

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالأغواط
FACULTE DES SCIENCES
كلية العلوم
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
قسم البيولوجيا



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie appliquée

THEME

ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE ET DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES DE QUELQUES PLANTES DE LA FAMILLE DES LAMIACEES

Réalisé par :

BENGANA Khadîdja

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} BOOSSOUSSA Hadjer	M.C.A	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Rapporteur : M ^{me} EL-HOUITI Fatiha	M.C.B	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Co-Rapporteur : Mr OUINTEN Mohamed	Professeur	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Examinatrice : M ^{elle} BENABED Khadidja Houda	M.C.B	École Normale Supérieure - Laghouat

Soutenu publiquement le : 24 /06/2018.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
FACULTE DES SCIENCES
كلية العلوم
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
قسم البيولوجيا



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie appliquée

THEME

ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE ET DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES DE QUELQUES PLANTES DE LA FAMILLE DES LAMIACEES

Présenté par :

BENGANA Khadîdja

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} BOUSSOUSSA Hadjer	M.C.A	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Rapporteur : M ^{me} EL-HOUITI Fatiha	M.C.B	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Co-Rapporteur : Mr OUINTEN Mohamed	Professeur	Univ. Amar Téliidji - Laghouat
Examinatrice : M ^{elle} BENABED Khadidja Houda	M.C.B	École Normale Supérieure - Laghouat

Soutenu publiquement le : 24 /06/2018.

Dédicaces

*Avec l'aide de Dieu Tout-Puissant, j'ai pu réaliser ce
modeste travail que je dédie À :*

*Mes parents ; que Dieu les protège. Ils m'ont toujours
poussée à aller plus loin ; je leur suis très reconnaissante.*

Mes chères frères Ahmed et Ibrahim.

*Mes chères sœurs Fatima Zahra et "ses enfants ", Aicha
Lina, et ma petite sœur Amina.*

*À la mémoire de ma chère grand-mère El hadja.S.Ben
Ahmed*

Et Ma Cher grand-père El hadj.Nawar

À toute la famille de Bengana

Pour la famille de ma mère: Rahmoun

Mes cher (s) amis (es), M^{lle}. Djeireb. F, ...etc.

*A tous ceux qui ont cru en moi et pour toute personne
avec qui je partage un beau souvenir.*

Remerciement

Avant toute chose, je remercie ALLAH, le Miséricordieux de m'avoir donnée foi, volonté, et courage pour atteindre mon objectif.

*Mon profond remerciement à mes **parents** pour leurs encouragements, leurs conseils pour atteindre à haute niveau et pour atteindre mes objectifs.*

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au Dr Fatiha Elhouiti, la responsable de cette étude, pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail, pour le choix du thème et d'avoir accepté de diriger ce travail et de m'avoir toujours soutenue

Je remercie également Pr. Mohamed Quinten, mon encadreur, d'avoir acceptée de diriger ce travail avec beaucoup de soin.

Nos remerciements s'adressent aux membres de jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Mes remerciements les plus profonds au responsable des laboratoires de recherche Professeur. Yousfi Mohamed, pour l'aide matérielle (produits et consommable).

On exprime nos sincères remerciements M. Gourine et M. Harrath, équipe de laboratoire des sciences Fondamentales à l'Université AMMAR THELIDJI de Laghouat pour leurs aides, et leur disponibilité.

Je remercie également Dr. BENABED Khadîdja Houda, pour m'avoir orienté et conseillé tout au long de travail pratique.

J'exprime mes remerciements au responsable et aux ingénieures des laboratoires du Département de Biologie d'avoir mis à mon entière disposition le matériel nécessaire à la réalisation de ce travail.

Mon entière gratitude à mon prof M^{lle}. DJEIREB Fadhila, pour m'avoir donné des conseils et des informations aide moi au long de mon parcours scolaire et de m'avoir toujours soutenue.

Mes remerciements s'adressent à tous les enseignants qui m'ont accompagnée tout le long de mon parcours scolaire et au-dessus d'eux M. BOUBRIMA Youssef, M. GUENANE, M. GOUZI Hicham, M^{me}. BENAROUS Khadîdja, M^{me}. NBEG Halima ... et M. CHAIBI le Chef de département de Biologie.

Je remercie également mes camarades de promotion 2017-2018 de master biochimie appliqué.

Merci à tous ceux et celles qui m'ont aidée et qui ne sont pas cités ci-dessus sachent que ma reconnaissance est profonde et que mon respect leur est profondément acquis.

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier la composition chimique, l'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre plantes de la famille des *Lamiacées* : *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*. Les huiles essentielles de ces plantes ont été obtenues par hydrodistillation de la partie aérienne. Les teneurs en huiles essentielles de *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* sont 1,69%, 0,99%, 1,61 % et 0,33%, respectivement. L'analyse par chromatographique en phase gazeuse CPG a révélé que les composés majoritaires chez *Mentha piperita* sont le Pipéritone et le Limonène. Le Pulégone chez *Mentha pulegium* et le Carvacrol chez *Thymus vulgaris* Alors que chez *Thymus algeriensis* le Carvacrol acétate, le Limonène, l' α -Terpinyl acétate, l' α -Pinène et le Camphre sont majoritaires. L'étude de l'activité antioxydant a été réalisé en utilisant le test chimique DPPH, l'étude a montré que les huiles essentielles de nos échantillons possèdent un pouvoir antioxydant faible par rapport aux antioxydants de références utilisées (Vitamine E, Vitamine C et BHT).

Mots clés : *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Huiles essentielles, Activité antioxydant, Test DPPH

مُلخَص

الهدف من هذا العمل هو دراسة التركيب الكيميائي، والنشاط المضادة للأكسدة و ذلك للزيوت العطرية لأربع نباتات من العائلة الشفوية: النعناع الفلفلي، النعناع الأوروبي (أو يدعى كذلك الفليو)، زعتر الجبل و الجرتيل. تم الحصول على هذه الزيوت العطرية عن طريق تقنية التقطير المائي للأجزاء العلوية. حساب النسبة المئوية للزيت العطري بينت أن النعناع الفلفلي يحتوي على 1,69%، الفليو يحتوي على 0,99%، زعتر الجبل يحتوي على 1,61 % و الجرتيل يحتوي على نسبة 0,33 % من الزيوت العطرية. من خلال الكشف الكروماتوغرافي الغازي فإن زيت النعناع الفلفلي يغلبه في التركيب بيبيريبتون و ليمونين، الفليو يغلبه بيليجون، في حين زعتر الجبل يتكون بأعلى كمية من كاغفون في حين الجرتيل يتكون من كاغفاكغول أسيتات، ليمونين، ألفا-تيغيبينيل أسيتات، ألفا-بينيون، و كاموفغ. بعد دراسة قدرة نشاط الزيوت المضادة للأكسدة تبين من خلال الكشف باختبار DPPH أن قدرة الزيوت على تثبيط الجذور الحرة ضعيفة جدا مقارنة بمضادات الأكسدة المرجعية (فيتامين E، قتامين C و BHT).

كلمات المفتاح : النعناع الفلفلي، الفليو، زعتر الجبل، الجرتيل، الزيوت العطرية، النشاط المضاد للأكسدة، إختبار DPPH.

Abstract

The aim of this work is to study the chemical composition, the antioxidant activity of the essential oils of four plants of the Lamiaceae family: *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis*. The essential oils of these plants were obtained by hydrodistillation of the aerial parts. The essential oil contents of *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis* are 1,69%, 0,99%, 1,61% and 0,33%, respectively. GC gas chromatographic analysis revealed that the major compounds in *Mentha piperita* are Piperitone and Limonene, Pulregone in *Mentha pulegium*, Carvacrol in *Thymus vulgaris* and Carvacrol acetate, Limonene, α -Terpinyl acetate, α -Pinene and Camphor in *Thymus algeriensis*. The study of the antioxidant activity was carried out using the DPPH chemical test, the study showed that the essential oils of our samples have a low antioxidant power by providing the reference antioxidants used (Vitamin E, Vitamin C and BHT).

Keywords: *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Essential oils, Antioxidant activity, DPPH.

TABLE DE MATIERE

Liste des Tableaux	I
Liste des Figures	II
Abréviations	IV
INTRODUCTION	2
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	5
I.1. Les plantes aromatiques	5
I.1.1. Historique	5
I.1.2. Phytothérapie et Botanique	6
a)- Définitions de phytothérapie :	6
b)- La relation entre phytothérapie et botanique :	6
I.1.3. La famille des Lamiacées	7
I.1.3.1. Historique :	7
I.1.3.2. Les caractéristiques botaniques de la famille :	7
a)- Appareil végétatif :	7
b)- Appareil reproducteur :	8
I.1.3.3. Utilisations traditionnelles	8
I.1.3.4. Toxicité de la famille des lamiacées	9
I.2. Les huiles essentielles (HE)	10
I.2.1. Histoire et origines des huiles essentielles	10
I.2.2. Définition des huiles essentielles	11
I.2.3. Répartition, localisation et le rôle des huiles essentielle	11
I.2.3.1. Répartition	11
I.2.3.2. La localisation	12
I.2.3.3. Le rôle	12
I.2.4. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles	13
I.2.4.1. Propriétés physiques :	13

I.2.4.2. Composition chimique :	13
a)- Terpénoïdes :	13
b)- Les composés aromatiques :	14
I.2.5. Les facteurs de variabilités des huiles essentielles	15
I.2.5.1. Origine botanique	15
I.2.5.2. Le cycle végétatif	15
I.2.5.3. Les facteurs génétiques :	15
I.2.5.4. Influence des facteurs extrinsèques :	16
I.2.5.5. L'influence du procédé d'obtention et de la technique de conservation	16
I.2.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	16
I.2.5.1. La distillation	17
I.2.5.2. Hydrodistillation par micro-ondes, sous vide :	20
I.2.5.3. L'épuisement par solvants fixes	20
I.2.5.4. Hydrodiffusion :	21
I.2.5.5. Conservation des huiles essentielles	21
I.2.6. L'intérêt biologique des huiles essentielles	22
I.2.7. La toxicité des huiles essentielles	25
I.2.8. Mode d'action des huiles essentielles	25
I.3. Les radicaux libres et activité antioxydant	26
I.3.1. Généralités	26
I.3.2. Stress oxydatif	26
I.3.2.1. Définition du Stress oxydatif	26
I.3.2.2. Origine du stress oxydatif	27
I.3.3. Les radicaux libres	27
I.3.3. Le pouvoir antioxydant	28
I.3.3.1. Définition d'un antioxydant	28
I.3.3.2. Différents types d'antioxydants	29
a)- Antioxydants synthétiques	29

b)- Antioxydants naturels _____	29
PARTIE II: MATERIELS ET METHODES _____	31
II.1. Matériel végétal _____	31
II.1.1. Les plantes étudiées _____	31
II.1.2. Description des stations de collecte _____	31
II.1.3. Séchage et Conservation du matériel végétal _____	31
II.1.4. Description botanique des plantes étudiées _____	32
a)- <i>Mentha piperita</i> _____	32
b)- <i>Mentha pulegium</i> _____	33
c)- <i>Thymus vulgaris</i> _____	33
d)- <i>Thymus algeriensis</i> _____	34
II.1.5. Caractéristiques botaniques _____	35
II.2. Méthodes expérimentales _____	36
II.2.1. Extraction des Huiles essentielles _____	37
II.2.1.1. Procédé d'extraction _____	37
II.2.1.2. Calcule des rendements _____	38
II.2.1.3. La conservation _____	38
II.2.2. Analyse chromatographique des huiles essentielles _____	38
II.2.2.1. Les conditions opératoires de la CPG _____	38
II.2.2.2. L'identification des composés _____	39
II.2.3. Evaluation de pouvoir antioxydant _____	39
II.2.3.1. Le principe du test DPPH _____	39
II.2.3.2. Le mode opératoire _____	40
II.2.4. L'analyse statistique _____	40
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION _____	43
III.1. La teneur en huile essentielle _____	43
III.2. Composition chimique des huiles essentielles _____	45
III.3. L'étude du pouvoir antioxydant _____	49

CONCLUSION	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
ANNEXES	66
NOMS DES SCIENTIFIQUES	68
GLOSSAIRE	69

Liste des Tableaux

- Tableau 1:** Les plantes étudiées, leurs noms scientifiques et communs ainsi que des informations sur la collecte. _____ 31
- Tableau 2:** La situation géographique et les climats des stations de collecte, selon weather-atlas (weather-atlas., 2018). _____ 31
- Tableau 3:** Représente la systématique des quatre espèces. _____ 36
- Tableau 4 :** La variation de la teneur des huiles essentielles des plantes étudiées. _____ 43
- Tableau 5 :** Composition chimique des différents échantillons d'huiles essentielles analysées par CPG. _____ 46
- Tableau 6:** Les valeurs de l'EC₅₀ des huiles essentielles de quatre espèces et de trois standards en utilisant le test DPPH. _____ 51

Liste des Figures

Figure 1 Formule semi développée de la molécule isoprène. _____	14
Figure 2: Exemples de structures de composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles. _____	14
Figure 3: Appareil d'hydrodistillation de type Clevenger (Bengana., 2018). _____	18
Figure 4: Appareillage de distillation à la vapeur saturée. _____	19
Figure 5: Appareillage de vapodistillation (Bengana., 2018). _____	19
Figure 6: Appareillage de l'hydrodistillation par micro-ondes (Bengana., 2018). _____	20
Figure 7: Un exemple d'enfleurage (Bengana., 2018). _____	21
Figure 8: Origine des différents radicaux libres oxygénés et des espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier., 2003). _____	28
Figure 9 : A) <i>Mentha piperita</i> de forme sèche ; B) <i>Mentha piperita</i> (Bengana, 2018). _____	32
Figure 10: A) <i>Mentha pulegium</i> sèche ; B) <i>Mentha pulegium</i> frais (Bengana., 2018) _____	33
Figure 11: A) <i>Thymus vulgaris</i> sèche (Bengana., 2018) ; B) <i>Thymus vulgaris</i> frais. _____	34
Figure 12: A) <i>Thymus algeriensis</i> sèche (Bengana., 2018); B) <i>Thymus algeriensis</i> frais. _____	35
Figure 13: Organigramme expliquant les principales étapes de notre travail. _____	36
Figure 14: Appareil de l'hydrodistillation de type Clevenger (Bengana.,2018). _____	37
Figure 15: Série des Clevengers branché au même temps (Bengana. K, 2018). _____	37
Figure 16: Réduction du radical libre DPPH [•] (Molyneux., 2004). _____	40
Figure 17: Présentation graphique de La variation de la teneur des huiles essentielles des plantes étudiées. _____	44
Figure 18 : L'activité antioxydant des huiles essentielles de quatre espèces, graphes représentent le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'HE en mg/ml. _____	50

Figure 19: Le pouvoir antioxydant des standards, graphes représentent le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration des standards en mg/ml. _____ 51

Abréviations

Abs	: Absorbance
ADN	: Acide désoxyribonucléique
apr	: Après
av	: avant
BHA	: Butylhydroxyanisole
BHT	: Buthylhydroxytoluene
CPG	: Chromatographie en phase gazeuse
DPPH	: (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
EC₅₀	: Concentration équivalente requise pour réduire 50% des radicaux libres DPPH.
ERO	: Espèce Oxygénée Réactive
g	: Gramme
GABA	: <i>Gamma-AminoButyric Acid</i>
J.-C	: Jésus-Christ « la paix soit sur lui »
h	: Heure
HE	: Huiles essentielle
H.E.C.T	: Huile Essentielle Chémotypée
HIV	: <i>Human Immunodeficiency Virus</i>
I (%)	: Pourcentage d'inhibition
IUPAC	: Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
Kg	: Kilogramme
IRL	: Indice de Rétention linéaire
IUPAC	: Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
min	: Minute
ml	: Millilitre
M	: Concentration molaire (mol/ ml)
nm	: Nanomètre
PG	: Gallate propylée
Pi	: Pied
S	: Second
TBHQ	: Tertiobutylhydroquinone
tr	: Temps de rétention
UV/Vis	: Ultraviolet-visible
V	: Volume
μM	: Micromolaire

Introduction

INTRODUCTION

Depuis longtemps, L'homme puise dans son environnement naturel pour trouver des solutions à ses problèmes pathogéniques et des troubles métaboliques. Pour cette raison, il a utilisé des plantes aromatiques locales dans la thérapie basée sur l'analyse et l'observation. Ce domaine est appelé phytothérapie.

Dans un cadre exhaustif, les plantes aromatiques sont utilisées sous forme de tisanes, extraits ou préparations complexes, sans connaître les molécules actives responsables. Certains effets pharmacologiques prouvés sur l'animal ont été attribués à des composés tels que les huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires volatiles se trouvant dans différentes parties des plantes : fleurs, feuilles, écorces, racines. Généralement, ce sont des antiseptiques, antibactériens, antifongiques, vermifuges et stomachiques. De nos jours, on dénombre environ 600 essences utilisées en aromathérapie dont l'essor s'étend dans le domaine médical et touristique (**Lucienne., 2010**).

L'activité biologique d'une huile essentielle est liée à sa composition chimique avec les possibles effets synergiques entre ses composants ; valeur dépendant de l'intégralité de ses constituants et pas seulement aux composés majoritaires (**Lahlou., 2004**).

Indépendamment des effets mentionnés ci-dessus, les huiles essentielles ont, aussi, fait l'objet d'autres études biologiques telle que le pouvoir antioxydant, faisant objet de notre étude dans ce travail.

Un antioxydant est une substance qui, ajoutée à faible dose à un produit naturellement oxydable à l'air, est capable de ralentir le phénomène d'oxydation, en augmentant le temps au bout duquel intervient une altération décelable d'un produit. L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse étant actuellement remise en question à cause des risques toxicologiques potentiels (c'est le cas du BHA, BHT, TBHQ...), de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels (Carvacrol, Eugénol, Tocophérol, Thymol...) sont recherchées par les industriels (**Félicien et al., 2004**).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à la composition chimique, aux propriétés antioxydantes de l'huile essentielle de quelques plantes de la famille des *Lamiacées*, telle que *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*.

Ce travail a été entrepris pour les raisons suivantes :

- ✿ Tous d'abord, ces plantes, se répartissent dans le sud de l'Algérie, notamment dans la région de Laghouat. Elles sont, souvent, employées par la population locale en médecine populaire, afin de traiter de nombreuses maladies telles que les maladies mentales et les maladies du système digestif (**Belouaed.,2014 ; Hamoudi.,1997**).
- ✿ De plus, l'étude de la propriété antioxydant des huiles essentielles, représente une partie importante dans les domaines industriels : agroalimentaire, cosmétique et pharmacologique.
- ✿ Par ailleurs, peu de travaux ont été consacrés à l'étude des constituants chimiques et leur pouvoir antioxydant en l'Algérie en général et dans les laboratoires de recherche scientifique à Laghouat en particulier (**Benabed.,2011 ; Elhouiti.,2010 ; Laghouiter.,2012 ; Hellal.,2011**).

Ce mémoire est structuré en trois parties :

La première partie, présente principalement un rappel bibliographique où nous avons apporté un précis sur l'histoire des plantes aromatiques, leurs caractéristiques et leurs intérêts multiples. Nous nous sommes concentrés plus sur la famille des *lamiacées*. De plus, nous avons apporté un abrégé sur l'histoire des huiles essentielles, leur mode d'extraction, leurs activités biologiques et leur mode d'action.

La deuxième partie, est la partie expérimentale. Elle est articulée en trois étapes :

- ✿ Dans un premier temps, nous avons procédé aux extractions par la méthode d'hydrodistillation et à la détermination de la teneur en huiles essentielles ;
- ✿ Dans l'étape suivant, nous avons analysé les huiles essentielles par CPG et déterminé leur composition chimique ;
- ✿ Dans le troisième volet, nous avons évalué le pouvoir antioxydant de ces huiles essentielles par la méthode de piégeage du radical libre DPPH' et nous l'avons comparé avec le pouvoir antioxydant des standards (Vitamine E, Vitamine C et BHT).

La troisième partie du ce travail s'intéresse à la présentation de l'ensemble des résultats obtenus et aux discussions qui en découlent.

Nous terminerons cette étude par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

Etude Bibliographique

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Les plantes aromatiques

I.1.1. Historique

Les plantes aromatiques et/ou médicinales étaient l'une des rares sources de guérisons des maladies de l'Homme et des animaux. Les plantes médicinales ont été employées, pendant des siècles, comme remèdes contre les maladies humaines parce qu'elles contiennent des composants de valeurs thérapeutiques appelées les métabolites secondaires.

Les connaissances que possède l'homme en botanique n'ont pas été acquises sans dangers. Tout ce que savaient les grecs dans l'antiquité sur les plantes médicinales est résumé dans les écrits de **Dioscoride et Théophraste (Beloued., 2014)**. De l'antiquité gréco-romaine, mentionnons les grands médecins grecs Hippocrate (460-377 av. J.-C.), Dioscoride (1^o siècle apr. J.-C.) et Galien (131-201 av. J.-C.). Pour sa part, le Romain Pline l'Ancien, à la fois amiral, écrivain et naturaliste, a écrit une "Histoire naturelle" en 37 volumes. L'ouvrage de Dioscoride, sur la matière médicale "*De materia medica* ", qui décrivait tous les médicaments en usage à son époque (**Iserin., 2001**).

Aux **VII^{ème}** et **IX^{ème}** siècles, les musulmans avaient, eux aussi, leurs spécialistes en médecine et en pharmacie. AbuBakr al-Razi (865-925) fut l'un des grands médecins de son temps et, aussi, le précurseur de la psychothérapie. Il fut suivi par Ibn Sina ou Avicenne (980-1037) qui écrivit le "*Canon de la médecine*". Ce livre servira de base à l'enseignement de la médecine dans les universités de Louvain et de Montpellier, jusqu'aux environs de 1650 (**Fouché et al., 2000**).

Au **XII^{ème}** siècle, ^{Ibn} al Baytar (1197-1248) rédige le très complet livre «Somme des Simples» : ce livre contenait une liste de 1400 préparations et plantes médicinales dont un millier étaient connues des auteurs grecs (**Fouché et al., 2000**).

Au **XVI^{ème}** siècle a été émise l'idée d'extraire la quintessence des plantes ; c'est-à-dire les principes actifs. Cette idée a été reprise et appliquée de nos jours. Mais il fut aussi le propagateur de la théorie mystique de vertu significative d'après laquelle, en raison d'une correspondance mystérieuse entre le mode extérieure et l'organisme, les médicaments sont désignés à l'avance par leur structure ou leur ressemblance avec quelques parties du corps. La tête du pavot, par exemple, par sa forme, doit avoir une action sur la tête de l'homme. On dira plus tard que l'action du café sur le cerveau est tout indiquée dans la forme de la graine. Le plus curieux est

que ces théories arbitraires ont plus d'une fois permis de découvrir des efficacités réelles. Ces singulières idées eurent cours jusqu'au début du **XIX^{ème}** siècle (**Beloued., 2014**).

Au **XVI^{ème}** siècle, la célèbre école italienne de Salerne a marqué la médecine de son temps. Elle conseillait au roi « de conserver un esprit gai, de se ménager du repos, et de se contenter d'une alimentation modeste ». Aujourd'hui, ces conseils pourraient être suivis judicieusement par chacun d'entre nous (**Iserin, 2001**).

Au début du **XX^{ème}** siècle, des chercheurs scientifiques ont fabriqué des molécules synthétiques (**Iserin., 2001**). Jusqu'à nos jours, encore, une grande partie de nos médicaments sont élaborés à base de plantes (exemple : l'aspirine extrait de l'écorce du Saule) (**BabaAissa., 1999**). Plusieurs travaux de recherche actuels s'intéressent à l'étude des propriétés de plantes médicinales, et en particulier des plantes aromatiques. La famille la plus représentative de ce groupe de plantes est celle des *Lamiacées*. Avec, environ, 5000 espèces, elle représente une des familles les plus importantes par ses plantes utilisées dans la médecine traditionnelle (**Gurib., 2006**).

I.1.2. Phytothérapie et Botanique

a)- Définitions de phytothérapie :

Étymologiquement le traitement par les plantes, est une méthode thérapeutique qui utilise l'action des plantes médicinales. On peut distinguer deux types de phytothérapie :

- ✿ Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Cette phytothérapie est considérée comme une médecine traditionnelle et encore massivement employée dans certains pays. C'est une médecine parallèle du fait de l'absence d'étude clinique (**Lamnaouer., 2002**).
- ✿ Une pratique basée sur les avancées scientifiques et la recherche des principes actifs des plantes. Cette phytothérapie est assimilée aux médicaments et, selon les pays, suit les mêmes réglementations. On parle alors de pharmacognosie (**Lamnaouer., 2002**).

b)- La relation entre phytothérapie et botanique :

La phytothérapie utilise les plantes ayant des propriétés médicinales. Les préparations peuvent être obtenues par macération, infusion, décoction, ou sous forme de teinture, poudre totale, extraits ...etc. Les plantes médicinales peuvent être des espèces cultivées mais dans la plupart des cas des espèces sauvages d'où la nécessité de l'identification précise des plantes employées (**Lamnaouer., 2002**).

L'identification précise des plantes représente une nécessité concrète, car elle est la base de l'utilisation sécuritaire des produits de santé naturels à base de plante. Sans une identification botanique appropriée, au départ, l'utilisation sécuritaire de produits de qualité ne peut pas être garantie (Lamnaouer., 2002).

I.1.3. La famille des *Lamiacées*

Elle s'appelle *Lamiacées*, d'après Martinove (1820), et, aussi, nommée *Labiatae*, d'après Jussieu (1789).

Il s'agit de l'une des principales familles, avec 258 genres et 6 900 espèces, plus ou moins cosmopolites, mais particulièrement répandues depuis le Bassin méditerranéen jusqu'en Asie centrale.

Les principaux genres sont *Salvia*, avec 800 espèces, *Hyptis*, avec 400 espèces, *Clerodendrum*, avec 400 espèces, *Thymus*, avec 350 espèces, *Plectranthus*, avec 300 espèces, *Scutellaria*, avec 300 espèces, *Stachys*, avec 300 espèces, *Nepeta*, avec 250 espèces, *Vitex*, avec 250 espèces, *Teucrium*, avec 200 espèces, *Perenna*, avec 200 espèces, *Callicarpa*, avec 140 espèces..., *Lamium*, avec 40 espèces... (Michel., 2010).

I.1.3.1. Historique :

La famille de *lamiacées* est une des premières familles à été circonscrite : la plupart des espèces sont regroupées par Linné dans sa classe XIV « Didynamie ». Certaines d'entre elles (*Salvia*, *Rosmarinus*, *Lycopus*) étant, cependant, isolées dans la classe II « Diandrie » aux côtés, par exemple, des espèces qui constitueront les *Oleaceae* (Michel., 2010).

Le Romarin, parmi les anciens qui faisait des couronnes, a servi à l'élaboration d'un remède longtemps réputé, l'eau de la reine de Hongrie qui en fait est un alcoolat : à l'aide de ce remède, la souveraine, âgée de 72 ans, guérit des rhumatismes et de podagre (Michel., 2010).

I.1.3.2. Les caractéristiques botaniques de la famille :

a)- Appareil végétatif :

Ce sont des plantes herbacées, annuelles ou surtout vivaces, ou des sous-arbrisseaux, parfois des arbres (*Hyptis*). La section des tiges est carrée avec des amas de collenchyme au niveau des angles lorsque la plante est herbacée, mais ce caractère disparaît chez les plantes ligneuses par suite du fonctionnement des assises génitrices secondaires qui est circulaire.

Beaucoup d'herbes peuvent se propager rapidement par l'émission de stolons, comme par exemple le Lierre terrestre (*Glechoma hederacea* L) (Michel., 2010).

Les feuilles, sans stipules, sont opposées-décussées, parfois verticillées, simple ou quelquefois lobées ou découpées (Michel., 2010). Ils ont des poils tecteurs allongés non glanduleux et de poils sécréteurs d'huiles essentielles.

Il y a des espèces xérophytes. Elles sont adaptées à la sécheresse (Le Romarin, le Thym, la Lavande, par exemple) (Michel., 2010).

b)- Appareil reproducteur :

Inflorescence : situées à l'aisselle des feuilles supérieures, elles sont du type cyme : d'abord bipares, puis unipares par manque de place (Dupont et Guirnard., 2012).

Fleur : les fleurs sont zygomorphes, généralement bilabiées, hermaphrodites (Michel., 2010).

Fruit : c'est un tétrakène, fruit schizocarpe se séparant en quatre, ou une drupe de un à quatre noyaux (genre *Prasium*). La graine est exalbuminée (Michel., 2010).

I.1.3.3. Utilisations traditionnelles

Usages culinaires : l'un des grands usages de nombreuses plantes de cette famille est l'aromatisation des aliments. La menthe, surtout *Mentha spicata*, entre dans la préparation de nombreux plats, tandis que l'huile essentielle de *Menhta piperita* intervient dans la confiserie et la liquoristerie.

Parfumerie : l'essence de la lavande vraie est très utilisée en parfumerie et en cosmétologie. L'essence d'aspic, meilleur marché, est un succédané utilisé en parfumerie, cosmétologie et savonnerie. La Patcholy (*Pogostement cablin*) a également de grandes utilisations en parfumerie.

Ébénisterie : L'arbre de Tec (*Tectona grandis* L) est un grand arbre des régions de mousson, en Inde. Il possède de grandes feuilles elliptiques et des panicules de petites fleurs blanches. Résistant aux Termites et aux champignons, il est très utilisé en industrie de l'ameublement, comme revêtement ou pour construire des bateaux.

Animaux de compagnie : la népétolactone est élaborée par l'Herbe-aux-chats (*Nepeta cataria* L). Elle a la propriété d'attirer les chats.

Ornement : De nombreuses lamiacées sont utilisées en horticulture (Sauge, Monarde...) et en pots (les Coléus aux feuillages panachés) de différentes façons (**Michel., 2010**).

Economique : les lamiacées ont une importance dans l'industrie des parfums (Lavandes) ou pour l'aromatisation (c'est le cas des menthes dans l'industrie des boissons non alcoolisées) ou dans les produits d'hygiène (**Bruneton., 2005**).

I.1.3.4. Toxicité de la famille des lamiacées

Les huiles essentielles de plusieurs lamiacées peuvent se révéler dangereuses lorsqu'elles sont ingérées à forte dose. Des cas d'intoxication par ces produits ont été décrits, en France en 1986. Les intoxications décrites sont généralement consécutives à un usage inconsidéré (ex : 5 ml d'huile essentielle). La symptomatologie de ce type d'intoxication est marquée par des épisodes de convulsions de type épileptique, parfois accompagnés de cyanose et entrecoupés de phases hypotoniques et hyporéflexiques. Elle peut aussi comporter une perte de conscience (**Bruneton., 2009**). La lipophilie de ces huiles essentielles explique que leur toxicité puisse se manifester aussi bien par voie orale que par voie rectale ou par voie transcutanée comme les préparations pour les bains (**Höld *et al.*, 2000**).

Les molécules chémotypes des huiles essentielles ont une importance thérapeutique pour certaines maladies mais à forte dose cette importance peut devenir néfaste pour l'homme, α -Tuyone, par exemple, exerce une action antagoniste au niveau des récepteurs de type A ($GABA_A$) ; ce qui explique son action convulsivante (**Höld *et al.*, 2000**). Le menthol, à dose supérieures à 2g, peut déclencher un spasme de la glotte, fatal, et/ou une détresse respiratoire (**Blake., 1993**).

I.2. Les huiles essentielles (HE)

I.2.1. Histoire et origines des huiles essentielles

Reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées depuis des millénaires en Chine (Cannelle, Anis, Gingembre), en Inde, au Moyen Orient (Khella, Pin, Fenouil...), en Egypte, en Grèce, en Amérique (Aztèques, Mayas, Incas : Sassafras) et en Afrique (Encens, Myrrhe, Ravensare), les huiles essentielles tombent dans l'oubli au moyen âge. A ce moment, l'Europe connaît un retour à la barbarie avec un déclin général du savoir. Il faudra attendre l'arrivée des Arabes pour assister à un nouvel essor de la médecine par les plantes qui retrouvent alors une place de choix dans l'arsenal thérapeutique de l'époque (**Zhiri et Baudoux., 2005**).

Au **X^{ème}** siècle, le médecin et philosophe Avicenne (980-1037) produit la première huile essentielle pure. C'est une huile essentielle de roses. En Amérique, les civilisations Aztèques, Maya et Inca connaissaient parfaitement l'emploi de drogues végétales aromatiques pour guérir les infections et les plaies. Les Romains ont ensuite permis la diffusion de ce savoir en occident jusqu'au moyen-Age (**Zhiri., 2006**).

Au **XV^{ème}** siècle, les Apothicaires soulignent d'emblée l'importance des plantes aromatiques dans les préparations galéniques de l'époque (**Zhiri., 2006**).

En **1928** le chimiste français René-Maurice Gattefosse a utilisé le terme 'aromathérapie' pour décrire les propriétés curatives des HES lorsqu'il a découvert par accident que la lavande a guéri une brûlure à sa main.

En **1964**, le docteur français Jean Valnet a connu un certain succès en traitant des patients en médecine et en psychiatrie avec des HES. Aujourd'hui, il est reconnu que les HES ont des effets thérapeutiques, psycho-actifs et physiologiques sur l'homme (**Francois-Xavier., 2001**).

L'extraction des huiles essentielles par distillation à la vapeur d'eau naît à l'époque de la révolution industrielle et permet le développement de produits alimentaires et de parfums.

Au début du **XX^{ème}** siècle, des chercheurs (Chamberland, Cadéac, Martindale) démontrent, par leurs expérimentations, le pouvoir antiseptique des huiles essentielles. Mais les véritables «pères» de l'aromathérapie sont Gattefossé puis Valnet et ses disciples. R.M. Gattefossé, pionnier de la parfumerie moderne se brûlant les mains lors d'une explosion dans son laboratoire, a le réflexe génial de plonger ses mains dans un récipient rempli d'huile essentielle

de lavande. Soulagé instantanément, sa plaie se guérit avec une rapidité déconcertante. Etonné par ce résultat, il décide d'étudier les huiles essentielles et leurs propriétés (**Zhiri et Baudoux., 2005**).

I.2.2. Définition des huiles essentielles

Le terme huile essentielle serait dérivé de "*Quinta essentia*", en grec, un nom donné à la composante efficace d'un médicament par Paracelsus von Hobenheim, le pionnier médical suisse (**Guenther., 1948**). Cependant, le terme huile essentielle est trompeur car ils ne sont pas comme leur nom l'indique « essentielles » pour la nutrition ou le métabolisme, ni sont-ils des huiles dans le sens d'être des lipides à base de glycérol. Ce sont des composés aromatiques volatils à l'aspect huileux, obtenus à partir des plantes (**Burt., 2004**). Par conséquent, elles ont également été appelées huiles volatiles ou étherées (**Guenther., 1948**). Typiquement, les huiles essentielles sont extraites du matériel végétal par le procédé de distillation à la vapeur, en utilisant de l'eau ou de l'alcool aqueux, parfois avec plusieurs distillats combinés (**Losa., 2001**). Cependant, des extractions à petite échelle utilisant d'autres méthodes, telles que l'extraction par solvants ou l'extraction sous pression. En raison de la nature volatile des huiles essentielles, celles qui sont extraites à basse température sous pression (**Packiyasothy et Kyle., 2002**). Ces huiles sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes. Elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal (**Padrini., 1996**). Les huiles essentielles ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie (**Lamnaouer., 2002**).

I.2.3. Répartition, localisation et le rôle des huiles essentielle

I.2.3.1. Répartition

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs : il y a environ 500 000 plantes sur terre ; 10 000 d'entre elles, environ, possèdent des propriétés médicinales (**Iserin., 2001**).

Une étude menée sur 295 familles de plantes montre que 87 d'entre elles (soit 30%) produisent des huiles essentielles. Ces dernières sont particulièrement abondantes chez les *Apiacées*, les *Astéracées*, les *Myrtacées*, les *Brassicacées*, les *Lamiacées*, les *Lauracées*, les *Pinacées* et les *Rutacées* (**Rai et Mares., 2003**).

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs (Exp. : Bergamotier, Tubéreuse), les feuilles (Exp : Citronnelle, Eucalyptus), des écorces

(Cannelier), des bois (bois de Rose...), des racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), des fruits (Anis, Badiane...) et des graines (Muscade) (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon la localisation. Ainsi, dans le cas de l'oranger amer (*C. aurantium* L ssp. *Aurantium* ; *Rutaceae*), le "zeste", c'est-à-dire le péricarpe frais du fruit, fournit l'huile essentielle d'orange amère ou « essence de Curaçao » ; la fleur, quant à elle fournit « l'essence de Néroli » ; l'hydrodistillation de la feuille, des ramilles et des petits fruits produit « l'essence des petites graines du Bigaradier ». La composition de ces trois huiles essentielles est différente (**Bruneton., 1999**).

I.2.3.2. La localisation

Chez les plantes médicinales et aromatiques, à l'exception de leurs racines, tout l'appareil aérien (tige, pétiole, feuilles et fleurs) présente des formations glandulaires très développées. Mais, il ressort que la plus grande densité du système glandulaire est relevée sur le limbe foliaire, donc il convient de noter que les huiles essentielles sont élaborées au sein du cytoplasme de certaines cellules ; elles s'en séparent par synérèse, sous forme de petites gouttelettes qui confluent ensuite en plage plus au moins étendues. Par la suite, elles sont accumulées, sous la cuticule dans les poils glandulaires sécréteurs situés au niveau des deux épidermes de la feuille et sur les tiges, pendant la longue période allant de l'épanouissement des feuilles hors du bourgeon, au stade de feuilles adultes. De là, se remarque le rôle important de la cuticule dans le stockage des huiles essentielles (**Perrin et Colsan., 1983**).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des *Lauracées* ou des *Zingibéracées*, poils sécréteurs des *lamiacées*, poches sécrétrices des *Myrtacées* ou des *Rutacées* et canaux sécréteurs des *Astéracées* ou des *Apiacées* (**Bruneton., 2009**).

I.2.3.3. Le rôle

Le rôle des huiles essentielles n'est pas très clairement démontré pour la plante elle-même. En effet, on considère qu'il s'agit de produit de déchets du métabolisme (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

D'après **Verschaffelt., 1910** et **Sathl., 1911**, les essences constituent un moyen de défense contre les prédateurs, et protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Et certains de ces composés se comportent, aussi, comme source d'énergie (**Obame-Engonga., 2009**).

D'autre part, les essences jouent un rôle dans la conservation de l'humidité nécessaire à la vie des plantes exposées à des climats désertiques, par leurs vapeurs aromatiques qui saturent l'air autour de la plante (**Ibrahimy et al., 1995**).

I.2.4. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

I.2.4.1. Propriétés physiques :

Selon (**Bardeau., 1976 ; Legrand., 1978 ; Lemberg., 1982 et Bruneton., 1999**), les huiles essentielles possèdent, en commun, un certain nombre de propriétés physiques :

- ✿ Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther et le chloroforme ;
- ✿ Leur point d'ébullition varie de 24 à 160°C ;
- ✿ Leur densité est, en général, inférieure à celle de l'eau ; elle varie de 0,75 à 0,99 ;
- ✿ Elles ont un indice de réfraction élevé ;
- ✿ Elles sont lévogyres ou dextrogyres et rarement inactives sur la lumière polarisée ;
- ✿ Ce sont des parfums, moins fluides, volatiles et de conservation limitée ; elles sont, généralement, incolores ou jaune pâle ;
- ✿ Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation.

I.2.4.2. Composition chimique :

La chimie des huiles essentielles est organique et vaste. Pour éviter toute confusion, un système formel a été développé : le système IUPAC (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée). Ceci nomme des composés basés sur la disposition des atomes composants en groupes fonctionnels, par ex. les alcools contiennent –OH (**Clarke., 2008**).

Les huiles essentielles constituent des mélanges complexes et éminemment variables de composants appartenant à deux groupes distincts : le groupe des terpénoïdes et le groupe des composés aromatiques (**Bruneton., 2009**).

a)- Terpénoïdes :

Dans les huiles essentielles, seuls seront rencontrés les terpènes les plus volatils :

Les monoterpènes (C₁₀H₁₆) : sont, presque toujours, présent dans les plantes. Ils sont issus du couplage de deux unités « isopréniques » (**Figure 01**). Ils peuvent être acyclique (Myrcène,

ocimène) monocyclique (α et γ -terpinène, p-cymène) ou bicycliques (Pinènes, Camphène et sabinène). Ils constituent, parfois, plus de 90 % de l'huile essentielle, tel que chez les citrus. Les variations structurales justifient l'existence de nombreuses molécules : alcools, phénols, aldéhydes, cétones, esters et éthers (Bruneton., 1999).

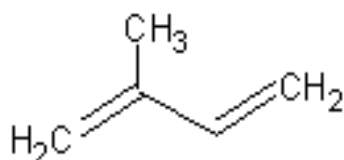


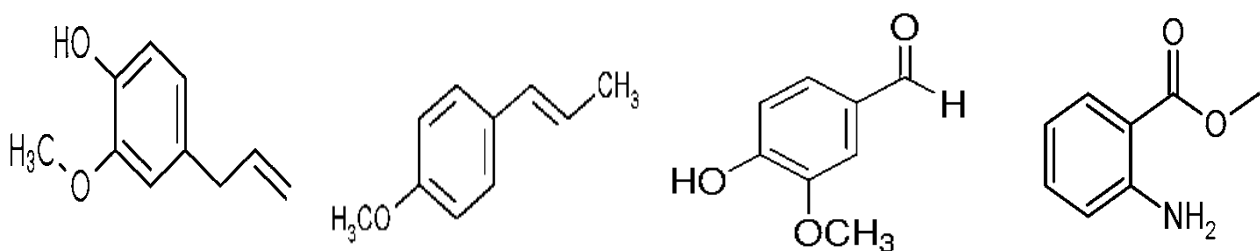
Figure 1 : Formule semi développée de la molécule isoprène.

Les sesquiterpènes (C₁₅H₂₄) : comprennent trois motifs isoprène (Elhouiti, 2010). Un grand nombre de sesquiterpènes sont des constituants habituels des huiles essentielles des végétaux supérieurs (Bruneton., 1999).

b)- Les composés aromatiques :

Les dérivés de phénylepropane (C₆-C₃) sont beaucoup moins fréquents que les autres structures. Ce sont très souvent des allyles et des propénylphénols, parfois des aldéhydes (Figure 02).

On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en (C₆-C₁) comme la vanilline ou comme l'anthranilate de méthyle (Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010).



Eugénol

E-anéthole

Vanilline

Anthranilate de méthyle

Figure 2: Exemples de structures de composés aromatiques rencontrés dans les huiles essentielles.

I.2.5. Les facteurs de variabilités des huiles essentielles

La variation de la qualité des huiles essentielles suit une fonction linéaire et proportionnelle aux changements de chaque étape d'obtention des huiles essentielles, de la cueillette à la conservation, et aux autres facteurs qui influent comme suit :

I.2.5.1. Origine botanique

La composition d'une huile essentielle varie selon l'espèce productrice (**Padrini., 1996**). Ainsi, le nom du pays ou d'une région apporte des précisions intéressantes sur le biotope (climat, sol, lumière ...etc.) de la plante aromatique et caractérisera sa composition biochimique pouvant être particulière (**Zhiri et Baudoux., 2005**).

I.2.5.2. Le cycle végétatif

Pour une espèce donnée, la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du développement. Des variations importantes sont couramment observées dans certaines espèces. Par exemple, pour coriandre, la teneur en linalool est 50% plus élevée chez le fruit mûr que chez le fruit vert. De ce fait, le choix d'une date de récolte s'impose (**Bruneton, 1999**).

I.2.5.3. Les facteurs génétiques :

➤ **L'hybridation** : la composition des huiles essentielles issues de plantes hybrides est variable et se situe, en général, entre celles des huiles essentielles des plantes mères (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

➤ **Les facteurs de mutation** : elle est susceptible de provoquer de profondes modifications dans la composition des huiles essentielles (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

➤ **Les races chimiques** : A l'aide des plusieurs techniques d'analyse chimique, les chercheurs ont permis d'avoir une connaissance plus approfondie sur des structures moléculaires présentes dans les huiles essentielles. Ce sont des corps chimiques très complexes. Il s'agit de plusieurs assemblages moléculaires très divers, ayant chacun des propriétés différentes. Cette variation chimique nous permet de définir précisément la nature des sous-espèces, des variétés, des cultivars et des taxons des plantes aromatiques. Cette variation chimique génère la notion de : chémotype ou race chimique. Une notion capitale en aromathérapie (**Zhiri et Baudoux., 2005**).

I.2.5.4. Influence des facteurs extrinsèques :

La nature du sol ainsi que les conditions climatiques influent directement sur la production des huiles essentielles. Parmi ces facteurs, nous avons :

➤ La lumière et température, sont, simultanément, les plus influentes sur la composition des huiles essentielles. L'extraction des essences doit être cueillie avant l'aube, lorsque la rosée du matin est encore présente et avant que la chaleur n'en libère la substance aromatique. Cependant, sur d'autres espèces, on signale que le rendement nocturne en essence est de 20 % supérieur à celui du jour (**Padrini., 1996**).

➤ Les problèmes phytosanitaires, tel que, les maladies des plantes et les ennemis des animaux (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

➤ La nature du sol, parmi les pratiques culturales déterminant le rendement et la qualité des huiles essentielles, exemple :

- ✿ Le sol azoté augmente le rendement d'essence de la menthe ;
- ✿ Le potassium employé seul, au contraire, diminue la teneur en huiles essentielles (**Bekhechi et Abd-Elouahide., 2010**).

I.2.5.5. L'influence du procédé d'obtention et de la technique de conservation

La labilité des constituants des huiles essentielles explique la différence entre la composition du produit, obtenu par hydrodistillation, et le mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal (**Bruneton., 2009**).

La meilleure conservation des huiles essentielles se fait dans des flacons sombres bien fermés, à l'abri de la lumière et de la chaleur. Doivent être indiqué : la quantité nette, le numéro du lot auquel elles appartiennent, la date limite de consommation, le nom latin et français de la plante et le lieu de production (**Federico et Victoir., 2013**).

I.2.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général, le choix de la méthode d'extraction des huiles essentielles dépendra de :

- ✿ La nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles) (**Hellal., 2010**) ;
- ✿ La fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (**Hellal., 2010**) ;
- ✿ Le rendement en huiles essentielles et sa composition (**Benjlali., 2004**) ;

- ✿ Conserver aussi intact que possible les parfums les plus délicats (**Khelfane et Yousfi., 1987**).

Parmi les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles, nous citerons les plus importants :

I.2.5.1. La distillation

La plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation, à l'exception des huiles essentielles d'hespéridés (citron, orange,..etc.) et l'huile de cade (**Belaiche- Daninos., 1979**).

La vapeur pénètre les tissus de la plante et vaporise toutes les substances volatiles. La vapeur permet largement l'extraction des essences de la plante. Il existe trois grands modes de distillation :

➤ Hydrodistillation simple :

Cette méthode consiste à immerger, directement, le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans un alambic rempli d'eau distillée qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées, refroidies, sur une surface froide, puis décantées. Par la suite, l'huile essentielle est séparée par différence de densité (**Figure 03**) (**Bruneton., 1999 ; Verdan., 2002**).

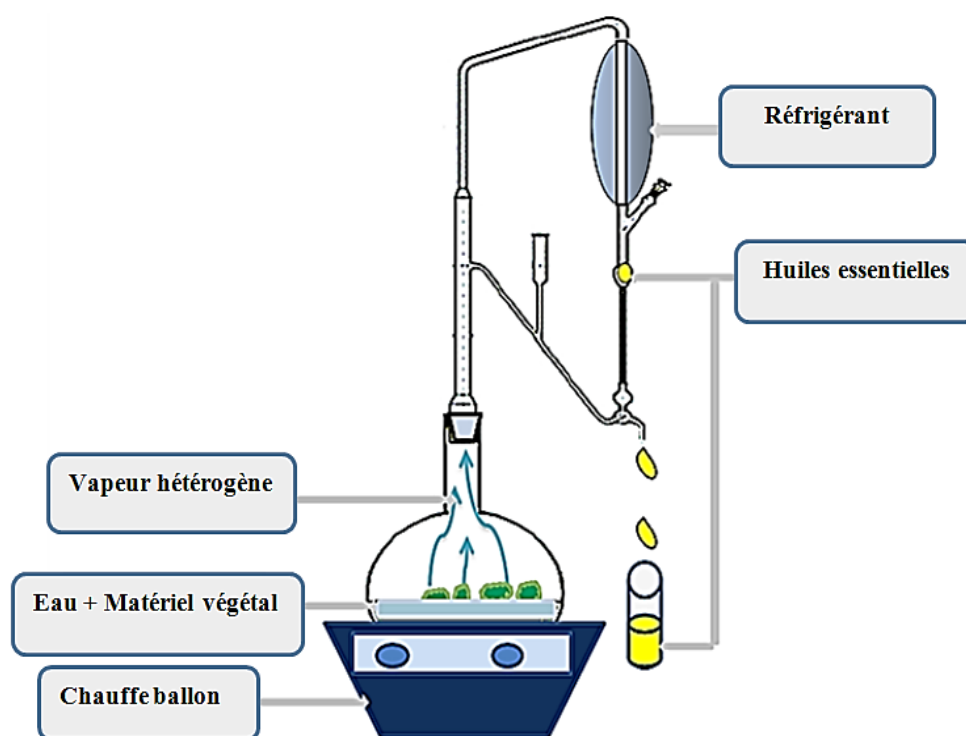


Figure 3: Appareil d'hydrodistillation de type Clevenger (Bengana., 2018).

► **Entraînement à la vapeur d'eau (distillation à la vapeur saturée) :**

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes utilisées pour l'obtention des huiles essentielles (Benouali., 2016). Dans ce cas le matériel n'est pas en contact avec l'eau : la vapeur d'eau est injectée à travers la masse végétale disposée sur des plaques perforées au-dessus de la base de l'alambic. Les constituants volatils, peu solubles dans l'eau, sont entraînés et, après condensation, séparés du distillat par décantation. La distillation s'effectue dans un récipient spécial (Paris., 1981). Il est possible de travailler en surpression modérée (1 à 3 bar), pour raccourcir le temps de traitement et limiter l'altération des constituants de l'huile essentielle (Figure 04) (Bruneton., 2009).

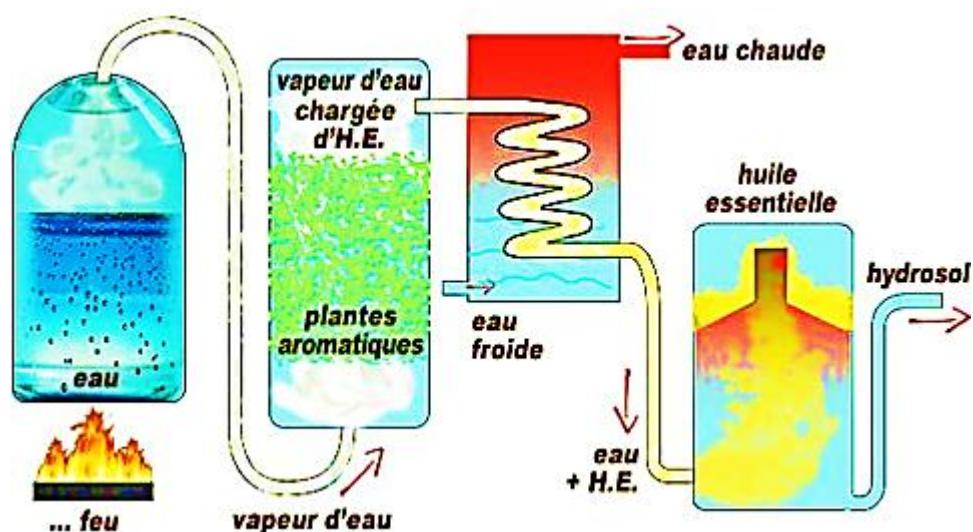


Figure 4: Appareillage de distillation à la vapeur saturée (Fillip.,2014).

► Distillation à la vapeur directe « vapo-distillation » :

Cette méthode ressemble à celle décrite précédemment, sauf que cette fois il n'y a pas d'eau au fond de l'alambic. La vapeur saturée ou surchauffée à pression, généralement, supérieure à la pression atmosphérique est introduite au fond de l'alambic par un système de conduite et traverse la masse végétale de bas en haut. La vapeur provient d'une chaudière indépendante (Figure 05) (Benjlali., 2004).

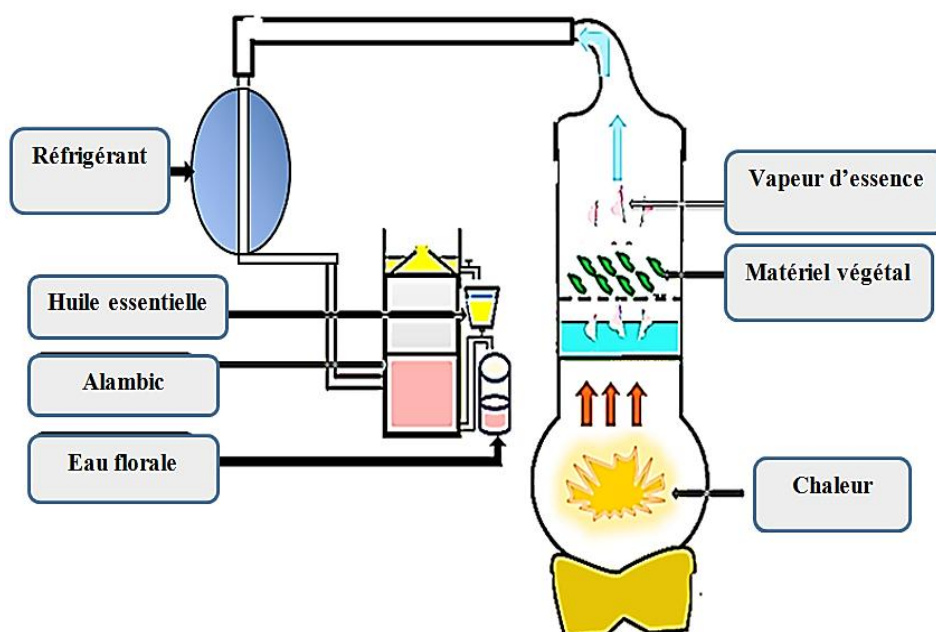


Figure 5: Appareillage de vapo-distillation (AURA.,2018 modifié par Bengana., 2018).

I.2.5.2. Hydrodistillation par micro-ondes, sous vide :

Depuis 1996, avec les travaux de **Ganzler *et al***, l'extraction assistée par micro-onde a connu de profonds changements. A l'heure où la rapidité, l'efficacité, et la sélectivité sont devenues les caractéristiques principales d'une nouvelles et bonne technique d'extraction (**Ferhat., 2016**) qu'on appelle l'hydrodistillation par micro-ondes (**Figure 06**), les micro-ondes génèrent un chauffage rapide et intense des substances polaires avec une réduction importante dans le temps de réaction, et dans la plupart des cas des rendements élevés (**Zlotorzynski., 1995**). Dans ce Procédé, la plante est chauffée par rayonnement micro-ondes dans une enceinte dont la pression est réduite séquentiellement, l'huile essentielle est entraînée dans le mélange isotropique formé avec la vapeur d'eau propre à la plante traitée. Ce processus est peu consommateur d'énergie et d'eau et le produit obtenu est de qualité supérieure à celle du produit de l'hydrodistillation traditionnelle (**Bruneton., 1999**).

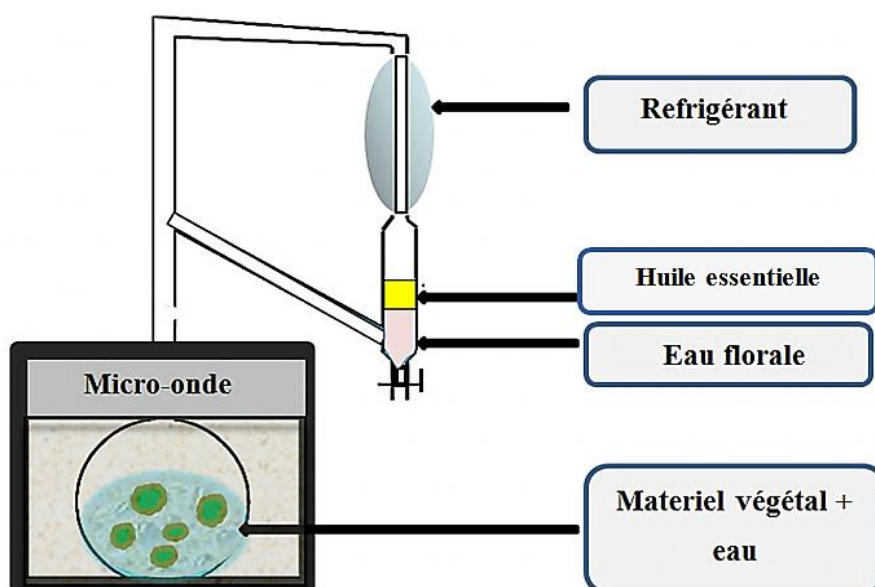


Figure 6: Appareillage de l'hydrodistillation par micro-ondes (**aromastyle., 2017** modifié par **Bengana., 2018**).

I.2.5.3. L'épuisement par solvants fixes

► Extraction par la graisse froide « enfleurage » :

Dans ce processus, les tissus végétaux sont mis en contact avec un corps gras, pour le saturer en essences végétales (**Figure 07**). Le corps gras est ensuite épuisé par l'alcool absolu et ce solvant évaporé sous vide pour ne laisser que les substances végétales (**Guillemain *et al.*, 1989**). Actuellement, cette technique est rarement utilisée du fait de son coût élevé. On la réserve à certaines fleurs extrêmement délicates, comme le jasmin, la tubéreuse et les fleurs d'oranger.

La substance, ainsi obtenue, a une concentration très élevée. Elle est ensuite diluée et traité avec d'autres solvants qui dissolvent la matière grasse (**Padrini., 1996**).



Figure 7: Un exemple d'enfleurage (**Bengana., 2018**).

► **Extraction par macération dans la graisse chaude :**

Cette technique se pratique, à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras fondu. Le produit obtenu est une pommade florale (**Bruneton., 1993**).

I.2.5.4. Hydrodiffusion :

Le principe de ce nouveau procédé consiste à propulser de la vapeur d'eau, à très faible pression, du haut vers le bas, à travers le végétal disposé sur une grille à l'intérieur d'un parallélépipède métallique ; ce qui permet une meilleure répartition de charge. L'huile essentielle s'écoule vers un collecteur permettant un équilibrage de pressions (**Bekhechi et Abd-Elouahid., 2010**).

I.2.5.5. Conservation des huiles essentielles

La plupart des HEs peuvent être stockées pendant plusieurs années. Celles dont la durée de conservation est limitée sont les essences d'agrumes, les supports gras et les hydrolats. Il faut les jeter au bout d'un ou deux ans. Pour cela, ne vous fiez pas à leur parfum qui peut rester le même en dépit de la péremption (**Werner., 2008**). Malgré ça, Les possibilités de dégradation des HEs sont nombreuses, à cause de risques multiples tels que la photoisomérisation, la photocyclisation, l'oxydation, la décomposition en alcools et en cétones...etc. Ces dégradations peuvent modifier leurs propriétés, si elles ne sont pas enfermées dans des flacons propres et secs, en aluminium, en acier inoxydable ou en verre teinté, à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 5°C et 35°C au maximum (**Bruneton., 1999 ; Valnet., 2000**).

I.2.6. L'intérêt biologique des huiles essentielles

Les activités des huiles essentielles couvrent un large spectre. Diverses huiles essentielles produisent des effets pharmacologiques, démontrant des propriétés anti-inflammatoires, antioxydants et anticancéreuses. D'autres sont des biocides contre un large éventail d'organismes tels que les bactéries, les champignons, les protozoaires, les insectes, les plantes et les virus...etc. (Iqbal *et al.*, 2006). Elles peuvent avoir d'intéressantes applications dans différents secteurs :

En cosmétologie :

Les huiles essentielles sont présentes dans la composition de la majorité des cosmétiques, comme élément parfumant. Il serait probable que ces essences servent aussi à préserver ces cosmétiques tout en leurs assurant une odeur agréable (Beylier., 1976) dans les préparations pour bains (bains calmants ou relaxants). On notera qu'il y a là une possibilité d'absorption percutanée des constituants terpéniques (Bruneton., 1999). Aussi, elles entrent dans la fabrication des parfums, eaux de toilette, savons et détergents, crème cosmétique, shampooing, lotion et pommade de soin (Laghouiter., 2012).

Industrie agroalimentaire :

L'activité antimicrobienne des extraits de plantes est utilisée dans l'assaisonnement des aliments depuis longtemps. C'est pour cela que l'on pense de plus en plus à les utiliser dans la conservation des aliments, sans pour autant dénaturer le goût puisque ces aromates entrent dans la composition des préparations alimentaires. C'est ainsi que l'on trouve le laurier dans certaines conserves (Kurita et Koiike., 1982).

En hygiène :

Les huiles essentielles sont aussi utilisées dans le milieu hospitalier pour la désinfection des locaux, et pour la fabrication des nettoyeurs ménagers pour sol, antimoustique et encaustiques divers (Grosjean., 2007).

Aromathérapie :

L'aromathérapie est une branche de la phytothérapie. Elle utilise les propriétés odoriférantes des huiles essentielles que contiennent les plantes aromatique (Telphon., 2003), on cite :

➤ **Le pouvoir antiseptique :**

Depuis des millénaires, les essences sont exploitées pour leur propriété antiseptique. L'essence du thym a un pouvoir antiseptique supérieur à celui de l'eau oxygénée et du Gaïacol, grâce à leur teneur en Thymol. La solution aqueuse de thymol détruit en deux minutes le bacille de la typhoïde, en quatre minutes le streptocoque, et en une heure le bacille de Koch (Chiej., 1982).

➤ **Le pouvoir antimicrobien :**

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles est connue de façon empirique, depuis l'antiquité. Des études expérimentales ont été entreprises, en France, dès 1885. De nombreuses études, in vitro, réalisées par des médecins et des pharmaciens, ont abouti à des résultats concluants dans son livre "Antiseptique essentiel", publié en 1938. Gattefossé, le père de l'aromathérapie, décrit déjà la considérable avancée de la recherche dans ce domaine. Pour évaluer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, on peut utiliser une technique par contact directe dite « aromatogramme » (Ferhat., 2016). Les composés présentant la plus grande efficacité antibactérienne et le plus large spectre sont des phénols : Thymol, Carvacrol et Eugénol ...etc. (Zhiri., 2006).

➤ **Le pouvoir antitoxique :**

Les huiles essentielles sont dotées d'un pouvoir d'inactivation des produits de la détérioration des cellules. Dans les plaies infectées, elles se lient aux toxines et les désactivent, non pas pour cacher les mauvaises odeurs mais pour empêcher les processus de décomposition (Abd-Elouhede et Bekhechi., 2004).

➤ **Le pouvoir cicatrisant :**

L'appel sanguin qu'elle provoque stimule, en effet, la régénération cellulaire. Les solutions aqueuses d'huiles essentielles, surtout celles de la famille des *lamiacées* (Lavande, Saugé, Romarin et Thym) facilitent les processus de répartition des tissus et stimulent la circulation des plaies et des ulcères cutanés (Bekhechi et Abd-Elouhede., 2010).

➤ **Propriété antiparasitaire :**

Certaines essences comme le thym se manifestent en éloignant certains insectes, vers et moustiques et sont utilisées dans le traitement des pédiculoses et de la gale (**Bekhechi et Abd-Elouhide., 2010 ; Federico et Victoir., 2013**).

➤ **L'activité antivirale :**

L'huile essentielle obtenue à partir de *Houttuynia cordata* a montré une activité antivirale contre les virus de la grippe et sur l'HIV-1. En outre, les HEs de maintes espèces du genre *Heracleum* ont montré une activité prometteuse contre le virus de la grippe (**Svoboda et Hampson., 1999**).

➤ **Propriétés antirhumatismales et antinévralgiques :**

Plusieurs les essences (le Romarin, par exemple) sont utilisées pour le traitement d'affections douloureuses articulaire (arthrose, goutte). Elles agissent, aussi, lorsqu'elles sont appliquées localement, grâce à leur grande capacité de propagation, de l'épiderme aux tissus profonds (**Bekhechi et Abd-Elouhide, 2010**).

➤ **Antispasmodique :**

De très nombreuses plantes à huiles essentielles (Menthe, Verveine, ...etc.) sont réputées pour leur efficacité à diminuer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux. Il est fréquent qu'elles stimulent la sécrétion gastrique d'où les qualificatifs de « digestives » et de « stomachiques » qui leur sont décernés, avec toutes les conséquences qui peuvent découler de cette « epilepsie » : atténuation de certaines insomnies et de troubles psychosomatiques diverses, diminution de la « nervosité », ...etc (**Bruneton., 2009**).

➤ **Propriétés hormonales :**

Certaines essences comme la sauge et le fenouil exercent une action de régulation sur des glandes endocriniennes (**Padrini., 1996**).

➤ **Activité antioxydant :**

Ces dernières années, les chercheurs se sont intéressés aux pouvoirs antioxydants que possèdent les huiles essentielles de Cannelle, Basilic, Persil, Origan et le Thym...etc (**Edris., 2007**). Ces propriétés sont notamment attribuées à la présence, dans la composition de leurs

huiles essentielles, du Thymol, du Carvacrol, des monoterpènes oxygénés, tel que le Linalool, de Géraniol, de Citronellal et de la Menthone. L'activité antioxydant de ces composés est exploitée dans la prévention et la lutte contre les maladies comme l'Alzheimer (**Butterfield et Lauderback., 2002 ; Braga et al., 2006**), l'artériosclérose et le cancer (**Gardner., 1997**).

I.2.7. La toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont comme tous les produits naturels qui ne peuvent pas être utilisés sans risque (**Piochon., 2008**). Elles peuvent avoir de graves effets secondaires. Il est important de respecter la posologie et la durée de la prise. Parmi ces effets, citons : des allergisants ou hypersensibilisants, photosensibilisants due aux furocoumarines, neurotoxiques dus aux cétones, néphrotoxiques dus à la présence en majoritaire de terpènes dans l'huile essentielle de térébenthine et des rameaux de Genévrier, hépatotoxiques due aux phénols pris pendant des laps de temps trop importants ou à doses massives. L'eugénol, qui est l'un des constituants du Thym, est hépatotoxique. Chez l'enfant, 10 ml d'eugénol peut conduire à une insuffisance rénale (**El Kooli., 2008**).

Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau, en raison de leur pouvoir irritant (pour l'huile riche en Thymol ou en Carvacrol) (**Smith et al., 2000**).

I.2.8. Mode d'action des huiles essentielles

Bien que d'origine naturelle, les huiles essentielles peuvent se révéler dangereuses pour la santé. Pour les utiliser à bon escient, il est donc important de bien les connaître, de faire appel à des produits de qualité (non falsifiés, non contaminés par des pesticides) et de respecter scrupuleusement les doses, le temps d'utilisation, également important ; tous ces paramètres variés selon l'effet recherché (**Couic-Marinier et Lobstein., 2013**).

Une excellente étude sur l'utilisation des parfums et des huiles essentielles comme médicaments a été publiée par **Buchbauer et Jirovetz., 1994**. Il a été suggéré que les huiles volatiles, inhalées ou appliquées sur la peau peuvent interagir avec les membranes cellulaires grâce à leurs propriétés physicochimiques et de leurs formes moléculaires, et peuvent influencer leurs enzymes, transporteurs, canaux ioniques de calcium et récepteurs. (**Svoboda et Hampson., 1999**).

Diverses études concernant les effets physiologiques sur les humains ont été décrites. Celles-ci comprennent la stimulation cérébrale, la sédation anxiolytique et les activités antidépressives, ainsi que l'augmentation du flux sanguin cérébral. Les études décrivent également les effets des odeurs sur la cognition, la mémoire et l'humeur. Les composés odorants sont absorbés par inhalation et sont capables de traverser la barrière hémato-encéphalique et interagir avec les récepteurs du système nerveux central (Beesley *et al.*, 1996).

I.3. Les radicaux libres et activité antioxydant

I.3.1. Généralités

L'oxygène est un élément essentiel pour les organismes multicellulaires. Il permet de produire de l'énergie, en oxydant de la matière organique (Lesgards., 2000). Mais notre organisme produit en permanence des molécules oxydantes qui sont des formes hautement réactives dérivées de l'oxygène. Ces dernières, dont font partie les radicaux libres, sont très nocives pour l'organisme (Favier., 2003). Dans les conditions normales, cette production est parfaitement maîtrisée par notre système de défense. En effet, sous l'action des rayons ultraviolet, les radiations ionisantes, la déficience en antioxydants, les polluants tels que les métaux lourds et la cigarette...etc. Ces conditions induisent l'apparition de stress oxydant (Bossokpi., 2003).

I.3.2. Stress oxydatif

I.3.2.1. Définition du Stress oxydatif

Le stress oxydatif est un processus physiopathologique (Léophonte *et al.*, 2006). Il est défini comme une oxydation intracellulaire excessive (Psquier., 1995) due à un déséquilibre entre les oxydants (augmentation) et les antioxydants (diminution). Le stress oxydant se traduit au niveau des mitochondries par une peroxydation lipidique, oxydation des protéines et des mutations dans l'ADN (Edeas., 2009 ; Benseguni., 2007). Il assure certaines fonctions physiologiques fondamentales comme la régulation du tonus vasculaire, le contrôle de la ventilation, l'adhésion cellulaire, la réponse immunitaire et la mort cellulaire programmée (apoptose) (Coisne., 2007). Il est particulièrement lié au développement des maladies comme le cancer et à la maladie d'Alzheimer (Temple., 2000 ; Lyras *et al.*, 1997). Le diabète aussi bien de type 1 que 2, est caractérisé par une augmentation de l'activité des radicaux libres et une réduction des défenses antioxydantes (Laight *et al.*, 2000).

I.3.2.2. Origine du stress oxydatif

Le déséquilibre entre les systèmes de défense antioxydants et la production de radicaux libres oxygénés peut avoir diverses origines :

- ✿ Un dysfonctionnement de la chaîne mitochondriale (ischémie- reperfusion, vieillissement), d'une activation de systèmes enzymatiques (xanthine oxydase, NADPH oxydase,...etc.), d'une libération de fer libre à partir des protéines chélatrices (ferritine) ou d'une oxydation de certaines molécules (glucose, hémoglobine, catécholamine,...etc.) (**Pincemail *et al.*, 2002 ; Berger., 2006**) ;
- ✿ Un déficit nutritionnel en antioxydant (**Favier., 1997**) ;
- ✿ Certaines maladies telles que le stress, les infections, les facteurs idiopathiques d'infertilité et les traitements chimio-radio-thérapeutiques (**Pons-Rejraji *et al.*, 2009**).

I.3.3. Les radicaux libres

Un radical libre est une espèce chimique, molécule, morceau de molécule ou simple atome, capable d'avoir une existence indépendante « libre » en contenant un ou plusieurs électrons célibataires, leur formation est une conséquence normale du métabolisme aérobie chez l'homme (superoxyde et hydroxyle, par exemple) (**Goudable et Favier., 1997**). Ils sont très instables de durée de vie très courte environ 10^{-4} s. Ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable : il va donc se réduire en oxydant un autre composé. Ils peuvent induire soit un processus de réaction en chaîne, soit un arrêt de la propagation des réactions radicalaires (**Souchard *et al.*, 2002**).

Il y a deux types des radicaux libres :

Radicaux libres primaires : sont des composés qui influent particulièrement en physiologie. Ils dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tel l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ et le radical hydroxyle OH^{\cdot} , l'oxygène singulier 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), aussi le nitroperoxyde ($ONOOH$) peuvent être le précurseur des radicaux libres. D'autres espèces dérivées de l'azote tel le monoxyde d'azote NO^{\cdot} (**Favier., 2003**).

Radicaux libres secondaires : se forment par réaction des radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Favier., 2003**).

L'ensemble des radicaux libres et leurs précurseurs sont souvent appelés espèces réactives de l'oxygène (ERO) (**Figure 08**).

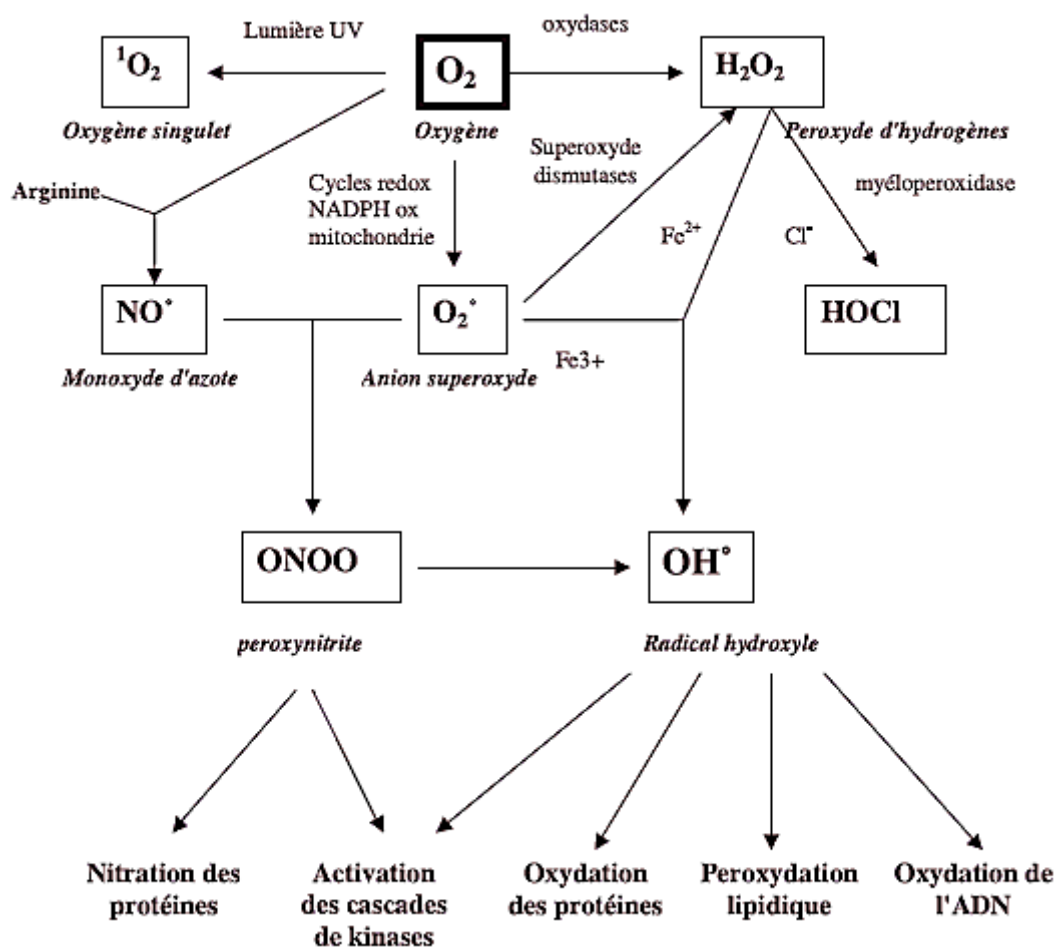


Figure 8: Origine des différents radicaux libres oxygénés et des espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier., 2003).

I.3.3. Le pouvoir antioxydant

Les EOR sont produites de façon permanente dans notre organisme. Afin de contrôler ou de limiter les effets délétères des EOR, notre organisme a développé une batterie de défenses antioxydants qui lui ont d'ailleurs permis de s'adapter à vivre dans un environnement riche en oxygène (Pincemail *et al.*, 1998). Les antioxydants peuvent stopper les réactions en chaîne en se combinant aux radicaux libres et en inhibant ainsi leur action (Tanguy *et al.*, 2009).

I.3.3.1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant peut être défini comme étant toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et, ainsi, retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats. Les cellules utilisent de nombreuses stratégies antioxydants et consomment beaucoup d'énergie pour contrôler leurs niveaux d'espèces réactives de l'oxygène (servais., 2004).

I.3.3.2. Différents types d'antioxydants

Il y a plusieurs types des antioxydants qui classés selon leurs origines à synthétiques ou naturels (Gupta, 2010), on cite :

a)- Antioxydants synthétiques

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tel que le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluene (BHT), le gallate propylée (PG) et le tetra-butylhydroquinone (TBHQ) sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces, et moins chers que les antioxydants naturels. Cependant, leur sécurité, est très discutée, car ils génèrent un besoin de recherche comme matières de substitution d'après des sources naturelles comme antioxydants de la nourriture (Wang *et al.*, 2003). Ces antioxydants sont de nature chimique. Ils présentent des effets négatifs sur l'organisme ; ce qui contribue à l'apparition de certaines maladies (Balasundram *et al.*, 2006).

b)- Antioxydants naturels

Les antioxydants sont naturellement présents dans presque toutes les plantes, les microorganismes, les champignons et même dans les tissus animaux (Tanguy *et al.*, 2009). Le groupe le plus important d'antioxydants naturels comprend :

- l' α -tocophérol (Vitamine E) et son acétate ;
- L'acide ascorbique (Vitamine C) et le palmitate d'ascorbyle ;
- Les extraits de Romarin (Martini., 2011).

Matériels et Méthodes

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

II.1. Matériel végétal

II.1.1. Les plantes étudiées

Dans ce travail, nous avons étudié quatre espèces de plantes appartenant à la famille de *Lamiacée*. Les informations de ce matériel (noms des plantes, stations et mois de collecte) sont rapportées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1: Les plantes étudiées, leurs noms scientifiques et communs ainsi que des informations sur la collecte.

Nom botanique	Nom commun	Région	Mois de récolte
<i>Mentha piperita</i>	Naanaa	El Hadjeb-Tadjmout (Laghouat)	2017
<i>Mentha pulegium</i>	Fliou	Aflou (Laghouat)	
<i>Thymus vulgaris</i>	Zaâtar Djebel		
<i>Thymus algeriensis</i>	Djertil		

II.1.2. Description des stations de collecte

La situation géographique, l'altitude et le climat des stations étudiées sont présentées dans le tableau ci-dessous (**Tableau 2**).

Tableau 2: La situation géographique et les climats des stations de collecte, selon weather-atlas (**weather-atlas., 2018**).

Région	Altitude	Latitude	Longitude	Climat
El Hadjeb -Tadjmout (Laghouat)	2910 Pi	33.879493°	2.527221°	Chaud et aride
Aflou (Laghouat)	4603 Pi	34.107486°	2.100849°	moyennement humide

II.1.3. Séchage et Conservation du matériel végétal

Après chaque collecte, le matériel végétal est nettoyé (débarrassé de la poussière et de quelques insectes), étalé sur papier et séché à température ambiante, dans une pièce aérée, à l'abri de l'humidité et de la lumière. Cette étape dure environ une ou deux semaines. Une fois séché, il a été conservé dans des sacs en papier jusqu'au moment de l'extraction.

II.1.4. Description botanique des plantes étudiées

a)- *Mentha piperita*

Appelé *Menthe poivree* ou *Menthe anglaise*, est un herber annuelle (**BabaAissa., 2011**) vivace, elle repousse chaque année et se multiplie seule (**Bénédicté., 2014**) par son rhizome vigoureux formant de longs stolons traçants, les unes aériens, les autres sous terrains. Les tiges peuvent atteindre 90 cm de hauteur, sont noueuses, quadrangulaires, souvent striées de violet foncé ; certaines portent à leur partie supérieure des poils dressés en arrière, d'autre sont glabres (**Teuscher et al., 2005**).

Les feuilles sont opposées, écartées presque sur un plan horizontal, toujours pétiolées ; leur limbe est allongé à ovale ou lancéolé, de 3 à 9 cm de long, au bord denté ; elles dégagent une forte odeur aromatique. Les fleurs sont regroupées en épis terminaux, allongés à cylindriques, très denses, généralement interrompus à la base. La floraison a lieu de juillet à septembre. Et le fruit est un tétrakène ovoïde et arrondi au sommet, renfermant 4 graines d'environ 2 mm de long et de couleur brun marron (**Teuscher et al., 2005**).



Figure 9 : **A)** *Mentha piperita* de forme sèche ; **B)** *Mentha piperita* (**Bengana, 2018**).

La menthe a de nombreuses propriétés médicinales grâce à ses substances actives telles que le Menthol, le Méthane, le Limonène, le Carvon et les Tanins. Elle aide la digestion et l'analgésique en général, en particulier la douleur dentaire et anticonvulsive (**Hamoudi., 1997**), et stimulent la sécrétion biliaire. Antiseptiques, les menthes donnent en inhalations des résultats contre les rhumes, les bronchites et les inflammations du larynx (**Djeroumi et Nacef., 2010**).

L'espèce *Mentha piperita*, provenant probablement d'Angleterre et des pays méditerranéens (Teuscher *et al.*, 2005). En Algérie, la diffusion de la menthe est presque volontaire et très cultivée par tout (Hamoudi., 1997).

b)- *Mentha pulegium*

Appelé aussi menthe pouliot, est une herbe vivace à tige (≈ 15 cm de haut) feuillées et fleuries presque à partir de base jusqu'au sommet (Baba Aissa., 2011).

Ces feuilles sont opposées, médiocrement pétiolées, ovales, longues de 15 à 25 mm, crénelées sur les bords. Les fleurs sont pédonculées, purpurines, roses, blanches ou bleues réunies par verticilles qui approchent du sommet et forment par leur ensemble des épis droits (Lucienne., 2010).

La partie la plus utilisée de *Mentha pulegium* est toute la partie aérienne qui se récolte au début de la floraison, Elle est constituée principalement de : Menthol, Tanin, enzyme et Pectine (Lucienne., 2010).



Figure 10: A) *Mentha pulegium* sèche ; B) *Mentha pulegium* frais (Bengana., 2018)

L'espèce *Mentha pulegium* a des propriétés thérapeutiques importants, il est stomachique, carminatif, antivomitif, antispasmodique, tonique, insecticide. *Mentha pulegium* parmi les plantes assez communes dans les lieux humides en Algérie (Lucienne., 2010).

c)-*Thymus vulgaris*

Le thym est une plante vivace grisâtre (surtout l'été) (BabaAissa., 2011) à tige ligneuse, mesurant de 10 à 30 cm de haut. Ses rameaux serrés, dressés et velus, recouverts de feuilles

opposées courtement pétiolées, ovales, oblongues, glabres, ciliées à la base. Les fleurs sont rosées en capitules terminaux avec un calice glanduleux. L'odeur est thymolé, la saveur est chaude, aromatique, légèrement amère (Lucienne., 2010 ; Bénédicte., 2014).



Figure 11: A) *Thymus vulgaris* sèche (Bengana., 2018) ; B) *Thymus vulgaris* frais.

Les rameaux fleuris sont les parties les plus utilisées dans *Thymus vulgaris* grâce à leurs constituants, de l'effet thérapeutique très importantes, tel que les tanins, essence formée de deux phénols (Thymol et Carvacrol), des terpènes (Pinènes et Cyméne) et des alcools (Bornéol, Linalol, ...etc.) (Lucienne., 2010).

Il est utile pour aménorrhée accidentelle, angine, asthme, bronchite, emphysème, coqueluche, diarrhée, dysenterie, typhoïde...etc. Utilisée en usage externe pour les affections de la bouche et des voies respiratoires, chute des cheveux, fatigue générale, rhumatisme et maladie de goutte (Lucienne., 2010 ; franchomme., 2015).

Commun dans les régions montagneuses et les bords de mer de l'Algérie, les lieux arides caillouteux, où l'on rencontre aussi de la même famille de *serpolet*, (*Thymus serpyllum*) et du thym (*Thymus vulgaris*), bâtard et sauvage et très apprécié des lapins (Lucienne., 2010).

d)-*Thymus algeriensis*

Plante ligneuse, formant souvent des coussinets. Rameaux serrés, grêles, plus au moins dressés et velus, recouverts de feuilles opposées, effilées, courtement pétiolées, glabres, mais légèrement ciliées à la base, un peu enroulées sur les bords ; limbe ponctué (vue à la loupe) ; très glanduleux, mesurant 1 à 2 cm de long sur 2 à 3 mm de large. Les feuilles florales sont peu différentes lancéolées et égalant ou dépassant les calices. Fleurs rosées, en capitules terminaux, avec un calice glanduleux, glabre ou légèrement velu, long de 5 à 6 mm à 2 lèvres égales. Corolle dépassant de très peu le calice, bilabiée, à lobe médian plus grand (Beloued., 2014).



Figure 12: A) *Thymus algeriensis* sèche (Bengana., 2018); B) *Thymus algeriensis* frais.

Le thym contient des huiles essentielles dont les principales composantes sont le Thymol et le Carvacrol, des Tanins, des principes amers, des saponines et des antiseptiques végétaux (Beloued., 2014).

Le thym d'Algérie est un amer astringent, stomachique, diaphorétique, antispasmodique et stimulant. Les sommités et les jeunes rameaux fleuris sont les plus utilisés. Il est utile pour les fonctions digestives, utile contre toutes les maladies infectieuses comme la grippe (Beloued., 2014). *Thymus algeriensis*, pelouses et rocailles des régions montagneuses du Tell. Rare ailleurs. Floraisons : Avril – Juin (Lucienne., 2010).

II.1.5. Caractéristiques botaniques

Nous avons établi la systématique des quatre espèces selon *Angiosperme*. Les résultats sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Représente la systématique des quatre espèces. (Ozenda.,1983 ; Bruneton,1999 ; Tela Botanica.,2018).

	<i>Mentha</i>		<i>Thymus</i>	
Règne	<i>Plantae</i>			
Division	<i>Magnoliophyta</i>			
Classe	<i>Magnoliopsida</i>			
Sous classe	<i>Spermatophyta</i>			
Ordre	<i>Lamiales</i>			
Famille	<i>Lamiaceae</i>			
Genre	<i>Mentha</i>		<i>Thymus</i>	
Espèce	<i>Mentha piperita</i>	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Thymus algeriensis</i>

II.2. Méthodes expérimentales

Après la collecte, le séchage et le nettoyage des plantes, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation. Par la suite, nous avons déterminé la composition chimique puis testé l'activité antioxydant pour chaque extrait. L'ensemble de ce travail est résumé dans l'organigramme ci-après (Figure 13).

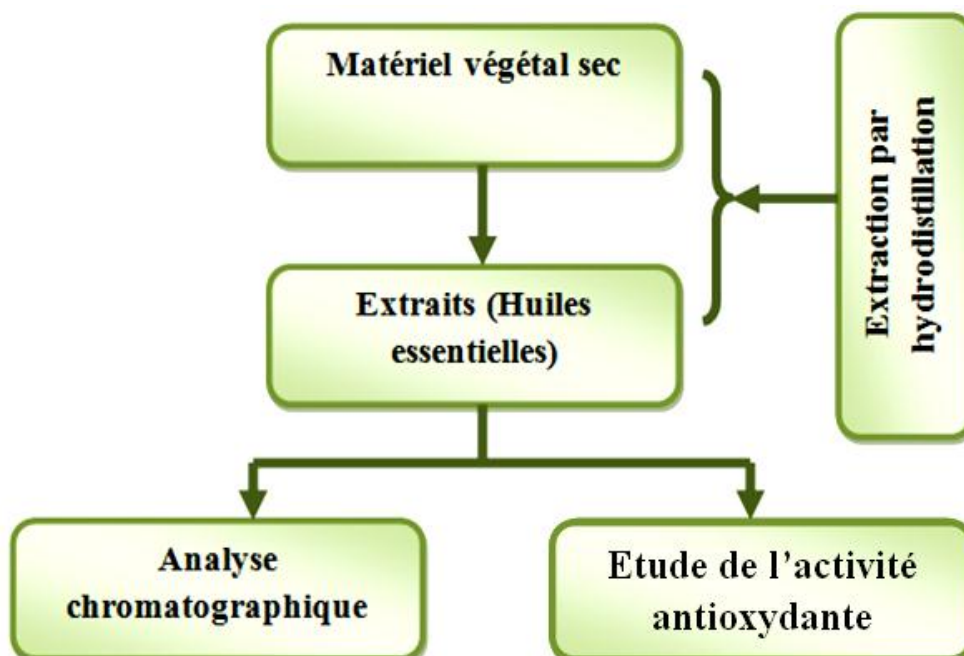


Figure 13: Organigramme expliquant les principales étapes de notre travail.

II.2.1. Extraction des Huiles essentielles

II.2.1.1. Procédé d'extraction

L'extraction des huiles essentielles des différents échantillons de plantes a été effectuée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil du type Clevenger (**Figure 14**).

Le montage est constitué d'un ballon en verre (de 2 litres) contenant 100g de matériel végétal (la menthe et le thymus), un litre d'eau est additionné, placé au-dessus d'un chauffe ballon. Ce dernier est surmonté de l'appareil Clevenger. L'extraction dure trois heures pour les quatre espèces.

Afin d'accélérer le processus d'extraction des huiles essentielles, nous avons branché quatre Clevengers en batterie où la sortie d'eau du premier est l'entrée de l'eau pour le second et ainsi de suite (**Figure 15**).

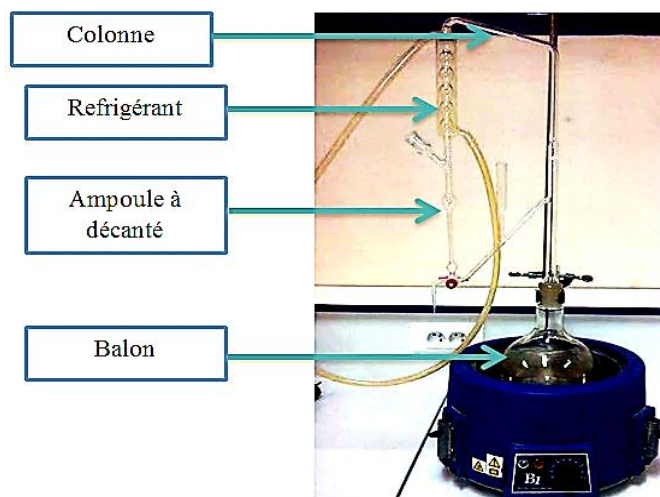


Figure 14: Appareil de l'hydrodistillation de type Clevenger (**Bengana., 2018**).

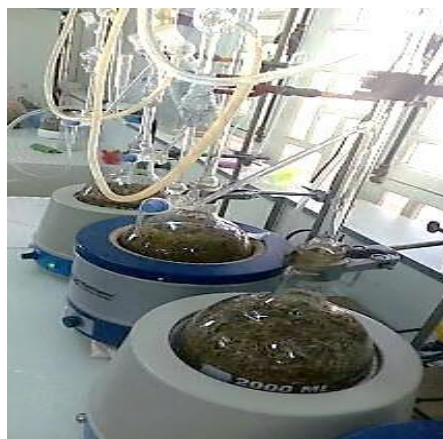


Figure 15: Série des Clevengers branché au même temps (**Bengana. K, 2018**).

II.2.1.2. Calcule des rendements

La teneur en huiles essentielles est définie comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse sèche du végétal traité (Carée, 1953).

$$R \% = \left(\frac{m}{m_0} \right) \times 100$$

Où,

R % : Rendement exprimé en % ;

m : Masse, en gramme (g), de l'huile essentielle récupérée ;

m₀ : Prise d'essai initiale du matériel végétal en gramme (g).

II.2.1.3. La conservation

Afin d'éliminer toute trace d'eau, dans les huiles essentielles obtenues, on ajoute une petite quantité de sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄). Par la suite, on les transfère dans des tubes en verre, hermétiquement fermés et couverts de papier aluminium.

L'huile extraite est conservée, à l'abri de la lumière et au réfrigérateur à +4°C, jusqu'au moment de l'analyse.

II.2.2. Analyse chromatographique des huiles essentielles

II.2.2.1. Les conditions opératoires de la CPG

Les analyses chromatographiques des composés volatils ont été effectuées, au Laboratoire de recherche des Sciences Fondamentales à l'université de Laghouat, à l'aide d'un appareil de la chromatographie en phase gazeuse de type GC-5400 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 (30 m × 0,32 mm, épaisseur du film de 0.10 μm).

Le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène avec un débit de 1 ml/min. La température de la colonne est programmée à raison d'une montée de 5 °C/min de 50 °C à 250 °C. La température de l'injecteur et celle du détecteur a été fixée à 250°C à 280°C respectivement. Les solutions des HEs sont préparées, en dissolvant 10 μl de chaque HE dans 1 ml du solvant organique pentane.

Les indices de rétention linéaire des constituants sont calculés par rapport à une série d'alcane (C₈ à C₂₀) analysée dans les mêmes conditions opératoires que celles des échantillons.

II.2.2.2. L'identification des composés

L'identification des constituants des huiles essentielles a été faite sur la base de la comparaison de leurs indices de rétention, calculés par rapport à une série d'alcane (C₈-C₂₀) en appliquant la relation suivante :

$$IRL = 100 n + 100 \times \left(\frac{Tr_x - Tr_{n1}}{Tr_{n2} - Tr_{n1}} \right)$$

Ou,

n : nombre de carbones d'alcane ;

Tr_x : temps de rétention de constituant d'huile essentielle ;

Tr_{n1} : temps de rétention de l'alcane lui-même ;

Tr_{n2} : temps de rétention de l'alcane suivant. (**Babushok et al., 2011**).

II.2.3. Evaluation de pouvoir antioxydant

Plusieurs méthodes sont utilisées pour mesurer l'activité antioxydant d'un matériel biologique. Les plus couramment utilisés sont ceux impliquant des composés chromogènes de nature radicale qui stimulent les espèces réductrices d'oxygène. Ces méthodes sont populaires en raison de leur facilité, leur rapidité et leur sensibilité. La présence d'antioxydants conduit à la disparition de ces radicaux chromogènes (**Shahin et al., 2008**).

Actuellement, une des méthodes analytiques les plus communes pour déterminer le pouvoir antioxydant des huiles essentielles est le test chimique qui utilise le DPPH• (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) (**Roginsky et Lissi., 2005**). Cette méthode a été mise au point par Brand-Williams, Cuvelier et Berset en 1995 et modifiée, plus tard, par Sanchez-Moreno, Larrauri et Saura-Calixto en 1998. C'est la méthode la plus utilisée pour évaluer le pouvoir antioxydant des extraits de plantes (**Shahin et al., 2008**).

II.2.3.1. Le principe du test DPPH

Le DPPH ou le 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl est un radical libre stable, qui a été largement utilisé comme un outil pour estimer les activités de piégeage des radicaux libres des antioxydants (**Ruan et al., 2008**). La solution de DPPH caractérisé par sa couleur violette foncé et leur absorbance à 517-520 nm (**Molyneux., 2004**).

Les huiles essentielles ont la capacité pour agir comme donneur d'atomes d'hydrogène ou d'électrons dans la transformation de DPPH• libre de couleur pourpre stable "violette" à sa forme réduite DPPH-H de couleur jaune (**Bozin et al., 2008**) (**Figure 16**). Ce changement de couleur a été mesuré par spectrophotométrie (**Burits et Bucar., 2000**).

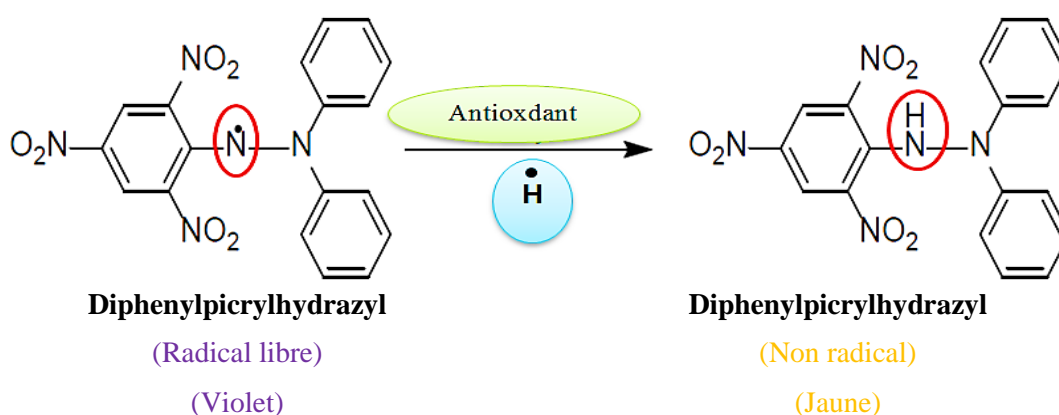


Figure 16: Réduction du radical libre DPPH[•] (Molyneux., 2004).

II.2.3.2. Le mode opératoire

Un volume de 1 ml, de chaque solution fille, récemment préparée dans l'éthanol, est ajouté à 1ml de solution de DPPH[•] (200µM) fraîchement préparée. Après 30 min d'incubation, à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est lue contre le blanc à 517 nm par spectrophotomètre (UV/Vis). Chaque absorbance correspond à un pourcentage d'inhibition calculé par la relation suivante :

$$I\% = \left(\frac{A_0 - A}{A_0} \right) \times 100$$

Où,

I % : Pourcentage d'inhibition ;

A₀ : Absorbance de la solution de DPPH[•] sans l'HE ;

A : Absorbance de la solution de DPPH[•] en présence de l'HE.

A partir des valeurs du I %, nous avons tracé le graphique des variations de l'absorbance, en fonction de la concentration des échantillons d'huiles essentielles pour déterminer les valeurs d'EC₅₀, qui est la concentration d'huile essentielle (en mg/ml) à 50% de neutralisation des radicaux libres (DPPH). La Vitamine C, la Vitamine E et le BHT ont été utilisés comme antioxydants de référence.

II.2.4. L'analyse statistique

Dans ce travail, MS-Excel 2016, ont été utilisées pour calculer les pourcentages d'inhibitions et pour tracer les courbes et les histogrammes nécessaires.

Toutes les expériences ont été répétées trois fois. Pour chaque résultat, nous avons calculé la moyenne et l'écart type. Parmi nos résultats, ceux présentant une différence significative 5 %, ont été écartés.

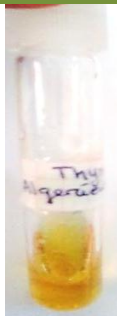
Résultats et Discussions

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. La teneur en huile essentielle

Les teneurs en huile essentielle ont été calculées par rapport à 100 g de la partie aérienne pour les espèces de *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*. Les valeurs des teneurs en huile essentielle sont regroupées dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : La variation de la teneur des huiles essentielles des plantes étudiées.

Espèce	Durée d'extraction (h)	Teneur (%) (m/m)	Teneur (ml/kg)	Couleur de l'HE
<i>Mentha piperita</i>	3	1.69	18	
<i>Mentha pulegium</i>	3	0.99	11	
<i>Thymus vulgaris</i>	3	1.61	17	
<i>Thymus algeriensis</i>	4	0.38	4	

La durée d'extractions des huiles essentielles pour toutes les espèces est de trois heures.

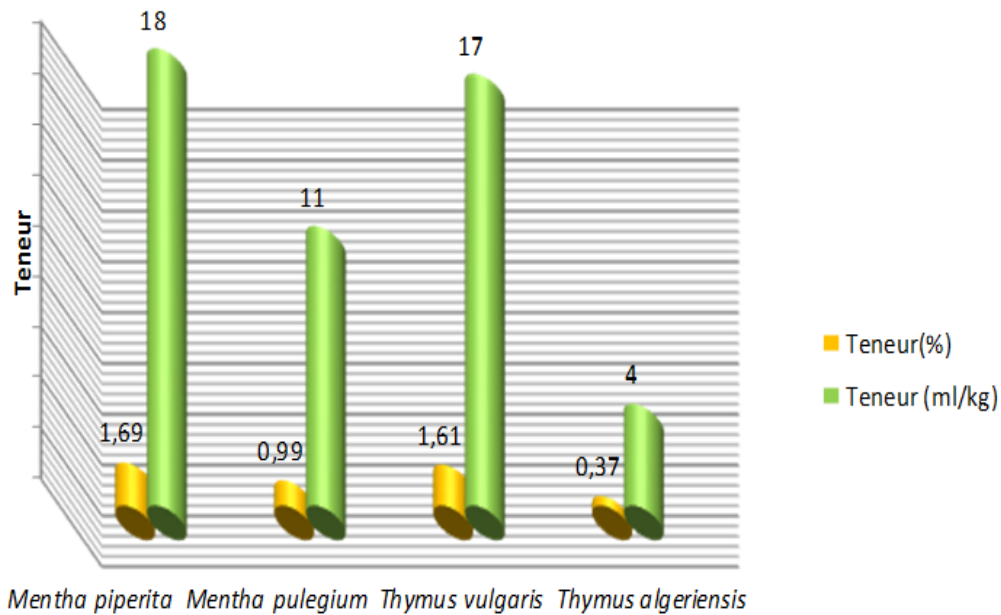


Figure 17: Présentation graphique de La variation de la teneur des huiles essentielles des plantes étudiées.

Les teneurs en huiles essentielles varient entre les échantillons, même si elles proviennent d'une même famille, où 1,69 % (18 ml/kg) a été notée pour *Mentha piperita* d'El Hadjeb, de 0,99 % (11 ml/kg) pour l'espèce de *Mentha pulegium*, de 1,61 % (17 ml/kg) pour l'espèce de *Thymus vulgaris* et une teneur de 0,37 % (4 ml/kg) a été enregistré pour l'espèce de *Thymus algeriensis*. Les trois dernières espèces sont collectées au niveau de la région d'Aflou. Cette variance est due aux caractéristiques différentes de chaque espèce.

En ce qui concerne les deux espèces *Mentha piperita* et *Thymus vulgaris*, nous avons obtenu des rendements moyens de 1,69 % et 1,61 % respectivement. Comparativement à **Abadlia et al., 2014** qui ont déterminé une teneur de 0.64 % pour l'échantillon de *Mentha piperita* de la région de Tidis (Constantine), par rapport à **Likibi et al., 2015** qui ont défini une teneur de 0.52 % pour un échantillon du Congo. Pour *Thymus vulgaris*, **Benabed., 2011** a obtenu une teneur de 1,34 % pour un échantillon d'Aflou, alors Alors que **Choumboungang et al., 2009** ont déterminé une teneur de 0.95 % pour l'échantillon de la région de Cameroun.

Les deux espèces *Mentha pulegium* et *Thymus algeriensis*, nous avons obtenu des rendements minimaux en comparant à avec les deux autres espèces 0,99 % et 0,37 %, respectivement. **Hmiri et al., 2011** ont obtenu une teneur de 3.30 % pour l'échantillon de *Mentha pulegium* de la région du Maroc, et **Benabed., 2011** a obtenu une teneur de 1,46 % pour un échantillon de la région d'Aflou. **Beghidja et al., 2007** ont déterminé une teneur de 1,16 et 2,19% pour les échantillons de *Mentha pulegium* de l'est algérien, ainsi que et le *Thymus algeriensis*, **Amarti et al., 2010** ont trouvé une teneur de 0,3 % pour un échantillon du Maroc, tandis que **Dob et al., 2006** ont défini une teneur de 1,13 % concernant l'échantillon de la région d'Algérie.

Toutes ces différences observées pour les rendements au niveau des mêmes espèces, peuvent être liées à :

- ✿ Les méthodes et les durées d'extraction ;
- ✿ Les saisons de collecte ;
- ✿ Les durées de conservation ;
- ✿ La différence de climat et de la nature du sol.

III.2. Composition chimique des huiles essentielles

Les résultats d'identification des constituants chimiques des différents échantillons d'huiles essentielles analysées sont énumérés au niveau du **Tableau 5**

Tableau 5 : La composition chimique des différents échantillons d'huiles essentielles analysées par CPG.

N ^o	Composés	IRL ² (DB-5)	Aire du pic CPG (%) ¹ des échantillons			
			<i>M. piperita</i>	<i>M. pulegium</i>	<i>T. vulgaris</i>	<i>T. algeriensis</i>
1	α -Thujène	917	0,054	-	-	0,24
2	α -Pinène	928	0,98	0,64	2,48	9,26
3	comphène	941	0,079	0,031	0,17	1,84
4	α -Fenchène	947	-	0,08	-	1,09
5	Sabinène	974	2,05	0,44	0,19	1,61
6	β -myrcène	990	-	0,23	-	2,95
7	Ethyl hexanoate	996	-	-	1,583	-
8	α -Phellandrène	1003	0,39	0,95	0,17	0,22
9	α -Terpinène	1015	0,23	0,045	1,24	0,42
10	p-Cymène	1023	-	-	6,73	-
11	Limonène	1030	28,29	0,75	0,093	11,49
12	Trans- β -Ocimène	1045	0,089	0,088	0,041	0,66
13	γ -terpinène	1056	0,4	-	9,102	0,22
14	cis-Sabinène hydrate	1068	0,925	0,029	0,052	0,149
15	Linalool oxyde	1071	-	-	0,01	1,82
16	Trans-Linalool oxide	1079	-	-	-	0,381
17	Terpinoléne	1089	0,13	-	0,065	0,73
18	Thujone	1103	0,085	0,015	0,043	-
19	cis-Thujone	1106	-	0,076	3,16	0,91
20	cis-p-Menth-2-en-1-ol	1122	0,11	0,031	0,022	1,36
21	allo-Ocimène	1134	-	0,12	0,014	0,93
22	trans-Limonène oxide	1137	0,063	0,019	-	2,21
23	trans- Pinocarvéol	1138	-	-	-	0,77
24	Camphre	1144	-	0,02	-	7,62
25	Camphene hydrate	1148	-	2,36	-	-
26	Isobornéol	1155	-	1,27	-	1,7
27	Bornéol	1163	-	-	-	4,22
28	Menthone	1164	0,14	6,81	0,37	-
29	Néomenthol	1167	0,23	-	-	1,32
30	Terpinèn-4-ol	1173	-	-	0,33	0,89
31	trans-Isopulégone	1176	1,068	-	-	-
32	Menthol	1180	-	0,52	-	-
33	α -terpinol	1189	-	-	-	0,54
34	Myrtenol	1195	0,081	-	0,029	1,17
35	Verbinone	1207	0,066	-	-	2,99

36	Citronéllol	1221	-	-	-	1,74
38	Cis - carvéol	1233	0,104	0,17	-	2,43
39	Pulégone	1237	0,26	70,8	-	-
40	Carvone	1242	-	-	0,91	0,76
41	Pipéritone	1251	57,51	0,16	0,017	0,19
42	Thymol	1282	0,071	0,025	-	2,93
43	2-Hydroxypipéritone	1310	-	-	5,849	-
44	Carvacrol	1324	-	0,082	63,42	0,26
45	Pipéritenone	1337	-	4,95	-	-
46	α -Terpinyl acetate	1349	-	-	-	10,79
47	Carvacrol acetate	1371	0,709	0,0718	0,0261	14,16
48	Oxyde de Caryophyllène	1565	0,236	0,990	0,334	1,601
49	Viridiflorol	1591	-	1,39	-	-
Total d'identification (%)			94,35	93,16	96,44	94,59
Les carbures (%)			33,61	7,17	20,35	39,44
Les alcools (%)			0,525	1,99	0,38	14,40
Les cétones (%)			59,13	82,81	10,34	4,85
Les oxydes (%)			0,3	1,01	0,33	6,01
Les esters (%)			0,71	0,072	1,61	26,69
Les phénols (%)			0,071	0,107	63,42	3,19
Les hydrocarbures monoterpéniques (%)			33,81	3,52	25,15	36,29
Les monoterpènes oxygénés (%)			60,50	88,58	70,96	56,7
Les sesquiterpènes oxygénés (%)			0,23	1,06	0,33	1,60

¹ : Pourcentages obtenus par normalisation des aires des pics FID.

² : Indice de rétention linéaire relative à la série homologue de n-alcanes C₈-C₂₀ obtenus sur colonne DB-5.

L'analyse d'huile essentielle de *Mentha piperita*, nous a permis d'identifier 25 composés représentant 94,35 % de la totalité de l'huile. Cette huile a révélé une forte teneur en monoterpènes oxygénés 60,50% avec une dominance des cétones 59,13% tel que le Pipéritone qui est le composé majoritaire 57,51% et d'une teneur minoritaire pour Sabinène 2,05% et trans-Isopulégone 1,068%. Les hydrocarbures monoterpéniques aussi sont également présents et ont à une teneur de 33,81 % qui comprend 28,29 % de Limonène. Cette huile renferme une très faible teneur en sesquiterpènes oxygénés 0,23%. **Goudjil et al., 2015** ont trouvé 36,37% Limonène comme étant un composé majoritaire pour un échantillon collecté dans la région d'Alger. Tandis que **Kumar et al., 2012** ont trouvé le Menthole 26,53%, Menthone 25,83% pour des échantillons d'Inde.

Selon **Debbab et al., 2007**, l'huile essentielle de *Mentha piperita* du Maroc a été majoritairement constituée de Linalool et Linalylacétate ; 60,72% et 20,79%, respectivement.

La variation en composition de *Mentha piperita* de différentes régions est due principalement au : climat, à la qualité du sol, à la saison de collecte, au le stade de développement, ainsi que la durée de conservation et même la génétique des espèces.

Pour l'huile essentielle de *Mentha pulegium*, 29 composés représentant 93,16 % de la totalité de l'huile essentielle ont été identifiés, avec des proportions de monoterpènes oxygénés, d'hydrocarbures monoterpéniques et les sesquiterpènes oxygénés égales à 88,58%, 3,52% et 1,06%, respectivement. Le composé majoritaire de cette huile a été le Pulégone 70,8%, les autres composés sont aussi présents mais à des pourcentages plus faibles que le précédent : le Menthone 6,81% et le Piperiténone 4,95% les deux sont des cétones, et le Viridiflorol a 1,39% est des sesquiterpènes oxygénés. Plusieurs études confirment la prédominance du Pulégone comme composé majoritaire. Pour des échantillons de *Mentha pulegium* de différentes régions d'Est Algérien, **Beghidja et al., 2007** ont trouvé 43,5- 87,3% de Pulégone suivie par Piperiténone et Menthone : 6-26% et 3-6 %, respectivement. **Bouchra et al., 2003** ont obtenu 85,4% de Pulégone pour un échantillon du Maroc, **Stoyanova et al., 2005** ont défini 42,9–45,4% de Pulégone suivie par 21,7–23,1% de Piperiténone pour des échantillons du Bulgarie. La différence en teneur des composés majoritaire due à la différence de climat et de la qualité du sol.

Pour le *Thymus vulgaris*, 26 composés ont été identifiés représentant 96,44% de la totalité de l'huile essentielle. L'huile a été majoritairement constituée de phénol 63,42 % de Carvacrol suivie par une teneur moyenne des carbures et des cétones : γ -Terpinène 9,102%, p-Cymène 6,73 %, 2-Hydroxypipéritone 5,849%, cis-Thujone 3,16 %, α -Pinène 2,48 %. Cette huile a une teneur faible de α -Terpinène 1,24 % et éthyl hexanoate 1,58% et de pourcentage très faible en sesquiterpènes oxygénés. D'après **Thompson et al., 2003** et **Hudaib et al., 2002**, les phénols (Thymol et carvacrol) sont les composés majoritaires pour *T. vulgaris*.

Notre étude sur la même plante a révélé qu'elle contient du carvacrol à quantité majoritaire et manquant de Thymol malgré que sont les deux de du même précurseur γ -terpinène. La seule raison qui peut expliquer ce manque et que le cycle végétatif n'est pas fini. La preuve est la teneur élevée de γ -terpinène 9,102%.

Pour l'espèce de *Thymus algeriensis*, 37 composés ont été identifiés à 94,59% de la totalité des huiles essentielles. Carvacrol acetate, Limonène, α -Terpinyl acetate, α -Pinène et le Camphre qui ont des teneurs 14,16 %, 11,49 %, 10,79 %, 9,26 % et 7,62 %, respectivement. Ce sont des composés majoritaires. Suivies par des composés minoritaires tel que Bornéol 4,22 %, Verbinone 2,99 %, β -Myrcène 2,95%, Thymol 2,93%, Cis - Carvéol 2,43% et trans-Limonène oxide 2,21% tandis que le Comphène, α -Fenchène et Sabinène sont présents en faibles pourcentage environ 1 %. Selon **Benabed., 2011**, Le α -Terpinyl acétate a représenté le composé majoritaire pour l'échantillon de Djelfa avec 27,32 % suivie par le Camphre 10,77%. Tandis que **Goodner et al., 2006** ont obtenu comme des composés majoritaires, 30 % pour chacun d'Eucalyptol, Bornéol, Terpinyl acétate, pour des échantillons collectés d'Espagne. Les échantillons de Brésil du Sud comportent de 31.5–52.4% pour Thymol et 17.1–34.4 % pour p-Cymène, **Atti-Santos et al., 2004**. Le Camphor, Camphene, α -Pinene, 38.54 %, 17.19 % et 9.35 %, respectivement également sont des composés majoritaires définis par **Imelouane et al., 2009** pour des échantillons collectes dans la région du Maroc. Cette différence en composition peut être due à plusieurs facteurs, tels que le climat, la saison de collecte, le stade de développement et même aux profils génétiques des espèces.

III.3. L'étude du pouvoir antioxydant

Les valeurs d'absorbances obtenues par UV-vis de chaque bioessai (HE + DPPH), nous ont permis de tracer les graphes illustrant la variation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration en huiles essentielles (**Figure 18**) ainsi que la **Figure 19** qui représente la variation

des pourcentages d'inhibition (I%) en fonction des concentrations en mg/ml pour les trois antioxydants standards choisis pour cette étude, à savoir, la vitamine C, la vitamine E et BHT.

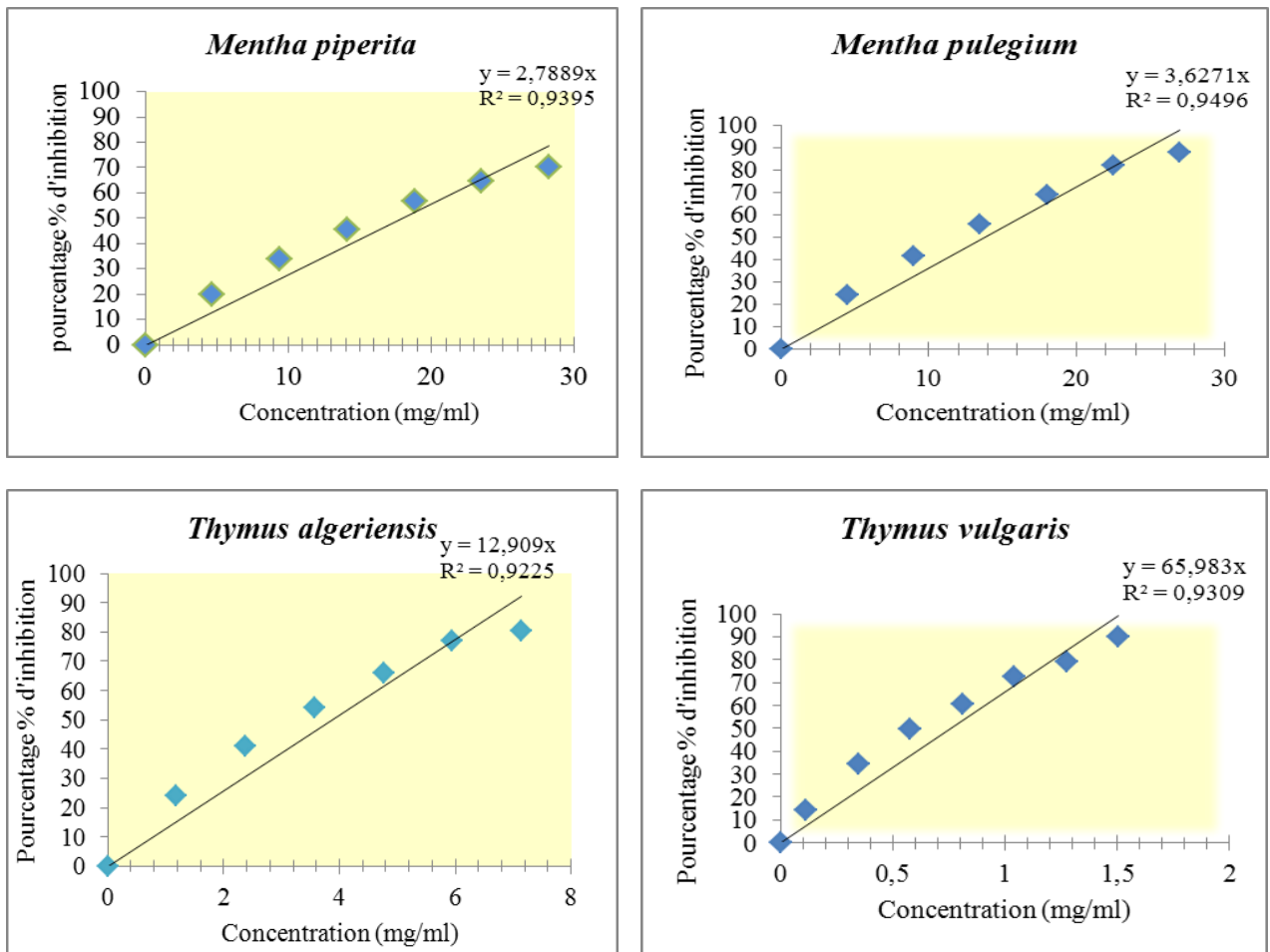


Figure 18 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre espèces, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'huiles essentielles en mg/ml.

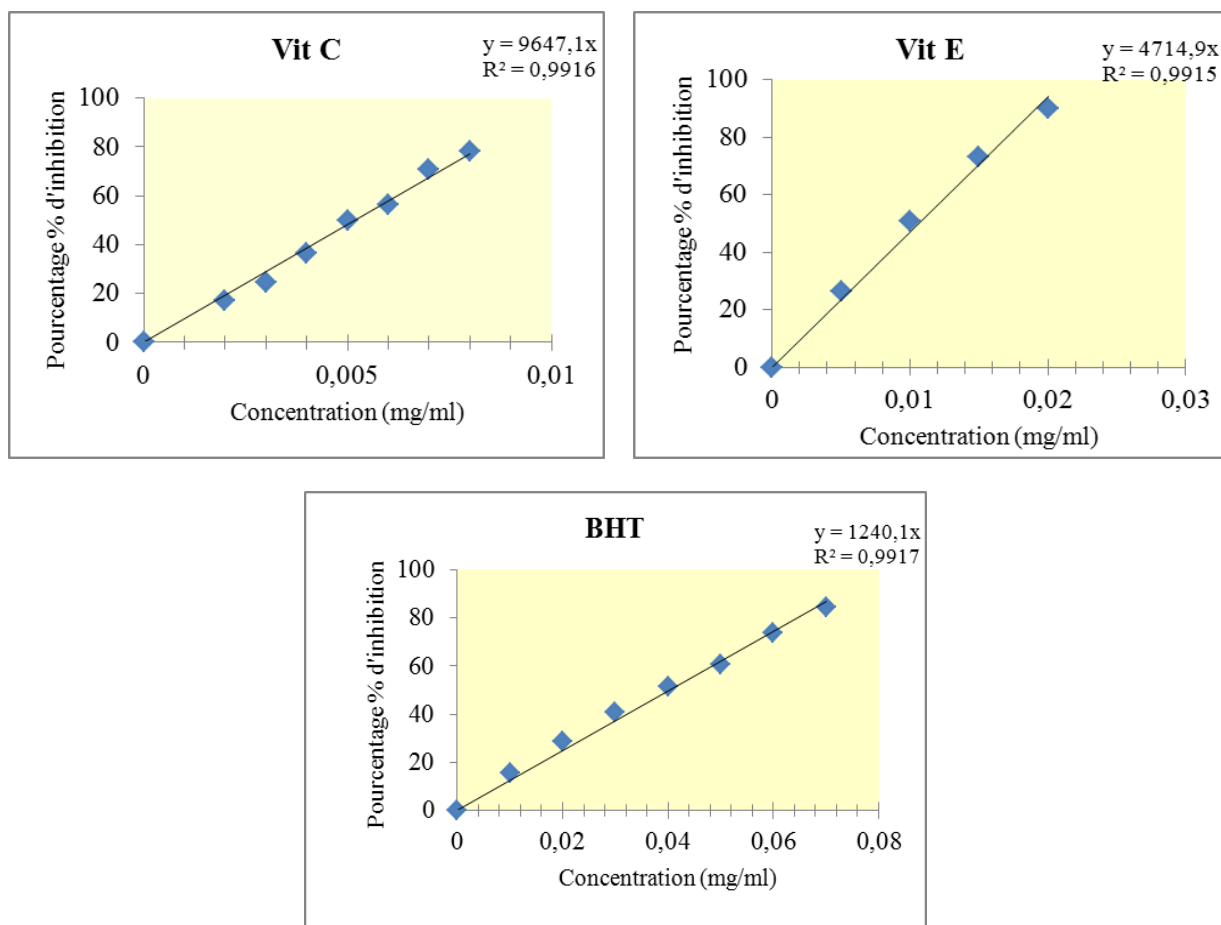


Figure 19: Le pouvoir antioxydant des standards, graphes représentant le pourcentage d’inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration des standards en mg/ml.

Après avoir étudié l’activité antioxydante des différents échantillons d’huiles essentielles, nous avons déterminé le facteur EC_{50} , défini comme étant la concentration nécessaire du substrat pour piéger de 50% de DPPH. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 6: Les valeurs d’ EC_{50} des huiles essentielles des quatre espèces et des standards en utilisant le test DPPH.

Echantillons	EC_{50} (mg/ml)	EC_{50} (ug/ml)
<i>Mentha piperita</i>	15,567	15567
<i>Mentha pulegium</i>	11,49	11490
<i>Thymus vulgaris</i>	0,6	600
<i>Thymus algeriensis</i>	3,055	3055
Vitamine C	0,0052	5,2
Vitamine E	0,01	10
BHT	0,04	40

Les huiles essentielles étudiées dans ce travail ont montré des EC₅₀ supérieures à celles des antioxydants de référence, ce qui signifie une activité antioxydant faible.

L'huile essentielle la plus active a été celle de l'espèce de *Thymus vulgaris* avec une valeur d'EC₅₀ égale à 0,6 mg/ml suivi par celle de *Thymus algeriensis* moyennement active avec une valeur d'EC₅₀ de 3,055 mg/ml.

Benabed., 2011 a déterminé des EC₅₀ égales à 2,29 mg/ml pour *Thymus vulgaris* d'Aflou, 10,02 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de Djelfa et 45 mg/ml pour *Thymus algeriensis* d'Aflou. Ces résultats confirment l'efficacité antioxydant de nos échantillons été grâce à leur composition en phénols qui sont connus comme des antioxydants très efficaces (**Wilfred et Nicholson., 2006**), le Carvacrol était présent dans *T. vulgaris* avec (63,42%) et le Thymol était de (2,93%) dans *T. algeriensis*.

Bien que les huiles essentielles étudiées dans cette recherche aient révélé des EC₅₀ supérieures à celles des antioxydants de référence, ce qui prouve une activité antioxydante faible, on constate que l'huile essentielle la plus active a été celle de l'espèce de *Thymus vulgaris* avec une valeur d'EC₅₀ égale à 0.6 mg/ml suivi par celle de *Thymus algeriensis* moyennement active avec une valeur d'EC₅₀ de 3.055 mg/ml, tandis que **Benabed.,2011** a déterminé des EC₅₀ égales à 2,29 mg/ml pour *Thymus vulgaris* d'Aflou, 10,02 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de Djelfa et 45 mg/ml pour *Thymus algeriensis* d'Aflou.

Ces résultats confirment l'efficacité antioxydante de nos échantillons grâce à leur composition en phénols qui sont connus comme des antioxydants très efficaces (**Wilfred et Nicholson., 2006**), Carvacrol pour *T. vulgaris* (63,42%) et le Thymol pour *T. algeriensis* (2,93%).

Les deux huiles essentielles *Mentha piperita* et *Mentha pulegium* possèdent une faible activité antioxydante par rapport aux deux espèces précédentes comparativement aux antioxydants de référence qui ont un EC₅₀ : 15.567 et 11.49₂ respectivement. Ce faible pouvoir antioxydant est due à une baisse teneur en phénols : 0.071% de Thymol pour *M. piperita* et 0,082% de Carvacrol pour *M. pulegium*.

Mais par opposition au résultat obtenu par **Bereksi., 2016** qui a défini un EC₅₀ égales à 103.2 mg/ml pour l'échantillon de *Mentha piperita* de la région de Ghazaouet (Tlemcen), ce qui signifie que nos échantillons de Menthes ont une activité antioxydante satisfaisante.

Conclusion

CONCLUSION

Ce travail nous a permis de mettre en évidence la composition chimique des constituants volatiles des huiles essentielles de quatre espèces *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*, ainsi que leurs pouvoir antioxydant.

La teneur en huiles essentielles des *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* est variable. Les deux espèces *Mentha piperita* et *Thymus vulgaris* ont un rendement important en huile essentielle, alors qu'avec les deux autres espèces nous avons obtenu une faible teneur.

La composition chimique des huiles essentielles a été identifiée à l'aide de chromatographie CPG. Les espèces végétales étudiées sont caractérisées par la majorité des composés suivants : Pipéritone et Limonène chez *Mentha piperita*, Pulégone chez *Mentha pulegium*, Carvacrol chez *Thymus vulgaris* et Carvacrol acetate, Limonène, α -Terpinyl acetate, α -Pinène et le Camphre chez *Thymus algeriensis*.

L'étude de pouvoir antioxydant a été évaluée en utilisant le test de DPPH, les huiles essentielles de nos échantillons ont montré une capacité limitée de réduire les radicaux libres DPPH^{*} par rapport aux antioxydants standards. Ce pouvoir est très faible surtout chez *Mentha piperita* et *Mentha pulegium*.

Quelques perspectives générales peuvent être tirées à l'issue des résultats obtenus dans ce travail :

- ✿ Travailler sur plusieurs échantillons de la même espèce selon les saisons et les stations de collection différentes pour pouvoir mener une grande étude comparative de cette famille de plantes ;
- ✿ Utiliser les différentes méthodes d'extractions pour les mêmes espèces afin de le degré d'impact de ces dernières sur les composants volatiles des huiles essentielles ;
- ✿ Mener une étude des huiles essentielles de cette famille *in vivo* en les appliquant sur des souris en laboratoire en vue d'une utilisation dans les domaines pharmaceutique et médical.

Références
Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abadlia, M., et Chabbour, A.** (2014). Etude des huiles essentielles de la plante et tester leurs effets sur un modèle biologique des infusoires. (p. 58). Université Constantine 1.
- Abd-Elouhide, D., et Bekhechi, C.** (2004). Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'*Ammoïdes verticillata* (Nounkha). *4 (10)*, pp. 1-10, 91-100. Alger: Biologie et santé.
- Amarti, F. S.** (2010). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. Dans A. Biotechnologie (Éd.). *14 (1)*, p. 141. Société et Environnement.
- Aromastyle** (2017). <http://www.aromastyle.fr/2017/05/12/extractions-assistees-par-micro-ondes-des-huiles-essentielles-et-des-extraits-aromatiques/>
- Atti-Santos, A. C., Pansera, M. R., Paroul, N., Atti-Serafini, L., et Moyna, P.** (2004). Seasonal variation of essential oil yield and composition of *Thymus vulgaris* L.(Lamiaceae) from South Brazil. *16(4)*, pp. 294-295. Journal of Essential Oil Research.
- AURA.INDUSTRIE.** (20/05/2018). Ambic-inox.com
- Avlessi, F. D.** (2004). Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle des feuilles de *Clausena anisata* (Wild) Hook. *Comptes Rendus Chimie.*, 7(10-11), pp. 1057-1061.
- BABA Aissa, F.** (2000). Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du maghreb. (pp. 366-369). Algeria: EDAS, librairie moderne: Rouiba.
- BABA Aissa, F.** (2011). Ecyelopédie des plantes utiles. Flore méditerranéenne (Maghreb, Europe méridionale), Substances végétales déAfrique, d'Orient et d'Occident. (pp. 244, 358). Alger: elMaarifa.
- Babushok, V., Linstrom, P. J., et and Zenkevich, I. G.** (2011). *Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils.* *40(4)*, pp. 26-35. USA: Journal of Physical and Chemical Reference Data.
- Balasundram, N., Sundram, K., et Samman, S.** (2006). *Phenolic compounds in plants and agricultural by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses.* Dans F. Chemistry (Éd.), (pp. 191–203).
- Bardeau, F.** (2009). La pharmacie du bon Dieu. (pp. 15-250). Fernand Lanore.
- Beesley, A., Hardcastle, J., Hardcastle, P., et Taylor, C.** (1996). *Influence of peppermint oil on absorptive and secretory processes in rat small intestine.* *39*, pp. 214-219. Gut.
- Beghidja N., B. N.** (2007). *composition of the oils from Mentha pulegium grown in different areas of the east of Algeria.* *43 (4)*, pp. 481-483. Chemistry of Natural Compounds.

- Beghidja, N., Bouslimani, N., Benayache, F., S. Benayache, S., et Chalchat, J.** (2007). *Composition of the oils from MENTHA PULEGIUM grown in different areas of the East of ALGERIA*. 43 (4), p. 482. Chemistry of Natural Compounds.
- Bekhechi et Abd-Elouahid, D.** (2010). les huiles essentielles. (pp. 14-16). Ben-Aknoun-ALGER: office des publication universitaire.
- Belaiche- Daninos, P.** (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie Tome 1- l'aromatogramme. 1, pp. 10, 200-204. Paris: Maloine.
- Beloued, A.** (2014). plantes médicinales d'Algérie. (pp. 3, 206). Constantine(Alger): l'office des publications universitaires.
- Benabed, K.** (2011). Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des Lamiaceae. Mémoire de magister. (p. 28). Lagouat-Alger: Université Amar Telidji – Laghouat faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur département de biologie.
- Bénédicte, B.** (2014). Plantes aromatiques. Les bases, Le savoir-faire, Les plantes. (pp. 66-75). France: Hachette Jardin.
- Benjilali, B.** (2004). Extraction des plantes aromatiques et médicinales : cas particulier de l'entraiment à la vapeur d'eau et ses équipement. Manuel pratique. Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation., (pp. 17-59). Maroc.
- Benouali, D.** (2016). Extraction et identification des huiles essentielles. Dans U. d. d'Oran (Éd.), (p. 5). Oran-Alger.
- Benseguni, A.** (2007). Etude théorique des métabolites secondaires des végétaux et des composés de synthèse sur le plan de l'activité biologique : simulation par docking (arrimage) moléculaire sur la lipoxigénase et la cyclooxygénase, Thèse. Dans U. d. Mentouri (Éd.), (p. 91). Constantine.
- Bereksi, R.** (2016). Interactions entre l'huile essentielle de *Thymus capitatus*, *Mentha piperita* et *Carthamus caeruleus*, et de leur composants majoritaires: Effet du synergisme ou d'antagonisme sur l'activité antioxydante. Mémoire de master., (p. 29).
- Berger, M. M.** (2006). Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. Dans N. c. métabolisme (Éd.), 20, pp. 48-53.
- Beylier, M.** (1976). Activités bactériostatiques des certaines matières premières de parfumerie. (pp. 283-286). Italie: Rivista Italiana EPPOS.
- Blake, K.** (1993). *Dangers of common Cold Treatments in children*. 341, p. 640. Lancet.
- Bossokpi, L. I.** (2003). Etude des activités biologiques de *fagara zanthoxyloides* Lam (Rutaceae). (p. 128). Thèse Univ de Bamako.

- Bouchra, C., Achouri, M., Idrissi Hassani, L. M., et Hmamouchia, M.** (2003). *Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against Botrytis cinerea*. 89, pp. 165–169. Pers: Fr., Journal of Ethnopharmacology.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., et Bogavac, M.** (2008). *Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Properties of Achillea collina Becker ex Heimerl s.l. and A. pannonica Scheele Essential oils*. 13, p. 2061. Molecules.
- Braga, P., Dal Sasso, M., Culici, M., Galastri, L., Marceca, M., et Guffanti, E.** (2006). *Antioxidant potential of thymol determined by chemiluminescence inhibition in human neutrophils and cell-free systems*. 76 (2), pp. 61-68. Pharmacology.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., et Berset, C.** (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. 28, pp. 25-30. Food and Science.
- Bruneton, J.** (1993). Pharmacognosie-phytochimie : plante médicinales. Dans Lavoisier (Éd.). (pp. 250-300). Paris: Technique et document.
- Bruneton, J.** (1999). Huiles essentielles, In pharmacognosie. Techniques et Documentation et médicales internationales. (pp. 1100-1130). Paris- France: Cachan.
- Bruneton, J.** (2005). Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'Homme et les animaux. Dans T. e. Doc (Éd.). (pp. 363-364). France: Lavoisier.
- Bruneton, J.** (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. Dans Lavoisier (Éd.). (pp. 589-647). Paris: Techniques et Documentation.
- Burits, M., et Bucar, F.** (2000). *Antioxidant activity of nigella sativa essential*. 14, p. 324. Graz, Austria: PHYTOTHERAPY RESEARCH.
- Burt, S.** (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review*. 94, pp. 223-253. Utrecht- Netherlands: International Journal of Food Microbiology.
- Butterfield, D., et Lauderback, C.** (2002). *Lipid peroxidation and protein oxidation in Alzheimer's disease brain: potential causes and consequences involving amyloid β -peptide-associated free radical oxidative stress*. 32, pp. 1050-1060. Free Radical Biology and Medicine.
- Carée, P.** (1953). Précis de technologie et de chimie industrielle. 3. Ballière JB, et fils.
- Chiej, R.** (1982). les plantes médicinales. (pp. 260-282). Paris: Solar.
- choumboungang, F. D.** (2009). Activité larvicide sur Anopheles gambiae Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun/Larvicidal activity against Anopheles gambiae Giles and chemical composition of essential oils from four plant. Dans A. Biotechnologie (Éd.). 13 (1), p. 77. Société et Environnement.
- Clarke, S.** (2008). *Essential chemistry for aromatherapy*. (p. 79). China: Elsevier Health Sciences.

- Coisne, T.** (2007). *Contribution à l'étude des effets de l'activité physique sur le fonctionnement mitochondrial et la production de radicaux libre- Etude sur mitochondries musculaires et hépatique. Thèse de doctorat.* (pp. 16-29). Université Joseph Fourier - Grenoble 1.
- Couic-Marinier, F., et Lobstein, A.** (2013). Mode d'utilisation des huiles essentielles. Dans A. Pharmaceutiques (Éd.). *52 (525)*, pp. 26-30. Elsevier.
- Debbab, A., Mosaddak, B., Aly, A. H., Hakiki, A., et Mosaddak, M.** (2007). *Chemical characterization and toxicological evaluation of the essential oil of Mentha piperita L. Growing in Morocco.* *8(3)*, pp. 281-288. Scientific Study and Research.
- Djeroumi, A., et Nacef, M.** (2010). 100 plantes médicinales d'Algérie. (p. 98). Alger: HOUMA.
- Dob T., D. D.** (2006). *Studies on the essential oils and antimicrobial activity of Thymus algeriensis Boiss.* *16 (2)*, pp. 95-100. Aromatherapy.
- Dupont, F., et Guirnard, J.-L.** (2012). Botanique. Les familles de plantes. (p. 238). Espagne: Elsevier.
- Edeas, M.** (2009). Anti-oxydants, controverses et perspectives : comment expliquer l'échec des études cliniques utilisant des anti-oxydants. *203 (3)*, pp. 271-280. Journal de la société de biologie.
- Edris, A.** (2007). pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents : A review. *Phytother. 21*, pp. 308-323. Phytother Research.
- El Kolli.M.** (2008). Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Athemispedunculata Desp., d'Athemispunctata Vahi. et de Daucus crinitus Desf. Mémoire de Magistère. Sétif: UFA de Sétif.
- Elhouiti, F.** (2010). mémoire de magister : Composition chimique, activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de Rhanterium adpressum. Thèse de magistère. (p. 17). Laghouat- Alger: Université Amar Thliji-Laghouat.
- Favier, A.** (1997). Le stress oxydant : intérêt de sa mise en évidence en biologie médicale et problèmes posés par le choix d'un marqueur. Dans A. d. clinique (Éd.), *55 (1)*, pp. 9-16.
- Favier, A.** (2003). Le stress oxydant « Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique ». (pp. 108-115). Actualité chimique.
- Federico, T., et Victoir, M.** (2013). Huiles essentielles. L'encyclopédie. (pp. 70-72). France: Judena.
- Ferhat, M.** (2016). les procédés d'extractions des huiles essentielles. (p. 47). France: Universitaire Européennes.
- Fillip.**(2014). Extracteur huiles essentielles. smaksimov.ru/extracteur-huiles-essentielles/. visite au 23/05/2018.
- Fouché, J., Marquet, A., et Hambuckers, A.** (2000). Les Plantes Médicinales, de la plante au médicament. Observatoire du Monde des Plantes Sart-Tilman., (pp. 88-100).

- franchomme, P.** (2015). La science des huiles essentielles médicinales. (p. 248). Paris: Trédaniel.
- Francois-Xavier, G.** (2001). Le matériel végétal et les huiles essentielles. (pp. 24, 1-16). Québec: Corporation: LASEVE-UQAC.
- Ganzler, K., Salgo, A., et Valko, K.** (1986). *Microwave Extraction: a novel sample preparation method for chromatography.* 371, pp. 229-306. Journal of Chromatography A.
- Gardner, P.** (1997). *Superoxide-Driven Aconitase FE-S Center Cycling.* 17 (1), pp. 33-42. Bioscience Reports.
- Goodner, K. L., Mahattanatawee, K., Plotto, A., Sotomayor, J. A., et Jordan, M. J.** (2006). *Aromatic profiles of Thymus hyemalis and Spanish T. vulgaris essential oils by GC-MS/GC-O.* 24(3), pp. 264-268. Industrial Crops and Products.
- Goudable, J., et Favier, A.** (1997). Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Dans M. Nutrition Clinique et (Éd.), 11, pp. 115-120.
- Goudjil, M. B., Ladjel, S., Benchikh, S. E., Zighmi, S., et Hamada, D.** (2015). *Chemical Composition, Antibacterial And Antioxidant Activities Of The Essential Oil Extracted From Mentha Piperita. Of Southern Algéria.* 9, pp. 79-87. Research Journal of Phytochemistry.
- Grosjean, N.** (2007). L'aromathérapie tout simplement. (p. 29). Eyrolles.
- Guenther, E.** (1948). *The essential Oils.* 2, pp. 14, 150, 445. New York: D. Van Nostrand.
- Guillemain, J., Rousseau, A.** (1989). *Neurodepressive effects of the essential oil of Lavandula angustifolia Mill.* 47 (6), pp. 337-343. France: Annales pharmaceutiques francaises.
- Gupta, S.** (2010). *Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants.* (pp. 362, 98). CRC press.
- Gurib-Fakim, A.** (2006). *Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow.* 27 (1), pp. 1-93. Mauritius: Molecular Aspects Medecin.
- Hamoudi, Y.** (1997). البشائر في النباتات الطبية الأكثر استعمالا في الجزائر. (p. 107). Blida: Qasr Alkitab.
- Hellal, Z.** (2011). Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Thèse de magistère. (pp. 4, 12). Tizi-ouzou, Algérie: Université de Moulloud Mammeri- Tizi-ouzou.
- Hmiri, S., Rahouti, M., Habib, Z., Satrani, B., Ghanmi, M., et El Ajjouri, M.** (2011). Évaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus Camaldulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation. 80, pp. 824-836. Bulletin de la société royale des sciences de liège.

- Höld, K., Sirisoma, N., et Ikeda, T.** (2000). α -Thujone (the active Component of Absinthe): γ -Aminobutyric Acide type A Receptor Modulation and Metabolic Detoxification. Dans Proc.Nalt.Acad.Sci (Éd.), 97, pp. 3826-3831. USA.
- Hudaib, M., Speroni, E., Di Pietra, A. M., et Cavrini, V.** (2002). *GC/MS evaluation of thyme (Thymus vulgaris L.) oil composition and variations during the vegetative cycle.* 29(4), pp. 691-700. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis.
- Ibrahimi, A., Belaïche, T., et Tantaoui-Elaraki, A.** (1995). *Application of a two levels factorial design to the study of the antimicrobial activity of three terpenes [1,8-cineol, linalool, eugenol].* 15, pp. 569-578. Sciences Des Aliments.
- Imelouane, B., Amhamdi, H., Wathelet, J. P., Ankit, M., Khedid, K., et El Bachiri, A.** (2009). *Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (Thymus vulgaris) from Eastern Morocco.* 11(2), pp. 205-208. Int. J. Agric. Biol.
- Iqbal, A., Farrukh, A., et Mohammad, O.** (2006). *Modern phytomedicine. Turning medicinal plants into Drugs.* (p. 7). British: Wiley.VCH.
- Iserin, P.** (2001). *Encyclopedie des Plantes Médicinales : identification, preparation, soin.* (p. 7.53). Paris: Larousse.
- Khelfane, F., et Yousfi, A.** (1987). *Extraction et analyse chromatographique des huiles essentielle d'Eucalyptus globus.*Thèse d'ingénieur. (pp. 5,11). Alger: E.N.P.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., et Satya, S.** (2012). *Efficacy Of Mentha piperita and Mentha citrata essential oils against housefly, Musca domestica L.* 39, pp. 106-112. *Industrial Crops and Products.*
- Kurita, N., et Koike, S.** (1982). *Synergistic Antimicrobial Effect of Acetic Acid, Sodium Chloride and Essential Oil Components.* 46 (6), pp. 159-165, 1655-1660. Agricultural,biological,Chemesry.
- Laghouiter, O. K.** (2012). *Etude des activités biologiques des huiles essentielles de menthe de la région de Ghardaia, mémoire de magistère.* (p. 28). Laghouat-Alger: Chimie organique appliqué.
- Lahlou, M.** (2004). **Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils.Review article.** 18 (6), pp. 435-448. Morocco: Phytotherapy research.
- Laight, D., Carrier, M., et Änggård, E.** (2000). *Antioxidants, diabetes and endothelial function.* 47, pp. 457-464. Cardiovasc Resserche.
- Lamnaouer, D.** (2002). *Plantes médicinales du Maroc : Usages et toxicité.* (pp. 1-2). Maroc: Département de Pharmacie-toxicologie.
- Legrand, G.** (1978). *Manuel préparation en pharmacie.* Masson.
- Lemberg, S.** (1982). *Armoise: artemesia herba alba [Perfume plant, growing areas, chemical composition].* (pp. 58-63). Perfumer and Flavorist.

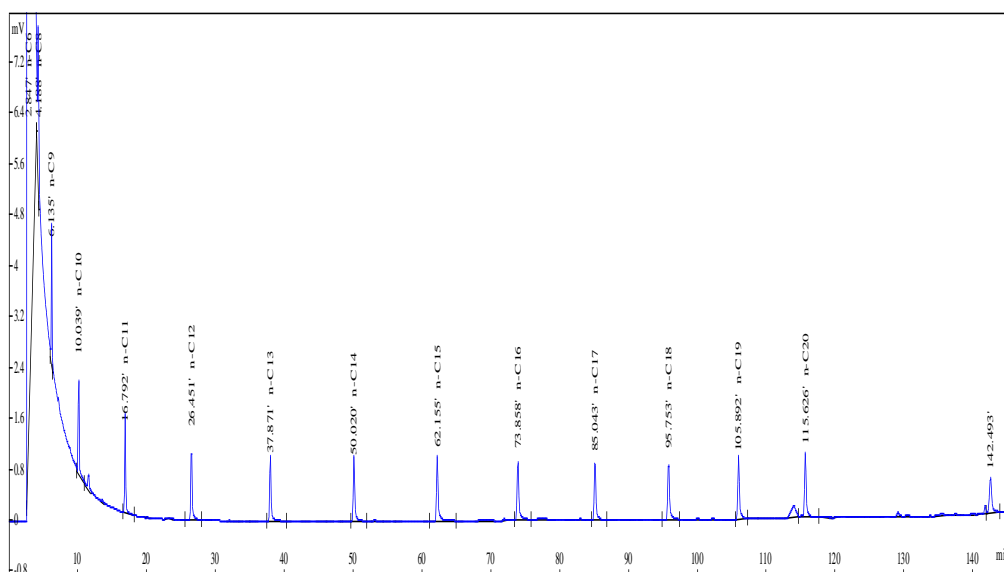
- Léophonte, P., Guérin, J., Lebas, F., et al.** (2006). Stress oxydatif et BPCO. Role des infection. Dans e. m. Médecine (Éd.). 36 (5), pp. 245-252. Elsevier.
- Lesgards, J.** (2000). Contribution à l'étude du statut antioxydant de l'homme ; aspect chimiques. Thèse de doctorat. (pp. 19-20). Université d'Aix-Marseille.
- Losa, R.** (2001). *The use of essential oils in animal nutrition. In: Feed Manufacturing in the Mediterranean Region. Improving Safety: From Feed to Food. Proceedings of the III Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean.* 54, pp. 39-44. Spain: Reus.
- Lucienne, A.** (2010). les plantes médicinales. (pp. 6, 170, 226). alger: Berti.
- Lyras, L., Cairns, N., Jenner, A., et al.** (1997). *An assessment of oxidative damage to proteins, lipids, DNA in brain from patients with Alzheimer's.*, 68, pp. 2061-2069.
- Martini, M.-C.** (2011). Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie. Dans m. internationales (Éd.). (p. 331). ClaudeBernard: Lavoisier.
- Michel, B.** (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. document et Technologie. (pp. 1021-1043). Paris: Lavoisier.
- Molyneux, P.** (2004). *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity.* 26, p. 212. Songklanakarin J. Sci. Technology.
- Obame-Engonga, L. C.** (2009). Etude Phytochimique, Activités Antimicrobiennes et Médicinales Africaines. These de doctorat unique. (p. 16). OUAGADOUGOU: CRSBAN.
- Ozenda, P.** (1983). Flore du Sahara. éd C.N.R.S, p 622.
- Packiyasothy, E., et Kyle, S.** (2002). *Antimicrobial properties of some herb essential oils. Food Australia.*, 54, pp. 384-406. Australia.
- Padrini, F.** (1996). Le grand livre des huiles essentielles Guide pratique pour retrouver vitalité bien être et beauté avec les essences et l'aramassage énergétique avec plus de 100 photographies. (p. 15). Vecchi.
- Paris, M.** (1981). Abrégé de matière médicale, Pharmacogénosie. Tome I. (p. 339). Paris: Masson.
- Perrin, A., et Colsan, M.** (1983). L'appareil sécrèteur chez les menthes : madalité de stockage des essences dans les glandes à tête pluricellulaire. Acte du cloque: les menthe en France, aspect scientifique, économique et industriel. (p. 150). Bernard: université Claude Bernard, Lyon I.
- Pincemail, J., Bonjean, K., Cayeux, K., et Defraigne, J.** (2002). Nutrition et stress oxydant. Mécanismes physiologiques de la défonce antioxydante. Physiological action of antioxydant defonces. Dans N. c. métabolisme (Éd.), 16, pp. 233-239.

- Pincemail, J., Maurisse, M., Limet, R., et Defraigne J, O.** (1998). Mesure et utilisation des antioxydants. *73*, pp. 233-239. médecine Sphère.
- Piochon, M.** (2008). Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire de maîtrise. (p. 29). Québec: Université du Québec à Chicoutimi.
- Pons-Rejraji, H., Sion, B., Saez, F., et al.** (2009). Roles des dérivés actifs de l'oxygène (DAO) sur les spermatozoïdes humains et infertilité masculine. Dans *G. O. fertilité (Éd.)*, *37*, pp. 529-535.
- Psquier, C.** (1995). Stress oxydatif et inflammation. Dans *R. f. laboratoires (Éd.)*. 1995 (276), pp. 87-92. France: Elsevier.
- Rai, M., et Mares, D.** (2003). Plant-Derived Antimycotics: current trends and future prospects. *70 (4)*, p. 578. New York: CRC Press.
- Roginsky, V., et Lissi, E.** (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. Dans *FoodChemistry (Éd.)*. 92, pp. 235–254. Elsevier.
- Sanchez-Moreno, J. A., Larrauri, et Saura-Calixto, F.** (1998). *A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols*. *76*, pp. 270–276. Journal of the Science of Food and Agriculture.
- servais, S.** (2004). Altération mitochondriales et stress oxydant pulmonaire en réponse à l'ozone : effets de l'âge et d'une supplémentation en OMEGA-3. Thèse de doctorat. Dans *C.-L. Université de (Éd.)*, (pp. 19-22). Claude Bernard.
- Shahin, S. A., Naresh, K., Abhinav, L., et al.** (2008). Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. Dans *ScienceDirect (Éd.)*. *41*, pp. 1-15. Elsevier.
- Smith, C. K., Moore, C. A., Elahi, E. N., et al.** (2000). *Human Skin Absorption and Metabolism of the Contact Allergens, Cinnamic Aldehyde, and Cinnamic Alcohol*. Dans *A. P. Toxicology and (Éd.)*. *168*, pp. 189-199. Elsevier.
- Souchard, J., Arnal, J., et Rochette, L.** (2002). Les radicaux Libres et le Stress Oxydatif Radicalaire. Techniques permettant la mise en évidence d'un stress oxydatif en biologie, In."Biologie et Pathologie du Coeur et des Vaisseaux". Dans *M. S. Flammarion (Éd.)*, (p. 245).
- Stoyanova, A., Georgiev, E., Kula, J., et Majda, T.** (2005). *Chemical composition of the essential oil of Mentha pulegium L. from Bulgaria*. *J. Essent. Oil Res.* *17*, pp. 475-476.
- Svoboda, K., et Hampson, J. B.** (1999). *Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities*. (pp. 1-17). Scotland: Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW.
- Tanguy, M., Marie, A., et Simon, B.** (2009). Antioxydants Première partie: les antioxydants dans l'alimentation. Dans *Médecine (Éd.)*. *5 (6)*, pp. 115-120, 256-260. Nutrition Clinique et Métabolisme.

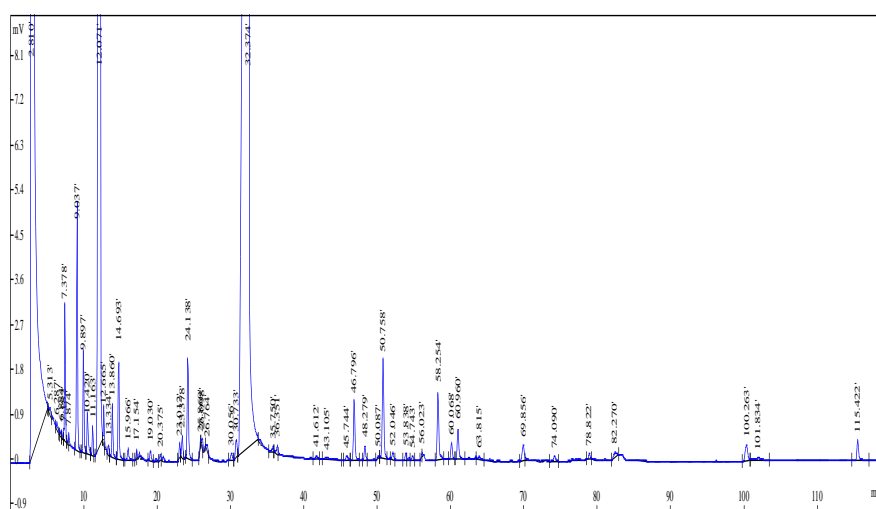
- Tela Botanica.** (2018). eFlor, L'encyclopédie botanique collaborative. <https://www.tela-botanica.org>. Visite le 21/05/2018.
- Telphon, T.** (2003). ABC des huiles essentielles. (p. 480). Grancher.
- Temple, N.** (2000). *Antioxidants and disease : more questions than answers*. Dans N. Resserche (Éd.), 20, pp. 449- 459. Resserche and Nutrition.
- Teuscher, E., Anton, R., et Lobstein, A.** (2005). Plantes aromatiques. Epices. aromates, condiments et huiles essentielles. (pp. 314-315). Paris- France: Technologie et document.
- Thompson, J. D., Chalchat, J. C., Michet, A., Linhart, Y. B., et Ehlers, B.** (2003). propriétés qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chémotypes. 29 (4), pp. 859-880. Journal of Chemical Ecology.
- Valnet, J.** (2000). Arhomathérapie trément des maladies pas les essences de plantes. (pp. 25-36). Paris: Maloine S.A.
- Verdan, C.** (2002). Le monde magique du parfum. Une exposition proposée par le Comité Français du Parfum. (p. 20). France: Parfum expo.
- Wang, L., Yen, J.-H., Liang, H.-L., et Wul, M.-J.** (2003). *Antioxidant Effect of Methanol Extracts from Lotus Plumule and Blossom (Nelumbo nucifera Gertn)*. Dans J. o. Analysis (Éd.), 11, pp. 60-66.
- weather-atlas.** (2018, 05 19). *Weather forecast*. Récupéré sur weather-atlas: <https://www.weather-atlas.com>
- Werner, M.** (2008). Les huiles essentielles bien-être , bauté et santé. (p. 26). paris, France: vigot.
- Wilfred, V., et Nicholson, R.** (2006). *Phenolic compound biochemistry*. (pp. 237-246). Springer.
- Zhi-Ping, R., Liang-Liang, Z., et Yi-Ming, N.** (2008). *Evaluation of the Antioxidant Activity of Syzygium cumini Leaves*. 13, p. 2547. China: Molecules.
- Zhiri, A.** (2006). Sciences, Nutrition, Prévention et Santé. Dans c. Directeur de la publication : Linus Freeman - Rédacteur en (Éd.). (pp. 6-16). Yolaine Carel: Nutra News.
- Zhiri, A., et Baudoux, D.** (2005). *Huiles Essentielles Chémotypées Et Leurs Synergies*. (p. 6). Inspir Development.
- Zlotorzynski, A.** (1995). *Microwaves assisted extraction of essentials oils from vegetal material*. (pp. 43-76). Anal.Chem.

Annexes

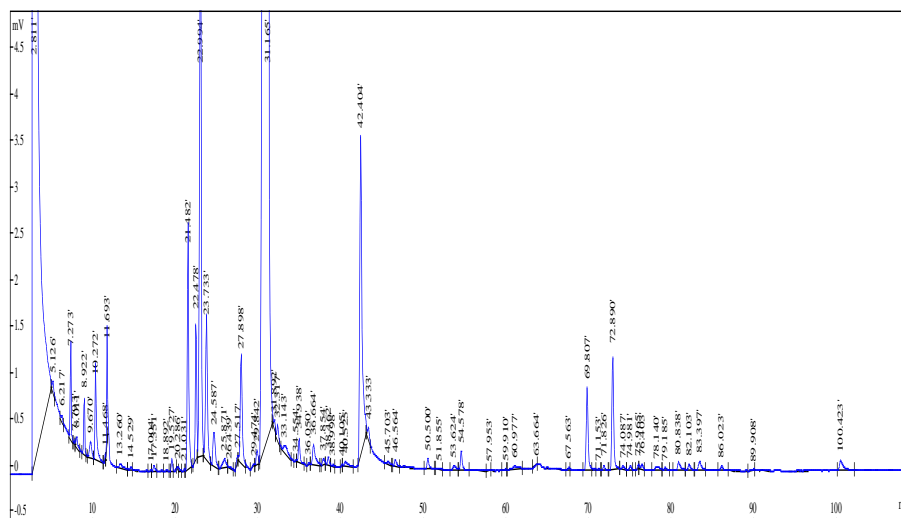
ANNEXES



Profils chromatographiques des alcanes obtenus par CPG.



Profils chromatographiques des huiles essentielles de *Mentha piperita* obtenus par CPG.



NOMS DES SCIENTIFIQUES

- Abubakr al-Razi** Abu Bakr Mohammad Ibn Zakariya al-Razi, (865-925) est un savant pluridisciplinaire iranien qui a fait d'importantes contributions à la médecine, à l'alchimie et à la philosophie. Empiriste et rationaliste, il fut l'objet de nombreuses critiques pour son opposition à l'aristotélisme et sa libre-pensée vis-à-vis de la religion musulmane.
- Dioscoride** Pedanius Dioscoride, né vers 25 apr. J.-C et mort vers 90 apr. J.-C. est un médecin, pharmacologue et botaniste de nationalité Gréco-romain.
- Galien** Claude Galien, né au 131 av. J-C à Pergame (Asie) et décès vers 201 av. J-C en à Rome (Italie), est un Médecin et chirurgien de nationalité Rome antique.
- Ibn al Baytar** Abu Muhammad Ibn al-Baitarn ou Abu Muhammad Abdallah Ibn Ahmad Ibn al-Baitar Dhiya al-Din al-Malaqi, né vers 1197 dans la province de Malaga (communauté autonome d'Andalousie) et mort en 1248 à Damas (Syrie), est un médecin arabo-andalou.
- Ibn Sina** Abu 'Ali al-Husayn Ibn Abd Allah Ibn Sina, dit Avicenne, ou Ibn Sīnā, né en 980 à Boukhara, Empire samanide (Ouzbékistan) et mort en Juin 1037 (environ 57 ans) à Hamadan, Émirat kakouyide (Iran), est un Médecin , métaphysique , théologie et alchimie.
- Jussieu** Antoine-Laurent de Jussieu, né à Lyon le 12 avril 1748 et mort à Paris le 17 septembre 1836, est un botaniste français.
- Paracelsus Von Hobenheim** Paracelse, né Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim en 1493 à Einsiedeln (en Suisse centrale) et mort le 24 septembre 1541 à Salzbourg (aujourd'hui en Autriche) est un médecin, philosophe mais aussi théologien laïque suisse, d'expression allemande, est un médecin-chirurgien, un philosophe de la nature concevant les phénomènes naturels comme des processus chimiques de transformation, un théoricien des forces surnaturelles et un rebelle s'en prenant parfois avec virulence aux institutions et aux traditions.
- René-Maurice Gattefosse** René-Maurice Gattefossé, né en 1881 à Montchat, quartier de Lyon – décédé en 1950 à Casablanca (Maroc) est considéré comme un des pères fondateurs de l'aromathérapie.

GLOSSAIRE

Apothicaïres	« Apothecarius » mots latin, Les apothicaïres et apothicaïresses étaient les précurseurs des pharmaciens. Ils préparaient et vendaient des breuvages et des médicaments pour les malades.
Aromatogramme	est une méthode de mesure in vitro du pouvoir anti-bactérien, anti-viral anti germinicide anti parasitaire etc...des huiles essentielles.
Artériosclérose	L'artériosclérose ou artérite est une maladie au long cours, très invalidante.
Bilabiées	Se dit des corolles formées de deux lèvres (labiées, plasonées).
Biocides	Se dit de tout produit chimique utilisé pour détruire certains organismes vivants.
Chémotype	Un chémotype désigne, à l'intérieur d'une même espèce, les groupes d'individus qui diffèrent par la présence ou l'absence d'une ou plusieurs substances chimiques sans qu'il y ait de différences macro ou microscopiques entre-eux. Les différents chémotypes sont identifiables par chromatographie.
Collenchyme	Tissu végétal vivant, aux parois celluloseuses plus épaisses que celles d'un parenchyme, et pouvant de ce fait jouer un rôle de soutien dans les tiges en cours de croissance.
Confiserie	Fabrication de friandises à partir de sucre cuit, travaillé et aromatisé.
Cyme	Inflorescence dans laquelle chaque ramification se termine par une fleur, ce qui limite sa croissance en longueur.
Décoction	La décoction est une méthode d'extraction des principes actifs et/ou des arômes d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillante.
Fruit Schizocarpe	désigne un fruit composé de plusieurs unités méricarpes se séparant à maturité.
Gaïacol	Le gaïacol ou guaiacol est un composé organique aromatique naturel.
Graine Exalbuminé	Une graine, ou un grain est dit exalbuminé lorsque l'albumen (L'album en est un type de tissu de réserves nutritives) a disparu.
Hermaphrodites	Se dit d'une fleur ayant à la fois étamines et pistil, d'un individu végétal ou animal, d'une espèce ou d'un être humain présentant les caractères de l'hermaphrodisme.

Infusion	L'infusion est une méthode d'extraction des principes actifs ou des arômes d'un végétal par dissolution dans un liquide initialement bouillant que l'on laisse refroidir. Le terme désigne aussi les boissons préparées par cette méthode, comme les tisanes, le thé par exemple.
Liquoristerie	Fabrication, industrie des liqueurs ; usine où on les fabrique.
Népétolactone	La népétolactone est un composé organique de la famille des terpénoïdes. C'est un monoterpène bicyclique.
Pennyroyal	Le nom est appelé <i>Mentha pulegium</i> .
Peroxydation	Réaction chimique consistant à porter un atome ou une molécule au plus haut degré possible d'oxydation.
Podagre	Se dit d'un malade souffrant de la goutte.
Superoxyde	est issu de la réduction monoélectronique du dioxygène.
Xérophytes	Plante capable de vivre dans des régions habituellement sèches (déserts) ou dans des milieux physiologiquement secs.
Zygomorphes	Se dit des fleurs qui ont un seul plan de symétrie, généralement vertical, comme les pois, les violettes, les linaires, les orchidacées, etc., ce qui est l'indice d'une évolution très poussée.

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier la composition chimique, l'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre plantes de la famille des *Lamiacées* : *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*. Les huiles essentielles de ces plantes ont été obtenues par hydrodistillation de la partie aérienne. Les teneurs en huiles essentielles de *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* sont 1,69%, 0,99%, 1,61 et 0,33%, respectivement. L'analyse par chromatographique en phase gazeuse CPG a révélé que les composés majoritaires chez *Mentha piperita* sont le Pipéritone et le Limonène. Le Pulégone chez *Mentha pulegium* et le Carvacrol chez *Thymus vulgaris* Alors que chez *Thymus algeriensis* le Carvacrol acétate, le Limonène, l' α -Terpinyl acétate, l' α -Pinène et le Camphre sont majoritaires. L'étude de l'activité antioxydant a été réalisé en utilisant le test chimique DPPH, l'étude a montré que les huiles essentielles de nos échantillons possèdent un pouvoir antioxydant faible par rapport aux antioxydants de références utilisées (Vitamine E, Vitamine C et BHT).

Mots clés : *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Huiles essentielles, Activité antioxydant, Test DPPH

مُلخَص

الهدف من هذا العمل هو دراسة التركيب الكيميائي، والنشاط المضادة للأكسدة و ذلك للزيوت العطرية لأربع نباتات من العائلة الشفوية: النعناع الفلفلي، النعناع الأوروبي (أو يدعى كذلك الفليو)، زعتر الجبل و الجرتيل. تم الحصول على هذه الزيوت العطرية عن طريق تقنية التقطير المائي للأجزاء العلوية. حساب النسبة المئوية للزيت العطري بينت أن النعناع الفلفلي يحتوي على 1,69%، الفليو يحتوي على 0,99%، زعتر الجبل يحتوي على 1,61% و الجرتيل يحتوي على نسبة 0,33% من الزيوت العطرية. من خلال الكشف الكروماتوغرافي الغازي فإن زيت النعناع الفلفلي يغلبه في التركيب بيبيريتون و ليمونين، الفليو يغلبه بيليجون، في حين زعتر الجبل يتكون بأعلى كمية من كاغفون في حين الجرتيل يتكون من كاغفاكغول أسيتات، ليمونين، ألفا-تيغيبينيل أسيتات، ألفا-بينيون، و كاموفغ. بعد دراسة قدرة نشاط الزيوت المضادة للأكسدة تبين من خلال الكشف باختبار DPPH أن قدرة الزيوت على تثبيط الجذور الحرة ضعيفة جدا مقارنة بمضادات الأكسدة المرجعية (فيتامين E، فيتامين C و BHT).

كلمات المفتاح : النعناع الفلفلي، الفليو، زعتر الجبل، الجرتيل، الزيوت العطرية، النشاط المضاد للأكسدة، اختبار DPPH.

Abstract

The aim of this work is to study the chemical composition, the antioxidant activity of the essential oils of four plants of the Lamiaceae family: *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis*. The essential oils of these plants were obtained by hydrodistillation of the aerial parts. The essential oil contents of *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis* are 1,69%, 0,99%, 1,61% and 0,33%, respectively. GC gas chromatographic analysis revealed that the major compounds in *Mentha piperita* are Piperitone and Limonene, Pulregone in *Mentha pulegium*, Carvacrol in *Thymus vulgaris* and Carvacrol acetate, Limonene, α -Terpinyl acetate, α -Pinene and Camphor in *Thymus algeriensis*. The study of the antioxidant activity was carried out using the DPPH chemical test, the study showed that the essential oils of our samples have a low antioxidant power by providing the reference antioxidants used (Vitamin E, Vitamin C and BHT).

Keywords: *Mentha piperita*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Essential oils, Antioxidant activity, DPPH.

