

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa

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

Département : Biologie Appliquée

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de La Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

Thème

ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE DE L'HUILE ESSENTIELE DE LA PLANTE : *Lavandula angustifolia* L

Présenté par :

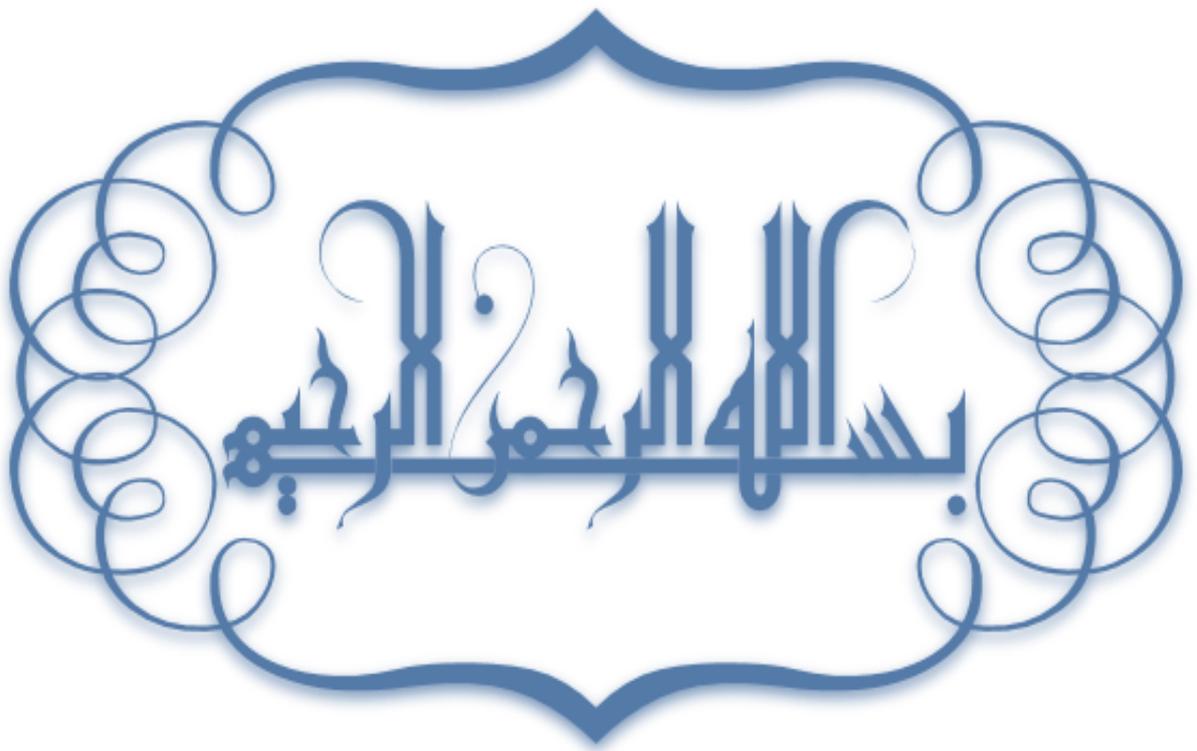
- AOUES LAMIA
- SEDIRA NASSIMA

Devant le jury :

Pr. BOUABIDA HAYET	Pr	Université De Tébessa	Présidente
Dr. DRISS DJEMAA	M.C.A	Université De Tébessa	Examinatrice
Mme. AZIZI NASSIMA	M.A.A	Université De Tébessa	Promotrice

Soutenu le 08 Juin 2023

2022 -2023





Remerciements

Nous tenons à remercier en premier, le grand dieu « ALLAH » le tout puissant, pour nous donner la force, la volonté et la patience durant toutes nos années d'études (Alhamdulillah).

Nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur Mme. AZIZI NASSIMA pour leur précieux conseils, leur disponibilité, leur gentillesse et leur patience tout à long de ce travail, pour son aide, et ses orientations qui nous permis de mener à bien l'ensemble de nos recherches. Nous gardons toujours beaucoup de plaisir à discuter avec vous et à bénéficier de vos conseille.

Nous tenons à remercie les membres du jury :

Pr Bouabida Hayette d'avoir accepté de présider ce travail

Dr. Dris Djemaa d'avoir accepté d'examiner ce travail

Nos remerciements s'adressent également à Dr. Hayoune Soraya et à Dr. Sghir pour avoir bien voulu mobiliser de leurs temps pour nous aider dans ce travail.

Nous remercions également les techniciennes de laboratoire des Départements des Sciences Biologiques.

A tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

A tous ceux, que nous n'avons pas nommé, et qui de prêt ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

A tous ceux que nous n'avons pas mentionné leurs noms, et qui ont contribué de loin ou de près à la préparation de ce travail.

Que tous en soient vivement remerciés.

Dédicace

Je prie mon Dieu Tout-puissant d'accepter ce travail humble et de le faire dans l'équilibre de nos bonnes actions

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.

Je dédie Ce travail:

À ma famille spécialement aux personnes les plus chères au monde.
Mes chers parents qui sont la lumière de mes yeux,

♥ TAYEB et BAHDJA ♥

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour et l'admiration que je porte au mes chères parents que dieux vos protèges.

À mes très chers frères (**FAROUK, HICHEM, SOUHAÏB, et RAMZI**).

À toute ma famille Aoues.

À mon binôme **Nassima** je te souhaite un bon avenir.

Sans oublier un spéciale dédicace à mes meilleurs amis, et surtout **GAMRA, HALIMA, NOUR ELHOUDA.**

À tous ceux qui par un mot, un sourire, m'ont donné la force de réaliser ce modeste travail, je vous dis merci.

LAWIA

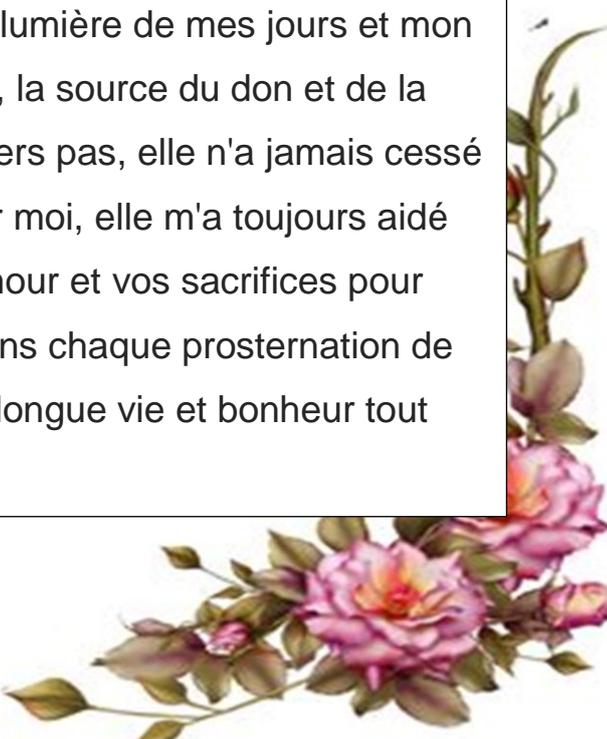


Dédicace

Dieu merci, grâce auquel les bénédictions et les bonnes actions sont accomplies, remerciez Dieu d'abord, toujours et pour toujours
Tout au début, je voudrais remercier Dieu de m'avoir donné du courage et de la patience, afin de faire ce travail que je dédie :

À mon médecin dans la vie, pour soutenir mon sourire, ma force et ma faiblesse, Cher Père Sedira Khalifa Tu étais et seras toujours la personne la plus honnête, la plus noble, la meilleure et la plus chère de ma vie qui m'a appris le sens du travail responsable et m'a inculqué de nobles valeurs de vie les mots ne peuvent jamais exprimer la profondeur de mon respect, de mon appréciation, de ma gratitude et de mon amour éternel
Merci pour mon soutien, mes encouragements et mes conseils avec vos précieux conseils, je demande à Dieu dans chaque prosternation de vous sauver et de vous donner santé, longue vie et bonheur.

Voici ma chère mère Chochan Tounes, le coin de mes yeux est la source de ma vie, la compagne de mon chemin, la lumière de mes jours et mon lien après Dieu, qui ne compense jamais, la source du don et de la sécurité, elle était avec moi dans mes premiers pas, elle n'a jamais cessé de m'encourager et de prier en prière pour moi, elle m'a toujours aidé avec vos conseils, votre veillée, votre amour et vos sacrifices pour atteindre ce niveau, je demande à Dieu dans chaque prosternation de vous sauver et de vous donner la santé, longue vie et bonheur tout





Je remercie Dieu de m'avoir donné.

Mon frère merveilleux, attentif et attentionné, Sedira El Alwani, un ami sincère qui ne lâche pas ta main quoi qu'il arrive, Merci de m'avoir soutenu toute ma vie, je te souhaite tout le meilleur dans ta vie, je prie Dieu de te protéger, d'éclairer ton chemin et de te donner une longue vie pour que tu puisses réaliser tous tes rêves.

J'aime les gens à fond chères sœurs chères dames Fouzia et Zaima, Kenza, Latifa et Sabrina merci je vous souhaite tout le meilleur et le bonheur pendant votre vie si Dieu le veut nous vous verrons bientôt dans les plus hauts rangs.

À ma chère amie Noor el-Houda, merci pour les merveilleux moments que nous avons passés ensemble.

À ma chère partenaire Lamia pour tous les beaux et difficiles moments que nous avons traversés pour achever ce travail.

À tous ceux qui sont fiers de moi, à tous ceux qui se soucient de mon succès, merci

Demande à Dieu et à moi bonne chance

NASSIMA



Résumé

Dans la présente étude, l'activité antioxydante de l'huile essentielle et des différents extraits (méthanolique et aqueux) préparés à partir de *Lavandula angustifolia* récolté de la wilaya de Tébessa a été étudié. L'analyse qualitative par screening phytochimique de l'extrait méthanolique de *L. angustifolia* a approuvé la présence de plusieurs composants tels que : les flavonoïdes, le tanin galique, les alcaloïdes et les saponosides. L'extraction de l'huile essentielle par hydro distillation type Clevenger a donné un rendement de **2.1 %**. L'échantillon a été soumis à une macération dans le méthanol, et dans de l'eau distillée pour la récupération de l'extrait méthanolique avec un rendement de (**15.82 %**) et un extrait aqueux avec un rendement de (**12.20 %**) respectivement.

L'évaluation in vitro de l'activité antioxydante de la plante médicinale *Lavandula angustifolia* a montré une activité très puissante de l'extrait méthanolique suivi de l'extrait aqueux et une activité moindre de l'huile essentielle. L'effet antioxydant a été déterminé par le test du DPPH et la méthode de FRAP. Nos résultats démontrent que le potentiel remarquable de cette plante en tant que source précieuse d'antioxydants présentant des effets remarquable sur le plan biologique, pharmaceutique et médical.

Mots clés : *L. angustifolia*, activité antioxydante, huile essentielle, extrait méthanolique, criblage phytochimique.

Abstract

In the present study, the antioxidant activity of the essential oil and the various extracts (methanolic and aqueous) prepared from *Lavandula angustifolia* harvested from the wilaya of Tebessa was studied. Qualitative analysis by phytochemical screening of the methanolic extract of *L. angustifolia* approved the presence of several components such as: flavonoids, galic tannin, alkaloids and saponosides. The extraction of the essential oil by hydro distillation type Clevenger gave a yield of 2.1%. The sample was macerated in methanol, and in distilled water for the recovery of the methanolic extract with a yield of (15.82%) and an aqueous extract with a yield of (12.20%) respectively.

In vitro evaluation of the antioxidant activity of the medicinal plant *Lavandula angustifolia* showed a very potent activity of the methanolic extract followed by the aqueous extract and a lower activity of the essential oil. The antioxidant effect was determined by the DPPH test and FRAPS method. Our results demonstrate the remarkable potential of this plant as a valuable source of antioxidants with remarkable biological, pharmaceutical and medical effects.

Keywords: *L. angustifolia*, antioxidant activity, essential oil, methanolic extract, phytochemical screening.

الملخص

في هذه الدراسة ، تمت دراسة النشاط المضاد للأكسدة للزيت العطري والمستخلصات المختلفة (الميثانول والمائي) المحضرة من *Lavandula angustifolia* التي تم حصادها من ولاية تبسة. وافق التحليل النوعي عن طريق الفحص الكيميائي النباتي لمستخلص الميثانول من *L. angustifolia* على وجود العديد من المكونات مثل: الفلافونويد ، التانين الغالي ، قلويدات وسابونوسيدات. أعطى استخراج الزيت العطري بواسطة نوع التقطير المائي Clevenger عائدا بنسبة 2.1%. تم نقع العينة في الميثانول وفي الماء المقطر لاستعادة مستخلص الميثانول بحاصل (15.82%) ومستخلص مائي بحاصل (12.20%) على التوالي

أظهر التقييم في المختبر للنشاط المضاد للأكسدة للنبات الطبي *Lavandula angustifolia* نشاطا قويا جدا لمستخلص الميثانول يليه المستخلص المائي ونشاطا أقل للزيت العطري. تم تحديد تأثير مضادات الأكسدة من خلال اختبار DPPH وطريقة FRAP. تظهر نتائجنا الإمكانيات الرائعة لهذا النبات كمصدر قيم لمضادات الأكسدة ذات التأثيرات البيولوجية والصيدلانية والطبية الرائعة.

الكلمات المفتاحية : *L. angustifolia* نشاط مضاد للأكسدة ، زيت أساسي ، مستخلص ميثانول ، فحص كيميائي نباتي.

Liste des abréviations et symboles

APG 3: (Angiosperms Phylogeny Group 3, 2009)

ERO : Les espèces réactives de l'oxygène

ROS : species reactif do oxygen

SOD : Le superoxyde dismutase

CAT : La catalase

GPx : La glutathionne peroxydase

GRx : La glutathion réductase

RLs : Radicaux libres

OH : Fonctions hydroxyles

DPPH: 1, 1-Diphényl-Di-Picrylhydrazyl.

DPPH* : 2.2 diphenyl 1 picrylhydrazyl

FRAP: Ferrique Reducing Antioxydant Power.

IC50 : Concentration à 50% de DPPH perdu.

MV : Matériel végétal

RHE : rendement en huile essentielle des fleurs sèches.

M' : masse d'huile essentielle, en gramme, à partir des fleurs et feuilles sèches.

M : masse de la matière végétale sèche

°C : Degré Celsius

ml : millilitre

M écha : la masse sèche de l'échantillon végétal.

g: gramme

NaOH: hydroxyde de sodium

HCL: Acide chlorhydrique

Min: minute.

H₂SO₄: Acide sulfurique.

FeCl₃: Chlorure de fer

Nm: nanomètre.

Abs : Absorbance.

Mg : milligramme.

% d'AA : pourcentage d'activité antioxydante.

CI : Concentration inhibitrice.

EC : Efficient concentration.

Me OH : Méthanol

AAI : Indice de l'activité antioxydante.

µl : Microlitre

Ph: Potentiel d'Hydrogène

Liste des figures

Figure 01 : Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier.....	05
Figure 02 : <i>Lavande</i>	07
Figure 03 : <i>Lavandula angustifolia</i>	09
Figure 04 : Feuilles de <i>L. Angustifolia</i>	10
Figure 05 : Tétrakène de <i>L. angustifolia</i>	10
Figure 06 : Structure de quelques composés principaux des huiles essentielles.....	15
Figure 07 : Montage d'hydrodistillation.....	18
Figure 08 : La distillation par entraînement à la vapeur d'eau.....	18
Figure 09 : Conséquences cellulaires des EAO.....	24
Figure 10 : Exemples d'alcaloïdes hétérocycliques.....	28
Figure 11 : Structure d'acide hydroxy-benzoïque.....	29
Figure 12 : Structure d'acide hydroxy-cinnamique.....	29
Figure 13 : Structure de base des flavonoïdes.....	30
Figure 14 : structure générale des quinones.....	30
Figure 15 : Structures des tanins hydrolysables et condensés.....	31
Figure 16 : Structure de base des coumarines.....	32
Figure 17 : Structure de base des stilbènes et ses principaux types.....	33
Figure 18 : structure des lignanes.....	33
Figure 19 : Structure de base des anthocyanidines.....	34
Figure 20 : Structure chimique de l'isoprène.....	35
Figure 21 : Situation géographique de la zone de récolte.	37
Figure 22 : feuilles et Fleurs séchées de <i>Lavandula angustifolia</i>	38

Figure 23 : Montage d'un hydro distillateur de type.....	29
Figure 24 : huile essentielle conservée dans un flacon en verre stérile.....	40
Figure 25 : matière végétal broyé en poudre de <i>Lavandula angustifolia</i>	41
Figure 26 : Protocole de préparation des extraits.....	42
Figure 27 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH*.....	47
Figure 28 : Echantillons de l'HE.....	48
Figure 29 : Les échantillons d'extrait aqueux et d'extrait méthanolique.....	48
Figure 30 : Les étapes de test de FRAP.....	51
Figure 31 : Pourcentage d'inhibition de DPPH des extraits méthanoïque et aqueux et de l'huile essentielle de <i>L. angustifolia</i>	58
Figure 32 : Activité antiradicalaire au DPPH de l'acide ascorbique.....	60
Figure 33 : Activité antiradicalaire au DPPH des extraits aqueux et méthanoliques	61
Figure 34 : Histogrammes exprimant les IC 50 ($\mu\text{g/ml}$)	62
Figure 35 : Pourcentage d'inhibition de FRAP des extraits méthanoïque et aqueux et de l'huile essentielle de <i>Lavandula angustifolia</i>	63

Liste des tableaux

Tableau 01 : classification de la famille des <i>lamiacées</i> selon APG III.....	03
Tableau 02 : Description et caractères botaniques.....	04
Tableau 03 : dénomination conventionnelle de <i>Lavandula angustifolia</i>	08
Tableau 04 : Différents types des antioxydants.....	25
Tableau 05 : Le cadre temporel et spatial de <i>lavande</i>	37
Tableau 06 : Propriétés organoleptiques d'huile essentielle <i>L. Angustifolia</i>	52
Tableau 07 : Rendement en HE de <i>Lavandula angustifolia</i> obtenu par hydrodistillation... ..	52
Tableau 08 : Rendements obtenus ans des travaux ultérieurs.....	53
Tableau 09 : Propriétés des extraits aqueux et méthanoliques.....	54
Tableau 10 : Le rendement de la partie aérienne de <i>Lavandula angustifolia</i>	55
Tableau 11 : Résultats du criblage phytochimique sur <i>L. angustifolia</i>	56
Tableau 12 : Valeurs des CI50 des extraits méthanoïque, aqueux et témoin déterminées par le test au DPPH.....	59

SOMMAIRE	page
Remerciements	
Dédicace	
RESUME	
Abstract	
ملخص	
Liste des Abréviations	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Introduction	01
PARTIE THEORIQUE	
Chapitre I: Rappels bibliographiques sur la plante étudiée	
1. La famille des Lamiacées	3
1.1. Généralité	3
1.2. Classification APGIII des <i>lamiacées</i>	3
1.3. Description et caractéristiques botaniques de la famille des <i>Lamiacées</i>	4
1.4. Distribution géographique des <i>lamiacées</i>	5
1.4.1. Dans le monde	5
1.4.2. En Algérie	5
1.5. Utilisations traditionnelles des <i>Lamiacées</i>	6
2. Les lavandes	6
2.1. Le genre <i>Lavandula</i>	7
2.2. Distribution du genre <i>Lavandula</i>	8
2.3. <i>Lavandula angustifolia</i>	8
2.4. Description botanique de <i>L. angustifolia</i>	9
2.5. Culture de l'espèce <i>L. angustifolia</i>	11
2.6. Métabolites secondaires isolées de l'espèce <i>L. angustifolia</i>	11
Chapitre II : Les huiles essentielles	
1. Historique	12
2. Définition	12
3. Localisation de l'huile essentielle dans la plante	13
4. Domaines d'utilisation des huiles essentielles	13
5. Composition chimique	15
6. Propriétés physiques	16
7. Toxicité des huiles essentielles	16
8. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	17
8. 1. Hydrodistillation	17
8. 2. Entraînement à la vapeur d'eau	18

8.3. Expression à froid	19
8. 4. Extraction par expression	19
9. Méthodes de conservation des huiles essentielles	19
10. Activités biologiques des huiles essentielles	20
10.1. Activités antioxydantes de <i>Lavandula</i>	20
10.2. Activité antifongique de <i>Lavandula</i>	20
10.3. Activité antibactérienne de <i>Lavandula</i>	21
10.4. Effets anticancéreux de <i>Lavandula</i>	21
<i>Chapitre 03 : activité antioxydante et métabolites secondaires</i>	
1. Activités biologiques de <i>Lavandula</i>	22
1.1 Activité antioxydante	22
1.2 Stress oxydatif	22
a. Définition	22
b. Conséquences du stress oxydatif	23
1.3 Les oxydants (radicaux libres)	23
1.4 Les espèces réactives de l'oxygène	23
1.5 Les antioxydants	24
1.6 Antioxydants phénoliques	25
1.7 Mécanismes d'actions des antioxydants	25
a. Piégeage des radicaux libres	25
b. Chélation des ions métalliques	25
c. Modulation des enzymes	26
1.8 Utilisations des antioxydants	26
2. Les métabolites secondaires	26
2.1. Définition	26
2.2. Rôles des métabolites secondaires	27
2.3. Classification des métabolites secondaires	27
2.3.1 Les alcaloïdes	27
2.3.2. Les polyphénols ou composés phénoliques	28
2.3.3 Les terpénoïdes	34
<i>PARTIE EXPERIMENTALE</i>	
<i>Chapitre1 : Matériels et méthodes</i>	
1. Cadre de l'étude	36
2. Objectif d'étude	36
3. Matériel	36
3.1. Matériel de laboratoire	36
3.2. Matériel végétal (MV)	37
3.2.1. Identification de l'espèce végétale	37
3.2.2. Récolte de la plante	37

4. Méthodes	38
4.1. Préparation du MV pour l'extraction d'huile essentielle	38
4.2. Extraction par hydro distillation	38
4.3. Détermination du rendement de l'extraction	39
4.4. Conservation de l'huile essentielle	40
4.5. Préparation des extraits méthanoliques et aqueux	41
4.5.1. Broyage des parties sèches de la plante	41
4.5.2. Macération (extraction solide /liquide)	41
4.5.3. Calcul du rendement des extraits aqueux et méthanoliques	43
4.5.4. Conservation des extraits	43
4.6. Criblage (Screening) phytochimique	43
4.6.1. Recherche des poly terpènes et stéroïdes	43
4.6.2. Recherche des flavonoïdes	44
4.6.3. Recherche des alcaloïdes	44
4.6.4. Recherche des saponines	45
4.6.5. Recherche des tanins totaux	45
4.6.5.1. Les tannins catéchiques	45
4.6.5.2. Les tannins galliques hydrolysables	46
4.6.6. Recherche des Quinones	46
4.7. L'Activité antioxydante d'huile essentielle et des extraits de <i>L. angustifolia</i>	46
4.7.1. Activité de piégeage du radical DPPH	46
4.7.1.1. Calcul du pourcentage d'inhibition	49
4.7.1.2. Calcul de la concentration inhibitrice IC50	49
4.7.1.3. L'indice de l'activité antioxydante	49
4.7.2. Pouvoir réducteur « FRAP »	50
Chapitre2 : Résultats et discussion	
1. Propriétés de l'huile essentielle	52
1. 1. Propriétés organoleptiques de l'HE de <i>Lavandula angustifolia</i>	52
1.2. Le rendement d'extraction de l'huile	52
2. Propriétés des extraits aqueux et méthanoliques	54
2.1. Propriétés organoleptiques des extraits méthanoliques et aqueux	54
2.2. Rendement d'EA et d'EM	54
3. Résultats de criblage	55
4. Evaluation de l'activité antioxydante	58
4.1. Test DPPH mesuré au spectrophotomètre	58
4.1.1. Calcule de pourcentage d'inhibition	58
4.1.2. IC 50	59
4.2. Test FRAP	63
Conclusion	65

<i>Références bibliographiques</i>	
<i>Annexes</i>	

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'homme a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et de soigner toutes sortes de maladies. Ces plantes représentent un immense réservoir de composés possibles attribués à des métabolites secondaires qui possèdent une très large gamme d'activités biologiques. **(Ben ramdane A. et Mouloudj H., 2020)**

La Famille des *lamiacées* connue également sous le nom des Labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites. Une grande partie de ces plantes sont aromatiques riches en huile essentielle d'où leur intérêt économique et médicinal. Les huiles essentielles de cette famille sont très recherchées parce qu'elles possèdent généralement des propriétés biologiques intéressantes. **(Koubai N. et Chaouche K., 2020)**

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. On s'intéresse de plus en plus à ces plantes depuis quelques années.

A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces de la famille des *Lamiacées* : la *lavande* (*Lavandula angustifolia*), celle-ci est utilisée comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant. **(Laib I., 2011)**

Les huiles essentielles sont obtenues à partir de plantes médicinales et aromatiques en utilisant différentes méthodes comme la distillation à la vapeur et l'hydrodistillation. En thérapie, les principales utilisations de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* est attribué à ses effets pharmacologiques sédatif, anxiolytique, modulateur de l'humeur et antidépresseur, mais aussi anti-inflammatoire, antirhumatismal, cicatrisant, régénérant cutané, antiseptique, antioxydants, et enfin antibactérien. **(Barka A. et Berrich H., 2021)**

Les produits naturels et leurs huiles essentielles ont été utilisés de manière populaire pour le traitement de diverses maladies inflammatoires et le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques.

Des études indiquent que l'utilisation de produits naturels peut être plus sécuritaire et plus efficace parce qu'ils présentent une faible toxicité et peu d'effets secondaires. **(Gabriel F. et al., 2018)**

Dans ce contexte, s'inscrit le présent travail de recherche dont le but principal est l'évaluation in vitro de l'activité antioxydante de l'huile essentielle et des extraits

méthanolique et aqueux préparés à partir de *Lavandula angustifolia*. On s'est fixé les objectifs suivants :

- Une synthèse bibliographique sur la plante étudiée (famille et genre), le stress oxydatif et antioxydants,
- L'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* et la détermination de son rendement.
- L'analyse qualitative par criblage « screening » phytochimique du contenu en polyphénols, en flavonoïdes et en tanins de l'extrait méthanolique de *L. angustifolia*.
- L'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle, d'extrait méthanolique et aqueux de *L. angustifolia*.
- conclusion générale et perspective.

Partie 1:
Synthèses
bibliographiques

Chapitre 01



Rappel bibliographique sur l'espèce étudiée

1. La famille des *Lamiacées*

1.1. Généralités

La famille des *Labiacées* (*Lamiaceae*) est l'une des familles les plus grandes et les plus distinctes de plantes à fleurs (**Farzaneh N. et al., 2005**). Elle inclut environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites, dont la plupart sont concentrées dans le bassin méditerranéen comme le *thym*, la *lavande* et le *romarin*. (**Bouhaddouda N., 2016**)

La famille des *Lamiaceae* sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales. (**Spichiger et al., 2000**). Arbustes, sous-arbrisseaux ou plantes herbacées, cette famille est très importante dans la flore Algérienne. Quelques genres ont des déterminations délicates dues à la variabilité extrême des espèces. (**Quezel et Santa, 1963**)

1.2. Classification APGIII des *lamiacées*

D'après la nouvelle classification de l'APG 3 (Angiosperms Phylogeny Group 3, 2009) (**Dupont et Guignard, 2012**), la famille des *Lamiaceae* est classée comme suit:

Tableau 01 : classification de la famille des *lamiacées* selon APG III (**Dupont et Guignard, 2012**),

Embranchement	<i>Embryophytes</i>
Sous-embranchement	<i>Trachéophytes</i>
Super-Classe	<i>Spermaphytes</i>
Classe	<i>Angiospermes</i>
Grade	<i>Lamiidées (Euastéridées I)</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>

**1.3. Description et caractéristiques botaniques de la famille des *Lamiacées*
(Rodolphe E. *et al.*, 2004)**

Tableau 2 : Description et caractères botaniques des *Lamiacées*

Habitus	herbes ou arbustes. Plantes aromatiques, poilues, glanduleuses. Tige jeune quadrangulaire.
Feuilles	-opposées- décussées, parfois verticillées, simples, parfois composées. Pas de stipules. -Adaptation des feuilles aux climats secs caractérisée par un limbe coriace, réduit et des poils sécréteurs.
Inflorescence	cymes terminales ou axillaires, condensées en verticille, parfois fleur solitaire.
Fleur	5S/5P/ (2-) 4 St/2 C. Cyclique, hétérochlamyde, gamopétale, zygomorphe, méios- témone, hypogyne, bisexuée. Calice régulier, parfois bilabié, généralement persistant. Corolle tubuleuse, souvent bilabiée, la lèvre inférieure à trois lobes, la supérieure à deux lobes. Disque nectarifère à la base de l'ovaire. Etamines généralement didynames, parfois deux fertiles et deux staminodiales, insérées sur la corolle; anthères à déhiscence longitudinale; connectif parfois élargi. Ovaire supère bicarpellé; carpelles divisés par une fausse cloison, formant quatre loges uniovulées; style gynobasique, parfois terminal (<i>Vitex</i> , <i>Tectona</i> , <i>Clerodendron</i>); deux stigmates; placentation axile; un ovule solitaire par loge, anatrope, unitégumenté.
Fruit	tétrakène formé par quatre nucules, parfois drupe. Graine avec un embryon droit, peu ou pas d'albumen.

1.4. Distribution géographique des *lamiacées*

1.4.1. Dans le monde

Les *lamiacées* comprennent environ 3000 espèces dont l'aire de dispersion est extrêmement étendue, mais avec une prépondérance pour les régions méditerranéennes : *Thymus*, *lavandes*, Romarins, qui caractérisent la flore des *garrigues*. Les *lamiacées* sont rares, par contre, dans les régions arctiques et en haute montagne. (Guignard *et al.*, 2004)

Les labiés sont principalement des plantes méditerranéennes que l'on ne trouve au Sahara que dans la région présaharienne. (Aouina M. et Lakhdari S., 2019)

1.4.2. En Algérie

Dans la flore algérienne, les *Lamiacées* sont représentées par 28 genres et 146 espèces, certains genres ont une détermination délicate due à l'extrême variabilité des espèces. (Bendif H., 2017)



Figure 01 : Répartition géographique de la famille des *Lamiacées* dans le monde entier

(Tabti et Tahdjerit, 2017)

1.5. Utilisations traditionnelles des *Lamiacées*

La famille des *Lamiacées* comprend un grand nombre d'espèces d'intérêt économique majeur avec un large éventail d'applications, telles que la parfumerie, la cuisine, les plantes et l'aromathérapie.

- ✚ **En parfumerie** : même si les parfums de synthèse tendent à remplacer ces essences, la parfumerie de luxe continue à utiliser ces plantes en les distillant, afin d'en extraire le précieux parfum qu'elles contiennent et de perdurer la qualité de ses produits.
- ✚ **En cuisine** : de nombreuses herbes aromatiques sont des *Lamiacées* : *basilic*, *menthe*, *thym*, *romarin*, *sauge*...
- ✚ **En phytothérapie et aromathérapie** : de nombreuses herbes sont des sources d'huiles essentielles, d'infusion et antibiotiques naturels pour l'aromathérapie, D'autres huiles sont utilisées également pour leurs propriétés hydratantes. (Koubai N. et Chaouche K., 2020)

2. Les *lavandes*

Les *lavandes* appartiennent à la famille des *Lamiacées*. Elles sont des plantes dicotylédones herbacées semi-ligneuses avec 7534 espèces pour 236 genres. (Yolande et Despinasse, 2015). Selon les espèces, les lavandes fleurissent en épis blancs, roses, bleus ou violets. Elles sont agréablement parfumées du mois de mars à septembre. La *lavande* est une plante mellifère, le nectar de sa fleur attire les abeilles qui font un miel très doux, excellent pour la santé. À la fin de la floraison, les oreilles sèches restent décoratives et odorantes pendant une longue période. (Philippe, 2007)

Les *lavandes* s'intègrent à merveille dans tous les jardins et balcons dès qu'elles profitent du plein soleil. Elles sont faciles à cultiver. Leur forme arrondie et leur feuillage argenté illuminent le jardin même en plein hiver. (Chemloul F., 2014)



Figure 02 : *Lavande*. (Kristina. ,2016)

2.1. Le genre *Lavandula*

Le genre *Lavandula* regroupe 39 espèces réparties en trois sous-genres : *Lavandula*, *Fabricia* et *Sabaudia*. Il comprend respectivement les sections suivantes : *Stoechas*, *Lavandula*, *Dentata / Pterostoechas*, *Subnudae*, *Chaetostachys*, *Hasikenses* et *Sabaudia*. (Yolande despinasse, 2015)

Les espèces de *Lavandula* (*Labiatae*, syn. *Lamiaceae*) sont principalement cultivées pour leurs huiles essentielles, qui sont utilisées dans la parfumerie, les cosmétiques, la transformation des aliments et de nos jours aussi dans les produits d'aromathérapie. Les fleurs séchées ont également été utilisées depuis des temps immémoriaux dans les oreillers, les sachets, etc. pour favoriser le sommeil et la relaxation. De nombreux plants de *lavande* sont également vendus comme plantes ornementales pour le jardin; il s'agit notamment de *L. latifolia*, *L. pinnata*, *L. lanata*, *L. dentata* et *L. stoechas* et de leurs nombreux cultivars. (Lis-Balchin, 2002).

2.2. Distribution du genre *Lavandula*

L'aire de répartition du genre *Lavandula* est très large puisqu'elle comprend la France, l'Espagne, le Portugal, l'Italie, toute la partie du nord-africain, la Turquie et l'Inde (**Lis-Balchin, 2002**). Le sous-genre *Lavandula* est confiné à la partie nord de cette aire de répartition sur le pourtour méditerranéen jusqu'à la Jordanie.

2.3. *Lavandula angustifolia*

Lavandula angustifolia fait partie de la famille des *Lamiacées*. Elle pousse à l'état sauvage en Provence mais peut être cultivée dans des régions plus septentrionales. Les petits rameaux portent les feuilles de couleur mauve pale à violette au sommet. Il existe plus de cent variétés de *lavande* aux propriétés très diverses. Les noms latins *Lavandula angustifolia* Mill et *Lavandula officinalis* font référence au même végétal. (**Toninoli F. et Meglioli V., 2013**)

Tableau 03 : Dénomination conventionnelle de *Lavandula angustifolia*. (**Tass M. Yahi D., 2022**)

Nom latin	Noms vulgaires
<i>Lavandula angustifolia</i> Miller [=L. <i>officinalis</i> Chaix. = L. <i>vera</i> DC. = L. <i>vulgaris</i> Lm. = L. <i>spica</i> L. variété A.]	<i>Lavande vraie, Lavande officinale, Lavande fine, Lavande commune, Lavande femelle, Nard d'Italie, Faux Nard, Garde robes.</i>

C'est une plante qui est appréciée pour son odeur et la qualité olfactive de son huile essentielle. (**Tass M. et Yahi D., 2022**)

L. angustifolia colonise les rendzines grises à humus calciques entre une altitude de cinq cents à mille cinq cents mètres. Dès lors, on la rencontre sur les coteaux arides des montagnes du Midi (Jura, Alpes, Cévennes, Pyrénées), en Corse, en Espagne, en Sardaigne, Sicile, Italie, Dalmatie et en Algérie. (**Delbecq C., 1998**)



Figure 03 : *Lavandula angustifolia*. (Cadogan Origins)

2.4. Description botanique de *L. angustifolia*

Les diverses formes qui sont réunies sous ce nom sont des sous arbrisseaux de 20 à 80 cm croissant en masse.

- ✚ La racine est pivotante et il y en a quelques-unes traçantes.
- ✚ Les tiges ont une longueur qui varie de 15 à 20 cm et sont largement dépourvues de feuilles au-dessous des inflorescences. La plante se compose de hampes florales courtes et fines ne portant qu'un seul épi.
- ✚ Les feuilles sont étroites ou ovales, longues de 2 à 5 cm (**Figure 04**). Les bractées sont d'un brun jaunâtre, marquées de 5 à 7 nervures principales très distinctes, dont le contour est triangulaire, se détachant facilement de l'axe de l'épi.
- ✚ Les fleurs sont courtement pédonculées et disposées en épis de six ou dix groupes dont les plus inférieurs sont séparés des supérieurs. Elles sont portées par des bractées aussi larges que longues.

Chapitre 01 : Rappel bibliographique sur l'espèce étudiée

- ✚ Le calice est brièvement cotonneux. On observe la présence de quatre étamines didyames surmontées d'anthères ovoïdes. (Maud B., 2013)



Figure 04 : Feuilles de *L. Angustifolia*. (Lepage-vivaces)



Figure 05 : Tétrakène de *L. angustifolia*. (Medicinal-herbs., naturealpha.skyrock.com)

2.5. Culture de l'espèce *L. angustifolia*

Ces plantes se développent au soleil, dans des terres fertiles, bien drainées, acides ou calcaires. La rusticité varie selon les espèces, mais la plupart sont assez rustiques, pour peu que leurs pousses s'aoûtent bien lors d'un automne chaud. La plante est multipliée par semis ou boutures au cours de l'été. On peut les planter en haies ou de façon isolée. (**Charik S. et Kadri Y., 2020**)

2.6. Métabolites secondaires isolées de l'espèce *L. angustifolia*

Elle renferme 0,5 à 3% d'huile essentielle, dans laquelle on trouve :

- ✚ Acétate de linalyle (40 à 50%).
- ✚ Linalol (30 à 40%), en partie libre et en partie combiné avec l'acide acétique, butyrique et valérianique.
- ✚ Géraniol, Pinène, Acides-phénols, Bornéol, Cinéol, Ethylamylcétone (elle donne l'odeur de la *Lavande*).
- ✚ On trouve également dans les sommités fleuries les substances, telles que les Coumarines, flavonoïdes et les tanins. (**Charik S. et Kadri Y., 2020**)

Chapitre 02

L'huile essentielle



1. Historique

Les premières preuves de la fabrication et de l'utilisation des huiles essentielles étaient 3000 avant J.C. (**Baser et Buchbauer, 2010**). Il semble donc que les huiles essentielles aient accompagné la civilisation humaine dès les premières générations.

La période byzantine de la civilisation a permis l'établissement des bases de la distillation et, avec la civilisation arabe, l'huile essentielle devient l'un des principaux produits de la commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an 1000, Avicenne, médecin et scientifique perse, a défini avec précision le procédé d'entraînement à vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les grands centres de production de différents types d'extraits aromatiques. (**Baser et Buchbauer, 2010**)

Par la suite, les huiles essentielles ont bénéficié des progrès scientifiques en ce qui concerne les techniques d'obtention et d'analyse de leurs compositions chimiques. Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie. En 1928, René-Maurice Attefosse a créé le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les huiles essentielles, notamment leurs propriétés ; ces résultats seront à l'origine de nombreuses autres recherches.

2. Définition

Le terme « huile essentielle » a été inventé au XVI^e siècle par le médecin suisse Parascelse Von Hohenheim pour désigner la composante active d'un remède naturel. (**Bounab S., 2020**) Les huiles essentielles sont définies comme étant des liquides concentrés, très complexes et hydrophobes. Ce sont des extraits volatils et odorants qu'on obtient par extraction mécanique, distillation à la vapeur d'eau ou distillation à sec de plantes aromatiques (fleur, feuille, bois, racine, écorce ou fruit). Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous-produits du métabolisme secondaire. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et donnent naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie: l'aromathérapie. (**Bouhaddouda N., 2016**)

Les huiles essentielles des espèces de *Lavandula* sont des substances volatiles et aromatiques composées de mélanges de métabolites secondaires (**Bounab S., 2020**). Les huiles essentielles sont définies comme étant des liquides concentrés, hautement complexes et hydrophobes. Ce sont des extraits volatils et odorants qu'on obtient par extraction mécanique, distillation à la

vapeur d'eau ou distillation à sec de plantes aromatiques (fleur, feuille, bois, racine, écorce ou fruit). Elles se forment dans un grand nombre de végétaux comme sous-produits du métabolisme secondaire. Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation spéciaux et donnent naissance à une nouvelle branche de la phytothérapie: l'aromathérapie **(Bouhaddouda N., 2016)**.

Les huiles essentielles des espèces de *Lavandula* sont des substances volatiles et aromatiques constituées de mélanges de métabolites secondaires **(Bogdan et al., 2020)**

3. Localisation de l'huile essentielle dans la plante

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal, cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles telles que les *Lamiacées*, les *Conifères*, les *Rutacées*, les *Apiacées*, les *Myrtacées* et les *Poacées*. **(Tass Meryem A. et Yahi D., 2022)**

Dans certaines plantes, l'essence est produite par des tissus sécréteurs. Dans d'autres, elle se trouve en liaison glucosidique à l'intérieur des tissus et ne se manifeste que lorsqu'on froisse, écrase, sèche ou distille la plante. **(Schauemberg et Paris, 2010)**

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans les cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouverte d'une cuticule, **(Bouzid A. et Zinai R., 2022)**

Toutes les plantes de la famille des *Labiées* ont dans leurs tissus épidermiques et foliaires des glandes sécrétrices riches en huiles essentielles aromatiques. **(Hadjadj S. et Bennour S., 2018)**

4. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont utilisées pour l'aromathérapie, la pharmacologie, la parfumerie, les cosmétiques et le stockage d'aliments. Leur utilisation est liée à leurs larges spectres d'activités biologiques reconnues. **(Bounab S., 2020)**

- **Pour leurs activités biologiques:**

Les huiles essentielles possèdent une activité antiseptique pulmonaire (*Eucalyptus*), purifiante ou cicatrisante (*Lavande*). Les terpènes ou terpénoïdes sont efficaces contre les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires. En 1977 a été signalé que 60% des dérivés des huiles essentielles examinés jusqu'au 1999 sont inhibiteurs de mycètes tandis que 30%

inhibent les bactéries. Le triterpénoïde, l'acide bétulinique est l'un des terpénoïdes qui ont montré une action inhibitrice envers HIV (**Menaceur F., 2015**)

- **En parfumerie et produits de beauté**

Les huiles essentielles sont employées dans le secteur de la cosmétique, Notamment pour la fabrication des parfums ; dans les compositions parfumantes des détergents et des produits de parfumerie fonctionnelle ; mais aussi dans le domaine alimentaire. Il est évident que les huiles essentielles sont utilisées dans la production de parfums. (**Besombes, 2008**)

- **En parfumerie et produits de beauté**

Les huiles essentielles sont employées dans le secteur de la cosmétique, Notamment pour la fabrication des parfums ; dans les compositions parfumantes des détergents et des produits de parfumerie fonctionnelle ; mais aussi dans le domaine alimentaire. L'utilisation des huiles essentielles pour l'élaboration des parfums est évidente. (**Besombes, 2008**)

- **En industrie agroalimentaire**

Les huiles essentielles ont des profils de composition chimique différents et sont utilisées comme conservateurs alimentaires naturels. Son utilisation comme antiseptique est due à la présence de composés aux propriétés antibactériennes et antioxydantes. Dans les secteurs de la protection des cultures et de l'agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs principes actifs peuvent également être utilisés comme agents de protection contre les champignons et micro-organismes phytopathogènes qui pénètrent dans les aliments. (**Menaceur F., 2015**)

- **En aromathérapies**

Les humains croient depuis longtemps que les produits naturels ont des propriétés qui améliorent la santé humaine et sont inoffensifs. Les huiles essentielles sont utilisées en raison de leurs propriétés curatives. Par exemple, l'huile essentielle obtenue à partir de la baie de genévrier est utilisée pour éliminer l'eau des reins et nettoyer l'urètre dans les infections des voies urinaires. Certaines huiles essentielles (*romarin, genévrier, girofle, lavande*) sont utilisées sous forme de pommade pour les inflammations cutanées, en particulier les affections rhumatismales, névralgiques et arthrosiques, en application externe. (**Teuscher et al., 2005**)

5. Composition chimique

La plupart des composants des HEs sont inclus dans deux groupes : les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes :

- **Les terpénoïdes** : Ils représentent le groupe le plus diversifié de métabolites secondaires végétaux et sont basés sur une structure de base à cinq carbones (C₅H₈) communément appelée isoprène.
- **Les phénylpropanoïdes** : Ce sont les composés aromatiques responsables des propriétés organoleptiques des huiles essentielles. Pas aussi commun que les terpénoïdes. Ils sont constitués d'une chaîne carbonée attachée à un cycle aromatique à 6 carbones. (Calsamiglia et al., 2007)

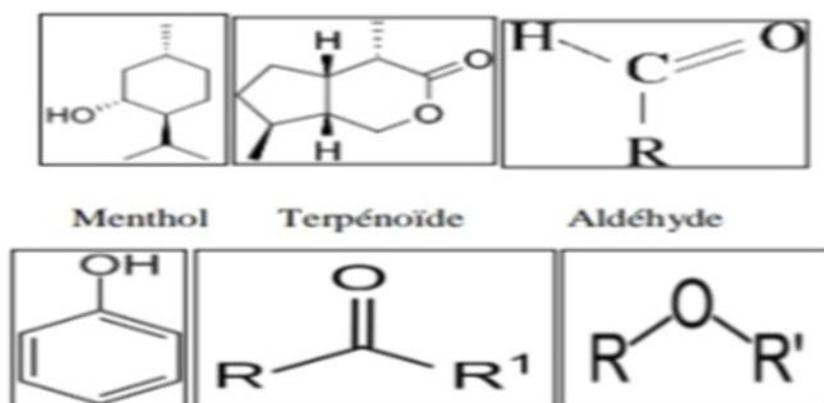


Figure 06 : Structure de quelques composés principaux des huiles essentielles. (Kellal S. et Boumekla M., 2019)

La *lavande* contient plus de 100 composés, dont le linalol, l'alcool périllylique, l'acétate de linalyle, le camphre, le limonène, les tanins, les triterpènes, les coumarines, le cinéole et les flavonoïdes (Basch et al., 2004)

La composition chimique de l'huile de *lavande* varie d'une espèce à l'autre, affectant son efficacité thérapeutique. La dernière édition de la Pharmacopée Européenne et la 10^{ème} édition de la Pharmacopée Roumaine précisent que l'huile essentielle de *lavande angustifolia* doit contenir 20 à 45% de linalol. 25-47 % d'acétate de linalyle ; alpha-terpinéol, 2 %. Acétate de *lavande*. 0,2 % ; lavandulol. 0,1 % ; 1,8-cinéol (eugénol). 2,5 % ; guerrier. 1,2%. (Barka A. et Berrich H., 2021)

6. Propriétés physiques

Les huiles essentielles sont généralement des liquides à température ambiante, d'odeur aromatique très prononcée, leur consistance est huileuse mais non grasse, ils sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes, Leur coloration varie de l'incolore au brun clair, à l'exception de celle d'azulène qui est bleue, celle de la cannelle qui est rougeâtre et de l'absinthe qui est verte, leur densité est en général inférieure à celle de l'eau (de 0.85 à 0.95).

Cependant, il existe des exceptions telles que l'huile essentielle de cannelle et de girofle dont la densité est comprise entre 1.025-1.070 et 1.044-1.057, respectivement;

- ✚ Leurs point d'ébullition varie de 160° à 240° C ;
- ✚ Entraînables à la vapeur d'eau, elles sont très peu solubles dans l'eau; elles le sont toutefois suffisamment pour communiquer à celle-ci une odeur nette (eau aromatique);
- ✚ Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques ;
- ✚ Les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leur odeur modifie, leur point d'ébullition augmente et leur solubilité diminue ;
- ✚ Leur indice de réfraction est assez élevé, par exemple : coriandre : 1.4620-1.4700 et vétiver bourbon : 1.5220-1.5300, elles sont donc douées de pouvoir rotatoire.

(Bouhaddouda N., 2015)

Les huiles essentielles ne sont pas des produits sûrs à utiliser. Certains d'entre eux sont irritants (huiles riches en thymol ou carvacrol), allergènes (huiles riches en cinnamaldéhyde) ou photo-toxique (huiles de citrus contenant des furacoumarines), d'autres ont un effet neurotoxique (les cétones comme l' α -thujone).

7. Toxicité des huiles essentielles

Malgré les effets bénéfiques des huiles essentielles, elles peuvent devenir plus ou moins toxiques soit in situ (irritation, allergie, réactions phototoxiques) soit au niveau des organes (neurotoxicité, hépatotoxicité, néphrotoxicité, etc.). Pour éviter tous les risques, il faut évaluer les dangers potentiels qu'un risque peut présenter à un niveau d'exposition donné. **(Charik s. et Kadri y., 2020)**

Les huiles essentielles ne sont pas des produits sûrs à utiliser. Certains d'entre eux sont irritants (huiles riches en thymol ou carvacrol), allergènes (huiles riches en cinnamaldéhyde) (huiles riches en cinnamaldéhyde) ou photo-toxique (huiles de citrus contenant des furacoumarines), d'autres ont un effet neurotoxique (les cétones comme l' α -thujone). **(Bouhaddouda N., 2015)**

Les effets toxiques se manifestent par des réactions allergiques (eczéma, abcès). Ce sont principalement les huiles essentielles non raffinées qui provoquent ces irritations. **(Schauemberg et Paris, 2010)**

8. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites par certaines plantes grâce à des organes sécréteurs situés dans différentes parties de la plante (fleurs, fruits, arbres, racines, feuilles, etc.). Diverses méthodes d'extraction sont utilisées. Le choix de la technique dépend de la partie de plante sélectionnée, du rendement souhaité, du temps d'extraction, du coût, etc. Par exemple, les fleurs de *lavande* contiennent plus d'HE que les tiges, et la distillation des fleurs donne des rendements plus élevés que les tiges. Quelle que soit la méthode utilisée, la composition moléculaire de l'HE doit être identique tout au long de l'extraction. **(Aimene R. et Bellil H., 2019)**

8.1. Hydrodistillation

Les huiles essentielles sont produites par certaines plantes grâce à des organes sécréteurs situés dans différentes parties de la plante (fleurs, fruits, arbres, racines, feuilles, etc.). Diverses méthodes d'extraction sont utilisées. Le choix de la technique dépend de la partie de plante sélectionnée, du rendement souhaité, du temps d'extraction, du coût, etc. Par exemple, les fleurs de lavande contiennent plus d'HE que les tiges, et la distillation des fleurs donne des rendements plus élevés que les tiges. Quelle que soit la méthode utilisée, la composition moléculaire de l'HE doit être identique tout au long de l'extraction.

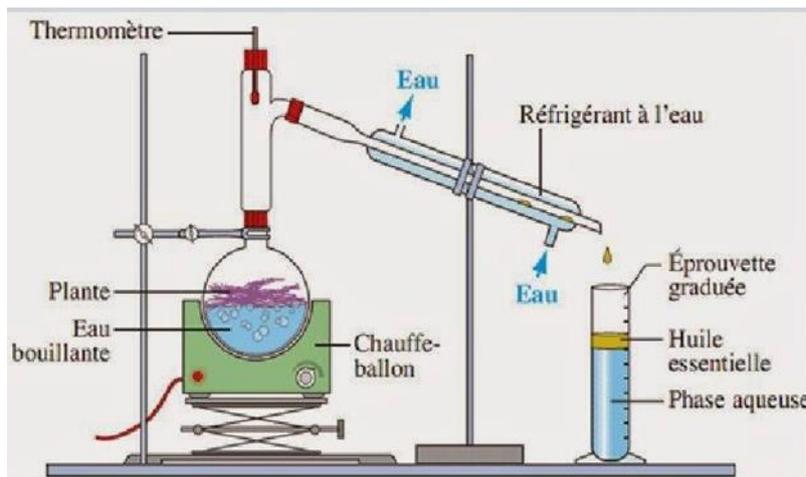


Figure 07 : Montage d'hydrodistillation. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

8.2. Entraînement à la vapeur d'eau

La distillation à la vapeur est l'une des méthodes formelles d'obtention des huiles essentielles. Contrairement à la distillation de l'hydrogène, cette technique n'entre pas en contact direct avec l'eau ou la matière végétale en cours de traitement. La vapeur fournie par la chaudière s'écoule à travers les matières végétales placées sur la grille. La plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation à la vapeur. L'huile est déplacée par la vapeur et après condensation l'huile essentielle est séparée du distillat par décantation. (Charik et Kadri Y., 2020)

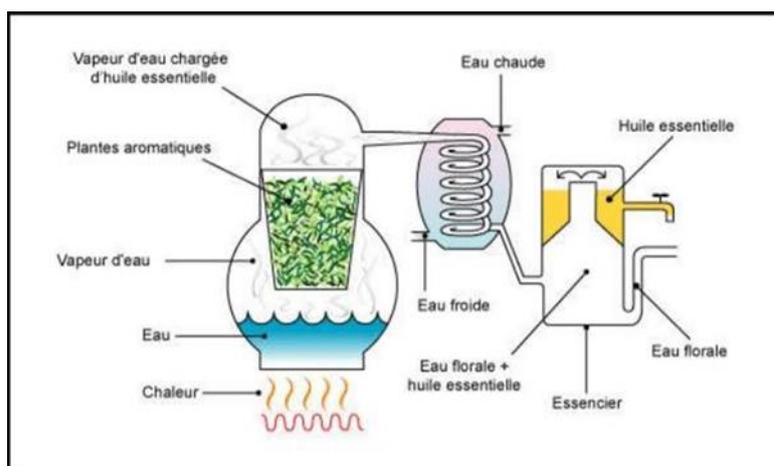


Figure 08 : La distillation par entraînement à la vapeur d'eau. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

8.3.Expression à froid

La pression à froid est utilisée pour obtenir l'essence et est limitée aux agrumes (citrons, mandarines, oranges, etc.) (Florence M., 2012)

Le principe de ce procédé mécanique repose sur l'ouverture du péricarpe riche en huiles essentielles. L'huile essentielle ainsi libérée est propulsée par un jet d'eau. Une émulsion composée d'eau et d'essence se forme. L'essence est ensuite séparée par décantation. (Menaceur F., 2015). Cette méthode est simple et minimise l'oxydation

8.4.Extraction par expression

C'est une technique simple qui presse mécaniquement à froid la matière végétale pour en extraire les huiles essentielles. Cette méthode est principalement utilisée pour extraire les huiles essentielles des écorces d'agrumes frais (citron, orange, mandarine, pamplemousse). L'industrie extrait le contenu des sacs en écrasant les coquilles et en utilisant des machines qui pressent ou pressent manuellement pour casser les sacs et collecter directement les huiles essentielles. Ou même après avoir gratté mécaniquement et drainé l'huile essentielle avec un jet d'eau. L'essence est séparée par décantation. (Bouhaddouda N., 2015)

9. Méthodes de conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles de haute qualité peuvent être conservées pendant des années sous certaines conditions. Tout d'abord, conservez dans une bouteille en aluminium ou en verre coloré (marron, vert ou bleu) à température ambiante jusqu'à 20 degrés, loin des sources de chaleur et ne pas exposer à la lumière. Parce que les huiles essentielles sont volatiles, elles peuvent s'évaporer dans l'atmosphère et perdre progressivement leurs propriétés et leur parfum. Par conséquent, le flacon doit être bien fermé après utilisation. Les bouteilles doivent être stockées debout car les bouchons risquent d'être touchés par l'huile s'ils sont placés horizontalement (les huiles essentielles peuvent corroder le plastique). (Bouزيد A. et Zinai R., 2022)

10. Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont connues pour leurs propriétés antiseptiques et antibactériennes. Beaucoup d'entre eux ont des propriétés antitoxiques, antitoxiques, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires. Récemment, il est également connu pour avoir des effets anticancéreux. (Chemloul F., 2014)

Les huiles essentielles de plantes du genre *lavande* présentent un large éventail d'activités biologiques. Ils ont des propriétés antioxydantes et protègent les cellules des effets néfastes des radicaux libres. Certains composants des huiles essentielles, comme le linalol et le terpinéol, agissent sur le système nerveux central pour réduire l'activité physique, réduire l'anxiété et favoriser le sommeil chez l'homme et l'animal. (Prusinowsk et al., 2014)

10.1. Activités antioxydantes de *Lavandula*

L'activité antioxydante est mesurée par la capacité de l'antioxydant à retarder l'oxydation aussi longtemps que possible. (Merouane et al., 2014)

Les plantes aromatiques ont développé des molécules aux nombreuses fonctions capables de piéger les radicaux libres, ce qui se traduit par des bienfaits antioxydants. Les antioxydants interfèrent avec les réactions radicalaires en chaîne en transférant l'hydrogène des groupes fonctionnels phénol aux radicaux oxygène ou en formant des produits stables avec des radicaux d'acides gras.

Des exemples de bons capteurs de radicaux sont les dérivés d'o-dihydroxybenzène (tels que les flavonoïdes et les isoflavonoïdes), les dérivés d'acide caféique (tels que l'acide rosmarinique), les anthocyanes, les o-dihydroxycoumarines, les lignanes et les dihydroxyterpènes aromatiques. (Tenscher et al., 2005)

10.2. Activité antifongique de *Lavandula*

Plusieurs études réalisées sur l'huile de *lavande* montrent qu'elle peut réduire la croissance radiale des moisissures. (Zuzarte et al., 2009)

L'activité antifongique est associée à une famille chimique de composés phénoliques dont la structure (noyaux aromatiques attachés à des groupements hydroxyles à différentes positions) leur permet de former des liaisons hydrogène avec des groupements -SH dans les centres

actifs d'enzymes cibles pouvant entraîner l'inactivation de ces enzymes dans les champignons. (Ultee *et al.*, 2002)

10.3. Activité antibactérienne de *Lavandula*

La nature hydrophobe des composants des huiles essentielles leur permet de séparer les lipides des membranes cellulaires bactériennes, les rendant ainsi plus perméables. A noter que Gram- est plus résistant aux conservateurs que Gram+ car la membrane externe agit comme une barrière. (Charles D., 2013)

Plusieurs études ont montré que le linalol inhibe une variété de bactéries dans la bouche, la peau et les voies respiratoires, notamment *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* et *Escherichia coli*. (Panahi Y., 2012 ; Sokovic M., Glamoclija J. et Marin P., 2010)

10.4. Effets anticancéreux de *Lavandula*

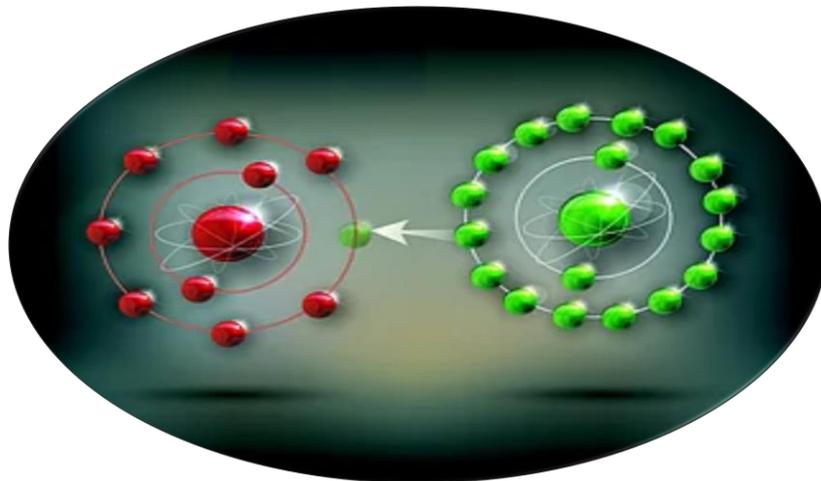
Le linalol est puissant contre le cancer du col de l'utérus, le cancer de l'estomac, le cancer de la peau, le cancer du poumon et le cancer des os. Le 1-8-cinéol et le terpinène-4-ol ont également des propriétés anticancéreuses. (Grunwald J., 2004) Soulignons que le linalol et les flavonoïdes sont en partie responsables de la prévention du cancer par les fruits et légumes (Cherng J. et Ghiang L., 2007).

Chapitre 03

Activité antioxydante

et

métabolites secondaires



1. Activités biologiques de *Lavandula*

Les huiles essentielles des plantes du genre *Lavandula* présentent un large spectre d'activités biologiques, elles ont des propriétés antioxydantes protégeant les cellules contre l'impact néfaste des radicaux libres.

Certains composants des huiles essentielles, comme le linalol et le terpinéol, ont un effet sur le système nerveux central, affaiblissant l'activité physique des hommes et des animaux, réduisant l'anxiété et facilitant le sommeil. Chez les souris et les rats, l'administration systémique d'huile essentielle de *lavande* aide également à dormir.

L'huile essentielle de *lavande* possède en outre un effet antispasmodique, des propriétés analgésiques et anesthésiques. (Prusinowska R. et al., 2014)

1.1 Activité antioxydante

Les plantes aromatiques élaborent des molécules caractérisées par de nombreuses fonctions capables de piéger les radicaux libres, d'où leurs effets antioxydants, les antioxydants transmettent aux radicaux oxygénés l'hydrogène des fonctions phénoliques ou forment des produits stables avec des radicaux d'acides gras et interrompent ainsi les réactions radicalaires en chaîne.

De bons capteurs de radicaux libres sont par exemple les dérivés de l'o-dihydroxybenzène (comme les flavonoïdes et les isoflavonoïdes), les dérivés de l'acide caféique (comme les acides rosmarinique), les anthocyanes, les o-dihydroxycoumarines, les lignanes et les dihydroxyterpènes aromatiques. (Belhocine A. et Aouine F., 2017)

1.2 Stress oxydatif

a. Définition

Le stress oxydatif (ou stress oxydant) est un type d'agression des constituants de la cellule dû aux espèces réactives oxygénées et aux espèces réactives azotées oxydantes qui vont s'attaquer aux membranes cellulaires, aux protéines et à l'ADN.

Un stress oxydant peut être induit lors de la surproduction d'espèces réactives et/ou par suite de l'inhibition des systèmes antioxydants qui peuvent être inactivés, soit directement, soit par défaut de synthèse. Il correspond à un déséquilibre entre molécules pro-oxydantes (espèces

Chapitre 3 : l'activité antioxydante et les métabolites secondaires

réactives oxygénées) et molécules de défenses antioxydantes (vitamines, enzymes) au niveau cellulaire. (Peltier *et al.*, 2004)

b. Conséquences du stress oxydatif

Le stress oxydatif est susceptible d'entraîner des dégâts cellulaires qui pourraient être à l'origine de certaines pathologies comme le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer, la polyarthrite rhumatoïde et le vieillissement accéléré. (Valko *et al.*, 2007)

La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge car le vieillissement diminue les défenses antioxydantes et augmente la production mitochondriale des radicaux. (Chouiha O. et Houacine A., 2018)

1.3 Les oxydants (radicaux libres)

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules dont l'électron n'est pas apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs en raison de la tendance de cet électron à se ré-apparier, déstabiliser ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour des radicaux libres et déclenchent ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique. (Chouiha O. et Houacine A., 2018)

1.4 Les espèces réactives de l'oxygène

Parmi les composés oxydants formés après réduction de l'oxygène que nous respirons. On distingue :

- ✚ **Les radicaux libres primaires** : ils dérivent directement de l'O₂ par une réaction de réduction ;
- ✚ **Les radicaux libres secondaires** : ils sont formés par la réaction des radicaux libres primaires sur des composés biochimiques cellulaires ;
- ✚ **Les espèces actives de l'oxygène** : ce sont des molécules ne possédant pas d'électron non apparié mais au fort pouvoir oxydant car elles peuvent donner naissance à des radicaux libres ;

Les radicaux libres primaires et secondaires et les espèces actives de l'oxygène sont regroupées sous le nom d'espèces réactives de l'oxygène ou ERO (ou « ROS » en anglais pour reactive oxygen species). La présence d'ERO dans le matériel biologique a été détectée il y a une cinquantaine d'années. Dans des conditions physiologiques, c'est-à-dire quand leur

Chapitre 3 : l'activité antioxydante et les métabolites secondaires

production est aiguë et passagère, les EROs jouent le rôle de second messenger et participent activement à la signalisation cellulaire. C'est quand ils sont produits de manière incontrôlée ou chronique, ou lorsque les défenses anti-oxydantes ne sont pas suffisamment puissantes qu'ils sont à l'origine de stress oxydant comme le schématise la Figure 2 ci-dessous. (Magali Mongens, 2013)

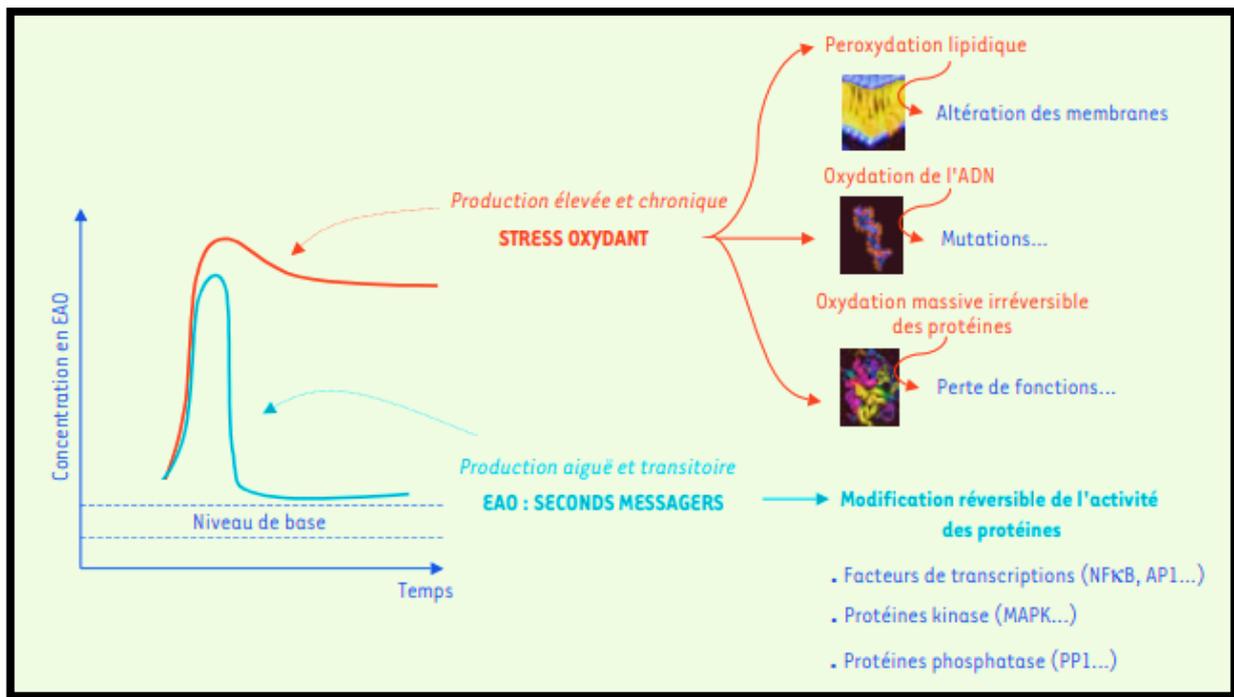


Figure 09 : Conséquences cellulaires des ERO. (Carriere et al., 2006)

1.5 Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques d'ERO. Notre organisme réagit donc de façon constante à cette production permanente de radicaux libres et on distingue au niveau des cellules deux lignes de défense inégalement puissantes pour détoxifier la cellule. (Chouiha O. et Houacine A., 2018).

Les défenses antioxydantes sont fondées sur des systèmes enzymatiques: superoxyde dismutase (SOD), catalases et glutathion peroxydase; et non-enzymatique comme les vitamines, caroténoïdes, polyphénols, ...etc. De plus, la maintenance de ces systèmes

Chapitre 3 : l'activité antioxydante et les métabolites secondaires

enzymatiques exige la présence d'un certain nombre d'oligo-éléments : cuivre, manganèse, zinc et sélénium en particulier. (Jacotot B., 1997)

Tableau 04 : Différents types des antioxydants. (Haleng *et al.*, 2007)

Les antioxydants endogènes (Enzymatiques)	Les antioxydants exogènes (non enzymatique)
La catalase (CAT)	Vitamine C
Les Superoxyde dismutase (SOD)	Vitamine E
La glutathionne peroxydase (GPx)	Caroténoïdes
La glutathion réductase (GRx)	Composés phénoliques

1.6 Antioxydants phénoliques

Les polyphénols sont des métabolites secondaires ayant des propriétés antioxydantes, particulièrement la classe flavonoïde. Les flavonoïdes peuvent agir de différentes façons dans les processus de régulation du stress oxydant : par capture directe des RLs, par chélation de métaux de transition comme le fer. (Deghima I. et Haif NK., 2018)

1.7 Mécanismes d'actions des antioxydants

L'activité antioxydant des polyphénols se résume en trois actions principales :

a. Piégeage des radicaux libres

Ces métabolites secondaires ont la capacité de piéger les radicaux libres, de perturber la réaction catalytique de peroxydation lipidique et d'empêcher l'oxydation des LDL. Les composés phénoliques ont des propriétés antioxydantes grâce à leur capacité à piéger les radicaux libres et les espèces réactives en oxygène, le processus est radical. La structure chimique des composés phénoliques est idéale pour piéger les radicaux libres. (Tass M-A. et Yahi D., 2022)

b. Chélation des ions métalliques

Les ions métalliques sont nécessaires pour le fonctionnement des processus biochimiques et physiologiques cellulaires, mais dans certains cas et lorsque leur mécanisme d'action n'est pas bien contrôlé, ces mêmes ions peuvent être à l'origine d'une peroxydation lipidique, un stress

Chapitre 3 : l'activité antioxydante et les métabolites secondaires

oxydatif, ou une blessure des tissus, à titre d'exemple : Cu^{2+} est un stimulateur de la peroxydation des LDL. (Tass M-A. et Yahi D., 2022)

c. Modulation des enzymes

Les polyphénols peuvent stimuler les enzymes antioxydantes telles que la glutathion peroxydase, la catalase et le superoxyde dismutase tout en inhibant la production d'enzymes impliquées dans la génération de radicaux libres comme la xanthine oxydase. (Hakem L., 2022)

1.8 Utilisations des antioxydants

On peut utiliser les antioxydants dans plusieurs domaines comme:

- ✚ **Dans le domaine médical** : pour réduire les dommages oxydatifs causés par certaines maladies et pour réduire les effets secondaires dans le traitement du cancer, en particulier la chimiothérapie ; les antioxydants sont connus pour être efficaces pour éliminer les radicaux libres du sang et d'autres cellules.
- ✚ **Dans l'industrie chimique** : pour empêcher le durcissement du caoutchouc ou dans le travail des métaux pour protéger les métaux de l'oxydation.
- ✚ **Dans l'industrie agro-alimentaire** : pour éviter le rancissement des corps gras.
- ✚ **Dans l'industrie teinturerie** : pour éviter l'oxydation des colorants au soufre ou des colorants de cuve lourde lors de la teinture. (Hakem L., 2022)

1. Les métabolites secondaires

2.1 Définition

Les métabolites secondaires sont des molécules dont la distribution dans l'organisme est limitée. Ces derniers sont nécessaires pour se défendre contre les agressions extérieures (Kahlouche R.F., 2014). Ils existent chez tous les végétaux, mais leur nature chimique diffère selon le taxon, on estime que chaque végétal produit au moins une centaine de ces molécules (Aichaoui S. et Abeoube H., 2019). Ils sont divisés en trois familles principales: Polyphénols, terpéniques, alcaloïdes. (Tass M-A. et Yahi D., 2022)

2.2 Rôles des métabolites secondaires

Les métabolismes secondaires contribuent à la survie et à la propagation des plantes qui les produisent. Beaucoup fonctionnent en tant que signaux chimiques permettant à l'usine de répondre aux contraintes environnementales. D'autres interviennent pour défendre leur producteur face aux herbivores, aux pathogènes (organismes responsables de maladies) ou aux concurrents. Certains offrent une protection contre le rayonnement solaire, tandis que d'autres favorisent la dispersion du pollen et des graines. (Raven et al., 2014)

2.3 Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires chez les plantes sont classés en trois catégories selon leur structure: (Aichaoui S. et Abeoube H., 2019)

- ❖ Les alcaloïdes.
- ❖ Les polyphénols ou composés phénoliques.
- ❖ Les terpénoïdes.

2.3.1 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés d'azote hétérocycliques caractérisés par un caractère alcalin. Bien que beaucoup d'entre eux soient toxiques (comme la strychnine ou l'aconitine), et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose ; Ils présentent des réactions communes de précipitation (capacité de se combiner avec des métaux). (Bendif H, 2017). Ces composés peuvent être classés en alcaloïdes vrais, Protoalcaloïdes ou pseudo alcaloïdes selon la classification D'HEGENAUER.

- ✚ **Les alcaloïdes vrais** qui représentent le plus grand nombre, ils sont à large spectre d'activités biologiques. Ils sont tous basiques ; ceci dû à un atome d'azote contenu dans un noyau hétérocyclique.
- ✚ **Les Protoalcaloïdes** sont des amines simples solubles, son atome d'azote ne faisant pas partie d'un hétérocycle. Ils dérivent d'acides aminés et sont souvent appelés : Amines biologiques.
- ✚ **Le pseudo alcaloïdes** ne dérive pas d'acides aminés, ils sont pour la plupart basiques. Les alcaloïdes astéroïdaux et les purines sont les représentants principaux de cette classe d'alcaloïdes. (Tass M-A. et Yahi D., 2022)

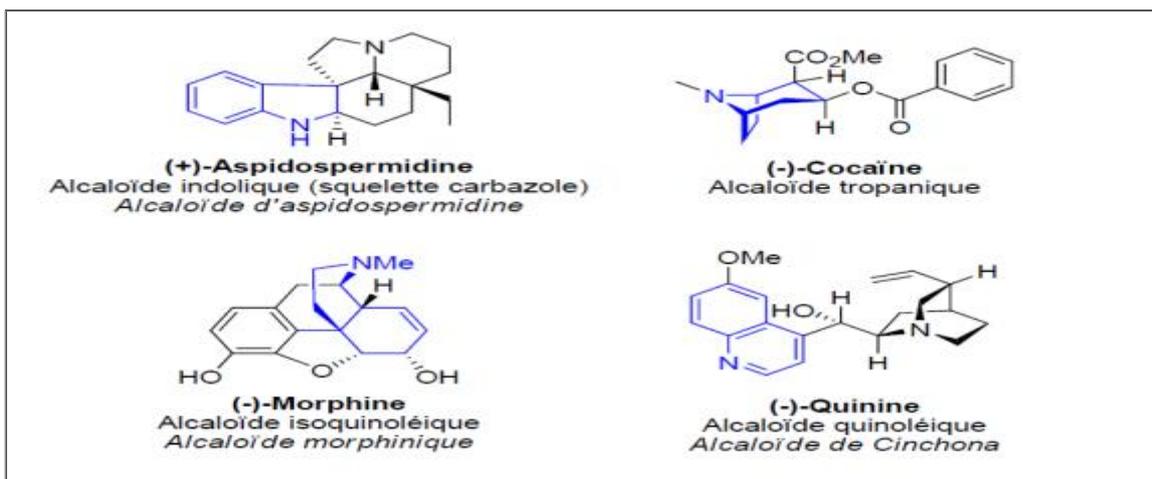


Figure 10 : Exemples d'alcaloïdes hétérocycliques. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

2.3.2 Les polyphénols ou composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal (Saouli S., 2019), divisé en une dizaine de classes chimiques qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Charik S. et Kadri Y., 2020). Il existe plusieurs classes de polyphénols, essentiellement : acides phénoliques simples, phénols simples, stilbènes, coumarines, tanins, quinones, flavonoïdes, lignanes, lignines et xanthones. (Bendif H., 2017)

2.3.2.1. Classification des composés phénoliques

a) Les acides phénoliques

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques et se séparent en deux grands groupes distincts : (Benchennaf K. et Babouche K., 2018)

- ❖ Les acides hydroxy benzoïques (C6-C1) dérivés de l'acide benzoïque.

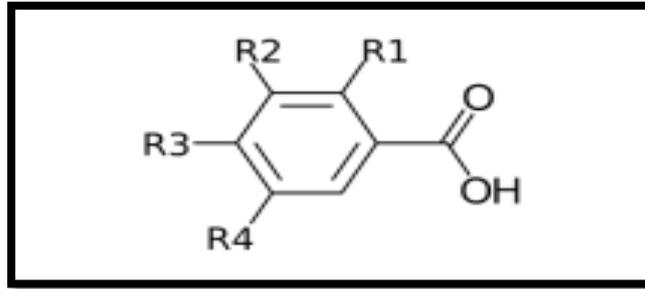


Figure 11 : Structure d'acide hydroxy-benzoïque. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

- ❖ Les acides hydroxy cinnamiques (C6-C3) dérivés de l'acide cinnamique

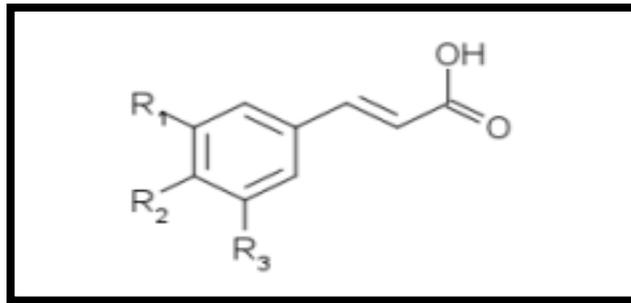
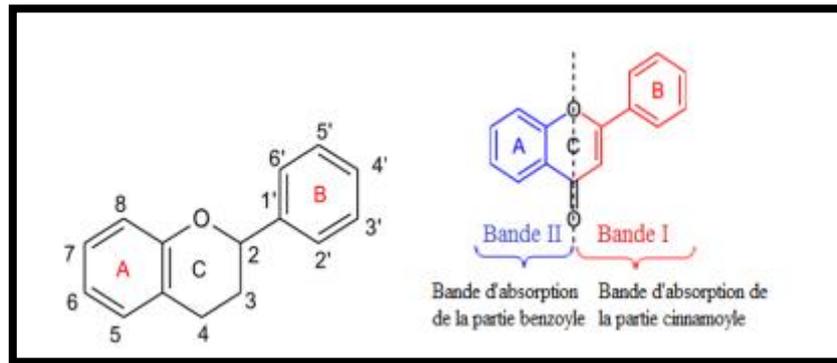


Figure 12 : Structure d'acide hydroxy-cinnamique. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

b) Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont la plupart des pigments jaunâtres (**en latin: flavus = jaune**). Ces composés se distinguent par une structure benzo- γ -pyrone (ou chromone). Ils sont stockés dans le suc vacuolaire des organes jeunes (épiderme de feuille, pellicule fruit). Les flavonoïdes sont présents partout dans les plantes supérieures : racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines, bois. Leur fonction principale semble être la coloration des plantes. (Saouli S., 2019)



c) Les quinones

Les quinones constituent une classe structurellement diversifiée de composés phénoliques avec un large éventail de propriétés pharmacologiques, qui sont à la base de différentes applications en pharmacologie et en médecine. Dans la médecine traditionnelle du monde entier, les plantes riches en quinones sont utilisées pour le traitement de diverses maladies. (Maria Jose A.M et Paulina B.B., 2005)

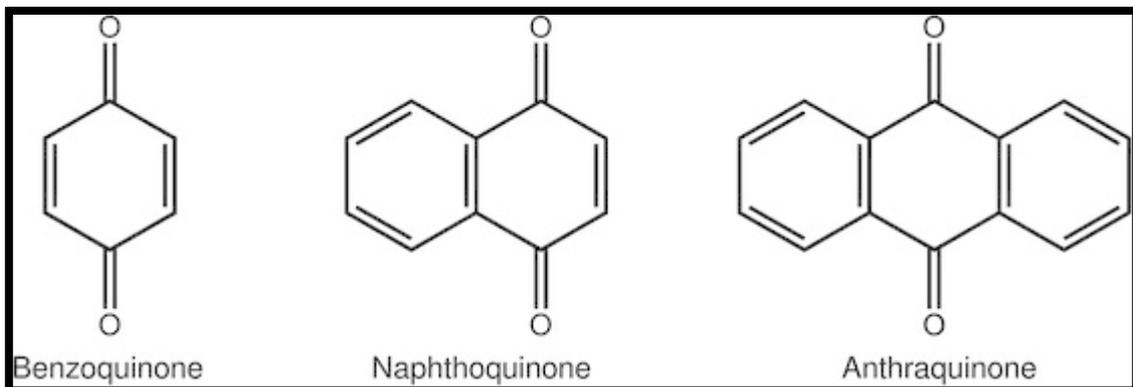


Figure 14 : structure générale des quinones. (Bruneton J., 2008)

d) Les tanins

Les tanins sont des métabolites secondaires de certaines plantes terrestres vasculaires. On le trouve dans toutes les parties du végétal (racine, écorce, enveloppe de graines, liège, les fruits (datte, café, cacao....) non mûrs, galles.... etc.

Les tanins sont des molécules de nature phénolique (polyphénols hydrosolubles), Il existe deux groupes de tanins :

- ✚ Les tanins galliques (qui sont solubles dans l'eau) = (hydrolysables).
- ✚ Les tanins catéchiques (Non hydrolysables)=condensés. (Saouli S., 2019)

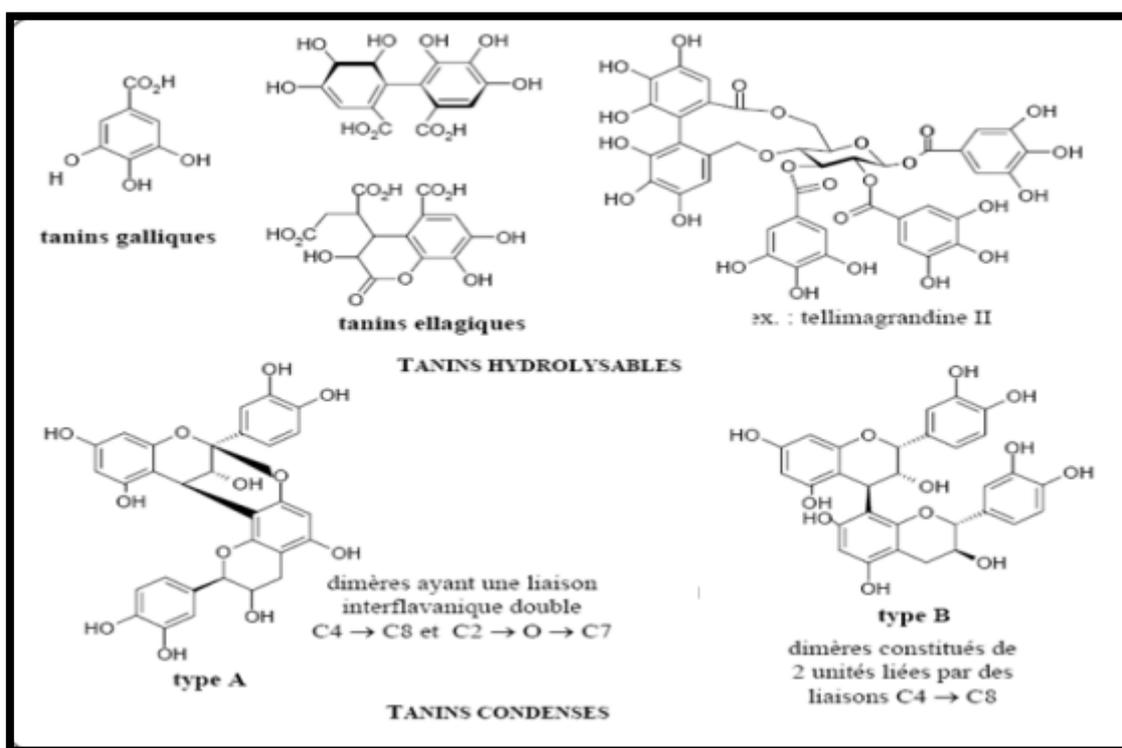


Figure 15 : Structures des tanins hydrolysables et condensés. (Charik S. et Kadri Y., 2020)

e) Les coumarines

Les coumarines ont un squelette C6-C3, possédant un hétérocycle d'oxygène dans le cadre de l'unité C3 (Fig. 16). Ces composés sont connus pour jouer un rôle dans la résistance aux maladies et aux ravageurs, ainsi que dans la tolérance aux UV. Les isocoumarines sont structurellement similaires aux coumarines, mais la position des groupes oxygène et carbonyle dans l'hétérocycle d'oxygène est inversé. (Graciliana L. Eugénia P. Lígia S., 2016)

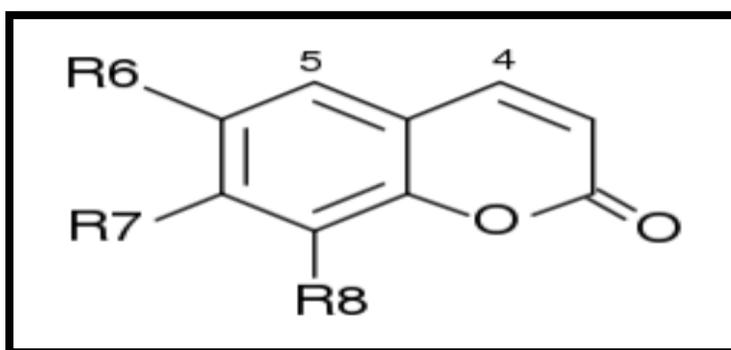


Figure 16 : Structure de base des coumarines. (Kahlouche R.F., 2014)

f) Les stilbènes

Les stilbènes sont des composés phénoliques contenant au minimum deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison (fig. 17), Le resvératrol et le ptérostilbène font partie de la famille des stilbènes et sont des composés synthétisés par la plante suite à un stress, Ces molécules peuvent s'oxyder sous l'action d'enzymes oxydase et les peroxydases. (Chouiha O. Houacine A., 2018)

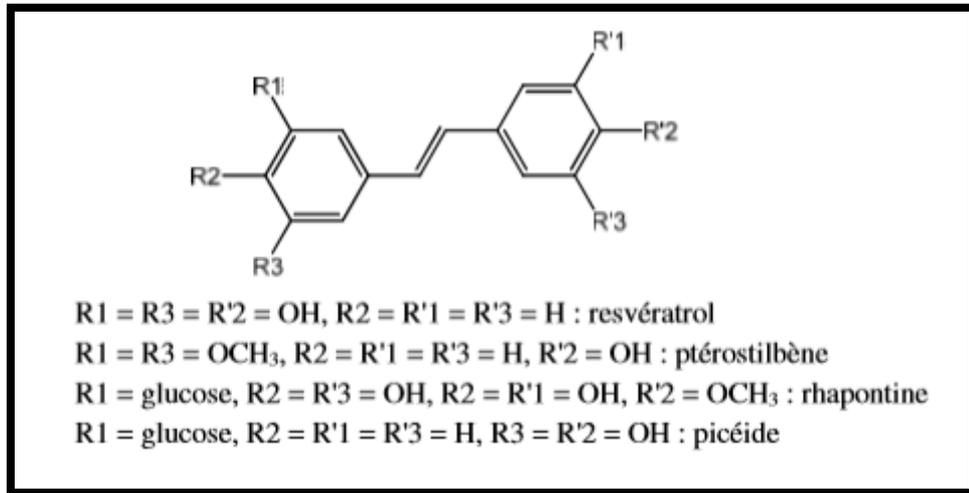


Figure 17 : Structure de base des stilbènes et ses principaux types.
(Chouiha O. et Houacine A., 2018)

g) Les lignanes

Ce sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C6-C3). Leur distribution botanique est large, on les retrouve souvent dans le bois des gymnospermes et dans les tissus soumis à la lignification des angiospermes. (Krief, 2003). Les graines de lin sont la principale source de lignanes, les lentilles, les haricots blancs, les graines de céréales et quelques légumes viennent ensuite. (Bendif H., 2017)

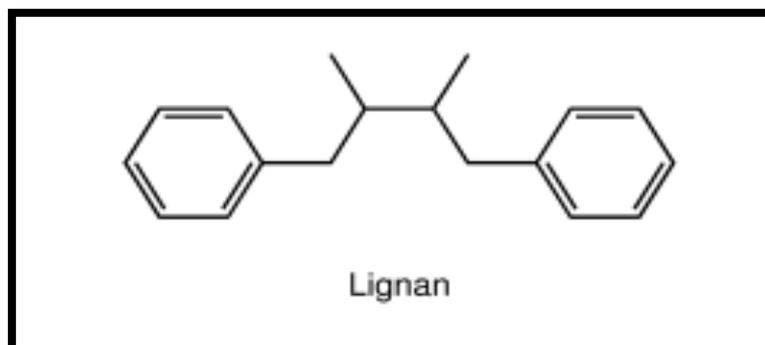


Figure 18 : structure des lignanes. (Bruneton J., 2008)

h) Les anthocyanes

Ou pigments anthocyaniques qui colorent les fleurs, les fruits et parfois les feuilles, proche des flavonoïdes sur le plan de l'origine, de la structure et des propriétés pharmacologiques. (Catier et Roux, 2007)

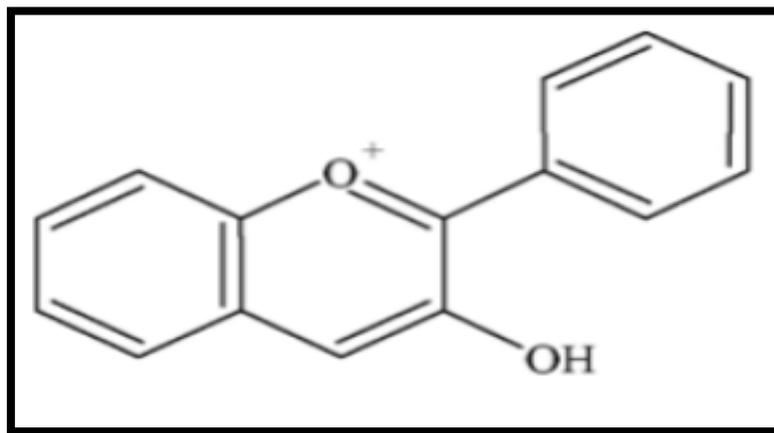


Figure 19 : Structure de base des anthocyanidines. (Boudjouref M., 2011)

2.3.3 Les terpénoïdes.

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

Les terpènes sont une classe d'hydrocarbures, dont le nom se termine par « ène ». Ils sont produits par de nombreuses plantes, en particulier les conifères et les agrumes. Les terpènes sont des dérivés de l'isoprène C₅H₈ et ont pour formule de base des multiples de celle-ci. Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien former des cycles. (Charik S. Kadri Y, 2020)

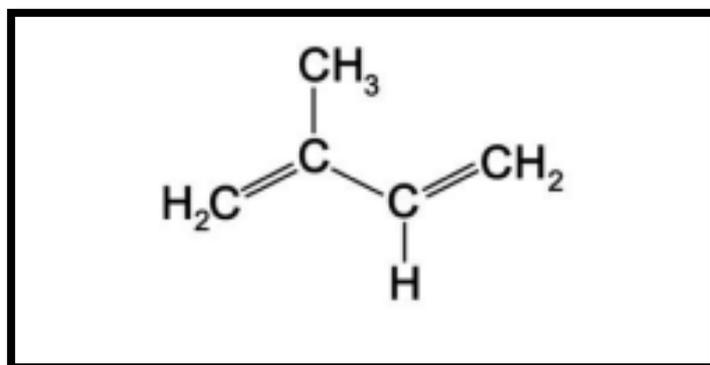


Figure 20 : Structure chimique de l'isoprène. (Charik S. Kadri Y., 2020)

Partie 02 :
Partie
expérimentale

Chapitre 01
Matériel
Et
méthodes

1. Cadre d'étude

Notre travail expérimental a été réalisé pendant quatre mois d'étude dans le laboratoire de biochimie de l'Université Larbi Tébessi à Tébessa. Cette étude consiste à tester l'activité antioxydante de l'huile essentielle, des extraits aqueux et méthanolique de *Lavandula angustifolia*.

L'espèce que nous avons étudié *Lavandula angustifolia*, de la famille des *Lamiacée*, le matériel végétal est constitué de feuilles et de fleurs qui sont découpées, séchées à température ambiante.

2. Objectif

Les buts de notre étude sont :

- ✚ Extraction de l'huile essentielle de la plante de la famille de *lamiacée* par hydro distillation.
- ✚ Préparation des extraits aqueux et méthanoïque par macération.
- ✚ Etude phytochimique pour la recherche de certains composés actifs.
- ✚ Evaluation de l'activité antioxydante d'HE et des extraits de l'espèce *Lavandula angustifolia* par deux méthodes :
 - **DPPH** (1, 1-diphényl-di-picrylhydrazyl).
 - **FRAP** (ferrique reducing antioxydant power).

3. Matériel

3.1. Matériel de laboratoire

Les équipements, la verrerie et les réactifs utilisés sont mentionnés dans les Annexe 01.

3.2. Matériel végétal (MV)

3.2.1. Identification de l'espèce végétale

L'identification de la plante a été effectuée, au niveau du laboratoire de Biologie Végétale, de la faculté des sciences de la nature et de la vie, de l'Université de Tébessa, par la botaniste Mme HAYOUNE SORAYA dans le département des êtres vivants.

3.2.2. Récolte de la plante

La plante " *Lavandula angustifolia* " a été récolté durant la période allant du mois de Novembre jusqu'au janvier, dans la wilaya de Tébessa, Le matériel végétal (Les feuilles et les fleurs) a été séché à l'obscurité dans un endroit bien aéré, à une température ambiante. Le séchage a duré 15 jours, puis conservées dans des sacs en papier.

Tableau 05 : Le cadre temporel et spatial de lavande.

Nom commun	Nom scientifique	Famille botanique	Partie récoltée	Lieu de récolte	Date de collecte
Lavande	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiacées	Feuilles +Fleurs	Tébessa	Janvier 2023



Figure 21 : Situation géographique de la zone de récolte

4. Méthodes

4.1. Préparation du MV pour l'extraction d'huile essentielle

Les échantillons de feuilles et de fleurs sont prélevés à partir des arbres sains, bien développés et ne présentent aucune lésion. Le matériel végétal a été séché à l'obscurité dans un endroit bien aéré, à une température ambiante. Ces échantillons ont été donc emballés dans des sacs étiquetés, puis transportés au laboratoire en vue de réaliser l'extraction pour évaluation de l'activité antioxydante et l'étude phytochimique.



Figure 22 : feuilles et Fleurs séchées de *Lavandula angustifolia*. (Photo personnelle)

4.2. Extraction par hydro distillation

a. Principe

L'huile essentielle a été extraite par distillation conventionnelle à la vapeur en utilisant un appareil de type Clevenger pendant 3 heures (**Barka A. et Berrich H., 2021**). Il est constitué d'une chauffe ballon, un ballon en verre pyrex où l'on place le matériel végétal et de l'eau distillée, une colonne de condensation de la vapeur (Réfrigérant) et un collecteur en verre pyrex également qui reçoit les extraits de la distillation. (**Ben ramdane A., Mouloud H., 2020**) (Figure 23)

b. Technique

Cents grammes (**100 g**) des fleurs et feuilles de *Lavandula angustifolia* sont mis dans un ballon en verre pyrex, additionnées de **1700 ml** d'eau distillée. L'ensemble est porté à l'ébullition, après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie du tube de condensation de la vapeur, l'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau. Elle est ensuite condensée en passant par un condensateur, fixé par un support approprié en position

verticale pour faciliter l'écoulement du distillat. Le temps de cette extraction est d'environ trois heures.

Le distillat obtenu est récupéré dans une ampoule à décanter. Le mélange est laissé au repos quelques minutes, ce qui résulte l'apparition de deux phases, l'une est organique (huile essentielle) et l'autre est aqueuse.

En fin, le distillat est recueilli dans un tube à essai et l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula angustifolia* sera par la suite récupérée dans un flacon approprié.



Figure 23 : Montage d'un hydro distillateur de type clevenger

4.3. Détermination du rendement de l'extraction

Pour étudier la cinétique d'extraction de l'huile essentielle des fleurs de *Lavandula angustifolia* à l'état sec, nous avons récupéré des quantités de l'huile essentielle correspondantes à des intervalles de temps de 10 min qui s'étalent de 0 à 90 minutes. Les quantités des huiles essentielles obtenues permettent le calcul des rendements à chaque intervalle de temps par la formule suivante. (Iman I., 2012)

$$\text{RHE (\%)} = \frac{M'}{M} \times 100$$

RHE : rendement en huile essentielle des fleurs sèches.

M' : masse d'huile essentielle, en gramme, à partir des fleurs et feuilles sèches.

M : masse de la matière végétale sèche (100 g).

4.4. Conservation de l'huile essentielle

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables (Purt, 2004). C'est pour cela nous avons conservé l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* à une température voisine de 4°C, dans un flacon en verre stérile fermé hermétiquement et couvert avec du papier d'aluminium pour le protéger de l'air et de la lumière. (Ben ramdane A. et Mouloudj H., 2020), Jusqu'aux tests d'activités.



Figure 24 : huile essentielle conservée dans un flacon en verre stérile.

4.5. Préparation des extraits méthanoliques et aqueux

4.5.1 Broyage des parties sèches de la plante

Après séchage, les feuilles ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine qui a servi pour la préparation des extraits.

Après broyage, la poudre de plante a été conservée dans des flacons en verre afin de garder leur couleur et principalement leur effet thérapeutique, elle a été stockée soigneusement dans un endroit sec et à l'obscurité jusqu'à leur analyse.



Figure 25 : matière végétal broyée en poudre de *Lavandula angustifolia*.

4.5.2. Macération (extraction solide /liquide)

a. Principe

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. Qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante.

a. Technique

- ✚ L'extraction est la première étape qui permet d'obtenir un extrait brut avant l'analyse quantitative et qualitative du produit végétale.
- ✚ 50g de poudre de *Lavandula angustifolia* sera ajouté à 450 ml de méthanol (80 %) pour extrait méthanolique, et 450 ml d'eau distillée pour l'extrait aqueux. Pour s'assurer que le totale de poudre sera mélangé; une agitation pendant 30 min est souhaitable.

Chapitre 1: Matériels et méthodes

- ✚ Après une incubation de 48 heures à température ambiante, le mélange sera filtré par un papier filtre. Ainsi, l'extrait récupéré est soumis à une évaporation à basse pression à 50 ° C avec un rotavapeur de type Heidolph. (Tass et yahi, 2022)
- ✚ Les composés restés accolés à la paroi du ballon d'évaporation, sont repris par le méthanol pour extrait méthanolique et l'eau distillée pour extrait aqueux récupéré, puis la solution obtenue est laissée au repos jusqu'au séchage complet dans une étuve

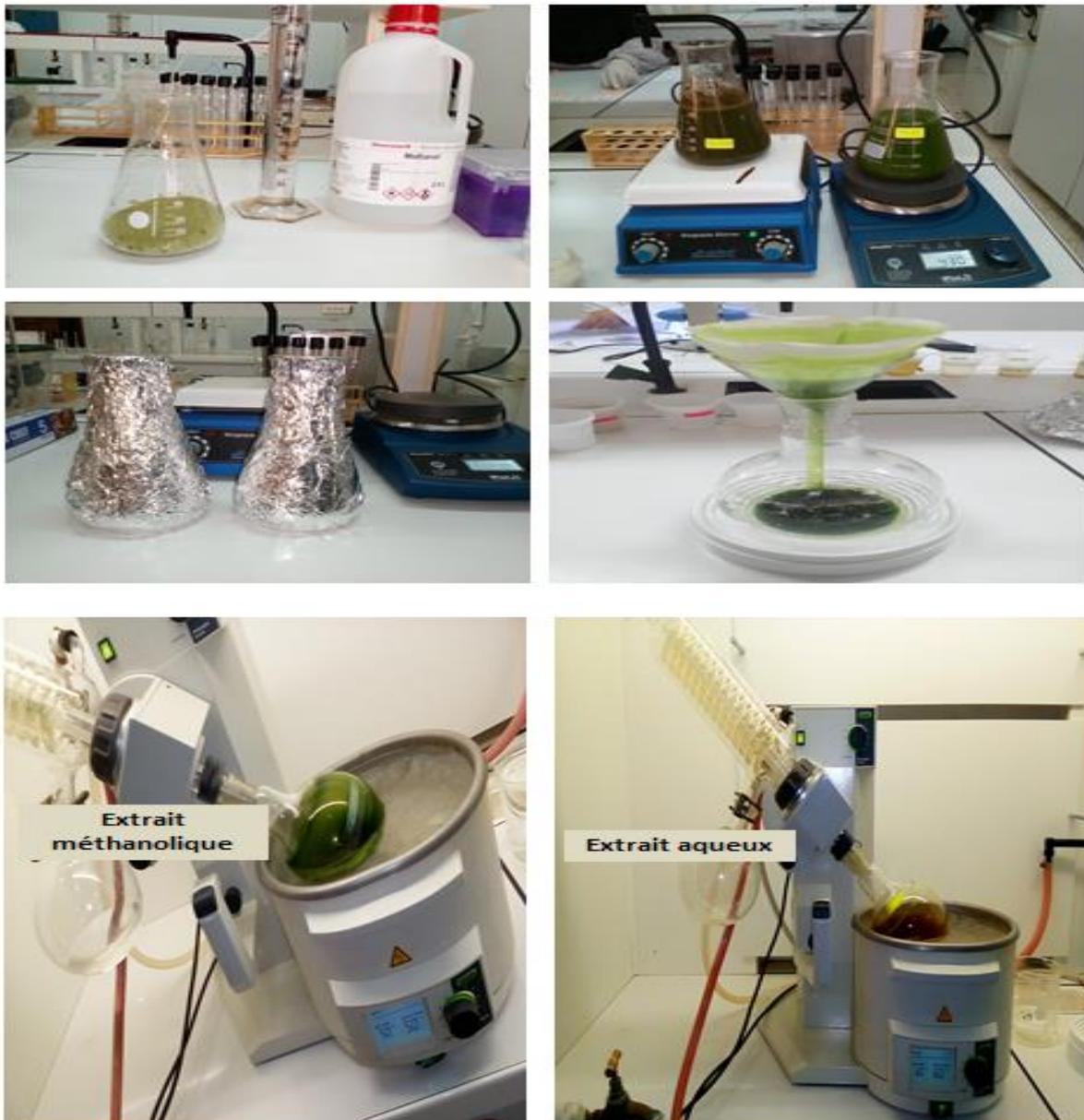


Figure 26 : Protocole de préparation des extraits.

4.5.3. Calcul du rendement des extraits aqueux et méthanoliques

Les valeurs des rendements sont exprimées par rapport à la matière sèche. Le rendement (R) en extrait méthanolique ou aqueux est le rapport entre la masse de l'extrait et la masse de la matière végétale utilisée. Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = 100 M_{\text{ext}} / M_{\text{écha.}}$$

R : Rendement de l'extrait en pourcentage %.

M_{ext} : la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg.

M_{écha} : la masse sèche de l'échantillon végétal en mg. (Tass et Yahi, 2022)

4.5.4. Conservation des extraits

Les extraits aqueux et méthanoliques sont Conservés entre 4 à 5°C. (Bouhaddouda, 2016)

4.6. Criblage (Screening) phytochimique

Les métabolites secondaires sont mis en évidence par une étude phytochimique qui permet de détecter la présence ou l'absence des constituants chimiques. Pour identifier ces différents groupes chimiques présents dans *Lavandula angustifolia*; un screening chimique a été réalisé. La colorimétrie et la gravimétrie ont été les deux principales voies d'identification de ces groupes de substances en solution. Les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les quinones, les tanins, les terpènes et stéroïdes contenus dans la plante ont été mis en évidence selon les méthodes décrites par (Harborne, J.B., 1998)

4.6.1. Recherche des poly terpènes et stéroïdes

a. Technique

Pour mettre en évidence les stéroïdes et les poly terpènes, nous avons utilisé le réactif de Liebermann. En effet, 1 g de poudre des feuilles et fleurs ont été macérés dans 100 ml d'éther de pétrole pendant 24 heure, filtrés puis évaporés à sec dans un bain de sable à 90°C.

Pour la recherche des stéroïdes : le résidu est trituré à chaud dans 1 ml d'anhydride acétique + 1ml de chloroforme. Nous avons ajouté 0,5 ml d'acide sulfurique concentré au triturât.

b. Lecture

- ✚ L'apparition pour stéroïdes, à l'interphase, d'un anneau pourpre et violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive.
- ✚ Et après ajoute quelques gouttes de TCA de même tube pour la recherche des poly terpènes ; L'apparition pour les poly terpènes, la couleur rouge indique la présence des terpènes.

4.6.2. Recherche des flavonoïdes

a. Technique

- **Préparation de l'extrait** : 5 g de poudre végétale a été mélangée avec 50 ml d'eau distillée chaude. Le mélange est filtré après 30 min.
- **Préparation de NaOH** : 2 g de NaOH + 50 ml de l'eau distillée
- 2 ml de filtrat est mélange avec 1ml (6 gouttes) d'HCl concentre avec 1 ml de l'eau distillée 0,5 g de tournures de magnésium.

b. Lecture

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

4.6.3. Recherche des alcaloïdes

a. Technique

- La présence des alcaloïdes est établie par la précipitation de sels et la révélation à l'aide du réactif de Mayer (0,136 g de chlorure de mercure + 0,5 g d'Iodure de potassium + 10 ml de l'eau distillée), et réactif de Wagner (0,2 g d'Iodure de potassium + 0,127 g d'Iode +10 ml de l'eau distillée).
- Agitation de 200 mg de poudre + (1ml l'acide sulfurique + 10ml de l'eau distillée) pendant 2 min puis filtration par papier filtre.
- Puis répartis le filtrat en trois tubes à essai et ajouter les réactifs et agiter pendant 2min:
 - ✓ **Tube 1(Témoin)** : 2ml d'échantillon.
 - ✓ **Tube 2** : 2 ml d'échantillon + quelques gouttes de réactif de Wagner.
 - ✓ **Tube 3** : 2 ml d'échantillon + quelques gouttes de réactif de Mayer.

b. Lecture

La présence d'alcaloïdes est mise en évidence par l'apparition d'un précipité blanc.

4.6.4. Recherche des saponines

a. Technique

- Préparation de H_2SO_4 : 1,39 ml d' H_2SO_4 + 50 ml de l'eau distillée.
- Macérer 5 g de plante en poudre + 50 ml de l'eau distillée chaude pendant 30 min, puis filtration par une bande à gaz.
- 5 ml de filtrat est placé dans un tube à essais, avec 5 ml d' H_2SO_4
- agiter pendant 15 secondes puis déposer pendant 15 minutes.

b. Lecture

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

4.6.5. Recherche des tanins totaux

4.6.5.1. Les tannins catéchiques

a. Technique

- Préparation de chlorure ferrique $FeCl_3$: Agiter 10 ml de l'eau distillée + 0,1 g de poudre de chlorure ferrique.
- **Préparation de l'extrait:** Macérer 5g de la poudre végétal + 50 ml de l'eau distillée bouillie pendant 30 min, puis filtration par une bande à gaz.
- **pour la recherche des tannins catéchiques :** On ajoute quelques gouttes d'une solution de $FeCl_3$ dilué (1%) à 2 ml d'extrait.

b. Lecture : La couleur verte indique la présence des tannins catéchiques.

4.6.5.2. Les tannins galliques hydrolysables

a. Technique

- En ajoute 2 ml d'acétate de sodium + 2ml de filtrat puis addition de 3 gouttes de FeCl₃ à 2%.

b. Lecture

- La présence des précipitations indique la présence des tannins galliques hydrolysables.
- L'absence des précipitations indique l'absence des tannins galliques hydrolysables.

4.6.6. Recherche des Quinones

a. Technique

- Humecter 5 g de matériel végétal broyé de quelques gouttes de HCl. Mettre à macération ce matériel végétal pendant une heure ou 24 heures dans un Erlen Meyer fermé et contenant 10 ml d'éther de pétrole.
- Après filtration, 2 ml de filtrat sont agités avec 2 ml de NaOH à 10 %.

b. Lecture

- La coloration rouge virant au violet apparait en présence des quinones.

4.7. L'Activité antioxydante d'huile essentielle et des extraits de *Lavandula angustifolia*

L'activité antioxydante in-vitro des huiles essentielles et des extraits de la *lavande* a été examinée par deux méthodes complémentaires, l'activité de piégeage des radicaux **DPPH** et **FRAP**.

4.7.1. Activité de piégeage du radical DPPH

Le DPPH est généralement le radical le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité, ce dernier possède une coloration violet foncé, lorsqu'il est réduit, la coloration devient jaune pale. La réduction du radical DPPH a été déterminée par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 515 à 520 nm. (Barka et Berrich, 2021)

a. Principe

De nombreuses méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques purs ou des extraits. La plupart de ces méthodes sont basées sur la coloration ou décoloration d'un réactif dans le milieu réactionnel. Le test de DPPH est une méthode colorimétrique basée sur la capacité des substances dites antioxydantes à donner un électron au radical synthétique DPPH* (2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl). Cette réduction se traduit par un changement de la couleur violette de la solution éthanolique de DPPH vers une coloration jaunâtre, en mesurant la diminution de l'absorbance (Abs) à 517 nanomètre, provoquée par les antioxydants. (Bounab S., 2020). (Fig. 27)

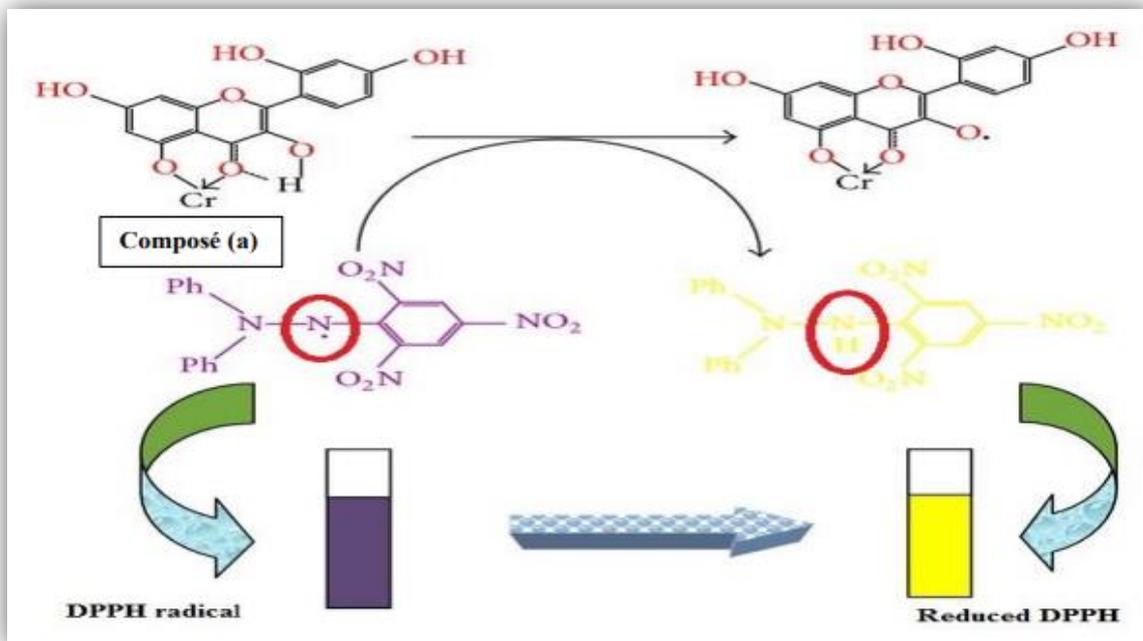


Figure 27 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH* (Bounab S., 2020)

b. Technique

- **Préparation de DPPH : 04 mg** pour 100 ml de méthanol (99%) (80 V .20 V)
- 100 µl de solution de l'extrait à différentes concentrations + 1,9 ml de DPPH.
- Incubation pendant 30 min à l'obscurité puis la lecture par un spectrophotomètre UV-Visible à 517 nm.
- Blanc : méthanol pour (l'HE), l'eau distillée pour (l'extrait).
- Témoin : 100 µl de méthanol + 1,9 ml de DPPH.
- Tous les essais ont été effectués en triple.

- Pour l'huile essentielle :

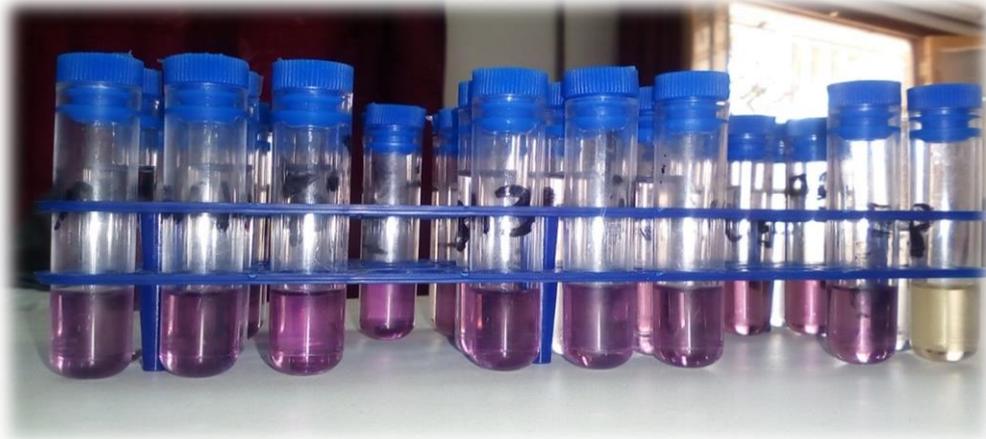


Figure 28 : Echantillons de l'HE.

- Pour les extraits méthanoliques et aqueux :



Extrait aqueux



Extrait méthanolique



Figure 29 : Les échantillons d'extrait aqueux et d'extrait méthanolique.

4.7.1.1. Calcul du pourcentage d'inhibition

- L'activité antioxydante est estimée en pourcentage d'inhibition ou pourcentage d'activité antioxydante (**Benramdane A. et Mouloudj H., 2020**) selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'AA} = [(\text{Abs control négatif} - \text{Abs échantillon}) / (\text{Abs control négatif})] \times 100$$

- **Abs control négatif** : l'absorbance du témoin
- **Abs échantillon** : l'absorbance de l'échantillon

4.7.1.2. Calcul de la concentration inhibitrice IC50

La concentration inhibitrice (IC50) est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire et neutraliser 50 % du radical DPPH (**Bouhaddouda, 2016**), Dite également EC 50 (Efficient concentration 50) : est la concentration de l'échantillon testé qui peut réduire 50 % du radical DPPH. Les CI50 sont calculées graphiquement par la formule de la régression linéaire des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des échantillons testés. (**Achiri R., 2018**)

4.7.1.3. L'indice de l'activité antioxydante:

L'indice de l'activité antioxydante (AAI) est calculé selon l'équation suivante : (**Bouhaddouda, 2016**)

$$\text{AAI} = \text{concentration finale de DPPH } (\mu\text{g/ml}) / \text{IC50}$$

Les résultats d'AAI sont exprimés comme suite:

- ✓ $\text{AAI} < 0.5 \rightarrow$ faible activité antioxydante.
- ✓ $1 > \text{AAI} > 0.5 \rightarrow$ activité antioxydante modérée.
- ✓ $2 > \text{AAI} > 1 \rightarrow$ forte activité antioxydante.
- ✓ $\text{AAI} > 2 \rightarrow$ très forte activité antioxydante

4.7.2. Pouvoir réducteur « FRAP »

a. Principe

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans les huiles essentielles et l'extrait à réduire le fer ferrique du complexe ferricyanure-Fe⁺³ en fer ferreux. La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'huile essentielle. (Menaceur F., 2015)

b. Technique

- **Préparation des solutions diluées :** Le protocole utilisé au laboratoire est basé sur celui décrit par (Oyaizu, 1986)
- Dans un tube contenant 200 µl de solution d'échantillon à différentes concentrations, ont été ajoutés 500 µl de tampon phosphate (0,2M : pH 6,6).
- Puis 500 µl de potassium hexacyanoferrate [K₃Fe (CN)₆] 1% ou ferrocyanide de potassium dans l'eau distillée.
- L'ensemble est chauffé à 50°C au bain marie pendant 20 minutes.
- Un volume de 500 µl d'acide trichloracétique (10%) est ensuite ajouté
- Le mélange est centrifugé à 3000 rpm pendant 10 minutes.
- Un aliquote de 500 µL de surnageant est transféré dans un autre tube auquel ont été ajoutés 500 µl d'eau distillée et 100 µl de FeCl₃ 1% fraîchement préparé dans de l'eau distillée.
- Un blanc sans échantillon est préparé dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait par méthanol.
- La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par le méthanol qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre).
- Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons.

- Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés.

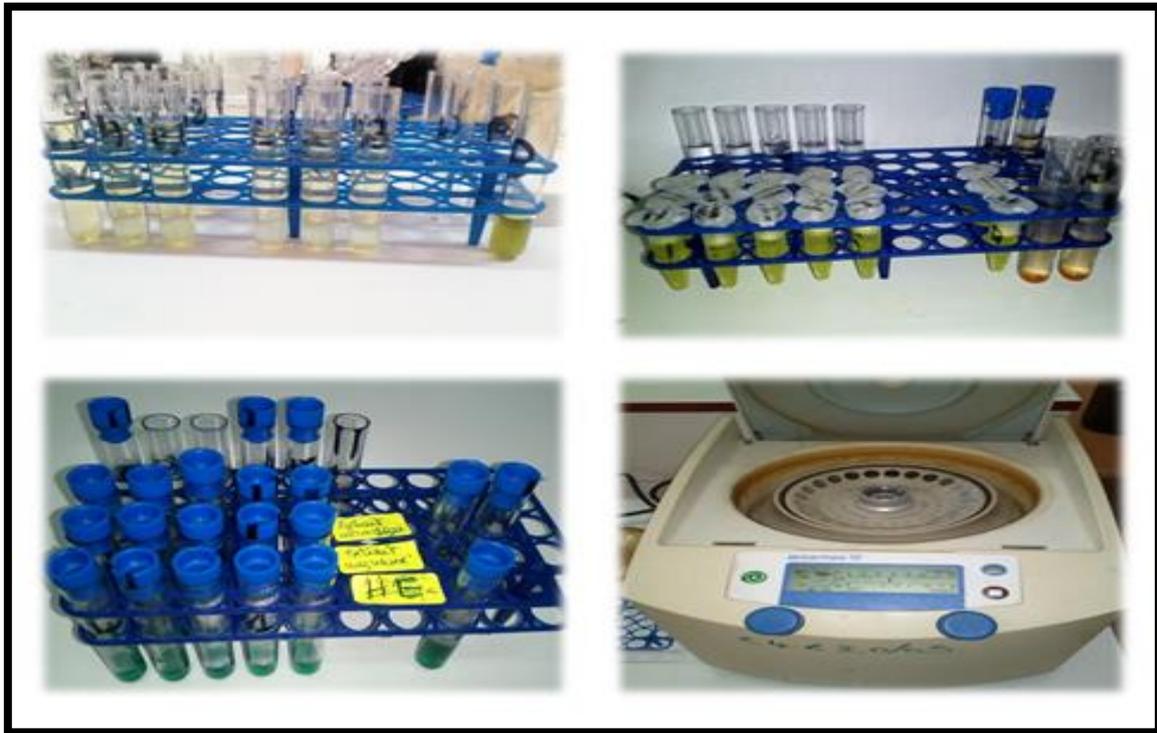


Figure 30 : Les étapes de test de FRAP.

Chapitre 02
Résultats
Et
Discussion

Lavandula angustifolia est une plante médicinale de la famille des *Lamiacées*, elle est utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter les troubles digestives, des infections, la diarrhée, le rhumatisme,...etc. De nombreuses études phytochimiques de cette espèce, ont révélé la présence de polyphénols, flavonoïdes, tanins, les huiles essentielles; ce qui confère à cette plante de nombreuses propriétés biologiques. (Akrouit *et al.*, 2011)

1. Propriétés de l'huile essentielle

1. 1. Propriétés organoleptiques de l'HE de *Lavandula angustifolia*

Les différentes caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) de l'HE de *Lavandula angustifolia* ont été notées et présentés dans le tableau 06

Tableau 06 : Propriétés organoleptiques d'huile essentielle *L. Angustifolia*

Couleur	Jaune pale
Aspect	Liquide, mobile, limpide
Odeur	Forte, agréable et propre à la plante
Huile essentielle	

1.2. Le rendement d'extraction de l'huile

Le rendement d'HE obtenu à partir de la partie aérienne de la plante est **2.1%**.

Tableau 07 : Rendement en HE de *Lavandula angustifolia* obtenu par hydrodistillation.

Masse de plante (g)	Masse de H.E extraite (g)	Rendement
100g	2.1g	2.1 %

Il est connu que le rendement et la composition chimique d'une huile essentielle extraite des fleurs, feuilles...diffère de manière significative selon la saison (le climat), la maturation de la plante et la quantité de la drogue utilisée (partie de la plante utilisée) dans l'extraction. Le rendement varie aussi selon la nature du matériel végétal employé pour l'extraction (feuilles, fleurs). (**Charik et kadri, 2020**)

Une étude comparative des rendements en huile essentielle de l'espèce *Lavandula officinalis* avec les travaux antérieurs a été réalisée et regroupé sous forme de tableau 08.

Tableau 08: Rendements obtenus ans des travaux ultérieurs

Références bibliographiques.	Rendement%
Charik S. et Kadri Y., 2020	0.5 %
Barka A. et Berrich H., 2021	0.14 %
Abda et Boughazi, 2013	1,68 %
Laib et Barkat , 2011	1,36 %

Le rendement obtenu est de 2.1% ; ce rendement est important par rapport aux résultats obtenus par (**Abda et Boughazi, 2013**) ont montré que le rendement des HE extraites par hydrodistillation est 1,68% ce qui est inférieure à notre rendement. De même avec qui (**Barka et Berrich, 2021**) indiquent que la *lavande* provenant de la région de wilaya de Biskra ont donné des teneurs en huile essentielle des fleurs et des feuilles équivalentes à 0,14%.

Des résultats similaires à (**Charik et Kadri , 2020**) et (**Laib et Barbat, 2011**) qui indiquent que le rendement d'extraction de l'huile essentielle des feuilles, et fleurs est de équivalentes respectivement à 0.5 % et à 1,36 % .Cette différence des teneurs est due probablement à diverses conditions notamment l'environnement, le génotype, l'origine géographique, la période de récolte, le lieu de séchage, la température et la durée de séchage, les parasites et la méthode d'extraction. (**Charik et kadri, 2020**)

2. Propriétés des extraits aqueux et méthanoliques

2.1. Propriétés organoleptiques des extraits méthanoliques et aqueux

Les extraits méthanoliques et aqueux de *Lavandula angustifolia* sont obtenus par la méthode d'extraction solide-liquide. On obtient des substances saillie plus ou moins pâteuses et collantes.

Tableau 09 : Propriétés des extraits aqueux et méthanoliques

	Aspect	Couleur	Odeur	EA, EM
Extrait Aqueux	Poudre	verte claire	Aromatique. Phénolique	
Extrait Méthanoliques	Poudre	verdâtres	Aromatique Phénolique	

2.2. Rendement d'EA et d'EM

Le rendement de l'extraction varie en fonction de l'espèce végétale et de son contenu en métabolites, de l'organe utilisé dans l'extraction, les conditions de séchage et de la nature du solvant utilisé dans l'extraction.

Les résultats l'extrait brut de la partie aérienne de *Lavandula angustifolia* étudiée sont mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Le rendement de la partie aérienne de *L. angustifolia*

L'extrait	Type d'extraction	Masse d'extrait brut en gr.	MS de l'échantillon végétale en gr.	Rendement en %
extrait Méthanolique	Macération	7.91	50	15.82
extrait aqueux	Macération	6.1	50	12.20

L'extraction des composés phénoliques de *Lavandula angustifolia* L. a donné un rendement de 15.82% pour l'extrait méthanoliques et 12.20% pour l'extrait aqueux. Ce résultat est très important et nettement supérieurs à celui reporté par (Benyagoub, 2014) du rendement de macérats Méthanolique et aqueux ont donné un taux estimé de 11,18% et 14,07% respectivement, obtenu à partir d'une plante récolté en 2014 dans la région d'OUM EL ALOU (TLEMEN). Le méthanol a donné un rendement d'extraction élevé que l'eau distillée.

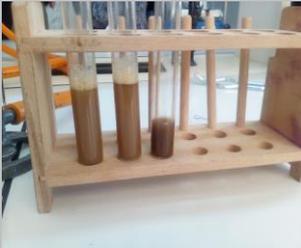
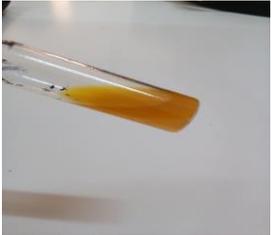
Notant que le méthanol est le solvant le plus largement utilisé pour l'extraction de substances phénoliques des *Lamiacées*. (Cakir *et al.*, 2006; Sharififar *et al.*, 2009) dans une étude sur les composés phénoliques ont rapporté que le méthanol donnait un rendement d'extraction plus élevé que l'acétone, le chloroforme, l'eau et l'éther de pétrole.

Les rendements peuvent être influencés par plusieurs paramètres et dépendent entre autre de la composition chimique et les caractéristiques physiques de la matière végétale ainsi que la méthode et les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (Lee *et al.*, 2003 ; Deghima I. et Haif N., 2018)

3. Résultats de criblage

Les tests phytochimiques que nous avons réalisé sur la plante de *L. angustifolia* ; nous a permis de détecter les métabolites secondaire existants dans cette plante. Tous les résultats expérimentaux des tests phytochimiques réalisés sur le matériel végétal broyé des feuilles de *L. angustifolia* sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Résultats du criblage phytochimique sur *L. angustifolia*.

Substances	Résultats	Résultats observés
tanins galique, tanins catéchiques	Vert noirâtre (+) Absence de précipitation (-)	
Saponosides	Une hauteur de mousse persistante supérieure à 1cm (+)	
Alcaloïdes	Précipité orange ou coloration rouge orange (+)	
flavonoïdes libres	Rose, orange ou rouge se développée après 3 min (+)	
Stérols	Anneau rouge – brunâtre au violet a la zone de contact de deux liquide, la couche surnageant étant grise ou violette. (-)	

<p>Triterpènes</p>	<p>Coloration rouge (-)</p>	
<p>Quinones</p>	<p>coloration violette (-)</p>	

(-) : Test négatif. (+) : Test positif

Les résultats des tests photochimiques réalisés sur la poudre de la plante de *Lavandula angustifolia* montrent :

- La présence des flavonoïdes en forte quantité a été confirmée par l'apparition de la couleur rouge-orange lors de l'ajout de copeaux de magnésium et 5 gouttes d'HCl concentré.
- La présence des tanins catéchiques est confirmée par le développement d'une coloration verdâtre lors de l'ajout des gouttes de solution diluée de chlorure ferrique à l'extrait
- La présence des alcaloïdes est confirmée par une Précipité orange ou coloration rouge oronge.
- Les stérols et les Triterpènes sont totalement absents.
- La présence des saponines est due à la présence d'une mousse persistante et visible.
- La présence des quinones est due à la présence d'une coloration violette.

Les travaux antérieurs sur les tests phytochimiques de la lavande de la région de Tébessa ont démontré la présence des tanins catéchiques, des saponosides, des alcaloïdes, des quinones et des flavonoïdes. Ceci est comparable à nos résultats.

De même, les tests phytochimiques réalisés sur *Lavandula angustifolia* par (Zekri et al., 2013) ont montré la présence des mêmes constituants chimiques détectés dans la plante étudiée, en plus des alcaloïdes et des tanins catéchiques Effectivement, les tanins catéchiques, les quinones, les flavonoïdes, les saponosides et les terpènes et stérols possèdent plusieurs propriétés bénéfiques notamment antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, vacuole-protectrices, antiulcéreuses et bien d'autres. (Di Carlo et al., 1999 ; Bruneton,

2009).

Ces résultats nous ont permis de nous orienter vers L'extraction et l'étude des huiles essentielles et des composés phénoliques.

4. Evaluation de l'activité antioxydante

Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydante de l'huile essentielle, de l'extrait aqueux et méthanoïque de *L. angustifolia*. L'acide ascorbique est utilisé comme standard pour sa forte propriété antioxydante.

4.1. Test DPPH mesuré au spectrophotomètre

4.1.1. Calcule de pourcentage d'inhibition

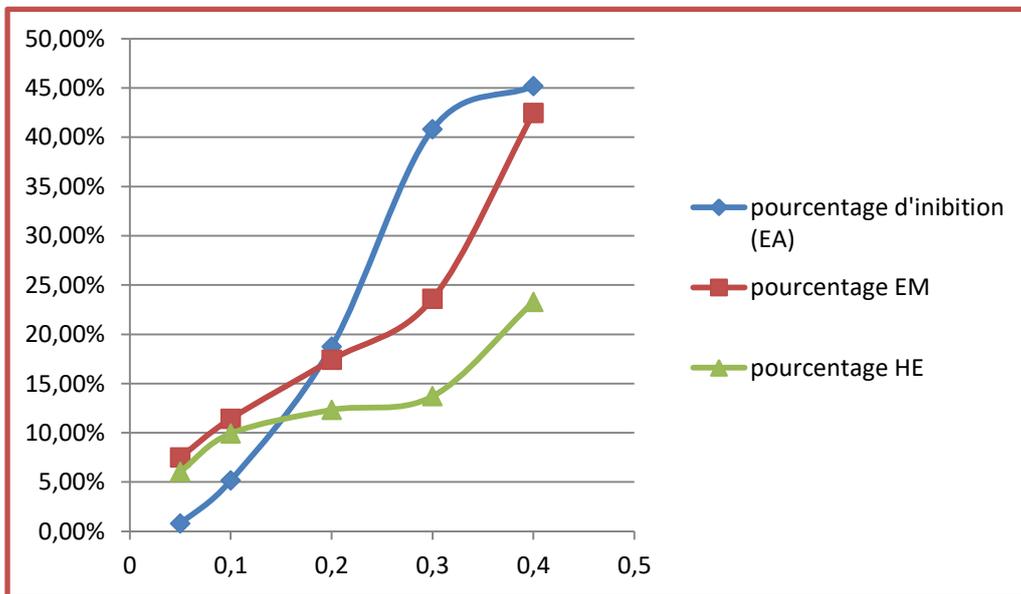


Figure 31: Pourcentages d'inhibition de DPPH des extraits méthanoïque et aqueux et de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*

(EA : extrait aqueux, EM : extrait méthanoïque, HE : huile essentielle)

L'activité antioxydante des huiles essentielles et des extraits méthanolique et aqueux de *Lavandula angustifolia* est évaluée par le test de piégeage du radical DPPH .Il est bien connu que quand une solution de DPPH est mélangée avec celle d'une substance contenant des antioxydants, le radical libre stable DPPH (couleur violet foncé) est converti en 1,1-diphényl-2-picryle hydrazine ce qui entraîne une décoloration facilement mesurable par spectrophotométrie à 517 nm. (Molyneux P., 2004)

Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes du pourcentage d'activité anti radicalaire pour chaque extrait (l'huile essentielle, de l'extrait méthanolique et aqueux de la

plante), D'après Les résultats obtenus lors du test de mesure de pourcentage d'inhibition du radical DPPH sont représentés dans la (**Fig. 31**).

On peut constater que l'activité anti radicalaire dosé dépendante car elle est proportionnelle à l'augmentation de la concentration de nos échantillons.

Il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour les extraits méthanolique et aqueux ou pour l'huile essentielle de la *lavande*.

Les extraits méthanolique et aqueux ont montré un pourcentage de piégeage du radical DPPH plus important par rapport aux huiles essentielles, ceci est indiqué par l'allure des graphes. Ces derniers tracent une courbe avec la présence d'une phase stationnaire qui définit la réduction du DPPH en sa forme non radicalaire, A une concentration de 0.4 µg/ml d'extrait, les pourcentages d'inhibitions sont de L'ordre de 45.00 % et de 44,00 % pour l'extrait aqueux et pour l'extrait méthanolique de *Lavandula*, respectivement, suivi par l'huile essentielle avec un pourcentage de 24.00%.

Ce résultat est proche de ceux trouvés par (**Barkat et Laib, 2011 ; Imen, 2012 ; Barka et Berrich, 2021**)

4.1.2. IC 50

- ✚ La cinétique du pourcentage d'activité antiradicalaire nous a permis de déterminer l'IC50, qui correspond à la concentration d'huile essentielle, d'extrait méthanolique ou d'extrait aqueux nécessaire à l'inhibition de 50% du DPPH présent dans le milieu.
- ✚ Notant que plus l'IC50 est faible plus l'activité antioxydante du composé est importante. Les résultats des propriétés antioxydantes des huiles essentielles et des extraits méthanoliques et aqueux de la plante étudiée présentés dans le tableau 10. L'activité est exprimée sous la forme de valeurs d'IC50.

La capacité antioxydante de l'extrait a été déterminée à partir de l'IC50, c'est la concentration nécessaire pour réduire 50 % du radicale DPPH. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande. (**Deghima I., Haif N., 2018**)

Tableau 12 : Valeurs des CI50 des extraits méthanoïque, aqueux et témoin déterminées par le test au DPPH.

Extrait	E aqueux	E méthanoïque	Acide ascorbique
IC50 (µg/ml)	410 µg/ml	636,83 µg/ml	37,15 µg/ml

Les valeurs de l'IC50 des extraits ainsi que celle de l'acide ascorbique sont illustrés sous forme d'histogramme (fig. 34)

- ✚ A partir des valeurs obtenues de l'Abs, les PI d'extrait et l'antioxydant d'acide ascorbique ont été calculés (Fig. 32 et 33).
- ✚ Les résultats lors de ce test ont permis de tracer les courbes qui représentent le PI en fonction de la concentration de l'acide ascorbique (fig.32), et des extraits aqueux et méthanolique (fig. 33).

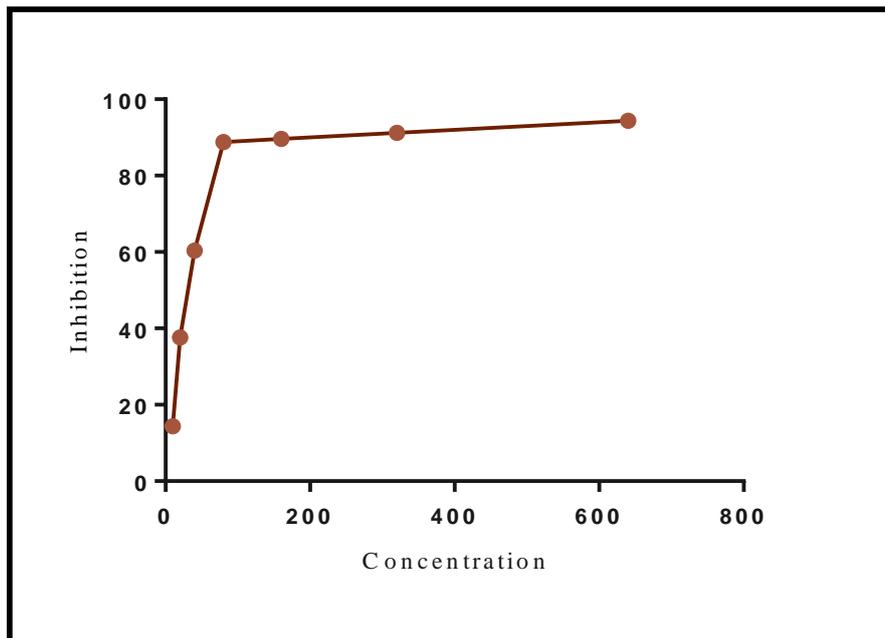


Figure 32 : Activité antiradicalaire au DPPH de l'acide ascorbique
Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n=3).

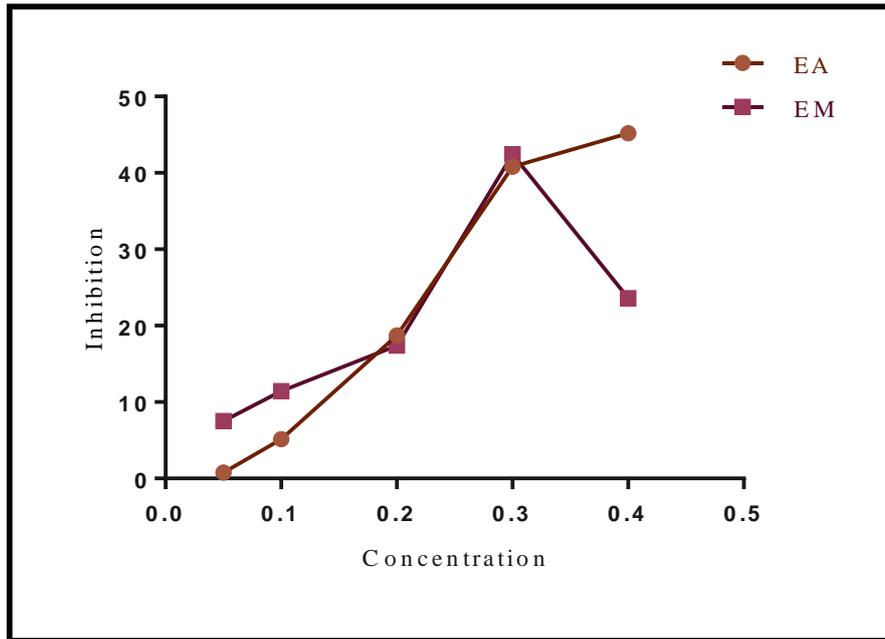


Figure 33: Activité antiradicalaire au **DPPH** des extraits aqueux et méthanolique
Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n=3).

Il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour l'extrait aqueux et méthanoliques ou pour l'acide ascorbique.

Le pourcentage d'activité antiradicalaire nous a permis de déterminer l'IC50, L'IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande. Les valeurs des IC50 pour l'extrait de la lavande et l'acide ascorbique sont indiquées dans la figure 34.

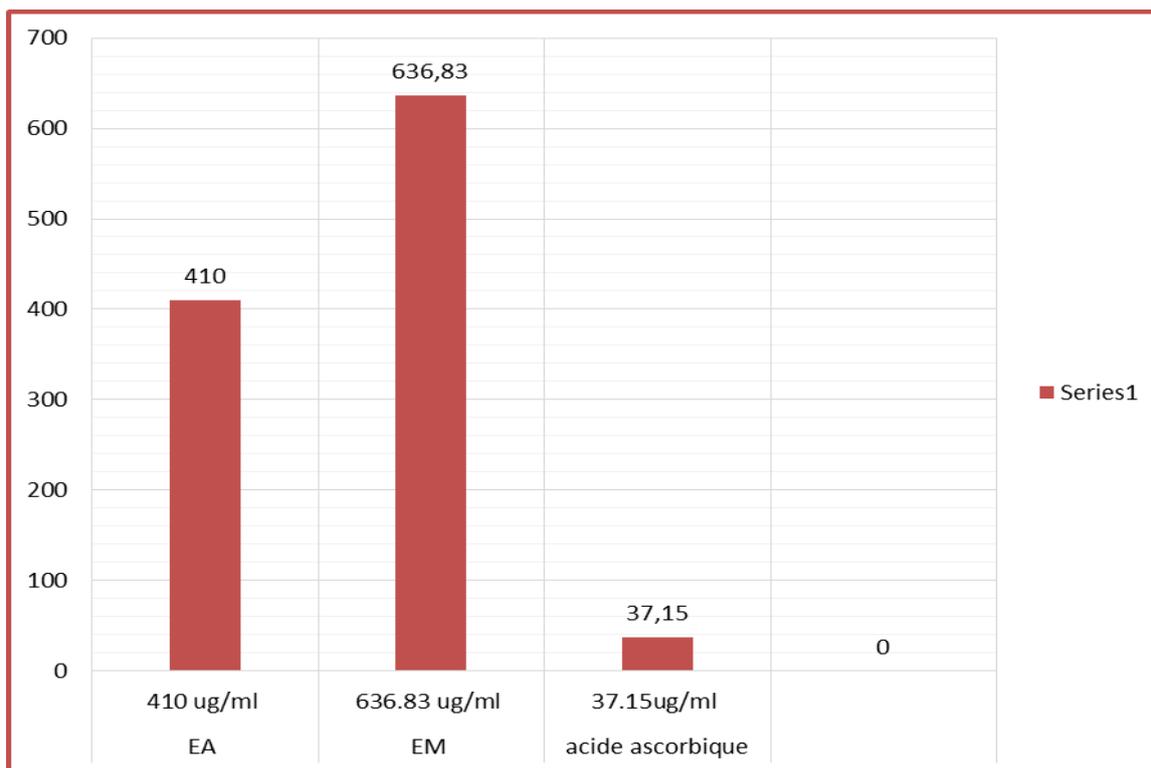


Figure 34 : Histogrammes exprimant les IC 50 (µg/ml) permettant la réduction de 50 % du **DPPH**. Chaque valeur représente la moyenne \pm SD (n=3).

L'extrait méthanolique et aqueux de *Lavandula angustifolia L* a montré une activité antioxydante sur les radicaux **DPPH** avec une IC₅₀ = 636.83 µg/ml et IC₅₀= 410 µg/ml respectivement par rapport à l'antioxydant synthétique de référence, l'acide ascorbique (IC₅₀ 37.15 µg/ml).

Cette activité pourrait être liée à son richesse en polyphénols. Les résultats montrent que l'effet de *Lavandula angustifolia* des extraits sur le radical DPPH est très significatif (en les comparant avec le contrôle) et d'une manière dose-dépendante. De même, ils sont nettement supérieurs au résultat trouvé par (Messaoud et al., 2011) qui est 34.2 µg/ml pour l'extrait méthanolique des feuilles de la même espèce de la région de la Tunisie. et de même par **Deghima I., Haif N., (2018)** avec une IC₅₀ = 7,16 µg/ml et un AAI (indice de l'activité antioxydante) de 5.63.

Généralement, les polyphénols avec un nombre élevé de groupements hydroxyles présentent l'activité antioxydante la plus élevée (Heim et al., 2002) due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres, ce qui peut expliquer en partie que l'activité antiradicalaire est dépendante du nombre, de la position et de la nature des substituants sur les cycles B et C (groupements hydroxyles, metaxylés, glycosylés) et le degré de polymérisation,

Ainsi, l'effet antioxydant n'est pas seulement dose-dépendant mais également structure-dépendant. (Deghima, Haif, 2018)

Il est difficile de comparer les résultats avec ceux de la bibliographie étant donné que notre étude est la première à mettre en évidence le rendement en extrait aqueux de cette plante.

4.1. Test de FRAP

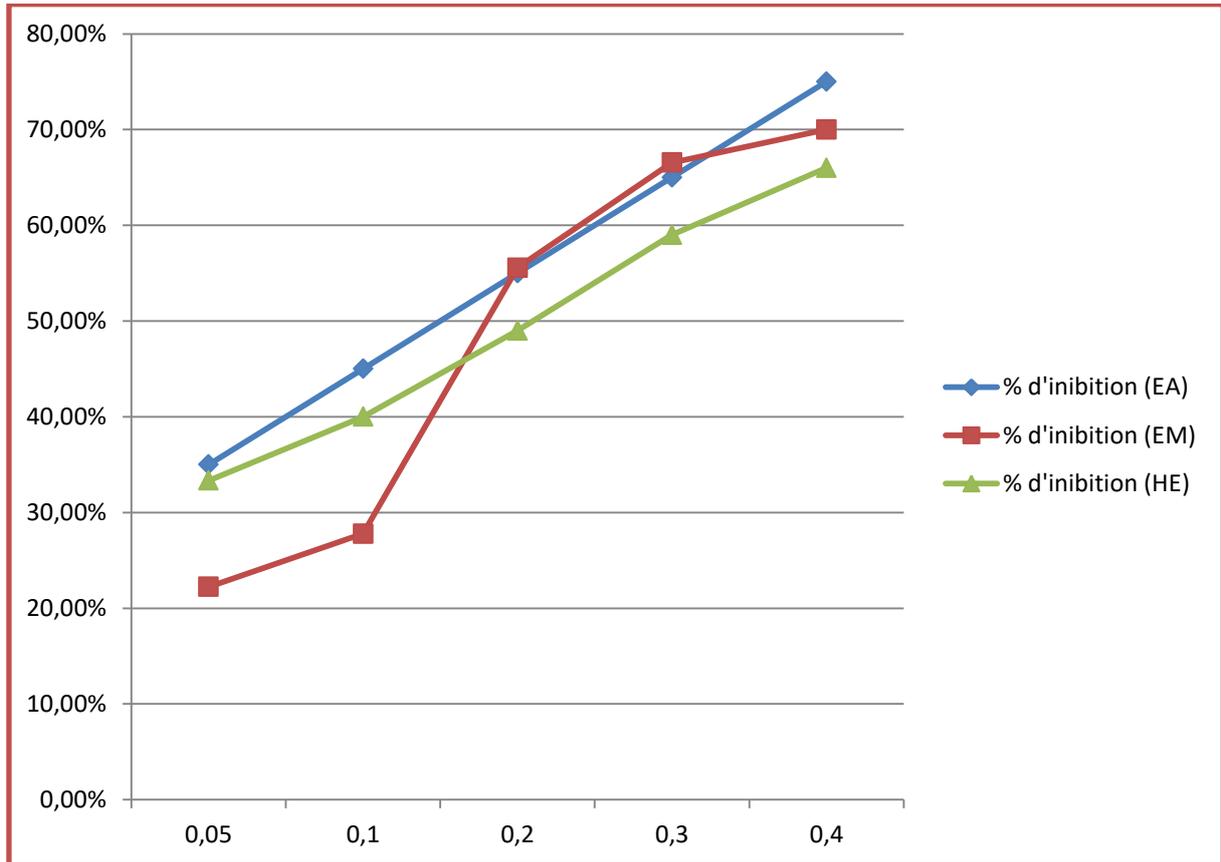


Figure 35 : Pourcentages d'inhibition de **FRAP** des extraits méthanoïque et aqueux et de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*

(EA : extrait aqueux, EM : extrait méthanoïque, HE : huile essentielle)

L'activité antioxydante des huiles essentielles et des extraits méthanolique et aqueux de *Lavandula angustifolia* est évaluée par le test de FRAP. Cette méthode est basée sur la capacité des polyphénols à réduire le fer ferrique Fe³⁺ en fer ferreux Fe²⁺, par conséquent le Fe²⁺ peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleue dans le milieu réactionnelle à 700 nm. (Boumadjen R. Kimouche S., 2018)

Le pouvoir réducteur de l'huile essentielle a été évalué et représenté par les absorbances notées (voir figure 35), Il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente

avec l'augmentation de la concentration soit pour les extraits méthanolique et aqueux ou pour l'huile essentielle de la *lavande*.

Le changement de la couleur du milieu réactionnelle du jaune au bleu vert, indique que l'extrait méthanolique et aqueux et l'HE du *L. angustifolia* présente une capacité antioxydante, on a enregistré une Pourcentages d'inhibition de 85,00 % et de 70,00 % et 65,00 % pour l'HE et les extraits méthanoïque et aqueux à la concentration 0,40 mg/ml respectivement. D'après les résultats obtenus, nous pouvons déduire que l'essence et les extraits méthanoïque et aqueux isolée à partir de la plante *L. angustifolia* est pourvue d'une activité réductrice modérée .Ce résultat est proche de ceux trouvés par (Achiri R., 2018).

Conclusion

Conclusion

De nos jours, Les plantes médicinales restent la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Dans ce contexte, nous avons réalisé une étude sur la plante *Lavandula angustifolia* appartenant à la famille des *Lamiacées*, récolté de la wilaya de Tébessa.

Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs et d'autre part du besoin de la recherche d'une meilleure médication par une thérapie plus douce sans effets secondaires.

Les huiles essentielles riches en principes actifs constituent un bon alternatif selon nombreuses études, Actuellement, personne ne peut nier l'activité antioxydant des huiles essentielles.

La première partie de cette étude concerne la préparation des extraits bruts par une simple macération. Les résultats obtenus montrent que le rendement d'extraction le plus élevé a été observé avec l'extrait méthanolique de **15.82%**, suivi de l'extrait aqueux avec **12.20%**. La détermination du rendement en l'huile essentielle, issue par hydro distillation, a montré une rentabilité de **2.1%**. Rendement qui peut différer selon la matière végétale, le cycle végétatif, les facteurs climatiques, la nature du sol et le mode de récolte, de stockage et la méthode d'extraction.

La deuxième partie consiste au criblage phytochimique et la valorisation par l'évaluation d'effet antioxydant de l'extrait méthanolique, d'extrait aqueux et de l'huile essentielle de la partie aérienne de *Lavandula angustifolia*. Le criblage phytochimique indique la richesse des feuilles en métabolites secondaires caractérisé par des réactions colorées qui a montré la présence d'une grande abondance des phénols, flavonoïdes, tanins, quinones et saponines. Tandis qu'une quantité modérée pour les stérols et les alcaloïdes, mais faible pour les sucres réducteurs.

Le potentiel antioxydant des extraits a été déterminé par la méthode de DPPH et la méthode de FRAP dont les résultats montrent que ces extraits possèdent une activité, pour DPPH les résultats révèlent que l'extrait méthanolique des feuilles et de fleur *Lavandula angustifolia* Présente l'activité la plus élevée avec une IC50 de **636,83 µg/ml** suivi de l'extrait aqueux avec une IC50de **410 µg/ml**, alors on remarque que l'huile essentielle et les extraits

méthanolique et aqueux étudiés de *Lavandula angustifolia* présenté significativement une activité antioxydants.

Etant donné que la plante étudiés se caractérisent par des molécules particulièrement intéressantes qui nécessitent d'être exploitées et que les résultats qu'on a obtenus sont prometteurs, nous suggérons comme perspectives:

- ✓ Tester autre activités biologiques de l'effet d'huile essentiel de *Lavandula angustifolia* à savoir l'activité anti microbienne et insecticide....
- ✓ Etude de l'effet synergique entre les huiles essentielles et les antibiotiques afin d'avoir un produit antibactérien efficace et moins dangereux pour la santé publique.
- ✓ Etude de la composition chimique des huiles essentielles par GC/MS pour trouver la fraction la plus antioxydante.
- ✓ Développer les agents antioxydants pouvant constituer une alternative à certains additifs synthétiques pour les utilisés dans le secteur agroalimentaire ainsi que dans des applications thérapeutiques et cosmétiques.
- ✓ La formulation des produits cosmétiques et pharmaceutiques à base d'huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- ★ **Achiri R., 2018.** Etude chimique et activité antioxydante des huiles essentielles de *Mentha pulegium*, *Lavandula angustifolia* et *Verbena officinalis* au niveau de la pépinière de Ain Fettouh, mémoire, Faculté Des Sciences Département de chimie, P 35.
- ★ **Aichaoui S. et Abeoube H., 2019.** Etude phytochimique et activité biologique des extraits de l'espèce *Lavandula angustifolia* Mill, Dans la région Est d'Algérie (Batna), Mémoire, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, p 4- 11.
- ★ **Aimene R. et Bellil H., 2019.** Etude de l'activité antibactérienne de deux huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* Mill et *Pinus sylvestris* L et leur potentiel Synergique vis à vis des souches pathogènes, mémoire, Université Mouloud mammeri de Tizi ousou, p 8.
- ★ **Alsamiglia S., Busquet M., Cardozo P., Castillejos L. et Ferret A., 2007.** Essential oils for modifying rumen fermentation: A review, *Journal of Dairy Science*, 90: 2580-2595.
- ★ **Aouna M. et Lakhder S., 2019.** Biologie des huiles essentielles de la famille des *Lamiacée*, mémoire, Université Mohamed Boudiaf -M'sila, P 3-4.

B

- ★ **Barka A. et Berrich H., 2021.** compositions chimiques et activités biologiques des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*, mémoire, Université Mohamed Khider de Biskra, p 11. 12.
- ★ **Basch E., Foppa L., Liebowitz R., Nelson J., Smith M., Sallars D. et Ulbricht C., 2004.** *Lavender (Lavandula angustifolia* Miller), *Journal of Herbal Pharmacotherapy* 4(2): 63-78.
- ★ **Belhocine A. et Aouine F., 2017.** Etude de l'effet antimicrobien et antioxydant de l'huile essentielle de *Pinus sylvestris* sur la conservation de la *saucisse*. mémoire. Université Mouloud Mammeri de TIZI OUZOU. P : 16.
- ★ **Benchennaf K. et Babouche K., 2018.** Etude des paramètres d'extraction des composés phénoliques du *poireau sauvage Allium sp* et activité antioxydante, mémoire, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, P 8.

★

- ★ **Bendif H., 2017.** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques *Lamiaceae*: *Ajuga iva* (L) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr., thèse de doctorat, l'école normale supérieure de KOUBA-Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale, P 26
- ★ **Ben Ramdane A. et Mouloudj H., 2020.** Extraction et activité biologique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas*, mémoire, université djilal bounaama, P 1- 33.
- ★ **Benyagoub., 2014.** Plantes thérapeutiques, tradition, pratique officinale, science et thérapeutique, 2ème éd., *EM Inter /Tec et Doc* éditions. Paris, 382-386
- ★ **Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'*herbes aromatiques*, Applications généralisées, Thèse Doctorat, Université de La Rochelle, p 41- 45.
- ★ **Bogdan M., Bungau S., Tit M., Copolovici L., Behl T., Otrisal P., Aleya L., Cioca G., Berescu D., Uivarosan1 D. and Copolovici DM., 2020.** Variations in the Chemical Composition of the Essential Oil of *Revista de Chimie* 71(4): 307-315.
- ★ **Boudjouref M., 2011.** Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L, mémoire, Université Ferhat Abbes, Sétif, P 28.
- ★ **Bouhaddouda N., 2016.** Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local: *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar–Annaba, Algérie, P 4- 41.
- ★ **Boumadjen R. et Kimouche S., 2018.** Etude phytochimique et evaluation de l'activité antioxydante de *Romarin* (*Rosmarinus officinalis*), mémoire, Université des Frères Mentouri Constantine, P 49.
- ★ **Bounab S., 2020.** Biodiversité végétale de la région du Hodna (M'sila): étude phytochimique et activité biologique de quelques espèces médicinales, Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, P 10.11.53.
- ★ **Bruneton J., 2008.** Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants, 2nd ed. Paris: *Lavoisier Publishing*.
- ★ **Burt S., 2004.-** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review, *International Journal of Food and Microbiology*, 94: 223-253

e

- ★ **Carriere A., galinier A., Fernandez Y., Carmona C., Penicaud L. et Casteilla L., 2006.** Les espèces actives de l'oxygène: le yin et le yang de la mitochondrie, *Med. Sci.*, 22, 47-53.
- ★ **Catier O. et Roux D., 2007.** Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie: Cahiers du préparateur en pharmacie, 3ème ed, France: Wolters Kluwer, P 144.
- ★ **Charik et Kadri Y., 2020.** Criblage phytochimique et extraction des huiles essentielles de l'espèce *lavandula officinalis*, Mémoire, Université de Mohamed boudiaf_m'sila, p 65.
- ★ **Charles D., 2013.** Antioxidant properties of *spices, herbs* and other sources in ginger, *journal* ; 235- 245.
- ★ **Chemloul F., 2014.** Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* de la région de Tlemcen, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid, p 9-14.
- ★ **Cherng J. et Ghiang L., 2007.** Chemopreventive effects of minor dietary constituents in common foods on human cancer cells, *Biosciences and biotechnologies of biochemicals*, 71: 1500- 1504.
- ★ **Chouiha O. et Houacine A., 2018.** Contribution à l'évaluation de l'activité antioxydante des deux plantes médicinales : *Thymus hirtus* et *Rosmarinus tournefortii*, Mémoire, Université Ziane Achour –Djelfa, p 6, 17, 20.

D

- ★ **Deghima I. et Haif N., 2018.** Etude phytochimique, activité antioxydante et antimicrobienne des composés phénoliques de *Lavandula stoechas L*, Mémoire, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, P 16.
- ★ **Delbecq c., 1998.** La pollinisation des plantes du genre *Lavandula L*, du sud-est de la France, Mémoire, Université de mons Hainaut, P 13.
- ★ **Di Carlo G., Mascolo N., Izzo A. and Capasso F., 1999.** Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs, *Life Sci.*, 65 (4): 337-53.
- ★ **Dupont F. et Guignard L., 2012.** Abrégés de pharmacie, Botanique: les familles de plantes, 15^{ème} édition.

F

- ★ **Farzaneh N., Mahmoud M., Saeed M., Motamed et Abdolbaset G., 2005.** *Labiatae* Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology, Traditional Medicine & Materia Medica Research Center, Shaheed Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2: 63-79.
- ★ **Florence M., 2012.** utilisation thérapeutique des huiles essentielles : étude de cas en maison de retraite, thèse, université de Lorraine, p13.

G

- ★ **Graciliana L., Euge'nia P. et Li'gia S., 2016.** Natural Products: An Alternative to Conventional Therapy for Dermatophytosis, *Mycopathologia*, 182: 143–167.
- ★ **Grunwald J. et Janicke C., 2004 .**Guide de la phytothérapie, édition Marabout, p 293.
- ★ **Guignard L. et Dupont F., 2004.** Botanique systématique moléculaire, 13ed MASSON, Belgique, p 234-237.

H

- ★ **Hadjadj S. et Bennour S., 2018.** Effet biocides de quelques substances naturelles sur le *puceron vert* du rosier (*Macrosiphum rosae* Linnaeus), Mémoire, p 13.
- ★ **Hakem L., 2022.** Evaluation du pouvoir antioxydant des extraits de la racine de *l'Arbutus unedo L*, Université Abou Bekr-Belkaid-Tlemcen, mémoire de master, P 19, 20.
- ★ **Haleng j., Pincemail O., Defraigne j., Charlier C. et Chapelle J., 2007.** Le stress oxydant, *Rev Med Liege*; 62: 628-638.
- ★ **Harborne J., 1998.** Phytochemical methods, London: Chapman and Hall, p 286.
- ★ **Heim E. K., Tagliaferro A. R., and Bobilya D. J., 2002.** Flavonoïds antioxydants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships, the *journal of Nutritional Biochemistry*; 13: 572 – 584.

J

- ★ **Iman I., 2012.** Etude des Activités antioxydant et antifongique de l'huile essentielles des Fleurs sèches de *Lavandula officinalis*: application aux moisissures des légumes sec, *article*, p 44- 52

J

- ★ **Jacotot B., 1997.** Vitamine E et athérosclérose, *Rev, Méd, Interne*, Vol, 15: 627-629.

K

- ★ **Kahlouche R., 2014.** Evaluation chimique et activité antibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie, Thèse de doctorat, université de Constantine, P 6, 8. 12
- ★ **Kellal S. et Boumekla M., 2019.** Analyse microbiologique de boissons chaudes (*thé, café au lait, boisson chocolatée Nesquik et chocolat au lait*) en distribution automatique et étude de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles commerciales, Mémoire, Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou, p 21.
- ★ **Kherkhache H., 2010.** Composition chimique et l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle et l'extrait butanolique *Saccocalyx satureioides*, p 51
- ★ **Koubai N. et Chaouche K., 2020.** Caractérisation biochimique et activités biologiques des extraits de plantes médicinales de la famille des *lamiacées* du parc national Theneit el had. Centre Universitaire El-wancharissi de Tissemsilt Institut de Sciences et de la Technologie, P 58.
- ★ **Krief S., 2003.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda, activités biologiques et étude chimique de plantes consommées, Thèse de doctorat, Brunoy, 237 p.

L

- ★ **Laib I., 2012.** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : application aux moisissures des légumes secs., Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agroalimentaires, INATAA, Université de Constantine Mentouri, Algérie, « Nature & Technologie », n° 07, Pages 44 à 52.
- ★ **Lee K. W., Kim Y. J., Lee H. J. and Lee C. Y., 2003.** Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *J. Agric.Food. Chem.*; 51: 7292-7295.

M

- ★ **Magali M., 2013.** Origine et conséquences du stress oxydant, Thèse pour le doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil. P : 13, 14.
- ★ **Maria J. et Paulina B., 2005.** Biological Activity of *Quinones*, *Studies in Natural Products Chemistry*; 30: 303-366.
- ★ **Maria L., 2002.** *Lavender, The genus Lavandula*, Taylor & Francis, London and New York, 268 p.
- ★ **Maud B., 2013.** *Lavandula angustifolia M., Lavandula latifolia M., Lavandula x intermedia E: études botaniques, chimiques et thérapeutiques*, Université Joseph Fourier faculté de pharmacie de Grenoble, Thèse de doctorat, P 19, 20,21.
- ★ **Menasour F., 2015.** Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier, Thèse de École nationale supérieure agronomique el-Harrach– Alger, p 221.
- ★ **Messaoud C., Chograni H. et Boussaid M ., 2011.** Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula L. species*, *Natural Prod Res*, 26: 1976-1984.

- ★ **Miladinovic D., 2012.** Investigation of the chemical composition antibacterial activity relationship of essential oils by chemometric methods, *Analytical and bioanalytical chemistry*; 403: 1007-1018.
- ★ **Molyneux P., 2004.** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, *Songklanakarin. J., Sci., Technol*, 26(2): 211-219

P

- ★ **Panahi Y., Akhavan A. et Sahebkar A., 2012.** Investigation of the effectiveness of *Syzygium aromaticum*, *Lavandula angustifolia* and *Geranium robertianum* essential oils in the treatment of acute external otitis: a comparative trial with ciprofloxacin, *Journal of microbiology, immunology and infection*, 1-6.
- ★ **Peltier J., Ytterberg A., Sun Q. et van Wijk K., 2004.** New functions of the thylakoid membrane proteome of *Arabidopsis thaliana* revealed by a simple, fast, and versatile fractionation strategy, *J., Biol, Chem.*, 279: 49367-49383.
- ★ **Perfumer et Flavorist., 2009.** A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries, Vol., 34, In Baser K., and Buchbauer G., 2010, *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*, Ed. Taylor and Francis Group, LLC., United States of America, p 994.
- ★ **Philippe Jean Marie., 2007.** Le guide de l'apiculture, la calade, guide, p 348.
- ★ **Prusinowka R. et Smigielski K., 2014.** Composition biological properties and therapeutic effects of *lavender (Lavandula angustifolia L)*, a review *Herbapolonica*; 60(2): 56-66.

Q

- ★ **Quezel P. et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, *Tome II., Ed. C.N.R.S., Paris*, p 799.

R

- ★ **Raven H., Evert F. et Eichhoh S., 2014.** Biologie végétale ,3^eédition, *Boeck rue des minimes, Paris*, p 27.
- ★ **Rodolphe E., Vincent V., Savolainen Et Daniel J., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs édition 3, Presses polytechniques et universitaires romandes, P 328.

S

- ★ **Saouli S., 2019.** Taxonomies et principes actifs des plantes médicinales, mémoire, Université Mohamed Boudiaf- M'asila, P 20, 22, 24, 26.
- ★ **Schauenberg P. et Paris F., 2010.** Guide des plantes médicinales: Analyse, description et utilisation de 400 plantes, Ed., Delachaux et Niestlé, p 396.
- ★ **Sokovic M., Glamoclija J. et Marin P., 2010.** Antibacterial effects of the essential oils of *commonly consumed* medicinal herbs using in vitro model, *Molecules*, 15: 7532-7546.
- ★ **Spichiger R., Savolainen V. et Figeât M., 2000.** Botanique systématique des plantes à fleurs, Une approche phylogénétique nouvelle des *Angiospermes* des régions tempérées et tropicales, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse, p 328.

T

- ★ **Tass A. et Yahi D., 2022.** Etude des activités biologiques de l'espèce *Lavandula Officinalis*, Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi, P 10- 42.
- ★ **Teuscher E., Anton R. et Lobstein A., 2005.** plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, *Tec et Doc* éditions, *Paris*, P 105.
- ★ **Toninolli F. et Meglioli V., 2013.** Huiles Essentielles L'encyclopédie, *JUDENA, France*, p 37, 38, 202.

V

- ★ **Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M., Mazur M. et Telser J., 2007.** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease, *Int., J., Biochem., Cell Biol.*, Vol. 39: 44-84.
- ★ **Yolande D., 2015.** diversité chimique et caractérisation de l'impact du stress hydrique chez les lavandes, Université des Sciences et Techniques de Saint Etienne, Thèse de doctorat, 180 pages.

Z

- ★ **Zuzarte et al., 2009.** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer, *Chemico-biological interactions*, 160 (1):1-40.

Annexes

Annexes :

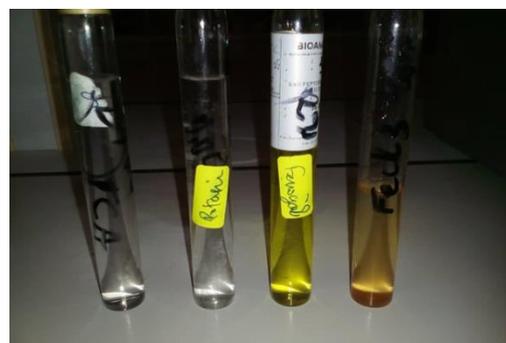
Annexe 01 : matériels et solvants utilisés

Equipements	Matériel
<ul style="list-style-type: none">▪ Rota Vapeur de (type Heidolph)▪ Balance Plaque chauffante (de type Heidolph)▪ Balance de précision (de type OHAUS ADVENTURER)▪ Centrifugeuse de type	<ul style="list-style-type: none">▪ Becher▪ Erlenmeyer▪ Fioles▪ Pipette et Micropipettes▪ tube en verre▪ Papiers filters▪ Eprouvette graduée▪ Ampoule à décante▪ Spatule▪ Verre a montre▪ Papier aluminium

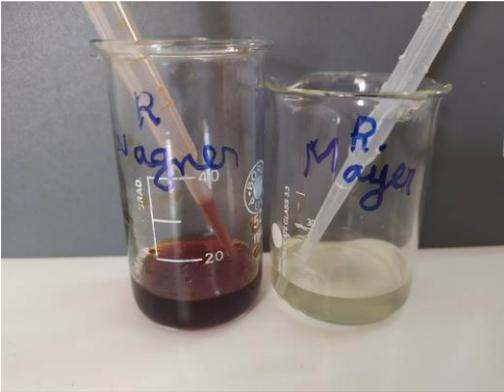
Les verreries :



Les réactifs :



- Les réactifs de mayer et wagner préparés pour le test d'alcaloïdes



- Bain de sable pour l'évaporation à sec de filtrat.



Préparation des extraits pour le test FRAP

