Les conditions de l'unité de masse étaient la source d'ions 250_C, l'énergie d'ionisation 70 eV. La plage de masse d'acquisition utilisée était de m=z 40-450.</p>	<p>A été réalisée en mode rapide sur un module Shimadzu GC-MS. GCMS-QP5050A, avec la même colonne et les mêmes conditions de fonctionnement utilisées pour l'analyse GC-FID, logiciel d'exploitation GCMS solution version 1.02 (Shimadzu). Tension d'ionisation 70 eV, multiplicateur d'électrons 900 V, température de la source d'ions 180°C. Les données spectrales de masse ont été acquises en mode d'acquisition dans la plage de m/z 40-400. Les mêmes solutions d'huile (1 µL) ont été injectées en mode fractionné (1:96).</p>
<p>Identification.</p>	<p>Afin de déterminer les indices de rétention (IR), un mélange de n-alcanes (C5 à C28) a été analysé dans les mêmes conditions de</p>	<p>Était basée sur leur indice de rétention GC (par rapport aux n-alcanes C9-C22 sur la colonne SPB-5), le couplage informatique des données</p>

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

	<p>fonctionnement sur les colonnes DB-5 et PEG, et les indices de l'échantillon ont été calculés après Van den Dooln et Kratz (1963). Pour l'identification du produit chimique, les constituants ont été comparés aux indices de rétention et aux données spectrales de masse obtenus à partir des spectres de la bibliothèque du NIST et de la littérature (Boelens, 1995; Barazandeh, 2002; Kim et Lee, 2002; Adams, 1995; Davies, 1990).</p>	<p>MS spectrales avec celles des bibliothèques MS NIST 15, la comparaison des modèles de fragmentation avec ceux rapportés dans la documentation 16 et, autant que possible, co-injections avec des échantillons authentiques.</p>
Auteurs	Dob <i>et al.</i>, 2006.	Baali <i>et al.</i>, 2019.

CHAPITRE 3 :

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Caractérisation histologique de l'espèce *Lavandula stoechas*.

Les coupes transversales de la tige et des feuilles de *Lavandula stoechas* réalisées par **Küçük et al., (2019)**, et illustrées par les figures et schémas ci-dessous nous ont permis de mettre en évidence les caractéristiques histologiques suivantes :

I.1. Tige.

En coupe transversale, la tige est rectangulaire. L'épiderme est formé en une seule assise, avec une cuticule épaisse. Les parois tangentiellles extérieures et intérieures sont plus épaisses que les parois anticlinales. L'épiderme est recouvert de poils épidermiques tecteurs et de poils sécrétteurs glandulaires.

Sous l'épiderme, il y a le parenchyme cortical, dont certaines cellules présentent des grains d'amidon.

Le système vasculaire est constitué d'un cylindre complet de xylème secondaire ou bois entouré de phloème secondaire ou liber. Le Cambium est indistinct. La Moelle est formée par le Parenchyme médullaire.

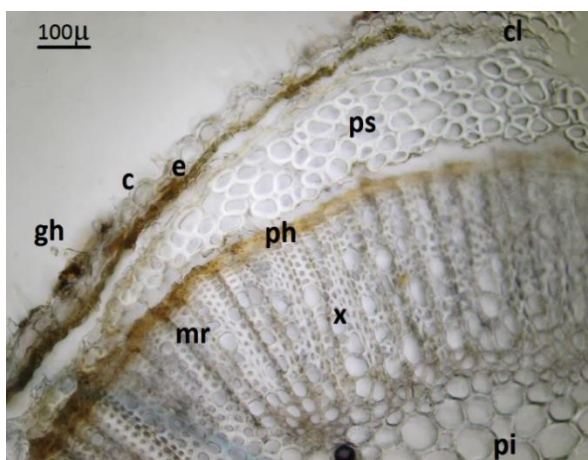


Figure 5 : Photographie d'une coupe transversale de la tige de *Lavandula stoechas* (Photographies Olympus BX 51, microscope triloculaire) (Küçük et al., 2019).

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

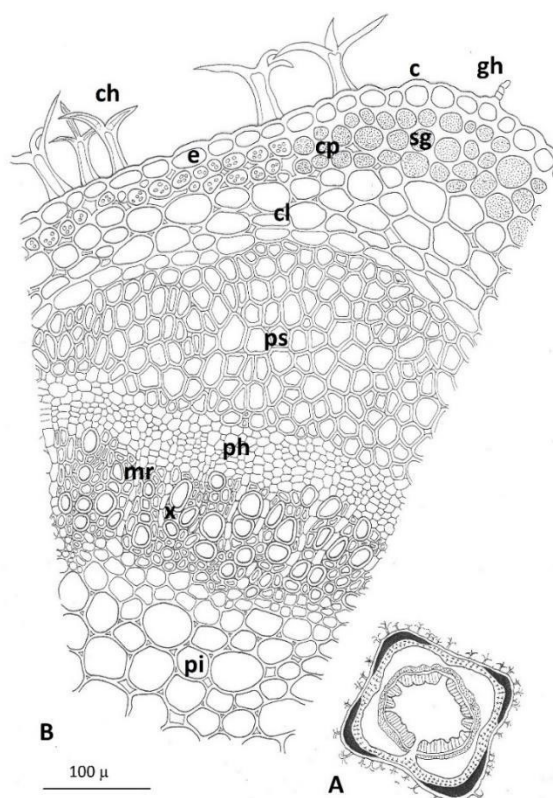


Figure 6 : Schéma d'une coupe transversale de la tige de *Lavandula stoechas* (Küçük *et al.*, 2019).

A diagramme, **B** détail (dessiné à la main), **c** : cuticule, **ch** : poils épidermiques, **cp** : parenchyme du cortex, **e** : épiderme, **gh** : poils glandulaires, **ph** : phloème secondaire, **pi** : moelle, **sg** : grain d'amidon, **x** : xylème secondaire (Küçük *et al.*, 2019).

I.2. Feuille.

En coupe transversale, l'**épiderme** est constitué d'une couche de cellules arrondies ou rectangulaires avec une fine **cuticule** ; les cellules du dessus sont plus grandes que celles du dessous et les parois tangentielles extérieures sont épaissies, les parois des cellules anticlinales sont sinueuses du côté inférieur et presque droites du côté supérieur. **Des poils tecteurs et glandulaires** ont été observés sur l'épiderme supérieur et inférieur (Küçük *et al.*, 2019).

Poils tecteurs : habituellement étoilés, ramifiés et multicellulaires, 2 à 7 cellules avec cuticule lisse, ou rarement unisériés, droits ou recourbés. **Les poils glandulaires** sont de cinq types; tête 1 tige 1 cellule, tête 2 tige 1 cellule; tête 1 tige 2 cellule, tête 3 tige 1 cellule et tête 8 cellule (type Labiatae) (Küçük *et al.*, 2019).

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Stomates : les feuilles sont amphistomatiques, avec des stomates diacytiques superfaciales ou légèrement surélevées au-dessus du niveau épidermique (Figures. 6, 7A, B, C, D, 8) et plus nombreuses sur la face inférieure de la feuille (**Küçük et al., 2019**).

Mésophylle : tissu bifacial de palissade de 1 à 2 couches, parenchyme spongieux de 3 à 4 couches (bifacial) (**Küçük et al., 2019**).

Nervure médiane : Partie inférieure de la nervure proéminente. Sous l'épiderme supérieur et inférieur, il y a un **tissu de collenchyme** à quelques couches. Les faisceaux vasculaires sont collatéraux et le phloème dans l'abaxial, le xylème dans la direction adaxiale. Faisceaux vasculaires collenchymatiques présents dans les pôles du xylème et du phloème (**Küçük et al., 2019**).

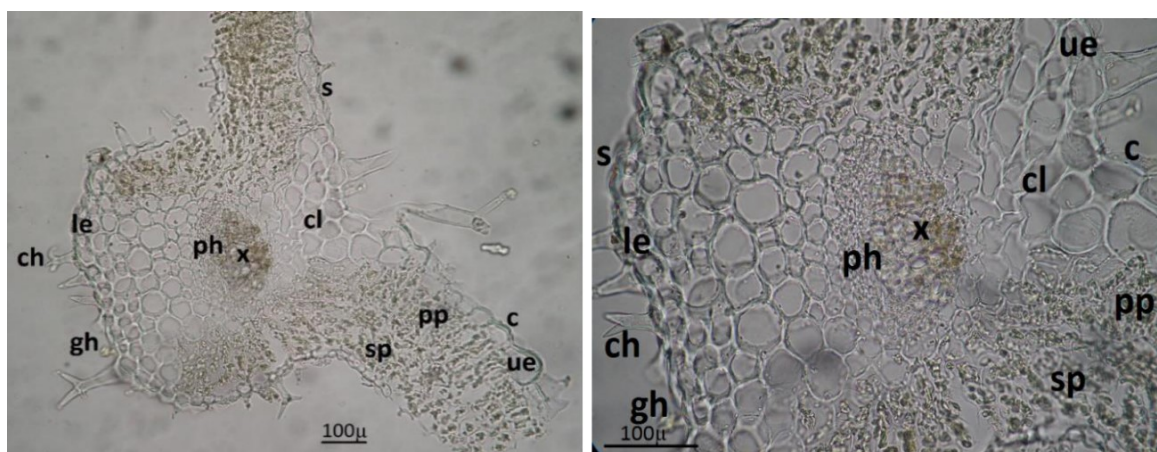


Figure 7 : *Lavandula stoechas* (Küçük et al., 2019).

Coupe transversale de la feuille : détail de la zone intervasculaire; vue de surface de l'épiderme, en LM, respectivement; ue : épiderme supérieur, **m** : mésophylle, **le** : épiderme inférieur, **c**:cuticule, **cl** : collenchyme, **gh** : poil glandulaire, **ch** : poil tecteur, **p** : parenchyme, **pc** : collenchyme phonémique, **ph** : phloème, **x** : xylème, **xc** : collenchyme xylémique, **c** : cuticule, **pp** : parenchyme palissade, **s** : stomate, **sp** : parenchyme spongieux, **vb** : faisceau vasculaire (**Küçük et al., 2019**).

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

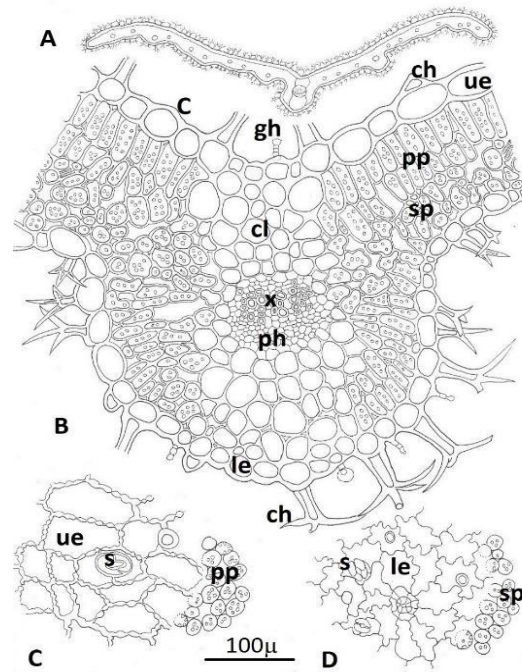


Figure 8 : Schéma d'une coupe transversale de la feuille de *Lavandula stoechas* (Küçük *et al.*, 2019) : Un diagramme, B détail (dessiné à la main), vue de la surface C de l'épiderme supérieur. Vue de la surface D de l'épiderme inférieur en LM, respectivement

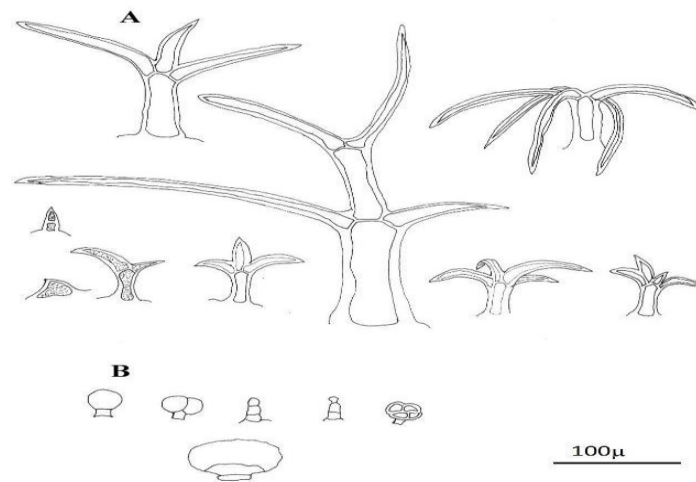


Figure 9 : Schéma de poils des tiges et des feuilles de *Lavandula stoechas* (Küçük *et al.*, 2019).

A : polis tecteurs épidermiques B : poils sécréteurs glandulaires.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

II. Caractérisation physicochimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas*.

II.1. Calcul de la densité.

La densité : l'huile essentielle des *Lavandula stoechas* de la région de Oum el Alou (Tlemcen) a montré une densité moyenne de 0.813 (Mohammedi et Atik, 2012).

Nous remarquons que la densité moyenne de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de Oum el Alou (Tlemcen) est en accord avec celle mentionnée par la norme AFNOR (2000) qui est égale à 0.884.

III. Caractérisation phytochimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas*.

III.1. Le rendement en huile essentielle.

D'après les résultats de Baali *et al.*, 2019 et ceux de Dob *et al.*, 2019, les rendements en huiles essentielles obtenu à partir des parties aériennes de *Lavandula stoechas* des deux régions Bouira et Cherchel, sont montrés dans le Tableau 2.

Tableau 3 : Rendements en huiles essentielles de *Lavandula stoechas*.

Origine	Partie de plante	Rendements %
Region 1 Bouira	Partie aérienne	1.46 %
Région 2 Chrechel	Partie aérienne	1.1 %

Le rendement en huile essentielle obtenu par Baali *et al.*, (2019) après hydrodistillation de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L. de la région de Bouira est évalué à 1.46 %, il est supérieur à celui obtenu par Dob *et al.*, (2006) après hydrodistillation de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L. de la région de Cherchel qui a donné un pourcentage de 1,1 %.

Ces résultats confirment la variabilité du rendement en huile essentielle des plantes aromatiques suivant la distribution géographique.

Ces rendements sont comparables à ceux obtenus par d'autres travaux sur *Lavandula stoechas* d'Algérie. Ils se rapprochent à ceux obtenus par Benabdelkader *et al.*, (2011) qui ont montré que le rendement des huiles essentielles extraites par hydrodistillation à partir de 11

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

populations de *Lavandula stoechas* poussant à l'état sauvage dans les régions du Nord d'Algérie varie entre 0,34% et 1,63%.

Par rapport au rendement obtenu par Chekoual *et al.*, (2018) évalué à 1.17 % de la région de (Adekar) Bejaia, le résultat de Dob *et al.* (2006) est bien similaire, alors que le résultat de **Baali *et al.*, (2019)** est supérieur.

Ils sont tous les deux inférieurs à ceux obtenus par **Barkat et Laib, (2012)** évalué à 3.41% dans la région de Canstantine, et par **Mohammedi et Atik. (2012)** calculé de 2.01% dans la région de Oum el Alou de Tlemcen.

Par contre ils sont les deux supérieurs au rendement obtenu par **Barhouchi *et al.*, (2019)** indiqué 0.6% de la région de Annaba, et celui obtenu par **Chekoual *et al.*, (2018)** évalué à 0.62 % de la région de Keddara Boumerdes.

La variation du rendement d'extraction de l'huile essentielle des différents échantillons peut être due aux conditions climatiques et édaphiques qui diffèrent d'une région à une autre.

Ainsi, de manière générale les variations des taux d'extraction des huiles essentielles pourraient être dues essentiellement à la période de récolte et l'origine de l'espèce, le taux d'humidité, la période de récolte et le stade de développement de la plante ainsi qu'aux conditions climatiques et de conservation (**Ross et Sombrero, 1991**).

III.2. Composition chimique des huiles essentielles.

- Les résultats de l'identification de la composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. de la région de Bouira par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC-MS de la première étude sont présentés dans la figure 1 (Annexe 1), tableau 1 (Annexe 2).
- Les résultats de l'identification de la composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. de la région de Cherchel par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC-MS de la deuxième étude sont présentés dans le tableau 2 (Annexe 3).

Nous avons résumé et comparé les résultats de **Baali *et al.*, (2019)** et **Dob *et al.*, (2006)** sous forme d'un tableau et des figures.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 4 : Nombre de composés identifiés des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. de la région de Bouira et de la région de Cherchell.

	L'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> de la région 1 Bouira	L'huile essentielle de <i>Lavandula stoechas</i> de la région 2 Cherchel
Nombre de composés Identifiés	68 composés représentant 93.51 % de l'huile essentielle totale	54 composés représentant 73 % de l'huile essentielle totale

Le nombre de composés identifiés dans l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de Bouira est supérieur par rapport au nombre de composés identifiés dans l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de Cherchel.

Selon **Baali et al., (2019)** l'analyse par CG/SM de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L de Bouira a révélé la présence de 68 composés représentant 93.51 % de l'huile essentielle totale, alors que selon **Dob et al., (2006)** l'analyse par CG/SM de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L de Cherchel a révélé la présence de 54 composés représentant 73 % de l'huile essentielle totale.

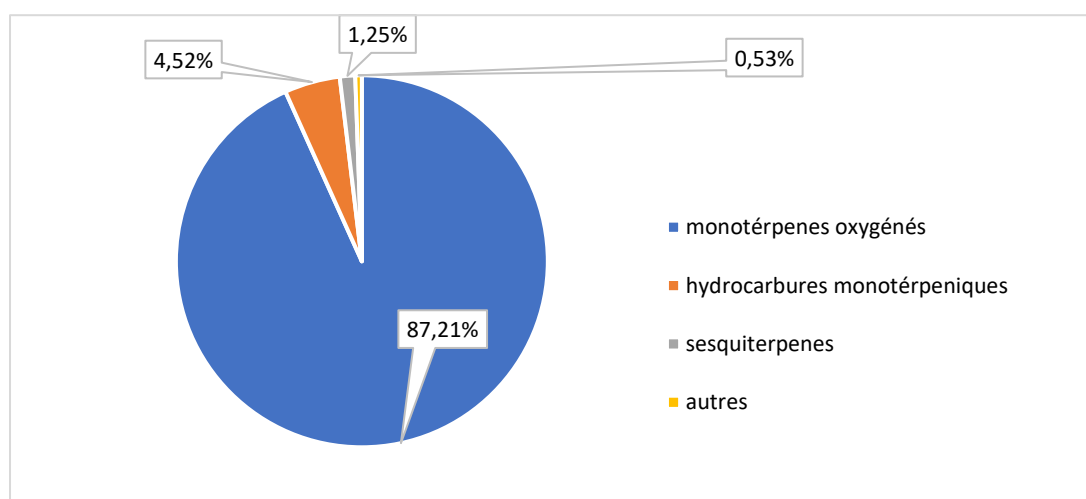


Figure 10 : Familles des composés identifiés de l'huile essentielles de *Lavandula stoechas* L. de la région 1 Bouira.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

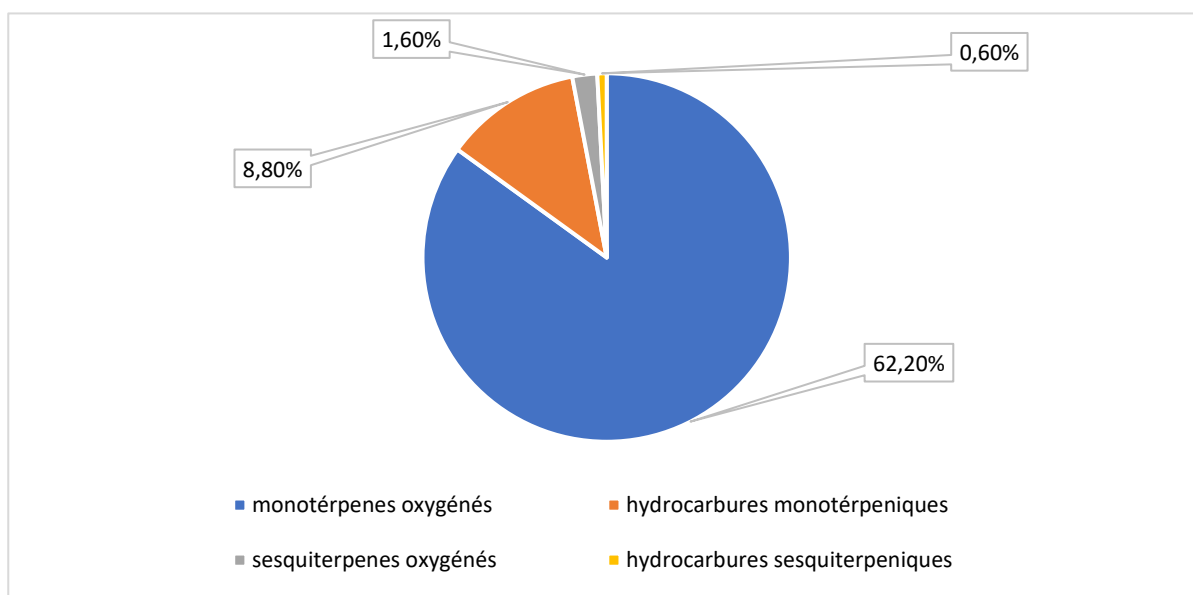


Figure 11 : Familles des composés de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. de la région 2 Cherchel.

D'après **Baali et al., (2019)** l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L. de Bouira est riche en monoterpènes qui présentent 91.73 % des composés identifiés, avec une prédominance des monoterpènes oxygénés 87.21 % puis les hydrocarbures monotérpeniques 4.52 %. La fraction des sesquiterpènes présente 1.25 % des composés identifiés. Ces résultats sont similaires mais avec des teneurs différentes par rapport à ceux obtenus par **Dob et al., (2006)** qui montrent la richesse de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L de Cherchel en monoterpènes avec une teneur de 70.8 %, prédominée par les monoterpènes oxygénés 62 %, puis les hydrocarbures monotérpeniques 8.8 %. Les sesquiterpènes sont présents avec une teneur de 2.2%, 1.6 % sont des sesquiterpènes oxygénés et 0.6 % sont des hydrocarbures sesquiterpéniques.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

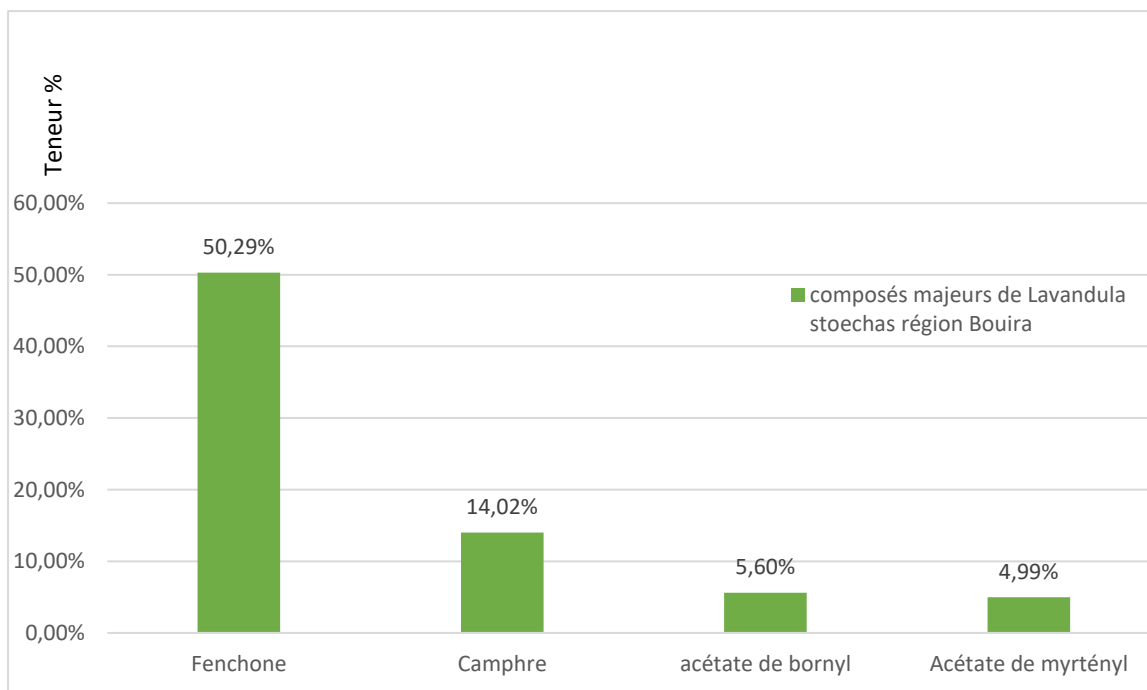


Figure 12 : Composés majoritaires de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. de la région 1 de Bouira.

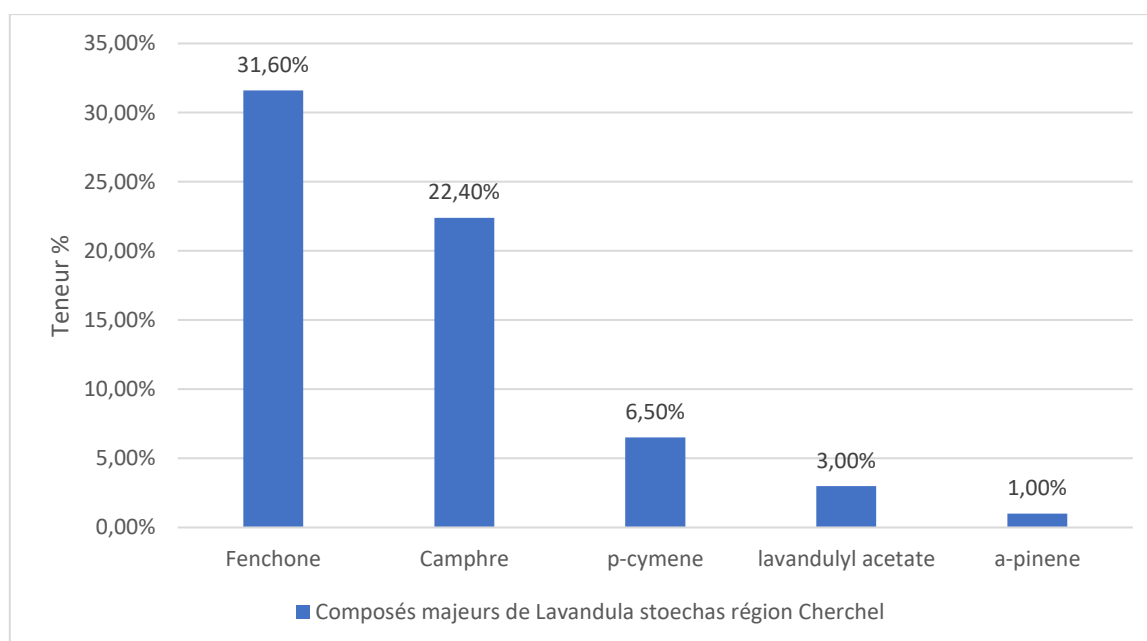


Figure 13 : Composés majoritaires de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. de la région 2 Cherchel.

D'après les figures 12 et 13, nous constatons une différence qualitative et quantitative dans les composés majoritaires des huiles essentielles de *lavandula stoechas* de Bouira (**Baali et al., 2019**) et de Cherchel (**Dob et al., 2006**), Cependant les deux huiles essentielles sont dominées par le fenchone et le camphre.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les composés majoritaires de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L. de Bouira sont des monoterpènes oxygénés, le fenchone (50.29 %), camphre (14.02 %), acétate de bornyl (5.60 %) et acétate de myrtenyl (4.99 %) (**Baali et al., 2019**). Alors que les composés majoritaires de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* L. de Cherchel sont des monoterpènes oxygénés le fenchone (31.60 %), camphre (22.40 %), et des hydrocarbures monoterpéniques p-cymene (6.5%), acétate de lavandulyl (3.0%), a-pinene (1.0%) (**Dob et al., 2006**).

L'ensemble de ces résultats confirment la variabilité de la composition chimique des huiles essentielles des plantes aromatiques suivant la distribution géographique.

L'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* de la région de Bouira (**Baali et al., 2019**), ainsi que l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* de la région de Cherchel (**Dobet et al., 2006**) indiquent le fenchone comme étant le composé majoritaire des deux huiles essentielles. Et de cela on peut dire que le chemotype des deux huiles essentielles est le chemotype Fenchone.

Plusieurs travaux ont porté sur la composition chimique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* issues de différentes régions de l'Algérie comme il l'indique le tableau (6) :

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 5 : Composition chimiques des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* provenant de différentes localisations géographiques algériennes.

Origine	Organe	Composés majoritaires (%)	Nombre total des Composés	Auteurs
11 populations de <i>L. stoechas</i> poussant à l'état sauvage dans les régions du Nord d'Algérie	Partie aérienne fleurs, feuilles et inflorescences	fenchone (11.27 – 37.48%) camphre (1.94 – 21.8%) 1,8-cineol (0.16– 8.71%)	121	Benabdelkader <i>et al.</i>, (2011)
Annaba	fleurs	fenchone 52.70% camphre 15.52 % acetate de bornyl 4.43 % acetate de myrtenyl 3.86 % 1,8-cineole 4.02 %	64	Barhouchi <i>et al.</i>, (2019)
Constantine	fleurs	linalyl acetate 15.26% linalool 10.68% 1,8-cineol 10.25%, γ -terpinene 11.2% camphre 11.25%.	49	Barkat et Laib, (2012)
<i>Oum el Alou</i> Tlemcen	feuilles	fenchone 27.6% cineole 18.9% camphre 18.1% l'acetate de Bornyl 1.3%, camphène 3.2% viridiflorol 1.1%	21	Mohammedi et Atik, (2012)
Lakhdaria Bouira	partie aérienne tige, feuilles et fleurs	fenchone 39,2% camphre 18 % 1,8-cinéole 17,6%	28	Amara <i>et al.</i>, (2017)
Beni Snous Tlemcen	Partie aérienne	camphre 37.4% fenchone 30.3% 1,8-cineole 7.6%	32	Belarbi <i>et al.</i>, (2018)

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Keddara Boumerdes	Sommités fleuries	fenchone 23.9 % camphre 9.57% l'acétate de bornyl 3.43 % viridiflorol 5.32% 1,8-cineol 16.48%	37	Chekoual <i>et al.</i>, (2018)
----------------------	----------------------	--	----	---

A la lecture de ces résultats, on constate une variabilité qualitative et quantitative en termes de composés majoritaires des huiles essentielles de ces différentes régions. On observe :

Le fenchone (11.27-37.48%), camphre (1.94-21.8%), et le 1,8-cinéol (0.16-8.71%) dans les huiles essentielles de 11 populations de *L. stoechas* poussant à l'état sauvage dans les régions du nord d'Algérie (**Benabdelkader *et al.*, 2011**).

Le fenchone (27.6%), cineole (18.9%), camphre (18.1%), l'acétate de bornyl (1.3%), camphène (3.2%), viridiflorol (1.1%) dans l'huile essentielle de *L. stoechas* de *Oum el Alou* Tlemcen (**Mohammedi et Atik, 2012**).

Le fenchone (39,2 %), Camphre (18 %), 1,8-cinéole (17,6 %) dans l'huile essentielle de *L. stoechas* de Lakhdaria Bouira (**Amara *et al.*, 2017**).

Le camphre (37.4%), fenchone (30.3%), 1,8-cineole (7.6%) dans l'huile essentielle de *L. stoechas* de Beni Snous Tlemcen (**Belarbi *et al.*, 2018**).

L'acétate de linalyl (15.26%), linalool (10.68%), 1,8-cineol (10.25%), γ -terpinene (11.2%) camphre (11.25%) dans l'huile essentielle de *L. stoechas* de Constantine (Barkat et Laib , 2012).

Le fenchone (52.70 %), camphre (15.52 %), acétate de bornyl (4.43 %) et acétate de myrtenyl (3.86 %) et 1,8-cineole (4.02 %) dans l'huile essentielle de *L. stoechas* de Annaba (**Barhouchi *et al.*, 2019**).

Le fenchone (23.9 %), camphre (9.57%), l'acétate de bornyl (3.43 %), viridiflorol (5.32 %) et 1,8-cineol (16.48 %) dans L'huile essentielle de *L. stoechas* de Keddara Boumerdes (**Chekoual *et al.*, 2018**).

Malgré la grande variabilité de ces huiles essentielles provenant de différentes localisations géographiques algériennes, nous remarquons qu'ils partagent avec l'huile essentielle de Bouira (**Baali *et al.*, 2019**), et celle de Cherchel (**Dob *et al.*, 2006**) au moins un ou plusieurs composés majoritaires, le plus souvent le fenchone ou/et camphre.

La plupart de ces travaux, conformément aux deux études de **Baali *et al.*, (2019)** et **Dob *et al.*, (2006)**, présentent le chimiotype « fenchone », comme l'indiquent (**Benabdelkader *et al.*, 2011**).

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

(2011), **Mohammedi et Atik, (2012), Amara et al., (2017), Chekoual et al., (2018), Barhouchi et al., (2019)**. Effectivement, d'autres chimiotypes tels que, le chimiotype camphre (**Belarbi et al., (2018), Benabdelkader et al., (2011), Chekoual et al., (2018)**). Et le chimiotype acétate de linalyl (**Barkat et Laib, 2012**) ont également été signalés.

Il existe de nombreux rapports sur la composition chimique des huiles isolées de *Lavandula stoechas* dans d'autres pays autour de la mer Méditerranée. La plupart de ces rapports indiquent également le chimiotype fenchone, par exemple en Cagliari (Italie) (**Angioni et al., 2006**), Sicilie (Italie) (**Bella et al., 2015**), Turquie (**Giray et al., 2008**), Ouezzane (Maroc) (**Bouyahya et al., 2017**), Rabat (Maroc) (**Zrira et Benjilali, 2003**), Crete (Grèce) (**Skoula et al., 1996**), Tunisie (**Bouzouita et al., 2005**), France (**Tomi et al., 2017**), Corse (France) (**Ristorcelli et al., 1998**). D'autres chemotype sont aussi indiqués, le chemotype camphre, en Taounate (Maroc) (**Ezzoubi et al., 2017**), Turquie (**Gursoy et al., 2009 ; Küçükyilmaz et al., 2017**), Italie (**Marongiu et al., 2010**), Grèce (**Tzakou et al., 2009**), İzmir/Urla (Turquie) (**Karaca et al., 2018**). Le chemotype 1,8-cineol ou Eucalyptol, en Alentejo (Portugal) (**Arantes et al., 2016**), Ain Draham (Tunisie) (**Sebai et al., 2015**).

Cette différence sur le plan qualitatif et quantitatif peut être attribuée à plusieurs facteurs, paramètres pédologiques et climatiques (**Menaceur, 2012**), l'environnement, le génotype, l'origine géographique, la période de récolte, le lieu de séchage, la température et la durée de séchage, les parasites et la méthode d'extraction (**Belhadj et al., 2006**).

CONCLUSION

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude visait à mettre en évidence la biodiversité et la variabilité de la flore algérienne par la caractérisation histologique, physicochimique et phytochimique des extraits « les huiles essentielles », de *Lavandula stoechas* une plante aromatique de la famille des Lamiacées originaires de deux régions différentes d'Algérie.

- L'analyse histologique de l'espèce *Lavandula stoechas* a montré au niveau de :

La tige : Un épiderme composé d'une cuticule et recouvert de poils épidermiques tecteurs et des poils glandulaires, un parenchyme cortical, système vasculaire composé de xylème et d'un phloème et un parenchyme médullaire.

La feuille : Aussi composée d'un épiderme composé d'une cuticule et recouvert de poils épidermiques tecteurs et des poils glandulaires. Avec la présence des stomates, du mésophylle, du collenchyme et des faisceaux vasculaires de phloème et de xylème.

- Le calcul de la densité moyenne de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* de Oum el Alou de Tlemcen a donné une valeur de 0.813.

- L'extraction de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula stoechas* de Bouira et de *Lavandua stoechas* de Cherchel par hydrodistillation a fourni des rendements de 1.46 % et 1.1 %, respectivement.

Les analyses chromatographiques des huiles essentielles de ces plantes par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC/MS ont montré une domination de la fraction monoterpénique oxygénées par rapport aux autres groupes chimiques pour les huiles essentielles de *Lavandula stoechas* des deux régions.

L'analyse de l'huiles essentielle de *Lavandua stoechas* de Bouira permis d'isoler et d'identifier 68 constituants représentant 93.51 % de l'huile essentielle dont les constituants majoritaires sont le fenchone (50.29 %), camphre (14.02 %), acétate de bornyl (5.60 %) et acétate de myrtenyl (4.99 %). De même, 54 composés ont été identifiés dans l'huiles essentielle de *Lavandula stoechas* de Cherchel et qui représentent 73 % de sa totalité. Cette huile est caractérisée par la dominance du fenchone (31.6%), camphre (22.4%), p-cymene (6.5%), acétate de lavandulyl (3.0%), a-pinene (1.0%) comme composés majoritaires. Ces résultats montrent une variabilité quantitative et qualitative en ce qui concerne les composés majoritaires des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* des deux régions.

CONCLUSION

En perspectives, nous recommandons :

- D'approfondir les études sur l'espèce *Lavandula stoechas* où il serait intéressant de caractériser des plantes originaires d'autres régions de l'Algérie.
- S'intéresser à étudier l'histochimie de *Lavandula stoechas*.
- Mener des études avec d'autres espèces du genre *Lavndula*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Adams, RP (1995)**. Identification of Essential Oils by Ion Trap Mass Spectroscopy. Carol Stream, IL, Allured Publishing Corporation.
- **Amara, N., Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kaibouche, N., Laissaoui, O., & Boufridi, A. (2017)**. Applications potentielles de l'huile essentielle de lavande papillon (*Lavandula stoechas* L.) comme conservateur alimentaire naturel. *Phytothérapie*, 1-9.
- **Arantes S, Candeias F, Lopes O, et al (2016)** Pharmacological and toxicological studies of essential oil of *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri*. *Planta Med* 82 :1266–73.
- **Audigie C.L., Dupon G. et Zonggain F. (1995)** – Principes des méthodes d'analyse biochimique. T1, 2ème ED. Doin, Paris, . 44.

B

- **Baali, F., Boumerfeg, S., Napoli, E., Boudjelal, A., Righi, N., Deghima, A., ... & Ruberto, G. (2019)**. Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from Two Wild Algerian Medicinal Plants: *Mentha pulegium* L. and *Lavandula stoechas* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(3), 821-837.
- **Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. (2008)** Biological effects of essential oils- A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- **Barazandeh, MM (2002)**. Essential oil composition of *Lavandula latifolia* Medik from Iran. *J Essent Oil Res* 14: 103–104.
- **Barhouchi, B., Aouadi, S., & Abdi, A. (2019)**. Comparative Chemical Profile of *Lavandula stoechas* L. Essential Oils Isolated from Flowers and Leaves Native to Algeria. *Phytothérapie*, 17(5), 240-248.
- **Barkat, M., & Laib, I. (2012)**. Antioxidant activity of the essential oil from the flowers of *Lavandula stoechas*. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 4(7), 96-101.
- **Belaiche P. (1979)**. *Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie*. Tome 1: l'Aromatogramme. Ed. Maloine S. A., Paris, 201.
- **Belarbi, N., Dergal, F., Chikhi, I., Merah, S., Lerari, D., & Bachari, K. (2018)**. Study of anti-corrosion activity of Algerian *L. stoechas* oil on C38 carbon steel in 1 M HCl medium. *International Journal of Industrial Chemistry*, 9(2), 115-125.
- **Belhadj SK, Mahdjoub MA, Ammar S, Chraief I, Mighri Z, Aouni M (2006)**. Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle de *Coridothymus capitatus* (L.). Université de Monastir. Tunisie . 73.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Bella, S. L., Tuttolomondo, T., Dugo, G., Ruberto, G., Leto, C., Napoli, E. M., ... & D'Anna, E. (2015).** Composition and variability of the essential oil of the flowers of *Lavandula stoechas* from various geographical sources. *Natural Product Communications*, 10(11).
- **Benabdelkader, T., Zitouni, A., Guitton, Y., Jullien, F., Maitre, D., Casabianca, H., ... & Kameli, A. (2011).** Essential oils from wild populations of Algerian *Lavandula stoechas* L.: composition, chemical variability, and in vitro biological properties. *Chemistry & biodiversity*, 8(5), 937-953.
- **Benayad ,N.(2013).** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes marocaines et activité anticancéreuse. Thèse de doctorat , université mohammed v – agdale, Rabate.
- **Beniston N.T., Beniston W.S., (1984)** Fleurs d'Algérie Ed. Entreprise national du livre Alger. 359
- **Bouyahya, A., Et-Touys, A., Abrini, J., Talbaoui, A., Fellah, H., Bakri, Y., & Dakka, N. (2017).** *Lavandula stoechas* essential oil from Morocco as novel source of antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 179-184.
- **Bouzid, S. (2017).** Cours de biologie végétale, Destiné aux étudiants de 1ère année tronc commun. Université les Frères Mentouri Constantine 1.
- **Bruneton J. (2009)** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 4ème édition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 1269.
- **Bruneton J., (1995)** Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants. Paris, Lavoisier. 915. (Technique et documentation).
- **Breuil, M. (2007).** *Biologie Ire année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- **Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (Eds.). (2015).** Biochemistry and molecular biology of plants. John Wiley & Sons.

C

- **Camefort, H. (1977).** *Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie. Anatomie. Adaptations.* Doin, Paris, 2e édition.
- **Cavanagh, H. M. A. and J. M. Wilkinson (2002).** "Biological activities of Lavender essential oil." *Phytotherapy Research* 16(4): 301-308.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Chaytor, D.A. (1937).** A Taxonomic Study of the Genus *Lavandula*. *Journal of the Linnean Society – Botany* 51: 153–204.
- **Chekoual Lilia, Aissat Abdelkader, Ait-Kaci Aourahoun Karima & Benabdelkader Tarek (2018)** The Effect of Ultrasound Pre-treatment on the Yield, Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil from Wild *Lavandula stoechas* L., *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21:1, 253-263.
- **Chemat F. (2009).** *Essential Oils and Aromas: Green Extractions and Applications*. Dehradun: Har Krishan Bhalla & Sons, India, 311.
- **Climate-Data. (2020).** <https://fr.Climate-Data.Org/>

D

- **Davies, NW (1990).** Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J Chromatogr* 503: 1–24.
- **Djeddi, S. (2012).** Les huiles essentielles “Des mystérieux métabolites secondaires” : Manuel de formation destiné aux étudiants de Master. *Presse Académiques Francophones USA*, 65.
- **Dob, T., Dahmane, D., Agli, M., & Chelghoum, C. (2006).** Essential Oil Composition of *Lavandula stoechas*. from Algeria. *Pharmaceutical biology*, 44(1), 60-64.

E

- **El Haib A. (2011).** Valorisation de Terpènes Naturels Issus de Plantes Marocaines par Transformations Catalytiques. Thèse de Doctorat. Discipline ou Spécialité : Chimie Organique et Catalyse. Université de Toulouse III - Paul Sabatier, France, 195.
- **Ez zoubi Y, El Ouali Lalami A, Bousta D, Polissiou M, Daferera D, Lachkar M, El Khanchoufi A, Farah A. (2017).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and its fractions of *Lavandula stoechas* L. From Morocco. *Int J Curr Pharm Rev Res.*;8(1):60–7.

F

- **Fang, X., Yang, C.-Q., Wei, Y.-K., Ma, Q.-X., Yang, L., Chen, X.-Y., (2011).** Genomics grand for diversified plant secondary metabolites. *Plant Div Res* 33, 53–64.

G

- **Garland S (1993).** *The complete book of herbs & spices*. Holder & Stoughton, Sydney, 288
- **Garnero J. (1985).** Les problèmes rencontrés au cours de l’obtention des huiles essentielles: le cas des huiles des labiées (1ère partie). *Phytotherapy.* ;13:5-8.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Gerard, J. (1597).** The Herball or General History of Plants, John North, London.
- **Giray, E.S., Kirici, S., Kaya, D.A., Turk, M., Sonmez, O., Inan, M., (2008).** Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74,930–935.
- **Grieve, M. (1937).** A Modern Herbal, Reprinted 1992. Tiger Books International, London.
- **Guignard J. (2000).** Les composés aromatiques, Edition : Dunod, (Biochimie Végétale).. 174-176
- **Gursoy, U.K., Gursoy, M., Gursoy, O.V., Cakmakci, L., Kononen, E., Uitto, V.J., (2009).** Anti-biofilm properties of *Satureja hortensis* L. essential oil against periodontal pathogens. *Anaerobe* 15, 164–167.

K

- **Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012).** La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Springer.
- **Karaca N, Demirci B, Demirci F (2018)** Evaluation of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* L., *Mentha spicata* L. subsp. *spicata* L. essential oils and their main components against sinusitis pathogens. *Zeitschrift Naturforschung C* 73:353-60.
- **Kim NS, Lee DS (2002).** Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A* 982: 31–47.
- **Küçük, S., ALTINTAŞ, A., Demirci, B., Fehmiye, K. O. C. A., & Başer, K. H. C. (2019).** Morphological, anatomical and phytochemical characterizations of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* Growing in Turkey. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 6(2), 9-19.

L

- **Lim, T. K. (2012).** Edible medicinal and non-medicinal plants Dordrecht, The Netherlands:: Springer Vol. 1. 285-292.
- **Lis-balchin, M. (2002).** *Lavender, the genus Lavadula*. London & New York: Taylor and Francis, 268.
- **Liusia J. et Penuelas J. 1999.** Short term response of terpene emission rates to experimental changes of PFD in *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* in summer field conditions, environmental and experimental botany., 42. P: 317 – 320.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Lucchesi M. E. (2005).** Extraction sans solvant assisté par micro-onde conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse en doctorat en Sciences, discipline : chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies.

M

- **Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S., Falconieri, D., Maxia, A., Frau, M.A., Molicotti, P., Zanetti, S., (2010).** Composition and biological activity of supercritical co₂extract of some Lamiaceae growing wild in Sardinia (Italy). *J. Essent. Oil-Bear.Plants* 13, 625–632.
- **Menaceur, F. (2012).** Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles et extraits éthanoliques du romarin (*Rosmarinus eriocalyx*) et de la lavande (*Lavandula stoechas*). Mémoire de magister en Science agronomique. Ecole nationale supérieure agronomique EL-HARRACH-ALGER.
- **Mohammedi, H. (2012).** Etude des extraits volatils de quelques plantes médicinales Algériennes *Daucus carota* L., *Ruta montana* L. et *Rosa canina* L. Thèse de magister. Chimie. Université des Sciences et de la Technologie d'Alger, Houari Boumediène.
- **Mohammedi Z. & Atik F. (2012).** Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature et Technologie.*, 4 :34-39 .
- **Monge R (2012)** Les Routes de la Lavande : au carrefour du développement culturel et de la valorisation de la ressource. In: Routes touristiques et itinéraires culturels, entre mémoire et développement. Quebec, Canada, 139–147
- **Murray hunter. (2009).** Essential Oils: Art. Agriculture, Science, Industry, and Entrepreneurship (A focus on the Asia-Pacific). New York: Nova Science Publishers.

N

- **Naama, S., & Boutekedjiret, C. (2009).** Application des procédés d'extraction par solvant volatil à la récupération de la concrète d'origan (*origanum glandulosum* (Desf)). Mémoire de magister. En Génie des procédés. Université des Sciences et de la Technologie d'Alger, Houari Boumediène.
- **N. Bouzouita , F. Kachouri , M. Hamdi , M. M. Chaabouni , R. Ben Aissa , S. Zgoulli , P. Thonart , A. Carlier , M. Marlier & G. C. Lognay (2005)** Volatile Constituents and Antimicrobial Activity of *Lavandula stoechas* L. Oil from Tunisia, *Journal of Essential Oil Research*, 17:5.
- **Normalisation. Afad. Huiles essentielles, (2000).** Tome 2, Monographies relatives aux huiles essentielles. 6ième édition. AFNOR, Paris.

Q

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Quezel P., Santa., (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris CNRS. Tome 1 et 2, 1170.

R

- **Rene Maurice Gattefosse (1937)** « Aromatherapie – Les Huiles Essentielles hormones vegetales », Librairie des Sciences, Girardot & Compagnie, Paris.
- **Reverchon, E. (1997).** Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products. *The Journal of Supercritical Fluids*, 10(1), 1-37.
- **Ricorday J, Ducaroir M, Ballan E (2008)** Les paysages de Haute Provence : la révelation du “territoire lavande.” Grande traversée des Alpes.
- **Ristorcelli, D., Tomi, F., Casanova, J., (1998).** C-13-NMR as a tool for identification and enantiomeric differentiation of major terpenes exemplified by the essential oil of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas*. *Flavour Fragrance J.* 13, 154–158.
- **Ross, J.D., & Sombrero, C. (1991).** Environmental control of essential oil production in Mediterranean plants. *Ecological chemistry and biochemistry of plant terpenoids.* 83-94.

S

- **Said, H. M. (1996).** Medicinal Herbs, Vol. 1., Bait al-Hikmah, Madinat al-Hikmah: Pakistan.
- **Sebai H, Selmi S, Rtibi K, et al (2015).** Protective effect of *Lavandula stoechas* and *Rosmarinus officinalis* essential oils against reproductive damage and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *J Med Food* 18:241–9.
- **Skoula, M., Abidi, C. et al. (1996).** Essential oil variation of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* growing wild in Crete (Greece). *Biochem. Syst. Ecol.* 24, 255-260.
- **Souici M. L., Lourici L. et Messadi D. (2007).** Relation Structure/Retention Chromatographique de Treize Alkyl-naphtalènes. *Leb Sci J.* 8 (1): 63-73.
- **Sutour, S. (2010).** Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de Kumquats. Thèse de doctorat. Chimie. Université de Corse, 2010.
- **Sylvie Meyer., Catherine R et Bosdeveix R, (2008).** La botanique biologie et physiologie végétales 2eme édition. 15.

T

- **Taleb-Bendiab, A. (2012).** Contribution à l'Etude Des Peuplements à *Arthrocnemum glaucum* (Del.) Ung. de l'Oranie (Algérie occidentale) Taxonomie et Bio-écologie. Thèse de doctorat. Ecologie végétale. Université de Tlemcen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Tomi K, Kitao M, Murakami H, et al (2018).** Classification of lavender essential oils: sedative effects of Lavandula oils. *J Essential Oil Res* 30:56–68
- **Tanguy J. (2015).** Svt-tanguy-jean. <https://www.svt-tanguy-jean.com/>
- **Tzakou, O., Bazos, I., Yannitsaros, A., (2009).** Essential oil composition and enantiomeric distribution of fenchone and camphor of *Lavandula cariensis* and *L. stoechas subsp stoechas* grown in Greece. *Nat. Prod. Commun.* 4, 1103–1106.

U

- **Upson, T. and Andrews, S. (2004).** The genus *Lavandula*. Portland and Oregon, USA: Timber Press. 442.

X

- **Xaver, H. and Andary, C. (1988).** Polyphenols of *Lavandula stoechas* L. *Bulletin Liaison Group Polyphenols*, 133, 624–6.

Z

- **Zhiri, A., & Baudoux, D. (2005).** Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies : aromathérapie scientifique. Luxembourg: Édition Inspir Development.
- **Zrira S, Benjilali B. (2003).** The constituents of the oils of *Lavandula stoechas* L. ssp. *atlantica* Br.-Bl. and *L. stoechas* ssp. *stoechas* from Morocco. *J Essent Oil Res.*; 15:68–9.

ANNEXE 1

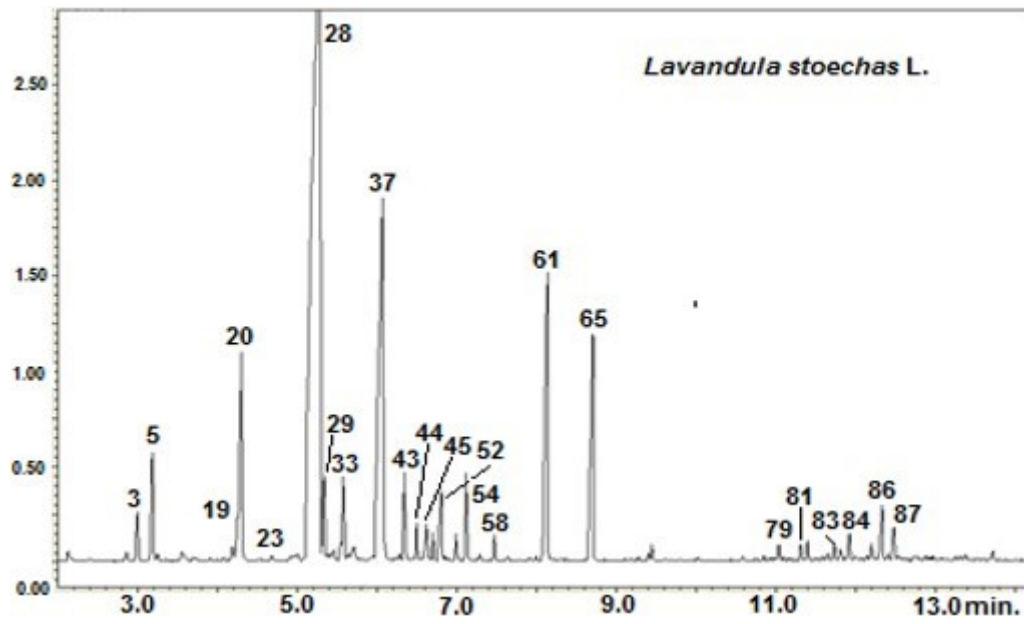


Figure 1 : Profile chromatographique en phase gazeuse de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de Bouira (Baali *et al.*, 2019).

ANNEXE 2

Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* de la région 1 Bouira (Baali *et al.*, 2019).

No.	RI ^b	RI ^c	Class/Compounds	<i>L. stoechas</i>
			Monoterpene hydrocarbons	4.52 ± 0.070
2	926	926	Tricyclene	0.15 ± 0.001
3	937	930	α-Thujene	0.87 ± 0.003
4	939	939	α-Pinene	-
5	953	954	Camphene	1.94 ± 0.009
7	958	960	Thuja-2,4(10)-diene	0.11 ± 0.000
8	980	975	Sabinene	0.04 ± 0.002
10	980	979	β-Pinene	-
13	992	990	Myrcene	0.05 ± 0.008
15	1005	1003	p-Mentha-1(7),8-diene	-
16	1013	1011	δ-3-Carene	0.01 ± 0.001
17	1019	1017	α-Terpinene	0.04 ± 0.000
18	1027	1020	p-Cymene	0.30 ± 0.010
19	1032	1029	Limonene	0.95 ± 0.062
22	1048	1044	E-β-Ocimene	
23	1062	1059	γ-Terpinene	0.08 ± 0.002
			Oxygenated monoterpenes	87.21 ± 0.271
20	1035	1031	1,8-Cineole	2.98 ± 0.085
24	1078	1073	trans-Linalool oxide (furanoid)	0.08 ± 0.001
25	1079	1072	cis-Linalool oxide (furanoid)	0.18 ± 0.048
26	1088	1082	Camphenilone	0.11 ± 0.008
27	1090	1088	p-Mentha-2.4(8)-diene	-
28	1095	1086	Fenchone	50.29 ± 0.380
29	1102	1096	Linalool	1.28 ± 0.006
30	1105	1099	α-Fenchocamphorone	0.02 ± 0.008
32	1113	1112	endo-Fenchol	0.04 ± 0.001
33	1119	1116	exo-Fenchol	1.28 ± 0.009
34	1130	1126	α-Campholenal	0.20 ± 0.054
35	1143	1136	cis-Limonene oxide	
36	1144	1139	trans-Pinocarveol	0.08 ± 0.014
37	1151	1146	Camphor	14.02 ± 0.068
38	1155	1148	neo-Isopulegol	0.14 ± 0.041
39	1158	1153	Menthone	-
40	1168	1164	Pinocarvone	0.06 ± 0.001
42	1170	1162	iso-Menthone	-
43	1172	1169	Borneol	1.11 ± 0.009
44	1177	1174	cis-Linalool oxide (pyranoid)	0.01 ± 0.007
45	1182	1177	Terpinen-4-ol	0.40 ± 0.012
46	1185	1180	Isopulegone	-
48	1189	1182	p-Cymen-8-ol	0.58 ± 0.003
49	1192	1189	p-trans-Mentha-1(7)-8-diene-2-ol	0.03 ± 0.000
50	1194	1189	α-Terpineol	0.29 ± 0.001
51	1199	1195	Myrtenal	0.33 ± 0.082
52	1200	1195	Myrtenol	1.36 ± 0.214

ANNEXE 2

a : La numérotation se réfère à l'ordre d'élution, et les valeurs (zone de pic relative % SD) représentent des moyennes de 3 déterminations (t = trace, 0,05 %)

b : Indice de rétention (IR) par rapport au mélange standard de n-alcanes sur la colonne SPB-5

c : Indice de rétention de la documentation (IR)

No.	RI ^b	RI ^c	Class/Compounds	<i>L. stoechas</i>
53	1214	1229	Verbenone	0.38 ± 0.059
54	1223	1232	<i>exo</i> -Fenchyl acetate	0.91 ± 0.007
55	1233	1237	Pulegone	-
56	1234	1239	Isobornylformate	0.01 ± 0.000
57	1241	1241	<i>trans</i> -Chrysanthenyl acetate	0.01 ± 0.004
58	1248	1243	Carvone	0.29 ± 0.006
60	1261	1263	<i>cis</i> -Carvone oxide	0.06 ± 0.015
61	1290	1285	Bornyl acetate	5.60 ± 0.020
62	1292	1290	Thymol	0.03 ± 0.001
63	1301	1295	Perilla alcohol	-
64	1307	1299	Carvacrol	0.03 ± 0.032
65	1331	1326	Myrtenyl acetate	4.99 ± 0.021
66	1353	1340	Piperitenone	-
69	1372	1361	Neryl acetate	0.02 ± 0.034
71	1385	1381	Geranyl acetate	0.16 ± 0.001
			Sesquiterpenes	1.25 ± 0.029
67	1362	1351	α -Cubebene	0.02 ± 0.001
70	1383	1375	α -Ylangene	0.09 ± 0.001
72	1393	1408	<i>Z</i> -Caryophyllene	0.16 ± 0.001
73	1428	1417	<i>E</i> -Caryophyllene	-
74	1444	1454	α -Humulene	0.03 ± 0.003
75	1469	1466	<i>9-epi-E</i> -Caryophyllene	0.05 ± 0.003
76	1482	1476	<i>trans</i> -Cadina-1(6)-4-diene	0.02 ± 0.009
77	1486	1479	γ -Muurolene	0.01 ± 0.001
78	1486	1485	Germacrene D	0.05 ± 0.014
80	1500	1492	10.11-epoxy-calamenene	0.02 ± 0.003
81	1504	1493	<i>trans</i> -Muurolo-4(14)-5-diene	0.17 ± 0.005
82	1516	1500	α -Muurolene	0.02 ± 0.003
83	1523	1513	γ -Cadinene	0.18 ± 0.003
84	1530	1523	δ -Cadinene	0.22 ± 0.002
85	1532	1529	Zonarene	t
86	1556	1534	<i>trans</i> -Cadina-1.4-diene	0.20 ± 0.003
87	1637	1636	<i>cis</i> -Cadina-4-en-7-ol	0.18 ± 0.007
			Others	0.53 ± 0.033
1	855	855	2 <i>E</i> -Hexenal	0.16 ± 0.010
6	957	952	3-methyl-Cyclohexanone	
9	982	979	1-Octen-3-ol	0.23 ± 0.025
11	989	983	3-Octanone	-
12	990	985	6-methyl-5-Hepten-2-one	0.03 ± 0.038
14	998	991	2-Octanol	-
21	1036	1043	Benzene acetaldehyde	-
31	1110	1105	1-Octen-3-yl acetate	0.09 ± 0.002
41	1169	1162	<i>m</i> -Cresol acetate	-
47	1186	1182	<i>p</i> -methyl-Acetophenone	0.03 ± 0.001

ANNEXE 2

No.	RI ^b	RI ^c	Class/Compounds	<i>L. stoechas</i>
59	1259	1258	2-Phenyl ethyl acetate	0.01 ± 0.005
68	1367	1359	Eugenol	0.02 ± 0.004
79	1497	1487	Phenyl ethyl 2-methylbutanoate	0.03 ± 0.005
			Monoterpene hydrocarbons	4.52 ± 0.070
			Oxygenated monoterpenes	87.21 ± 0.271
			Sesquiterpenes	1.25 ± 0.029
			Others	0.53 ± 0.033
			Total	93.51 ± 0.189

ANNEXE 3

Tableau 2 : Composition chimique de *Lavandula stoechas* de Région 2 Cherchel (Dob *et al.*, 2006).

Compound	PEG RI ^a	DB-5	
		RI ^a	%
Tricyclene	—	926	0.2
a-Pinene ^b	1031	941	1.0
a-Fenchene	1068	952	tr ^c
Benzaldhyde	1504	961	0.1
Sabinene	—	977	tr
b-Pinene	1120	982	tr
Myrcene	1163	986	tr
a-Phellandrene	—	1002	0.1
d-3-Carene	1140	1012	tr
a-Terpinene	1194	1015	0.2
<i>γ</i> -Cymene	1288	1024	6.5
1,8-Cineole	1226	1033	tr
cis-b-Ocimene	—	1048	0.1
c-Terpinene	1263	1067	0.2
Fenchone	1427	1088	31.6
Terpinolene	1290	1094	0.4
Linalool	1552	1098	0.1
endo-Fenchol	—	1110	0.4
Camphor	1519	1144	22.4
trans-Dihydro-a-terpineol	—	1160	0.9
Borneol	1702	1165	tr
Lavandulol	1682	1171	0.4
Terpinen-4-ol	1625	1176	0.8
p-Cymene-8-ol	—	1185	0.2
a-Terpineol	1694	1191	0.5
Myrtenol	1775	1194	tr
Verbenone	1742	1202	0.6
cis-Ocimenone	—	1235	0.3
Carvone	1715	1243	0.1
Linalylacetate	1543	1246	0.1

ANNEXE 3

2-Phenyl ethylacetate	—	1258	0.1
Lavandulylacetate	1605	1277	3.0
Bornylacetate	—	1280	tr
Hexyltiglate	—	1335	tr
a-Cubebene	1463	1351	0.1
a-Copaene	1492	1374	tr
Geranylacetate	1751	1379	tr
a-trans-Bergamotene	—	1435	tr
a-Humulene	—	1450	tr
c-Muurolene	—	1478	0.1
Germacrene D	1710	1482	0.1
a-Muurolene	1729	1499	0.1
c-Cadinene	1765	1516	0.1
d-Cadinene	1787	1520	tr
Germacrene B	1572	1556	tr
Spathulenol	2138	1576	tr
Caryophyllene oxide	2001	1581	0.9
Globulol	2109	1587	0.1
Longiborneol	—	1593	0.5
Cedrol	2102	1597	tr
l-epi-Cubenol	—	1625	tr
epi-a-Cadinol	—	1638	tr
Cubenol	2024	1642	tr
a-Bisabolol	—	1684	tr
Total identified			73.1%

a : RI, indice de rétention; b : composés principaux en caractères gras; les valeurs nominales inférieures à 0,1% sont indiquées comme traces (tr).

