



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
جامعة محمد الصديق بن يحي -جيجل  
Université Mehammed Seddik Benyahia- Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية

### Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Option : Toxicologie Fondamentale et Appliquée

## Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes de la région de Jijel

### Membres du jury :

Président : M<sup>r</sup> SEBTI M.

Examineur : M<sup>me</sup> LEMZERI H.

Encadreur : M<sup>me</sup> BENTERROUCHE I.

### Présenté par :

HABITOUCHE Manel

MAAMAR Hasna

Année universitaire 2020-2021

Numéro d'ordre : .....

## **Remerciements**

*Nous tenons tout d'abord à dresser nos plus profonds et sincères remerciements à notre directrice de recherche Madame **BENTERROUCHE I.** pour tous ses conseils et ses encouragements, pour sa disponibilité et sa compréhension et de nous donner le fruit de ses efforts sans avare.*

*Nous remercions les membres de jury, monsieur **SEBTI M.** et madame **LEMZERI H.** de nous avoir honorés en acceptant de juger ce travail et pour leur efforts.*

*Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près, comme de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

*Nos remerciements à **BOUKEFFOUS ASMA** et **BRIHOM SORAYA** et à toute l'équipe de laboratoire de toxicologie, pour leur aide, disponibilité et la vraie amitié au sein du laboratoire. Ce fut un plaisir de les connaître et nous les remercions de nous avoir donné des années d'expérience en si peu de temps.*

*Nos remerciements sont aussi adressés à l'ensemble des enseignants de notre cursus, ainsi qu'à tous ceux qui ont mis à notre disposition les moyens nécessaires pour l'élaboration de ce mémoire.*

## *Dédicace*

*Je voudrais dédier ce modeste travail à tous ceux que j'aime ; Avec tout l'amour éternel et avec l'intensité de mes sentiments :*

*À mes parents pour leur amour, leur encouragement, sacrifices et la confiance qu'ils m'ont donnés.*

*À ma deuxième maman Aicha pour sa compréhension et son support.*

*À mes frères : Yasser, Oussama, Souhaibe.*

*À mes sœurs : Iman, Douaa.*

*À mes amis d'hier, d'aujourd'hui et de demain.*

*À la prunelle de mes yeux, mon fils Hammam*

*À ma bougie, mon espoir de vie, mon âme sœur, mon chère mari Abdenour Boulanouar.*

*A tout ma famille.*

*HABITOUCHE Manel*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*À mes très chers parents, aucun hommage ne pouvait être à la hauteur de leur amour, que le Dieu les procure bonne santé et longue vie.*

*À mes frères, mes sœurs.*

*À toute la famille.*

*À mes chères amies Chebbah Merièmè, Aci Khawla, Aci Chaima, Boudhane Widade, El-kourd khadidja, Belgharbi Nawel, Chelgham Hoda, Hannache Youssra, Chikhi Kenza, Mander Hanane, Habitouche Manel, Bouilta Rania et Amirate Zineb.*

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

*MAAMAR Hasna*

## Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....   | 1  |
| <u>Partie 1: Recherche bibliographique</u>   |    |
| <u>Chapitre I : Généralités sur les huiles essentielles</u>                              |    |
| I.1. Définition des huiles essentielles .....  | 3  |
| I.2. Origine et localisation des huiles essentielles.....                                | 3  |
| I.3. Caractéristiques physico-chimiques et composition des huiles essentielles.....      | 4  |
| I.3.1. Caractéristiques des huiles essentielles .....                                    | 4  |
| I.3.2. Composition des huiles essentielles .....   | 4  |
| I.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles .....                                 | 7  |
| I.4.1. Expression .....  | 7  |
| I.4.2. Extractions par solvant .....   | 8  |
| I.4.3. Distillation.....   | 9  |
| I.4.4. Autres procédés d'extraction.....   | 11 |
| I.5. Conservation des huiles essentielles .....  | 13 |
| I.6. Domaines d'utilisation des huiles essentielles .....                                | 13 |
| I.6.1. Huiles essentielles comme biopesticides.....                                      | 13 |
| I.6.2. Huiles essentielles comme détergent.....  | 14 |
| I.6.3. Huiles essentielles et alimentation .....   | 14 |
| I.6.4. Huiles essentielles et pharmacie.....   | 14 |
| I.7. Activités biologiques des huiles essentielles .....                                 | 15 |
| I.7.1. Activité antioxydant .....  | 15 |
| I.7.2. Activité antibactérienne.....   | 17 |
| I.8. Toxicité des huiles essentielles et précautions d'emploi .....                      | 19 |
| I.8.1. Toxicité des huiles essentielles .....  | 19 |
| I.8.2. Précautions d'emploi.....   | 20 |
| <u>Chapitre II: Monographie des plantes étudiées</u>                                     |    |
| II.1. <i>Pistacia lentiscus</i> L. ....  | 22 |
| II.1.1. Classification de <i>Pistacia lentiscus</i> L. ....                              | 22 |
| II.1.2. Caractéristiques de <i>Pistacia lentiscus</i> L. ....                            | 23 |
| II.1.3. Description générale de <i>Pistacia lentiscus</i> L. ....                        | 23 |
| II.1.4. Utilisations traditionnelles de <i>Pistacia lentiscus</i> L et indications ..... | 24 |
| II.1.5. Composition chimique de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....                         | 24 |
| II.2. <i>Myrtus communis</i> L. ....   | 24 |
| II.2.1. Classification de <i>Myrtus communis</i> L.....                                  | 25 |
| II.2.2. Caractéristiques de <i>Myrtus communis</i> L.....                                | 26 |
| II.2.3. Description générale de <i>Myrtus communis</i> L.....                            | 26 |

|  |    |
|--|----|
| II.2.4. Utilisations traditionnelles de <i>Myrtus communis</i> L et indications .....      | 26 |
| II.2.5. Composition chimique de <i>Myrtus communis</i> L. ....                             | 27 |
| II.3. <i>Achillea ligustica</i> All. ....  | 27 |
| II.3.1. Taxonomie d' <i>Achillea ligustica</i> All. ....                                   | 28 |
| II.3.2. Caractéristiques d' <i>Achillea ligustica</i> All. ....                            | 28 |
| II.3.3. Description générale d' <i>Achillea ligustica</i> All.....                         | 28 |
| II.3.4. Utilisations traditionnelles d' <i>Achillea ligustica</i> All. et indications..... | 29 |
| II.3.5. Composition chimique de <i>Achillea ligustica</i> All.....                         | 29 |
| II.4. <i>Mentha pulegium</i> L.....  | 29 |
| II.4.1. Taxonomie de <i>Mentha pulegium</i> L. ....  | 30 |
| II.4.2. Caractéristiques de <i>Mentha pulegium</i> L. ....                                 | 30 |
| II.4.3. Description générale <i>Mentha pulegium</i> L. ....                                | 31 |
| II.4.4. Utilisation en médecine traditionnelle de <i>Mentha pulegium</i> L. ....           | 31 |
| II.4.5. Composition chimique de <i>Mentha pulegium</i> L. ....                             | 32 |

## Partie 2: Partie pratique

### Chapitre III: Matériel et méthodes

|   |    |
|---|----|
| III.1. Origine géographique et récolte du matériel végétal .....                        | 33 |
| III.2. Détermination de la teneur en eau.....   | 34 |
| III.4. Détermination du rendement d'extraction.....                                     | 35 |
| III.5. Analyse des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse CPG/SM..... | 35 |
| III.6. Préparation des dilutions des huiles essentielles .....                          | 36 |
| III.7. Evaluation de l'activité antioxydante .....                                      | 36 |
| III.7.1. Evaluation de l'effet scavenger du radical DPPH.....                           | 36 |
| III.7.2. Evaluation du pouvoir réducteur .....  | 37 |
| III.7.3. Evaluation de la capacité antioxydante totale (CAT).....                       | 38 |
| III.8. Evaluation de l'activité antibactérienne par la méthode d'aromatogramme .....    | 38 |
| III.8.1. Souches bactériennes testées .....   | 39 |
| III.8.2. Préparation des bactéries .....  | 39 |
| III.8.3. Aromatogramme sur milieu solide .....  | 39 |

### Chapitre IV : Résultats et discussion

|   |    |
|---|----|
| IV.1. Taux d'humidité.....  | 41 |
| IV.2. Rendement en huiles essentielles .....                              | 41 |
| IV.2.1. Rendement en huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> ..... | 42 |
| IV.2.2. Rendement en huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> .....    | 43 |
| IV.2.3. Rendement en huile essentielle d' <i>Achillea ligustica</i> ..... | 43 |
| IV.2.4. Rendement en huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> .....    | 44 |
| IV.3. Analyse chromatographique des huiles essentielles .....             | 44 |

|   |    |
|---|----|
| IV.3.1. Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> ..... | 44 |
| IV.3.2. Analyse chromatographique de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> .....    | 47 |
| IV.3.3. Analyse chromatographique de l'huile essentielle d' <i>A. ligustica</i> .....       | 49 |
| IV.3.4. Analyse chromatographique de l'huile essentielle <i>Mentha pulegium</i> .....       | 51 |
| IV.4. Evaluation de l'activité antioxydante.....  | 53 |
| IV.4.1. Evaluation de l'activité scavenger du radical DPPH .....                            | 53 |
| IV.4.2. Evaluation du pouvoir réducteur du fer.....   | 56 |
| IV.4.3. Evaluation de la capacité antioxydante totale .....                                 | 57 |
| IV.5. Evaluation de l'activité antibactérienne .....  | 58 |
| Conclusion.....   | 62 |
| Références bibliographiques   |    |
| Annexes   |    |

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 01: Structure chimique de quelques monoterpènes .....   | 5  |
| Figure 02: Structure chimique de quelques sesquiterpènes .....   | 6  |
| Figure 03: Structure de quelques composés des huiles essentielles phenylpropanoïdes .....                | 7  |
| Figure 04: Distillation par entraînement à la vapeur.....  | 10 |
| Figure 05: Distillation sèche .....  | 11 |
| Figure 06: Appareil de Soxhlet .....   | 12 |
| Figure 07: Représentation schématique d'un Aromatogramme.....  | 18 |
| Figure 08: Photo de <i>P. lentiscus</i> .....  | 22 |
| Figure 09: Classification de <i>P. lentiscus</i> .....   | 22 |
| Figure 10: Photo de <i>M. communis</i> .....   | 25 |
| Figure 11: Classification de <i>M. communis</i> .....  | 25 |
| Figure 12: Photo d' <i>A. ligustica</i> .....  | 27 |
| Figure 13: Classification de la plante <i>A. ligustica</i> .....   | 28 |
| Figure 14: Photo de <i>M. pulegium</i> .....   | 30 |
| Figure 15: Classification e de la plante <i>M. pulegium</i> .....  | 30 |
| Figure 16: Carte de situation géographique de la région d'étude .....                                    | 33 |
| Figure 17: Dispositif d'extraction des huiles essentielles (Clevenger).....                              | 34 |
| Figure 18: Chromatographe en phase gazeuse couplé à la masse (CPG/SM) .....                              | 35 |
| Figure 19: Préparation de dilutions des huiles essentielles .....  | 36 |
| Figure 20: Protocole d'étude de l'effet Scavenger du radical DPPH.....                                   | 36 |
| Figure 21: Protocole du pouvoir réducteur .....  | 37 |
| Figure 22: Protocole de la capacité antioxydante totale.....   | 38 |
| Figure 23 : Le rendement d'extraction des huiles essentielles.....                                       | 42 |
| Figure 24 : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de <i>P. lentiscus</i> .....        | 46 |
| Figure 25 : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de <i>M. Communis</i> .....         | 49 |
| Figure 26 : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle d' <i>A. Ligustica</i> .....        | 50 |
| Figure 27 : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de <i>M. Pulegium</i> .....         | 52 |
| Figure 28: Inibition du radical DPPH par les HEs et les antioxydants standards. ....                     | 54 |
| Figure 29 : Concentration inhibitrice de 50% du radical libre DPPH des HEs et des standards..            | 54 |
| Figure 30: Pouvoir réducteur des huiles essentielles et l'acide ascorbique. ....                         | 56 |
| Figure 31 : Concentration réductrice de 50% du fer des HEs et de l'acide ascorbique..                    | 57 |
| Figure 32 : Capacité oxydative totale des HEs des plantes étudiées.....                                  | 58 |
| Figure 33 :Diamètres des zones d'inhibition des HEs testées vis-à-vis de trois souches bactérienne ..... | 58 |



## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 01: Description générale de <i>P. lentiscus</i> .....                                    | 23 |
| Tableau 02 : Description générale de <i>M. communis</i> .....                                    | 26 |
| Tableau 03 : Description générale d' <i>A. ligustica</i> .....                                   | 28 |
| Tableau 04 : Description générale de <i>M.pulegium</i> .....                                     | 31 |
| Tableau 05: Caractéristiques des conditions de récolte des plantes étudiées.....                 | 33 |
| Tableau 06 : Liste des bactéries testées.....  | 39 |
| Tableau 07 : Rendement d'extraction en HEs de <i>P. lentiscus</i> de différentes origines' ..... | 42 |
| Tableau 08 : Rendement d'extraction en HEs de <i>M. communis</i> de différentes origines.....    | 43 |
| Tableau 09 : Rendement d'extraction en HEs d' <i>A. ligustica</i> de différentes origines .....  | 43 |
| Tableau 10 : Rendement d'extraction en HEs de <i>M. pulegium</i> de différentes origines.....    | 44 |
| Tableau 11 : Composition de l'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> .....               | 45 |
| Tableau 12 : Composition de l'huile essentielle de <i>Myrtus communis</i> .....                  | 47 |
| Tableau 13 : Composition chimique de l'huile essentielle d' <i>Achillea ligustica</i> .....      | 49 |
| Tableau 14 : Composition d'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> .....                     | 52 |
| Tableau 15: Degré de sensibilité des souches bactériennes vis à vis des HEs testées .....        | 59 |

## Liste des abréviations

**%** : Pourcent.

**°C** : Degré Celsius.

**µg** : microgramme.

**µl** : micro litre.

**ADN**: Acide désoxyribonucléique.

**Ae** : absorbance de la solution de DPPH• en présence de l'huile essentielle ou de la vitamine C.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**Ap J.C** : après Jésus Christ.

**At** : absorbance de la solution de DPPH• en absence de l'huile essentielle et de la vitamine C.

**ATCC** : American Type Collection Culture.

**Av J.C** : avant Jésus Christ.

**BHT**: Butyl-hydroxy-toluène.

**C** : Carbone.

**CAT** : capacité anti oxydante totale.

**cm** : centimètre.

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbon.

**CPG/SM** : Chromatographe en phase gazeuse couplée a la spectrométrie de masse.

**DPPH**: 2, 2 diphényle- 1- picryl hyduazol.

**ERO** : Espèces réactives de l'oxygène.

**Fe<sup>2+</sup>** : Fer ferreux.

**Fe<sup>3+</sup>** : Fer ferrique.

**FeCl<sub>3</sub>** : chlorure ferrique.

**g**: gramme.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène.

**HCl** : acide chlorhydrique.

**He** : Hélium.

**HE** : Huile essentielle.

**IC<sub>50</sub>** : Concentration inhibitrice de 50%.

**ISO** : Organisation internationale de normalisation.

**K<sub>3</sub>Fe (CN) <sub>6</sub>**: Ferricyanure de potassium

**M'**: masse d'huile essentielle en gramme.

**mg EAA /g MS** : milligramme équivalents d'acide ascorbique par gramme de la matière sèche.

**Mg** : milligramme.

**min** : minute.

**ml** : millilitre.

**mm** : millimètre.

**MS** : matière sèche.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**O<sub>2</sub>**: Dioxygène.

**RHE**: rendement en huile essentielle.

**SOD**: Superoxyde dismutases.

**T°** : température.

**TCA** : trichloracétique.

**TH** : taux d'humidité de la matière végétale.

**UV** : ultraviolette.

# *Introduction*

Les plantes médicinales étaient et restent toujours une source inépuisable de principes actifs. Ils jouent un rôle important dans de nombreuses applications à savoir l'industrie pharmaceutique, l'industrie agroalimentaire, l'industrie cosmétique, la parfumerie, etc. Ces composés potentiels ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et possèdent un très large éventail d'activité biologique due à sa composition chimique et aux possibles effets synergiques entre ses composants. Parmi ces principes actifs lesquels on distingue les huiles essentielles.

Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur les huiles essentielles extraites de ces produits naturels. Les différents résultats publiés indiquent quelles sont douées de plusieurs propriétés biologiques et l'évaluation de celles-ci demeure une tâche intéressante et utile, en particulier pour trouver de nouvelles sources d'agents antioxydants et antibactériens naturels.

En effet, les huiles essentielles peuvent être associées à des substances antioxydantes, pour lutter contre le stress généré par les radicaux libres et pouvant être à l'origine de plusieurs pathologies (inflammation, les maladies cardiovasculaires, et neurodégénératives, le cancer, et les problèmes liés au vieillissement).

Quoique les radicaux libres soient des seconds messagers dans les fonctions physiologiques normales et participent dans plusieurs mécanismes régulateurs d'oxydoréduction, une surproduction peut surpasser les enzymes protectives et causer des dommages cellulaires par l'oxydation des biomolécules (Locatelli et *al.*, 2009).

D'autre part, les huiles essentielles et leurs composants ont montré également d'excellents résultats contre les bactéries multirésistantes (Faleiro et Miguel, 2013). Elles présentent simultanément plusieurs cibles dans les structures bactériennes en raison de la complexité de leur composition. Cela les avantage par rapport aux antibiotiques parce que de telles complexités des mécanismes d'action rendent un éventuel développement d'une résistance plus difficile, comparé à une thérapie à cible unique (Kon et Rai, 2013).

Actuellement, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques et la toxicité des antioxydants synthétiques ont conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse. Ceci explique l'intérêt porté par les chercheurs aux substances naturelles, parmi elles les huiles essentielles.

Ce travail de mémoire est alors réalisé pour valoriser les huiles essentielles de quatre plantes aromatiques et médicinales (*Myrtus communis* L., *Pistacia lentiscus* L., *Mentha pulegium* L. et *Achillea ligustica* All.), très utilisées par la population locale à des fins thérapeutiques et culinaires et d'étudier leurs activités antioxydante et antimicrobienne

Notre travail de recherche a été divisé en quatre chapitres : Le premier chapitre concerne les huiles essentielles et leurs activités biologiques, le deuxième chapitre s'articule sur la description des espèces étudiées, le troisième chapitre expose le matériel et méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, le quatrième chapitre présente les résultats et discussion. Enfin on a récapitulé dans la conclusion tous les résultats essentiels de ce travail et nous abordons les perspectives de ce projet de fin d'étude.

# *Chapitre I*

## *Généralités sur les huiles essentielles*

## **I.1. Définition des huiles essentielles**

L'huile essentielle (HE), appelée aussi essence, est un produit aromatique, obtenu à partir d'une matière première végétale (toutes les parties de la plante sont concernées), fraîche le plus souvent, par entraînement à la vapeur, procédé mécanique ou distillation à sec (Couic-Marinier, 2013 ; Festy et Pacchioni, 2014 et Avenel-Audran, 2019).

Selon la 8<sup>ème</sup> édition de la pharmacopée Française de 1965: Les huiles essentielles sont « des produits de composition généralement complexe renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. Pour extraire ces volatils, il existe divers procédés. Deux seulement sont utilisables pour la préparation des essences officinales: celui par distillation dans la vapeur d'eau de plantes à essence ou de certaines de leurs organes, et celui par expression pour obtenir les essences de Citrus » (Bruneton, 2009).

La définition retenue, très proche de celle de la norme ISO, (2013), est celle adoptée par la Commission de la Pharmacopée Européenne: « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».

## **I.2. Origine et localisation des huiles essentielles**

### **I.2.1. Origine des huiles essentielles**

Les plantes vertes puisent l'eau et utilisent l'énergie solaire et le gaz carbonique présent dans l'air pour synthétiser les glucides, ce processus appelé photosynthèse, il se déroule au niveau des feuilles, plus précisément au niveau des chloroplastes qui renferment la chlorophylle, les produits issus de la photosynthèse sont (les glucides, NADPH, ATP) constituent une source d'énergie, ils contribuent à la génération de nouvelles cellules, ils interviennent indirectement dans la biosynthèse de divers composés secondaires tels que les lipides, les hétérosides, et les essences. Ainsi les huiles font parties des résidus du métabolisme végétale (Narishetty et Panchagnula, 2004).

### **I.2.2. Localisation des huiles essentielles**

Les essences sont synthétisées par les végétaux supérieurs. Il y aurait environ 17500 espèces aromatiques réparties dans une cinquantaine de famille dont les Lamiaceae, les Asteraceae, les Rutaceae, et les Lauraceae. Ces espèces sont caractérisées par la présence



d'organes spécifiques responsables de la synthèse et de stockage des huiles essentielles : Les poches (Myrtacées, Rutacées) ou les canaux sécréteurs, les poils sécréteurs (Lamiaceae) et les cellules sécrétrices (Zingiberaceae), sur le site de stockage, les gouttelettes des HEs sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (Anton et Lobstein, 2005).

### **I.3. Caractéristiques physico-chimiques et composition des huiles essentielles**

#### **I.3.1. Caractéristiques des huiles essentielles**

Malgré la différence de constituants des huiles essentielles, Ils possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques (Bekhechi et Abdelouahid, 2010) :

- ✓ Les huiles essentielles sont liquides ou solides à température ambiante
- ✓ Elles sont volatiles et entraînable à la vapeur d'eau.
- ✓ Elles sont généralement incolores ou jaune pâle lorsqu'elles viennent d'être préparées.
- ✓ Ce sont des liquides d'odeur et de saveur généralement forte.
- ✓ Leur densité est généralement inférieure à 1.
- ✓ Elles sont peu solubles dans l'eau mais lui communiquent leur odeur.
- ✓ Elles sont solubles dans la plupart des solvants organiques et dans les huiles fixes.
- ✓ Elles sont sensibles à l'oxydation et donc de conservation limitée.

#### **I.3.2. Composition chimique des huiles essentielles**

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales, et le mode d'extraction (Guignard, 2000). Les constituants des huiles essentielles appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (terpènes) d'une part, le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Bakkali et al., 2008).

##### **I.3.2.1. Terpénoïdes**

Les terpènes et les terpénoïdes sont les principaux constituants des HEs de nombreux types de plantes et de fleurs (Thimmappa et al., 2014) . Ces constituants répondant à la formule générale  $(C_5 H_8)_n$  (Başer et Buchbauer, 2010). selon le nombre d'unité isopène, les terpénoïdes sont classés en une série de structure homologue : monoterpénoïdes ( $C_{10}$ ), sesquiterpénoïdes

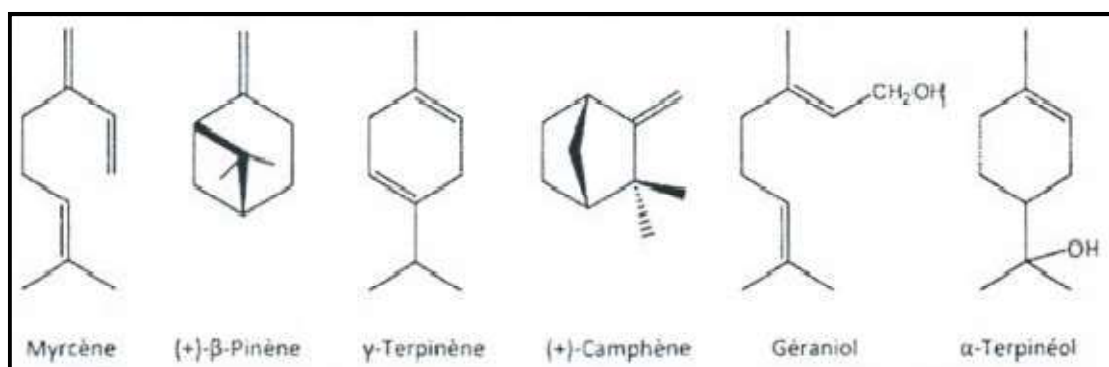
(C<sub>15</sub>) et diterpénoïdes (C<sub>20</sub>). Dans la composition de la plupart des huiles essentielles les monoterpénoïdes et les sesquiterpénoïdes forment la majeure partie (Calsamiglia et al., 2007; Benchaar et al., 2008).

### I.3.2.1.A. Monoterpènes / Monoterpénoïdes

Ces composés se trouvent dans presque toutes les HEs et ont une structure de 10 atomes de carbone avec au moins une double liaison. Des exemples de monoterpènes et de monoterpénoïdes incluent le géraniol, le terpinéol (présent dans les lilas), le limonène (présent dans les agrumes), le myrcène (présent dans le houblon), le linalol (présent dans la lavande) ou le pinène (présent dans les pins) (Breitmaier, 2006). Ils réagissent facilement à l'air et aux sources de chaleur et pour cette raison, les huiles d'agrumes ne durent pas longtemps, car elles sont riches en hydrocarbures monoterpéniques (Swamy et al., 2015) (figure 01).

D'après Clarke (2009), les propriétés physiques, chimiques et thérapeutiques sont les suivants :

- ✓ **Propriétés physiques et chimiques des monoterpènes :** liquides mobiles et incolores ; très volatil ; à bas point d'ébullition ; s'évapore très rapidement ; odeurs faibles et sans intérêt, Assez réactif ; denclin à l'oxydation (réaction avec l'oxygène) même par temps froid ;
- ✓ **Propriétés thérapeutiques :** antiseptique, bactéricide, antiviral, analgésique, expectorant, décongestionnant et stimulant.



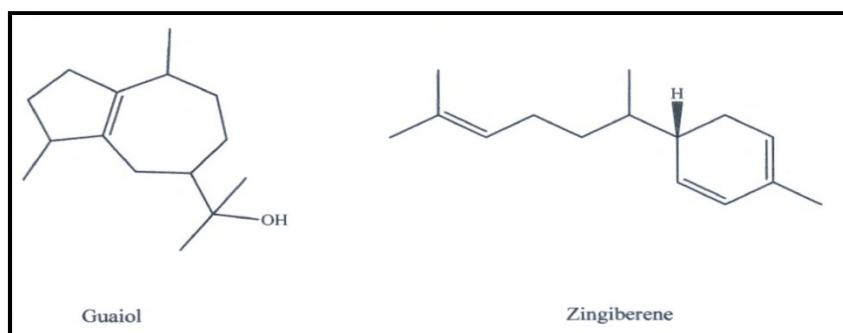
**Figure 01:** Structure chimique de quelques monoterpènes (Padua et al., 1999).

### I.3.2.1.B. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont constitués de 15 atomes de carbone avec la molécule, formule  $C_{15}H_{24}$  et ont des actions pharmacologiques complexes telles comme le chamazulène, que l'on trouve dans la camomille allemande (Safayhi et al., 1994) (figure 02).

Les propriétés physiques, chimiques et thérapeutiques des sesquiterpènes proposés par Clarke (2009) sont les suivants :

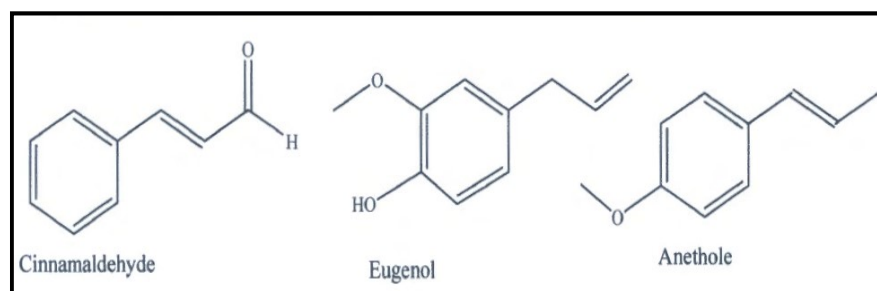
- **Propriétés physiques et chimiques** : le poids moléculaire des sesquiterpènes plus élevée que les monoterpènes, donc moins volatil avec des points d'ébullition plus élevés ; toujours sujet à l'oxydation mais plus lentement à l'oxygène atmosphérique ; odeurs fortes ;
- **Propriétés thérapeutiques** : antiseptique ; antibactérien ; anti-inflammatoire ; calmant et légèrement hypotenseur et certains peuvent être analgésiques et antispasmodiques.



**Figure 02** : Structure chimique de quelques sesquiterpènes (Padua et al., 1999).

### I.3.2.2. Composés aromatiques ou les composés phénoliques

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances qu'il est difficile de définir simplement. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'un noyau benzénique, liée au moins avec un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (Bruneton et al., 2009) (figure 03). Ils sont moins fréquents par rapport aux terpénoïdes. Néanmoins, certaines plantes possèdent ces composés avec des proportions significatives. Les phénylpropanoïdes dérivent majoritairement de la phénylalanine (Khenaka, 2011).



**Figure 03:** Structure de quelques composés des huiles essentielles phenylpropanoïdes (Calsamigla et al., 2007).

### I.3.2.3. Composés d'origines diverses

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation. Alcools: menthol, géraniol, linalol; Aldéhydes: géraniol; Cétones: camphre, piperitone; Phénols: thymol, carvacrol ; Esters : acétate de géranyle; Acides: acide gérannique; Oxydes: 1,8-cineole, Phenylpropanoïdes; Autres : éthers, composés soufrés, composés azotés (Teisseire, 1991).

## I.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe différentes méthodes d'obtention de l'huile essentielle parmi ces méthodes nous citons trois principales méthodes : l'expression à froid ; l'extraction par solvant et la distillation. Le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériau, de la stabilité des composants chimiques et de la spécification du produit (Douglas et al., 2005).

### I.4.1. Expression

Ce procédé mécanique est exclusivement réservé aux péricarpes (la peau colorée des fruits ou zeste) des espèces du genre *Citrus* (agrumes) qui dilacèrent les poches sécrétrices, libérant une émulsion d'HE qui est alors centrifugée pour obtenir l'HE proprement dite (Anton et Mulon, 2017). Les fruits, entiers et lavés au départ, sont soumis à une action abrasive sur la peau grâce à des râpes ou des micro-pics métalliques (picots) de manière à faire éclater les cellules contenant l'huile essentielle. La pulpe est récupérée ; elle est constituée par des déchets solides et un liquide hétérogène constitué par une phase aqueuse (le jus de fruit, et une phase hydrophobe non miscible (l'huile essentielle) (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

## **I.4.2. Extractions par solvant**

La technique générale a été développée précédemment où la plante est utilisée sous la forme divisée : contusée, hachée, concassée ou réduite en copeaux, ou en poudre dans le cas de plantes séchées. Le choix du solvant dépend des paramètres techniques et économiques ainsi que de sa toxicité (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012). Il existe deux types d'extraction par solvant : extraction par un solvant volatile et extraction par solvants fixe.

### **I.4.2.1. Extraction par solvants volatiles**

Les solvants les plus utilisés, sous réserve de législations restrictives particulières, sont les hydrocarbures aliphatiques : hexane, éther de pétrole, mais aussi propane ou butane liquide (sous pression). Si le benzène est un bon solvant, sa toxicité limite est augmentée avec son utilisation, il n'est plus utilisé pour des raisons de toxicité, de même que le toluène, bien que ces solvants conduisent à un meilleur rendement. On a également recours aux solvants halogènes (dérivés chlorés et fluorés du méthane et de l'éthane) et à l'éthanol, ce dernier étant surtout utilisé pour l'obtention d'absolues et de résinoïdes lavés. Après l'extraction, le solvant est distillé. Enfin d'opération, le solvant qui imbibe la masse végétale est récupéré par injection de vapeur d'eau dans celle-ci (Bekhechi et Abdelouahid, 2010).

L'inconvénient majeur de l'extraction par les solvants est leur manque de sélectivité de nombreuses substances lipophiles peuvent, de ce fait, se retrouver dans les concrètes (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, certains coumarines) et imposer une purification ultérieure, ainsi, des procédés consécutifs laborieux afin d'obtenir un produit de pureté absolue. Un autre inconvénient réside dans la toxicité des solvants et règles contraignantes d'utilisation, problèmes des résidus dans le produit final (Bekhechi et Abdelouahid, 2010).

### **I.4.2.2. Extraction par solvants fixes**

Il y a deux types de l'extraction par solvants fixes : L'enfleurage ou extraction par la graisse froide et l'extraction par macération dans la graisse chaude :

#### **✓ Enfleurage ou extraction par la graisse froide**

Le principe de la méthode est de rendre soluble les principes odorants dans des matières grasses. Cette technique a été, au départ, utilisée par les Égyptiens puis a été développée à Grèce au XIXE siècle. Il semblerait que l'application majeure soit en parfumerie, et ne concerne que les fleurs fragiles, qui gardent l'odeur après la cueillette, mais dont l'hydrodistillation risque de dégrader les molécules odorantes présentes. Cette technique consiste à mettre les fleurs en

contact avec un corps gras inodore. Le mélange est ensuite épuisé par un solvant organique, puis ce dernier est évaporé. La substance ainsi obtenue à une concentration très élevée et elle est ensuite diluée et traitée avec d'autres solvants qui dissolvent la matière grasse (Bekhechi et Abdelouahid, 2010).

Cette délicate et coûteuse opération (à cause du prix de la main-d'œuvre) est remplacée souvent par une simple extraction. Et on la réserve à certaines fleurs extrêmement délicates, comme le jasmin, la tubéreuse. La substance ainsi obtenue à une concentration très élevée et elle est ensuite diluée et traitée avec d'autres solvants qui dissolvent la matière grasse (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

#### ✓ **Extraction par macération dans la graisse chaude**

Lorsque les fleurs sont peu fragiles à la chaleur (par exemple, les fleurs d'oranger, d'acacia, de mimosa), l'enfleurage à chaud est réalisé vers 60-70 °C, par leur infusion dans des graisses fondues ou des huiles. Cette méthode est plus rapide que celle à température ambiante. Les traitements ultérieurs sont les mêmes que précédemment ; il en sera de même pour les applications. Les extractions avec des solvants organiques, conduisant aux concrètes et aux absolues, peuvent présenter une toxicité pour l'homme, aussi elles seront déconseillées en médecine. Les solvants courants, tels que l'hexane, le benzène, le toluène, le méthanol, l'éthanol, l'acétone, peuvent entraîner des intoxications chroniques, voire aiguës, si des traces de ces solvants résiduels sont présentes dans les produits finis. La technique dite de la « digestion » se pratique à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras fondu. Le produit obtenu est une pommade florale. Le lavage de la pommade par un alcool fort aboutit à un extrait alcoolique. L'élimination de l'alcool se fait, comme dans le cas d'enfleurage par concentration sous vide à basse température (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

### **I.4.3. Distillation**

La distillation à la vapeur ou à l'eau est sans doute la méthode la plus fréquemment utilisée pour extraire l'huile essentielle des plantes (Başer et Buchbauer, 2010). 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 (Martini, 2014).

#### **I.4.3.1. Hydrodistillation**

Cette méthode consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé (turbodistillation) dans un alambic rempli d'eau distillée qui est ensuite

portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Bekhechi et Abdelouahid, 2010). On appelle « eau aromatique » (à ne pas confondre avec « eau aromatisée ») ou « hydrolat » ou « eau distillée florale » le distillat aqueux qui subsiste après l'entraînement à la vapeur d'eau, une fois la séparation de l'HE effectué (Anton et Mulon, 2017). Le seul avantage de l'hydrodistillation est que le coût de la conception des alambics et de l'équipement à tendance à être extrêmement faible (Douglas et al., 2005).

### I.4.3.2. Hydrodiffusion

Le principe de l'hydrodiffusion consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression à travers la masse végétale, 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 la charge. L'huile essentielle s'écoule vers un collecteur permettant un équilibrage de pression. La composition des produits obtenus est qualitativement sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Le procédé permet un gain de temps et d'énergie (Abdelouahid et Bekhechi, 2014).

### I.4.3.3. Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter (Benouli, 2016). Il est placé sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic. Les composés volatiles entraînés par la vapeur d'eau vont pouvoir être séparé par décantation du distillat refroidi (Swisseo, 2005) (figure 04).

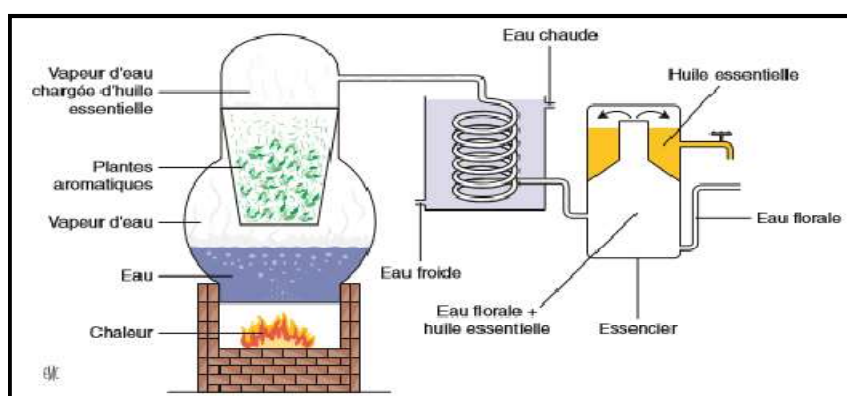


Figure 04 : Distillation par entraînement à la vapeur (Anton et Mulon, 2017).

#### I.4.3.4. Distillation à la vapeur directe

La distillation à la vapeur directe ; « générateur séparé » ou « vapodistillation » ; 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 travers la masse végétale de bas en haut. La vapeur provient d'une chaudière indépendante (Douglas et al., 2005).

#### I.4.4. Autres procédés d'extraction

Il y a d'autres procédés d'extraction qui sont moins utilisés comme : la distillation sèche, percolation, l'extraction de fluide supercritique, décoction, extraction solide-liquide, extraction par CO<sub>2</sub> supercritique, Extraction sans solvant assistée par micro-ondes.

##### I.4.4.1. Distillation sèche

Cette distillation est réalisée, de préférence, sur le bois ou les écorces. Elle n'utilise pas l'eau ou la vapeur d'eau ajoutée au végétal, contrairement à l'entraînement par la vapeur ou l'hydrodistillation. La distillation sèche conduit à un distillat ayant souvent l'apparence d'un goudron (liquide visqueux noirâtre). Ce mode de distillation est très peu utilisé. Des critiques sur l'éventuelle cancérogénicité de ce goudron ont conduit les industriels à raffiner l'huile, par des distillations fractionnées, afin d'éliminer les produits toxiques (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012) (figure 05).

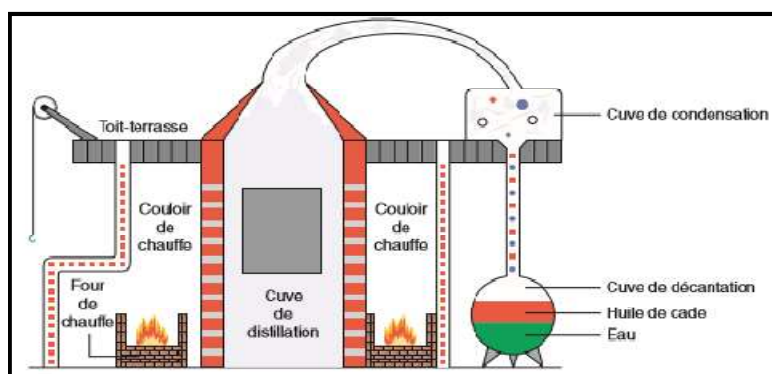


Figure 05 : Distillation sèche (Anton et Mulon, 2017).

##### I.4.4.2. Percolation

Il est le plus souvent utilisé pour extraire des principes actifs dans la préparation de teintures et d'extraits fluides. C'est une méthode de courte macération successive ou processus des déplacements. Un percolateur (un vaisseau étroit en forme de cône ouvert aux deux



extrémités) est généralement utilisé (Komal et al., 2019). La percolation est plus efficace que la macération car il s'agit d'un processus continu dans lequel le solvant saturé est constamment remplacé par du solvant frais (Zhang, 2018).

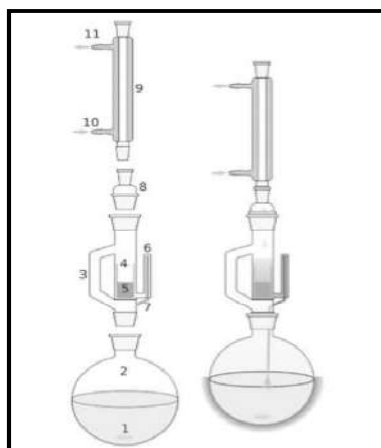
#### I.4.4.3. Extraction de fluide supercritique

L'extraction de fluide supercritique représente une technique alternative à l'extraction liquide solide conventionnelle avec une consommation de solvant et une température de travail plus faibles. C'est une forme d'extraction liquide où la phase solvant liquide habituelle a été remplacée par un fluide supercritique, une substance qui est au-dessus de son point critique. Parmi une grande variété de fluides supercritiques, le dioxyde de carbone est essentiellement le seul solvant d'extraction supercritique pratique utilisé en raison de sa température critique (31,1°C) et de sa pression (Komal et al., 2019).

#### I.4.4.5. Extraction solide-liquide

La méthode d'extraction en discontinu consiste à mettre l'échantillon solide, sous une forme très finement divisée, en présence du solvant à température ambiante ou à la température d'ébullition du solvant, pendant un temps plus ou moins long, et sous agitation. Le principal inconvénient est qu'il faut, à la fin de l'essai, séparer les parties solide et liquide, soit par centrifugation, soit par filtration. Sur le plan industriel ou au laboratoire, les méthodes en continu avec les appareils de Soxhlet et de Kumagawa seront privilégiées, car l'échantillon solide est renfermé dans une cartouche poreuse cartonnée (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

L'appareil de Soxhlet est représenté par la figure 06 se compose de trois parties : le solvant en 1 contenu dans le ballon en 2, l'extracteur en 4 et le réfrigérant en 9, avec une entrée en 10 et une sortie en 11 de l'eau de refroidissement.



**Figure 06:** Appareil de Soxhlet (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

#### **I.4.4.6. Extraction par CO<sub>2</sub> supercritique**

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le CO<sub>2</sub> et de son état physique grâce à cette propriété, il permet l'extraction dans le domaine supercritique et la séparation dans le domaine gazeux. Le CO<sub>2</sub> est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie, ensuite il est injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal. Après le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (Chemat, 2009).

#### **I.4.4.7. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes**

Le montage obtenu se rapproche sensiblement d'un montage d'hydro distillation classique. Le réacteur contenant seulement le matériel végétal est chauffé par les micro-ondes à l'intérieur du four, les vapeurs sont ensuite entraînées dans le col de cygne avant d'être condensées dans le réfrigérant puis recueillies dans un essencier. Les graines sont en permanence humides, ce qui ne laisse aucune chance à la réalisation d'éventuelles réactions secondaires (Chemat et al, 2006).

### **I.5. Conservation des huiles essentielles**

La relative instabilité des molécules constitutives des huiles essentielles implique des précautions particulières pour leur conservation. Selon AFNOR (NF T 75-001, 1996) l'huile essentielle peut subir des dégradations pouvant modifier ses propriétés et mettre en cause l'innocuité du produit. Il existe des normes spécifiques sur les conditions d'emballage, de conditionnement et de stockage des huiles essentielles :

Elles doivent être conservées dans un flacon propre, sec, bien rempli (car l'espace libre se remplit d'azote ou d'autre gaz inerte) et fermé de façon étanche. Il doit être en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté. Il doit être stocké à l'abri de la chaleur et de la lumière.

### **I.6. Domaines d'utilisation des huiles essentielles**

Ces produits naturels présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité.

#### **I.6.1. Huiles essentielles comme biopesticides**

Les HES présentent des activités insecticides (Ayvaz et al., 2010). Elles sont aussi

utilisées dans la lutte biologique contre les ravageurs. En effet, ces biopesticides présentent un réel avantage par rapport aux produits phytosanitaires qui comportent des risques pour la santé humaine et pour l'environnement. Les biopesticides à partir des huiles essentielles sont caractérisés par leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et par leur mode d'action sur les ravageurs (Dubey et al., 2008).

### **I.6.2. Huiles essentielles comme détergent**

Les HEs entrent dans la composition des produits d'entretien et de dégraissage. Le D-limonène employé depuis cinquante ans comme arôme, est de plus en plus utilisé ces dernières années comme nettoyant et dégraissant. On le retrouve dans l'entretien mécanique, la fabrication de produits métalliques, le nettoyage du fuselage des avions et le nettoyage des modules de circuits imprimés (Isman, 2000).

### **I.6.3. Huiles essentielles et alimentation**

Les HEs sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour rehausser le goût des aliments, (Heath, 1981 ; Sacchetti et al., 2011) et la conservation grâce aux effets antimicrobiens et antioxydants de certains de leurs constituants. Ces agents naturels viennent réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques qui présentent des effets néfastes sur la santé (Burt, 2004; Kadam et al., 2021).

Les propriétés optiques (couleur et transparence) des emballages alimentaires jouent un rôle crucial dans l'apparence et l'acceptation des emballages par les consommateurs (Mendes et al., 2020). Les HEs peuvent être incolores ou avoir une couleur allant de tons clairs à assez intenses. La couleur des HEs offre dans certains cas des propriétés intéressantes en tant que barrière à certaines longueurs d'onde, ce qui peut maximiser la conservation des aliments emballés. Ainsi, l'évaluation de cette propriété devient essentielle (Vianna et al., 2021).

### **I.6.4. Huiles essentielles et pharmacie**

Les HEs représentent un outil thérapeutique très efficace (Millet, 2010) qui permet d'élargir le champ des traitements médicaux conventionnels. Les HEs peuvent être utilisées directement comme agents thérapeutiques (Hamid et al., 2011). L'utilisation des HEs dans différentes pathologies (digestive, infectieuse,...) fait appel à leurs propriétés: peut utilisées comme cosmétique, anti-infectieuse, antiseptiques, antalgique, anti-inflammatoire, neuro-sédative, stimulantes digestives, antimicrobien, antispasmodique et antioxydante, (Edouard., 2009 ; Diass et al., 2021).

Les plantes comme la lavande, l'arbre à thé, la menthe poivrée et l'ylang-ylang sont devenues de plus en plus répandues dans les produits de soins personnels en vente libre et sont utilisées par les patients pour la diffusion, l'ingestion orale, l'incorporation dans des produits faits maison et l'application directe sur la peau (Goodier et al., 2021).

Plusieurs études ont démontré une activité anti-cancérigène et antitumorale pour de nombreuses huiles essentielles obtenues à partir de diverses espèces végétales. Ils peuvent être utilisés en substitution ou en complément des thérapies anticancéreuses conventionnelles. Bien que de nombreuses études rapportent des mécanismes d'action possibles pour les composés d'huiles essentielles, d'autres études sont nécessaires afin de les appliquer de manière sûre et appropriée dans le traitement du cancer (Andrade et al., 2018).

## **I.7. Activités biologiques des huiles essentielles**

De par leur composition complexe, les HEs cumulent plusieurs propriétés, mais certaines sont davantage caractérisées par une en particulier, alors que d'autres sont au contraire connues pour leurs différentes actions (Franchomme et al., 1990). On a basées sur l'activité antioxydant et l'activité antibactérienne.

### **I.7.1. Activité antioxydante**

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le  $\beta$ -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E), la quercétine, la rutine et le Picnogénol. La plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydants sont attribuées en partie à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ( $\text{OH}\cdot$ ) et superoxydes ( $\text{O}_2\cdot$ ) (Bartosz, 2003). La capacité antioxydante des huiles essentielles est étroitement liée à tout le contenu phénol (Yanishlieva et al., 1999).

#### **I.7.1.1. Stress oxydatif**

Le stress oxydatif est défini comme étant le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et la capacité du corps à neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (Boyd et al., 2003).

#### **I.7.1.2. Radicaux libres**

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un électron non

apparié. Extrêmement instable, donc très réactifs et, par conséquent, leur durée de vie est généralement très courte, de l'ordre de 4-10 secondes, ce composé peut réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron (Beckman et Ames, 1998).

### **I.7.1.3. Conséquences du Stress oxydatif**

Les phénomènes radicalaires de base sont utiles au bon fonctionnement de l'organisme. L'altération des composants cellulaires et des structures tissulaires intervient lorsque l'intensité de ces phénomènes augmente anormalement et dépasse la quantité d'antioxydants disponibles. La conséquence de ce déséquilibre va entraîner une agression appelée « stress oxydatif » (Rahman, 2003).

Tous les tissus et tous leurs composants peuvent être touchés : lipides, protéines, glucides et ADN (Aurusseau, 2002). Toutes ces altérations augmentent le risque de plus de 30 processus de différentes maladies (Aruoma, 1998). Parmi lesquelles les maladies d'Alzheimer de Parkinson, de Creutzfeldt Jacob et de méningo-céphalites, les maladies cardiovasculaires et déficience cardiaque (Jha et al., 1995), les œdèmes et vieillissement prématuré de la peau et le cancer (Georgetti et al., 2003).

### **I.7.1.4. Antioxydants**

Les antioxydants sont des molécules qui aident le corps à lutter contre les radicaux libres en les neutralisant, afin qu'ils deviennent inoffensifs (Lévy-Dutel et Scotto, 2011), ils peuvent être classés en deux groupes selon le niveau de leur action :

✓ les antioxydants primaires qui sont appelés également les antioxydants vrais ou antioxydants radicalaires (Béatrice, 2009). Ce sont des enzymes antioxydants qui présentent des systèmes de défense très efficaces. Cette ligne de défense est constituée de superoxyde dismutase (SOD), de catalase et de peroxydase (glutathion et ascorbate) (Favier, 2006). De ce fait elles préviennent la formation de radicaux libres organiques à partir des lipides membranaires notamment et contribuent donc à la protection des membranes de la peroxydation lipidique (Dacosta, 2003) ;

✓ les antioxydants secondaires qui sont appelés aussi préventifs, assurent l'inhibition de la production des radicaux libres. Ce sont des molécules exogènes; des substances décomposant les hydro-péroxydes en alcools, des thiols (glutathion, acides aminés soufrés) ou des disulfures, des protecteurs vis-à-vis des UV (Rolland, 2004).

Contrairement aux enzymes antioxydantes, une molécule d'antioxydant piège un seul

radical libre. Pour pouvoir fonctionner à nouveau, cette molécule d'antioxydant doit donc être régénérée par d'autres systèmes (Dacosta, 2003).

### **I.7.2. Activité antibactérienne**

Plusieurs recherches ont démontré le pouvoir antimicrobien de certaines essences sur une large palette de micro-organismes, y compris sur des bactéries résistantes aux antibiotiques. Néanmoins, le mécanisme d'action des HEs sur les cellules bactériennes et fongiques reste difficile à cerner, compte tenu de la composition complexe des huiles volatiles (Burt, 2004). L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été la plus étudiée. On distingue deux sortes d'effets des huiles essentielles sur ces microorganismes :

- ✓ Effet bactéricide (bactéricidie) : exerçant une activité létale ;
- ✓ Effet bactériostatique (bactériostase) : entraînant une inhibition de la croissance.

L'activité bactériostatique est souvent plus assimilable aux huiles essentielles que l'activité bactéricide. Cependant il a été démontré que certains constituants chimiques des huiles essentielles ont des propriétés bactéricides (Kunle et Okogun., 2003 ; Walsh et Maillard., 2003). En effet, des dommages au niveau des cellules de différents microorganismes ont été rapportés, illustrés par microscopie électronique. Citons l'effet bactéricide des HEs riches en monoterpénols et en phénols sur *Staphylococcus aureus* (Desjobert, 1997) ou encore celui de l'*Origanum compactum* sur *Escherichia coli* (Burt et Reinders., 2003).

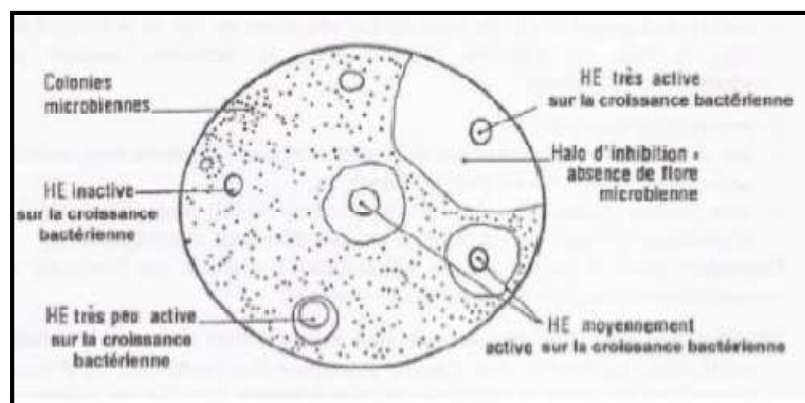
#### **I.7.2.1. Principales méthodes de détermination (Techniques par contact direct)**

Les techniques par contact direct consistent à mettre en présence de l'HE des microorganismes, puis d'observer la croissance de ces derniers. Le contact peut avoir lieu en milieu gélosé ou liquide. L'aromatogramme ou encore méthode des disques est l'une de ces méthodes (Fauchère et Avril, 2002).

Cet examen est l'équivalent de l'antibiogramme pour lequel les antibiotiques sont remplacés par des huiles essentielles ; Pour connaître le spectre d'action des HEs sur les différentes bactéries on peut faire un aromatoigramme. Le principe est le même que pour l'antibiogramme, mais à la place des antibiotiques on utilise des HEs (Franchomme et al., 1990). Elle consiste à utiliser des disques de papier imprégnés des différents produits à tester. Les disques sont ensuite déposés à la surface d'une gélose uniformément ensemencée avec une suspension de la bactérie à étudier (Fauchère et Avril, 2002). On peut la réaliser sur une gélose ou dans un bouillon de culture (Franchomme et al., 1990). On la laisse 24h dans une étuve à

37°C puis on analyse le résultat (Baudoux et al., 2006).

Les bactéries se développent sur toute la surface de la gélose sauf où elles rencontrent une concentration d'HE suffisante pour inhiber leur croissance. La zone circulaire autour des disques, indemne de colonies est appelée zone d'inhibition. Plus le diamètre de cette zone est grand, plus la souche est sensible à l'HE. Plus il est petit, plus la bactérie est résistante (Fauchère et Avril, 2002).



**Figure 07:** Représentation schématique d'un Aromatogramme (Baudoux et Zhiri, 2003)

L'échelle d'estimation de l'activité antimicrobienne est donnée par Meena et Sethi (1994) et Ela et al., (1996). Ils ont classé les diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne en 4 classes :

- ✓ Fortement inhibitrice: diamètre de la zone d'inhibition  $\geq 28$  mm ;
- ✓ Modérément inhibitrice:  $16 \text{ mm} \leq$  diamètre de la zone d'inhibition  $< 28$  mm ;
- ✓ Légèrement inhibitrice :  $10 \text{ mm} \leq$  diamètre de la zone d'inhibition  $< 16$  mm ;
- ✓ Sans effet inhibitrice :  $0 \text{ mm} \leq$  diamètre de la zone d'inhibition  $< 10$  mm.

Ponce et al., (2003) ont donné une autre échelle d'estimation de l'activité antimicrobienne où les valeurs + et – représentent le degré de sensibilité des souches:

- ✓ Non sensible ou résistante (-) : diamètre  $< 8$ mm ;
- ✓ Sensible (+) :  $9 \text{ mm} <$  diamètre  $< 14$  mm ;
- ✓ Très sensible (++) :  $15 \text{ mm} <$  diamètre  $< 19$  mm ;
- ✓ Extrêmement sensible (+++) : diamètre  $> 20$  mm.

### I.7.2.2. Activité liée à la composition chimique

L'activité des HEs est souvent réduite à l'activité de ses composés majoritaires, ou ceux susceptibles d'être actifs. Évalués séparément sous la forme de composés synthétiques, ils confirment ou infirment l'activité de l'huile essentielle de composition semblable. Il est

cependant probable que les composés minoritaires agissent de manière synergique. De cette manière, la valeur d'une huile essentielle tient à son «totum », c'est à dire dans l'intégralité de ses composants et non seulement à ses composés majoritaires (Lahlou, 2004).

### **I.7.2.3. Mécanisme d'action des huiles essentielles**

Plusieurs études ont montré l'apparition de fuites d'ions potassium  $K^+$  de cellules microbiennes (*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*) en contact avec du Théier (*Melaleuca alternifolia*). Il s'agit de la toute première indication de dégâts irréversibles au niveau de la membrane. Des composés isolés tels le thymol et le carvacrol rendent la membrane des bactéries perméable, prémices de leur mort (Lambert et Skandamis, 2001). La faculté de perturber la perméabilité de la cellule membranaire, accompagnée de la perte de l'osmose chimique sont bien la preuve d'une activité létale de certaines HEs (Cox et Mann, 2000).

### **I.7.2.4. Association des huiles essentielles**

Selon Lahlou (2004), les effets antimicrobiens des associations HEs, comme pour les associations d'antibiotiques, sont définies selon quatre interactions possibles :

- ✓ Indifférence: l'activité d'une HE n'est pas affectée par l'autre ;
- ✓ Addition: l'effet de l'association est égal à la somme des effets de chaque HE étudiée isolément, à la même concentration que dans l'association ;
- ✓ Synergie: l'effet est significativement supérieur à la somme de chaque HE étudiée isolément, à la même concentration ;
- ✓ Antagonisme : l'association diminue l'activité de l'une ou l'autre des HE. Elle est inférieure à la somme des effets de chaque huile essentielle prise séparément.

## **I.8. Toxicité des huiles essentielles et précautions d'emploi**

Les HEs ont des effets néfastes et très toxiques sur les utilisateurs si ne respectent pas les précautions d'emploi

### **I.8.1. Toxicité des huiles essentielles**

Certains auteurs (Franchomme et Pénéol, 1990; Mailhebiau, 1994) se basent sur la composition des HEs et les toxicités relatives des familles biochimiques auxquelles elles appartiennent.

Les résultats de Lanzerstorfer et al., (2021) démontrent que les HE peuvent présenter des propriétés toxiques sévères à de faibles concentrations. Par conséquent, une évaluation



toxicologique détaillée est fortement recommandée pour chaque HE et chaque application envisagée.

Une utilisation prolongée des HEs à thuyones (Thuya, Absinthe, Sauge officinale) est neurotoxique. Ces huiles, dont la liste n'est pas exhaustive, sont inscrites dans un décret du Code de la Santé Publique Française datant de 1986 visant à interdire leur vente en France. Certaines d'entre elles sont néanmoins en vente libre dans les autres pays moins restrictifs (Pibiri, 2006).

En général, chez l'homme des intoxications aiguës sont possibles. Les accidents graves (troubles digestifs, hypotension, hypothermie, confusion mentale) le plus souvent observés chez les petits enfants, sont provoqués par l'ingestion en quantité importante d'HE (10 à 30 ml) : girofle (eugénol), eucalyptus, gaulthérie (salicylate de méthyl). Un cas de décès aux USA a été enregistré après l'ingestion de 60 ml de Gaulthérie (Pibiri, 2006).

### **I.8.2. Précautions d'emploi**

S'il est indéniable que les HEs suscitent un véritable engouement, il n'en demeure pas moins que l'aromathérapie ne doit laisser aucune place à l'improvisation. Un produit naturel n'est pas un produit inoffensif. Afin d'éviter les accidents, quelques règles de bon usage doivent être connues de l'équipe officinale (Touboul, 2021).

D'après Hennebelle et Nowicki (2019), l'aromathérapie ou en générale l'utilisation des huiles essentiels mettant en jeu des molécules aux toxicités aiguës ou chroniques, des précautions d'emploi sont nécessaires. Les plantes aromatiques ne sont pas toxiques mais les huiles essentielles qu'on en extrait peuvent l'être :

- ✓ l'utilisation des HEs est contre indiquée chez la femme enceinte, la femme qui allaite, l'enfant de moins de 7 ans sauf avis médical contraire, en cas d'allergie ou en cas d'antécédents de convulsions, d'asthme ;
- ✓ les HEs s'utilisent diluées dans une huile végétale lors de leur emploi sur la peau ;
- ✓ les essences sont photosensibilisantes par voie cutanée et par voie orale : attendre au moins une journée avant de s'exposer au soleil ;
- ✓ ne jamais injecter d'huiles essentielles par voie intramusculaire ou intraveineuse ;
- ✓ se laver les mains après chaque massage ou contact pour éviter le frottement avec des zones sensibles comme les yeux mais aussi pour éviter que la fragrance accompagne toute la journée ;

- ✓ en cas de projection accidentelle d'HE dans l'œil, il faut diluer avec une huile végétale grasse (olive, noisette, noyau d'abricot...) car les huiles essentielles ne sont pas solubles dans l'eau ;
- ✓ en cas de contact accidentel avec des muqueuses sensibles (organes génitaux, conduit auditif, nez), appliquer une compresse imprégnée d'huile végétale ;
- ✓ respecter la voie d'absorption, le nombre de gouttes recommandé, la fréquence d'application ou de prise, ainsi que la durée d'utilisation sinon cela exposerait potentiellement à des effets indésirables ;
- ✓ les HEs peuvent interagir avec certains traitements en modifiant leur activité, en cas d'utilisation régulière d'une HE ne pas hésiter à en discuter avec son médecin ;
- ✓ les HEs ne doivent pas être utilisées ni diffusées en continu. La diffusion est limitée à une heure par jour (10 minutes par heure au maximum) ;
- ✓ en cas d'intolérance, une réaction cutanée sera visible en une dizaine de minutes ;
- ✓ en cas d'ingestion accidentelle d'un gros volume d'HE, téléphoner immédiatement au centre antipoison de la région ;
- ✓ ne pas laisser les flacons à la portée des enfants.

# *Chapitre II*

*Monographie des plantes étudiées*

## II.1. *Pistacia lentiscus* L.

*Pistacia lentiscus* est un arbuste dioïque à feuilles persistantes, présent dans les écosystèmes méditerranéens dans une grande variété d'habitats, des communautés ouvertes aux communautés fermées et ombragés (Diaz Barradas et Correia 1999). La photo de *P. lentiscus* est représentée dans la figure 08.



Figure 08 : Photo de *P. lentiscus* (Original).

### II.1.1. Classification de *Pistacia lentiscus* L.

La Classification de *P. lentiscus* est présentée dans la figure 09.

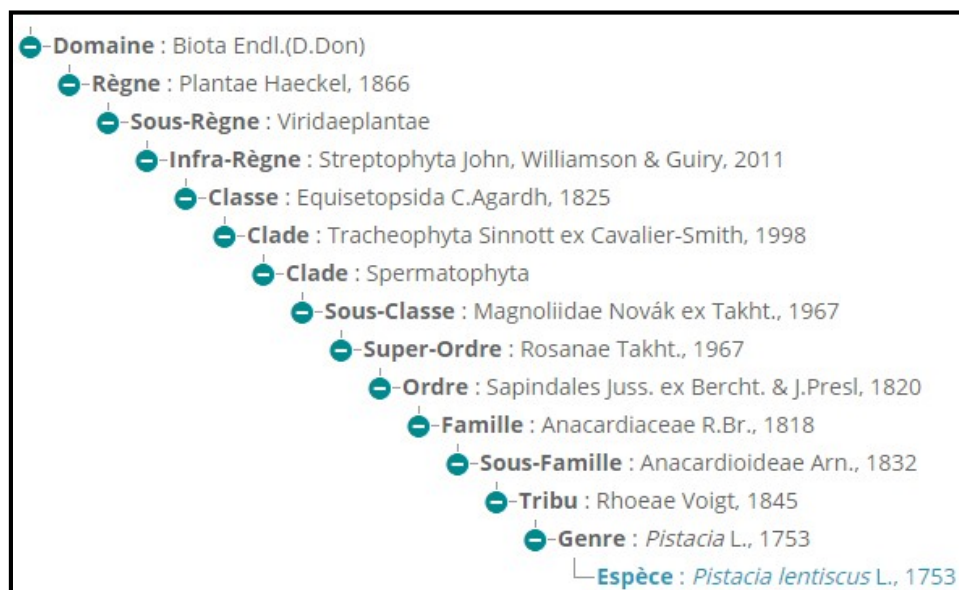


Figure 09 : Classification de *P. lentiscus* (Tison, 2014).

### II.1.2. Caractéristiques de *Pistacia lentiscus* L.

Selon Julve (2020), les caractéristiques générales de *P. lentiscus* sont les suivantes :

- ✓ Arbrisseau de 1 à 3 mètres, à odeur résineuse forte et désagréable ;
- ✓ Feuilles persistantes, paripennées, à 4-10 folioles elliptiques ; obtuses, mucronulées, coriaces, luisantes en dessus, mates et pâles en dessous ;
- ✓ Pétiole étroitement ailé ;
- ✓ Fleurs en grappes spiciformes denses, naissant 1 ou 2 à l'aisselle d'une feuille et égalant au plus la longueur d'une foliole ;
- ✓ Pédicelles très courts ;
- ✓ Fruit petit, subglobuleux, apiculé, rouge, puis noir à la maturité.

### II.1.3. Description générale de *Pistacia lentiscus* L.

Le tableau 01 résume une description générale de *P. lentiscus*.

**Tableau 01:** Description générale de *P. lentiscus* (Julve, 2020).

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Ecologie</b>           | Lieux arides du Midi : Provence, Languedoc, Roussillon ; Corse.   |
| <b>Répartition</b>        | Région méditerranéenne de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique jusqu'aux Canaries.   |
| <b>Floraison</b>          | avril-mai   |
| <b>Fructification</b>     | octobre-novembre  |
| <b>Usage</b>              | Le bois de Lentisque occupe le premier rang parmi les combustibles ; il donne un feu vif qui dure longtemps et un charbon abondant qui se maintient incandescent jusqu'à combustion complète. On en retire le mastic de Chio, résine très employée en Orient. |
| <b>Type biologique</b>    | Nanophanérophytes (2 à 4m).   |
| <b>Formation végétale</b> | Nanophanérophytaie.   |
| <b>Chorologie</b>         | Méditerranéen   |
| <b>Inflorescence</b>      | Racème simple   |
| <b>Fruit</b>              | Drupe   |
| <b>Couleur de fruit</b>   | Marron  |
| <b>Sexualité</b>          | Dioïque   |
| <b>Pollinisation</b>      | Anémogame   |
| <b>Déssimination</b>      | Endozoochore  |

#### II.1.4. Utilisations traditionnelles de *Pistacia lentiscus* L et indications

*Pistacia lentiscus* est connue par ses propriétés médicinales depuis l'antiquité. En effet, la décoction des racines séchées est efficace contre l'inflammation intestinale et d'estomac ainsi que dans le traitement de l'ulcère (Palevitch et Yaniv, 2000). La partie aérienne est traditionnellement utilisée dans le traitement de l'hypertension artérielle grâce à ses propriétés diurétiques (Scherrer et al., 2005). Les feuilles sont utilisées dans le traitement de l'eczéma, infections buccales, diarrhées, lithiases rénales, jaunisse, maux de tête, asthme et problèmes respiratoires (Ali-Shtayeh et al., 2000; Lev et Amar, 2002). Les feuilles sont également pourvues d'activités anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépato protective, expectorante et stimulante (Paraschos et al., 2007).

La résine de *P. lentiscus* a été traditionnellement considérée comme un agent anticancéreux, en particulier contre les tumeurs du sein, du foie, de l'estomac, de la rate, et de l'utérus et du côlon (Assimopoulou et Papageorgiou, 2005; Balan et al., 2007). Elle est connue par son effet analgésique, antibactérien, antifongique antioxydant, expectorant, stimulant et spasmolytique (Dedoussis et al., 2004; Prichard, 2004).

Ces croyances traditionnelles sont en accord avec de récentes études montrant que le mastic de Chios induit l'apoptose (Balan et al., 2005). L'HE du lentisque est connue pour ses vertus thérapeutiques en ce qui concerne les problèmes lymphatiques et circulatoires (Prichard, 2004). Selon Gardeli et al., (2008), les HEs révèlent la présence de certaines activités antalgique, antioxydant, anti-inflammatoire, antimicrobienne.

#### II.1.5. Composition chimique de *Pistacia lentiscus* L.

En raison de sa large utilisation en médecine traditionnelle, les différentes parties du *lentisque* en fait l'objet de plusieurs études phytochimiques à fin d'identifier leurs principes actifs. Ces études consacrées essentiellement au mastic ont montré la présence de flavonoïdes, des huiles essentielles, ainsi que des triterpénoïdes (Papageorgiou et al., 1997).

Les feuilles contiennent des polyphénols : acide gallique et ses dérivés, flavonols glycosides (myricétine et quercétine glycosides), anthocyanine (delphinidine 3-O- glycoside et cyanidine 3-O-glycoside) et une petite quantité de catéchine (Romani et al., 2002). Elles contiennent aussi des quantités importantes de tanins, des triterpénoïdes, des huiles essentielles (monoterpènes ( $\alpha$ - pinene,  $\beta$ -pinene) et sesquiterpènes ( $\gamma$ -cadinène) (Chryssavgi et al., 2008).

## II.2. *Myrtus communis* L

*Myrtus communis* est un arbre à feuilles persistantes, utilisé par les Grecs comme symbole à la fois d'amour et d'immortalité. Parce qu'ils considéraient leurs grands hommes comme immortels, les Grecs et les Romains ont mis des couronnes de myrte sur la tête de leurs poètes et dramaturges à succès (Watts, 2014). C'est un arbuste aromatique largement répandu sur le littoral méditerranéen, est traditionnellement utilisé comme herbe culinaire (Liang et al., 2020) (figure 10).



Figure 10 : Photo de *M. communis* (Original).

### II.2.1. Classification de *Myrtus communis* L

La Classification de *Myrtus communis* L est détaillée dans la figure 11.

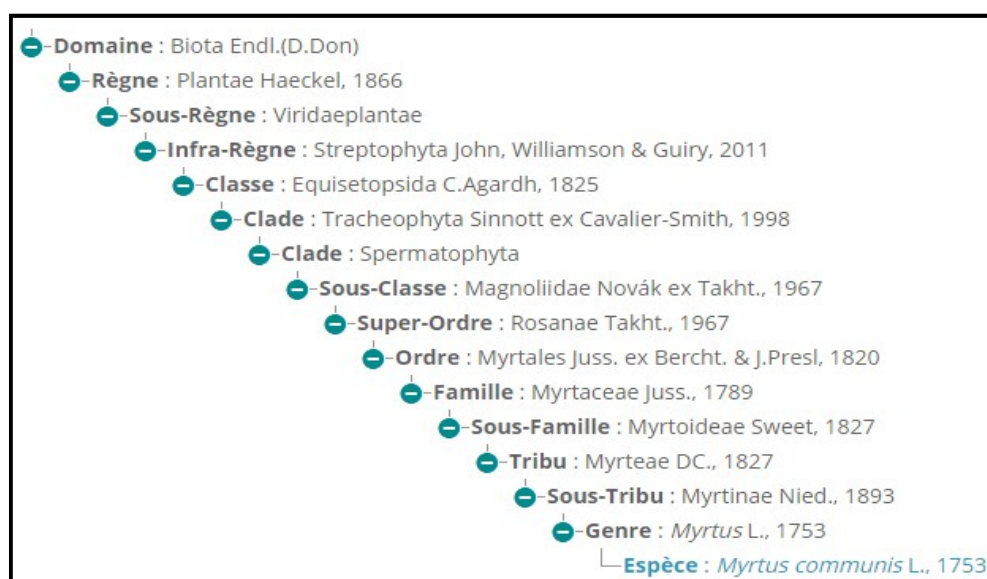


Figure 11: Classification de *M. communis* (Tison, 2014)

### II.2.2. Caractéristiques de *Myrtus communis* L

Selon Julve (2020), les caractéristiques générales de *M. communis* sont les suivantes:

- ✓ Arbrisseau de 1 à 3 mètres, inerme, aromatique, toujours vert ;
- ✓ Feuilles opposées, très rapprochées, subsessiles, ovales-lancéolées aiguës, entières, coriaces, persistantes, glabres et luisantes, sans stipules ;
- ✓ Fleurs blanches, axillaires, solitaires, longuement pédonculées, odorantes ;
- ✓ Calice à tube soudé à l'ovaire, à 5 lobes étalés ;
- ✓ 5 pétales ;
- ✓ Etamines nombreuses ;
- ✓ Ovaire infère à 1 style et à stigmate simple ;
- ✓ Baie à peine charnue, ovoïde, d'un noir bleuâtre, couronnée par le calice, à graines peu nombreuses.

### II.2.3. Description générale de *Myrtus communis* L

Le tableau 02 résume une description générale de *M. communis*.

**Tableau 02** : Description générale de *M. communis* (Julve, 2020).

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Écologie</b>            | Bois, garrigues, maquis, dans le Roussillon, le Languedoc, la Provence; Corse.  |
| <b>Répartition</b>         | Europe méditerranéenne ; Asie occidentale ; Afrique septentrionale  |
| <b>Floraison</b>           | Mai-juillet   |
| <b>Usages</b>              | Le Myrte est un arbrisseau d'orangerie ; son bois est très estimé ; ses fruits, après et, résineux, sont mangés par les Arabes. |
| <b>Type Biologique</b>     | Microphanérophytes (8m) ()  |
| <b>Formation végétale</b>  | Microphanérophytaie   |
| <b>Chorologie</b>          | Méditerranéen   |
| <b>Inflorescence</b>       | Fleur solitaire latérale  |
| <b>Fruit</b>               | Baie  |
| <b>Couleur de la fleur</b> | Blanc   |
| <b>Sexualité</b>           | Hermaphrodite   |
| <b>Pollinisation</b>       | Entomogame  |
| <b>Dissémination</b>       | Endozoochore  |

### II.2.4. Utilisations traditionnelles de *Myrtus communis* L et indications

Le myrte commun occupe une place importante dans l'histoire, il était réputé pour son action antiseptique. Hippocrate (médecin grec, vers 377 av. J.C.) utilisait ses baies contre les métrorragies. Dioscoride et Pline (médecins latins du 1<sup>er</sup> siècle ap. J.C.) indiquaient de



nombreuses applications médicales. Ainsi, les feuilles écrasées s'appliquaient sur les ulcères. La poudre de feuilles est utilisée pour préparer, un cérat contre les panaris et les maladies des ongles, et administrée contre les pertes séminales et les sueurs cardiaques. Les fleurs sont utilisées pour faire noircir les cheveux. Les fruits verts ou desséchés s'employaient contre les hémorragies; bouillis dans le vin comme vulnéraire et astringent externe. Le suc des baies était utilisé comme stomachique et diurétique. Les graines sont employées contre les affections osseuses. En Algérie, les feuilles du myrte sont utilisées comme remède contre les affections des voies respiratoires. Les préparations à base de plantes sont préconisées contre les bronchites, les sinusites, les otites, les diarrhées et les hémorroïdes. Le myrte est connu en Algérie pour ses propriétés anti-inflammatoires et hypoglycémiantes (Bouzabata, 2015).

### II.2.5. Composition chimique de *Myrtus communis* L.

L'huile essentielle de feuilles de *Myrtus communis* d'Afrique du Nord présente deux types de composition chimique, caractérisés par la présence ou l'absence d'acétate de myrtényle, l' $\alpha$ -pinène et/ou le 1,8- cinéole étant les produits majoritaires. Cependant, peu d'études ont été menées en Algérie, ne permettant pas de conclure à une homogénéité ou à une éventuelle variabilité de la composition chimique (Bouzabata, 2015).

### II.3. *Achillea ligustica* All.

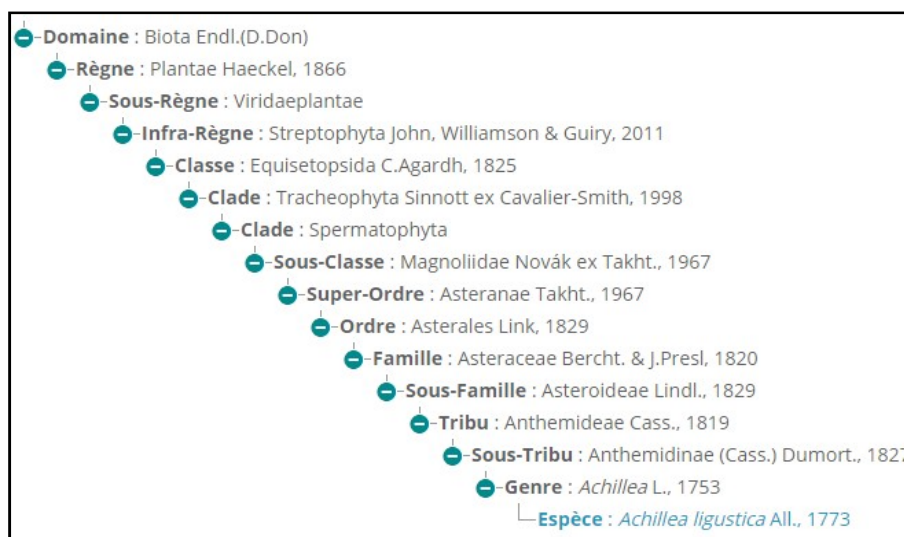
*Achillea ligustica* All. est une plante herbacée vivace pubescente poussant spontanément dans toute la Méditerranée occidentale région (figure 12).



**Figure 12** : Photo d'*A. ligustica* (Original).

### II.3.1. Classification d' *Achillea ligustica* All.

La Classification d' *A. ligustica* est détaillée dans la figure 13.



**Figure 13** : Classification de la plante *A. ligustica* (Tison, 2014).

### II.3.2. Caractéristiques d' *Achillea ligustica* All.

Selon le site [mafloref.cpagesperso-orange](http://mafloref.cpagesperso-orange.fr) les caractéristiques générales d' *A. ligustica* sont:

- ✓ Les feuilles sont découpées en segments étroits et dentés ;
- ✓ Les espaces séparant ces segments ne portent qu'une dent ou pas du tout ;
- ✓ Les ligules ont sensiblement la longueur de l'involucre ;
- ✓ Hauteur : 20 à 90 cm et capitule : 4 à 8 mm ;
- ✓ Altitude : 0 à 1700 m.

### II.3.3. Description générale d' *Achillea ligustica* All.

Une description générale pour la plante d' *A. ligustica* est résumée dans le tableau 03.

**Tableau 03** : Description générale d' *A. ligustica* (Julve, 2020)

|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Type Biologique</b>     | Hémicryptophytes (< 1m) érigé |
| <b>Formation végétale</b>  | Hémicryptophytaie             |
| <b>Chorologie</b>          | Méditerranéen occidental      |
| <b>Inflorescence</b>       | Corymbe de capitules          |
| <b>Floraison</b>           | mai à novembre.               |
| <b>Fruit</b>               | Akène                         |
| <b>Couleur de la fleur</b> | Blanc                         |
| <b>Sexualité</b>           | Hermaphrodite                 |
| <b>Pollinisation</b>       | Entomogame                    |
| <b>Dissémination</b>       | Anémochore                    |

### II.3.4. Utilisations traditionnelles d' *Achillea ligustica* All. et indications

Dans la médecine traditionnelle sicilienne, les feuilles fraîches d'*A. ligustica* sont utilisés comme antimicrobien (contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Penicillium commune* et *Aspergillus flavus*) et hémostatique ou ingestion sous forme de pastilles contre les maux d'estomac. Une infusion est utilisée en Sardaigne pour les gastralgies et les névralgies. La sève obtenue à partir de la plante fraîche est utilisée comme vermifuge; la perfusion est également utilisée comme cataplasme contre les troubles de peau et les rhumatismes (Bader et al., 2007). Les feuilles fraîches que l'on frotte et que l'on applique sur la piqure de guêpe diminuent l'enfllement (Fazi et Furt, 2011).

### II.3.5. Composition chimique de *Achillea ligustica* All.

*A. ligustica* est riche en substances pharmacologique et même à des teneurs très élevés telle que : l'huile essentielle qui contient du camphre (21,3%), l'alcool santoline (19,3%), l'armoise cétone (5,9%), le bornéol (6,2%) et l'acétate de bonyle (3,5%) comme étant les principaux constituants (Bader et al., 2007), des terpènes, des alcaloïdes, des tannins, des saponines, des coumarines, des flavonoïdes, des stérols, des vitamines, des acides et des acides gras (Tuberoso et al., 2009).

### II.4. *Mentha pulegium* L.

*Mentha pulegium* a des tiges faiblement arquées ou prostrées avec de fins poils duveteux, des feuilles cannelées qui sentent fortement la menthe lorsqu'elles sont écrasées et des fleurs lilas-mauve à corolles velues. On le trouve généralement dans les prairies humides et inondées de façon saisonnière recouvrant du limon ou argile, souvent sur les bords des rigoles, des ornières et des zones braconnées (Stroh, 2014).

La figure 14 représente une photo de *M. pulegium* L. (Original).



Figure 14 : Photo de *M. pulegium* L. (Original).

#### II.4.1. Classification de *Mentha pulegium* L.

La Classification de *M. pulegium* est détaillée dans la figure 15.

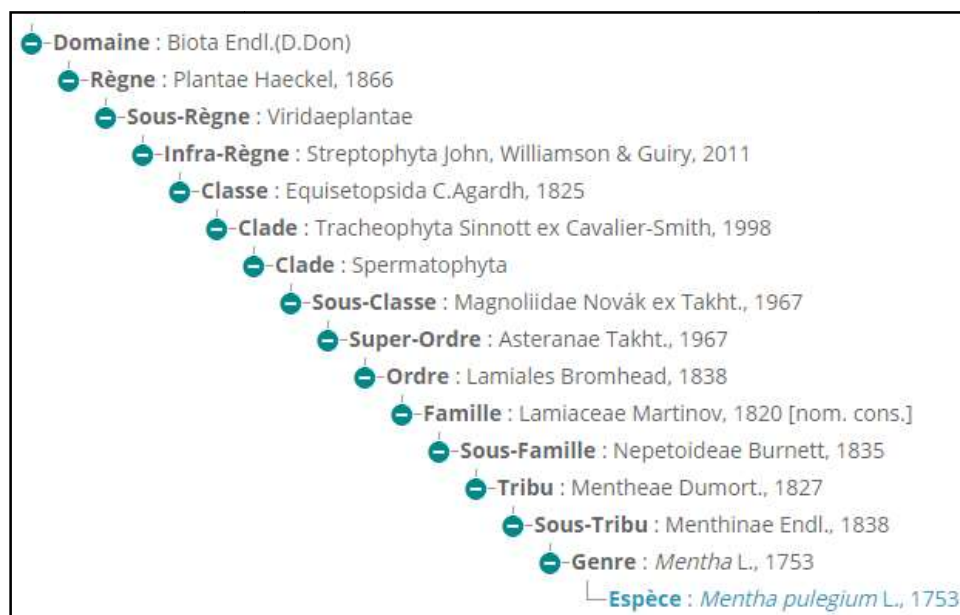


Figure 15 : Classification de la plante *M. pulegium* L. (Tison, 2014)

#### II.4.2. Caractéristiques de *Mentha pulegium* L.

Selon Julve (2020), les caractéristiques générales de *M. pulegium* sont:

- ✓ Plante vivace de 10-50 cm, velue-grisâtre ou glabrescente, à odeur très forte ;
- ✓ Tiges dressées ou étalées-ascendantes ;
- ✓ Feuilles petites, courtement pétiolées, ovales ou oblongues, obtuses ou subaiguës, denticulées ou presque entières, les florales plus courtes que les glomérules ;
- ✓ Fleurs rosées ou lilacées, en verticilles nombreux, tous axillaires, écartés, multiflores, très compacts ;

- ✓ Calice velu, tubuleux, à gorge fermée par des poils connivents, sub-bilabié à 5 dents inégales, les 2 inférieures plus étroites ;
- ✓ Corolle gibbeuse d'un côté à la gorge ;
- ✓ Carpelles ovoïdes, lisses.

#### II.4.3. Description générale *Mentha pulegium* L.

Une description générale pour la plante *M. pulgium* est résumée dans le tableau 04.

**Tableau 04** : Description générale de *M.pulegium* L (Julve, 2020)

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Écologie</b>            | Lieux humides, dans toute la France et la Corse.               |
| <b>Répartition</b>         | Europe ; Asie occidentale ; Afrique septentrionale ; Amérique. |
| <b>Floraison</b>           | Juillet-octobre.   |
| <b>Type Biologique</b>     | Hémicryptophytes (< 1m) stolonifères                           |
| <b>Formation végétale</b>  | Hémicryptophytaie  |
| <b>Chorologie</b>          | Eurasiatique   |
| <b>Inflorescence</b>       | glomérules   |
| <b>Fruit</b>               | Akène  |
| <b>Couleur de la fleur</b> | Rose   |
| <b>Sexualité</b>           | Hermaphrodite  |
| <b>Ordre de maturation</b> | Protandre  |
| <b>Pollinisation</b>       | Entomogame   |
| <b>Dissémination</b>       | Épizoochore  |

#### II.4.4. Utilisation en médecine traditionnelle de *Mentha pulegium* L.

Il semble que dans le temps des anciens elle était méconnue, utiliser uniquement pour former des couronnes qu'ils portaient lors des cérémonies religieuses, par contre les chinois connaissaient ses propriétés calmantes antispasmodiques. Hippocrate la considérait comme excitante alors que Pline à constater son effet antalgique (Kebissi, 2004). La menthe pouliot combat l'ingestion et rétablit les troubles gastriques comme les crampes et les gaz intestinaux, elle est carminative, excellent contre les ballonnements et les brulements d'estomac elle est également cholagogue (Baba Aissa, 2000).

Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques dans le traitement du rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales (Zargari, 1990). Cette plante a aussi la particularité d'être insecticide puisqu'elle a été déjà utilisée pour faire éloigner les insectes (Bremness, 2001).

En usage externe, la menthe pouliot fraîche est appliquée sur les contusions, les enflures, les engorgements lacteux, les points douloureux des rhumatismes et en compresses contre la névralgie faciale et la migraine (Hyerisam, 2013).

La plante entière, s'utilise en inhalation, en infusion ou en décoction dans du lait ou du thé, est conseillé en cas de refroidissements, de rhume, de grippe, de bronchite, de toux et de douleurs abdominales (Gardès et al., 2003).

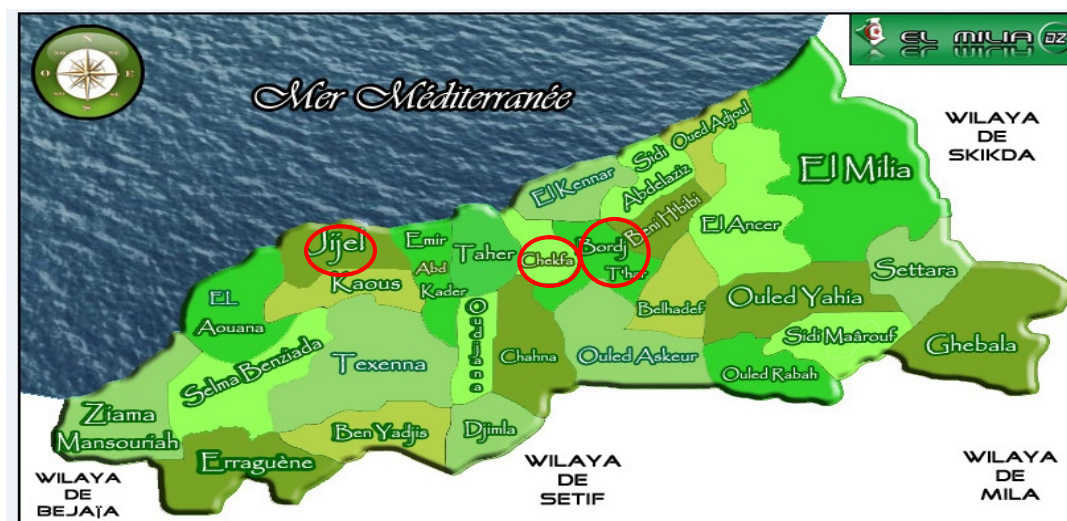
#### **II.4.5. Composition chimique de *Mentha pulegium* L.**

La composition chimique des huiles essentielles de *la menthe* a fait l'objet de nombreuses publications. Elle est caractérisée par la présence majoritaire de cétones possédant un squelette menthanique. En effet, les compositions décrites sont dominées soit par la pulégone 80,3% au Maroc (Bouchra et al., 2003), (70-90%) en Algérie ( Beghidja et al., 2007. Lahrech, 2010) 73,4% en Uruguay (Lorenzo et al., 2002) et 43,5% en Egypte (El-Ghorab, 2006); soit par la pipériténone 83,7- 97,2% en Grèce (Kokkini et al., 2002) ou encore la pipéritone 70,0% en Autriche (Zwaving et Smith, 1971).

***Chapitre III***  
***Matériel et méthodes***

### III.1. Origine géographique et récolte du matériels végétal

Les quatre espèces sélectionnées (*Pistacia lentiscus* L., *Myrtus communis* L., *Achillea ligustica* All. et *Mentha pulegium* L. connus sous le nom vernaculaire de Trow, Rihan Belkissoum et Flaiou respectivement) ont été collectées dans leurs habitats naturels entre le mois d'Avril et Mai 2021 à partir de trois localités situées dans la wilaya de Jijel. La récolte a été effectuée dans la région de Bordj t'har (Chekfa) pour *P. lentiscus* et *A. ligustica*, dans la région de Mazghitane (Jijel) pour *M. communis* et dans la région de Dridra (Chekfa) pour *M. pulegium*. La figure 16 représente bien la distribution géographique des lieux de récolte.



**Figure 16:** Carte de situation géographique de la région d'étude (www.google.com).

La localisation précise des lieux d'échantillonnage et leurs données géographiques sont rapportées dans le tableau 05. L'expérimentation a été effectuée sur la partie aérienne de ces espèces (juste la partie usitée traditionnellement par la population de la région).

**Tableau 05:** Caractéristiques des conditions de récolte des plantes étudiées

| Nom de l'espèce                            | Partie utilisée                        | Nom de la région        | Données géographiques  |
|--|--|-------------------------|--|
| <i>Pistacia lentiscus</i><br>(lentisque)   | partie aérienne<br>(feuilles et tiges) | Bordj T'har<br>(Chekfa) | Altitude : 599 m<br>Latitude : 36° 44' 13" N<br>Longitude: 6° 00' 00" E              |
| <i>Achillea ligustica</i><br>(achillée)    | partie aérienne<br>(feuilles et tiges) | Bordj T'har<br>(Chekfa) | Altitude : 599 m<br>Latitude : 36° 44' 13" N<br>Longitude: 6° 00' 00" E              |
| <i>Myrtus communis</i><br>(myrte)          | Feuilles                               | Mazghitane<br>(Jijel)   | Altitude : 168.60 m<br>Latitude : 36.81° 48' 27.2" N<br>Longitude: 5.72° 43' 29.7" E |
| <i>Mentha pulegium</i><br>(menthe pouliot) | partie aérienne<br>(feuilles et tiges) | Dridra<br>(Chekfa)      | Altitude : 139 m<br>Latitude : 36 ° 46 ' 54 " N<br>Longitude: 5 ° 58 ' 24 " E        |



### III.2. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est la quantité d'eau contenue dans la matière végétale. Elle est exprimée par le poids d'eau en rapport avec le poids de matière sèche ou de matière fraîche. Elle a été réalisée avec des échantillons de 50g séchés jusqu'au poids constant et calculée par la formule suivante (Heller et al., 1998) :

$$TE (Pf) = (Pf - Ps) \times 100 / Pf$$

TE (Pf) : teneur en eau par rapport à la masse fraîche

Pf : poids de matière fraîche

Ps : poids de matière sèche

### III.3. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger (figure 17).

Une fois nettoyées des poussières et des autres impuretés, 150 g des parties aériennes de chaque plante ont été introduites dans un ballon de 2l et mis en contact avec 1l d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition pendant 2h. L'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau et condensé en contact du réfrigérant. Le liquide recueilli dans l'ampoule à décanter résulte en un distillat avec une couche d'huile mince à la surface qui sera par la suite séparée.



**Figure 17** : Dispositif d'extraction des huiles essentielles (Clevenger)

L'HE ainsi obtenue est mise dans des tubes en verre bien fermés et étiquetés, recouverts par papier aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière (agents de dégradation) et conservés à une température voisine de 4°C jusqu'à son utilisation.

### III.4. Détermination du rendement d'extraction

Selon la norme AFNOR (1987), le rendement en huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après l'extraction ( $M'$ ) et la masse de la matière végétale utilisée ( $M_v$ ). Selon Ouafi et al., (2017)es rendements en huile essentielle ont été estimés en utilisant l'équation suivante :

$$\text{RHE (\%)} = M'/M (1-\text{TH}) \times 100$$

RHE: rendement en huile essentielle.

$M'$ : masse d'huile essentielle en gramme.

$M$ : masse de la matière végétale utilisée en gramme.

TH : taux d'humidité de la matière végétale.

### III.5. Analyse des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse CPG/SM

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse et ensuite par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse pour la détermination de leur composition (Figure 18). L'appareil CG/SM de type Shimadzu QP2010 de type EI 70ev quadripole, équipé d'un détecteur relatif et d'un injecteur split. La colonne utilisée est de type OV1701 de 25m de long et de 0,25 mm de diamètre intérieur. Le gaz vecteur est l'Hélium (He) avec un débit de 1.2 ml/min, une vitesse linéaire de 35.9 cm/sec et une pression de 31.7 kPa, et avec le rapport fondu 30.0. Le temps de coupe du solvant est 2,00 min et la vitesse de balayage est 666. Les conditions d'analyse sont les suivants :

- ❖ Température de l'injecteur : 250.00 °C
- ❖ Température de four de la colonne : 70.0 °C
- ❖ Température d'ion source : 200.00 °C



**Figure 18:** Chromatographe en phase gazeuse couplé à la masse (CPG/SM)

### III.6. Préparation des dilutions des huiles essentielles

En se basant sur des essais préliminaires, une gamme de dilutions de concentrations allant de 0.1 mg/ml à 10mg/ml a été préparée (figure 19).

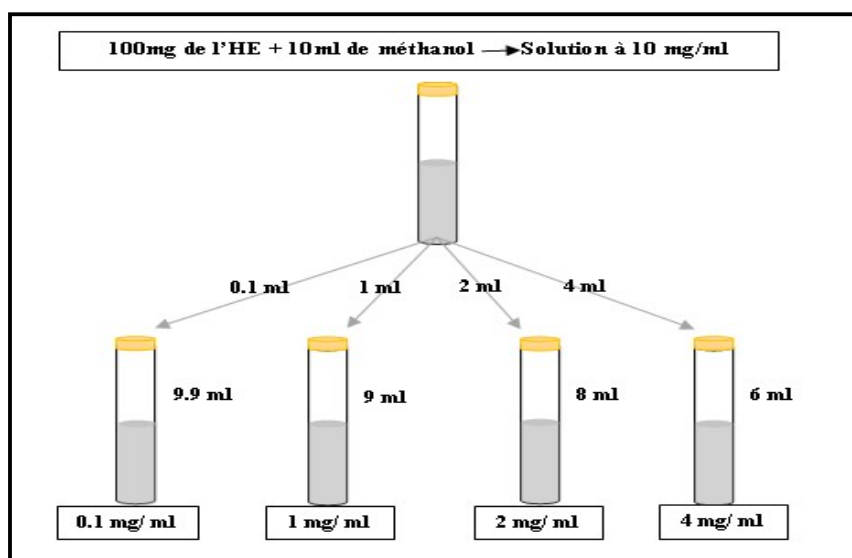


Figure 19 : Préparation de dilutions des huiles essentielles

### III.7. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante a été évaluée par trois méthodes différentes: le pouvoir de piégeage du radical DPPH•, le pouvoir réducteur du fer (FRAP) et la capacité oxydative total. Le pouvoir antioxydant des l'huiles essentielles testées a été estimé par comparaison avec un antioxydant naturel (acide ascorbique) et un antioxydant synthétique (BHT).

#### III.7.1. Evaluation de l'effet scavenger du radical DPPH•

L'activité antiradicalaire des huiles essentielles a été mesurée par la méthode décrite par Ba et al. (2010). Le protocole est illustré par la figure 20.

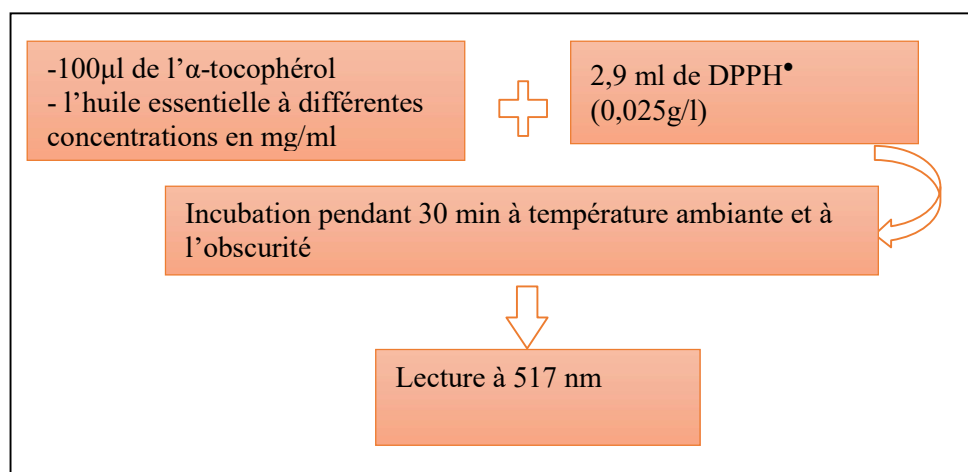


Figure 20 : Protocole d'étude de l'effet Scavenger du radical DPPH•

L'activité antiradicalaire est exprimée par le pouvoir de réduction de la solution éthanolique du DPPH•.

$$\text{Pourcentage d'inhibition du DPPH (\%)} = [(At - Ae) / At] \times 100$$

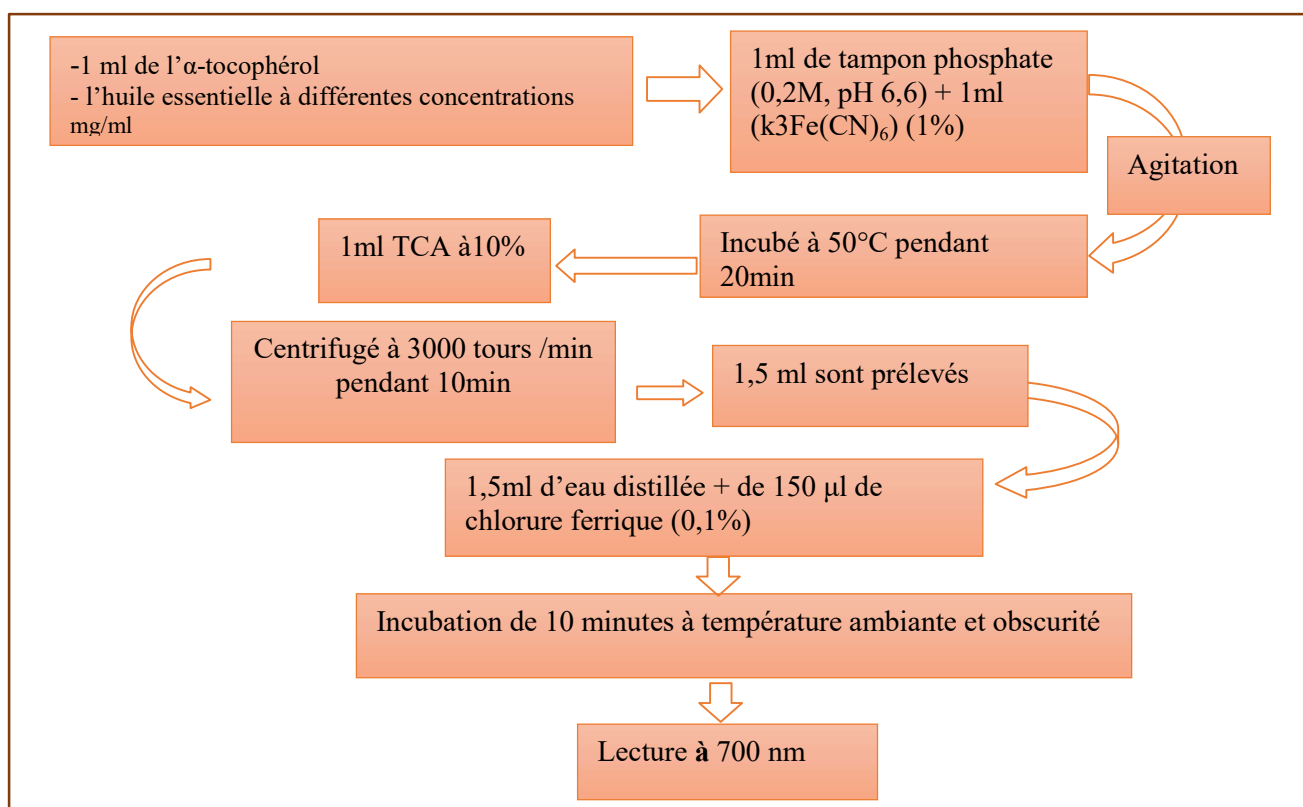
**At** : Absorbance du témoin (solution de DPPH et du méthanol) ; témoin négative.

**Ae** : Absorbance de l'échantillon.

Le DPPH est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie. Cette décoloration est représentative de la capacité des extraits à piéger ces radicaux libres indépendamment de toute activité enzymatique.

### III.7.2. Evaluation du pouvoir réducteur

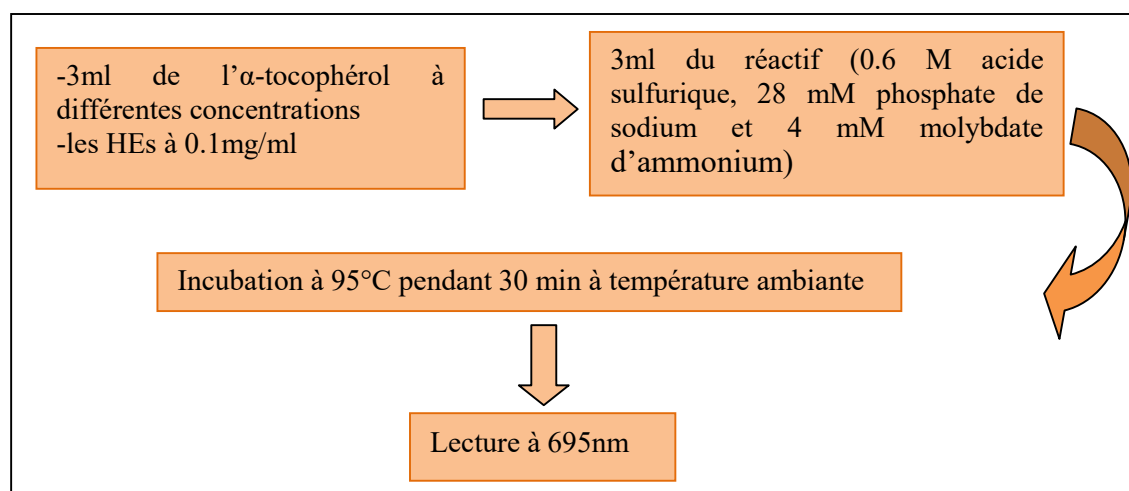
Le pouvoir réducteur des huiles essentielles a été mesuré par la méthode décrite par karagozler (2008). La méthode est basée sur la réaction de réduction du  $\text{Fe}^{3+}$  présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en  $\text{Fe}^{2+}$ , la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en couleur bleu vert du fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ), l'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des HEs testées (figure 21).



**Figure 21:** Protocole du pouvoir réducteur

### III.7.3. Evaluation de la capacité antioxydante totale (CAT)

La capacité antioxydante totale (CAT) des HEs est évaluée par la méthode de Prieto et al. (1999) dont le protocole est illustré dans la figure 22. Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate à molybdène Mo (V)  $\text{MoO}^{2+}$  en présence de l'huile essentielle pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) à pH acide.



**Figure 22 :** Protocole de la capacité antioxydante totale

La courbe d'étalonnage (figure12 en annexe3) nous a permis de calculer la capacité antioxydante totale des huiles essentielles.

La capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme équivalents d'acide ascorbique par gramme de la matière sèche (mg EAA /g MS).

### III.8. Evaluation de l'activité antibactérienne par la méthode d'aromatogramme

L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la partie aérienne de quatre espèces : *Achillea ligustica* L, *Mentha pulegium* L, *Myrtus communis* L et *Pistacia lentiscus* L vis-à-vis des différentes bactéries et réalisée d'abord par la méthode de diffusion des disques (méthode d'aromatogramme), en raison de sa simplicité et son efficacité pour tester la sensibilité des bactéries. Ce test est effectué selon la méthode de diffusion sur disque en milieu Mueller-Hinton de Burt (2004).

### III.8.1. Souches bactériennes testées

Pour mettre en évidence la capacité antibactérienne des huiles essentielles, un total de 3 souches microbiennes ont été utilisées (2 bactéries à Gram- et 1 à Gram+) comme montré dans le tableau 06. Ces souches ont été fournies par le laboratoire de microbienne de l'université de Jijel.

**Tableau 06** : Liste des bactéries testées

| Type                     | Espèce                                     | Famille            |
|--------------------------|--|--------------------|
| Bactéries à Gram négatif | <i>Escherichia coli</i> (ATCC 29522)       | Enterobacteriaceae |
|                          | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853) | Pseudomonadaceae   |
| Bactéries à Gram positif | <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 29523)  | Staphylococcaceae  |

### III.8.2. Préparation des bactéries

Une aliquote bactérienne (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) a été mise en culture dans des tubes à essais contenant 5 ml de boillon nutritif, ces derniers ont été ensuite incubés à l'étuve pendant 17-24 heures à 37°C.

### III.8.3. Aromatogramme sur milieu solide

L'étude a été réalisée par la méthode de diffusion, conçue initialement pour les Antibiotiques, mais en substituant les disques d'antibiotiques par d'autres imprégnés d'huiles essentielles. La méthode d'aromatogramme consiste à :

#### - Préparation des disques

Les disques, d'un diamètre de 6mm, ont été fabriqués à l'aide d'un perforateur à partir du papier Wattman. Ces derniers ont été placés dans un tube à essais et stérilisés à l'autoclave pendant 20 min à une température de 120°C, puis stockés dans un tube à essai hermétiquement fermé.

#### - Préparation des boîtes de Pétri

La gélose de Muller-Hinton stérile prête à l'usage a été coulée dans des boîtes de Pétri stériles à une épaisseur de 4-5mm répartie uniformément dans des boîtes. Ces derniers ont été placés à côté du bec bunsen jusqu'à solidification de la gélose.

#### - Ensemencement des souches

L'ensemencement a été effectué à l'aide d'une pipette Pasteur, à partir de quelques gouttes

d'une densité optique de 0.5 McFarland d'une suspension fraîchement préparée, puis le frotter après l'avoir reprise sur la totalité de la surface gélosée de façon à former des stries.

- **Dépôt des disques**

Dans des conditions aseptiques et à l'aide d'une pince stérile, des disques du papier Wattman imbibé par 10 $\mu$ L de l'huile essentielle à différentes concentrations (5 disques pour chaque boîte) précédemment inoculé avec les microorganismes choisis ont été déposés. Les boîtes ont été maintenues à 4C° pendant 2 heures pour assurer une bonne diffusion de l'huile essentielle dans la gélose. Les disques des contrôles négatifs sont imprégnés d'éthanol. Quatre disques standards d'antibiotique (Tétracycline 30  $\mu$ g, Streptomycine 10  $\mu$ g , Pénicilline 10  $\mu$ g et l'amoxicilline 2  $\mu$ g) servent de contrôles positifs.

- **Incubation des boîtes**

Les boîtes ont été ensuite incubées pendant 17 à 24 heures à 37C°.

- **Lecture des résultats**

La lecture des résultats a été effectuée par mesure des diamètres d'inhibition des disques à l'aide d'une règle (en mm).

### III.9. Expressions des résultats

Les résultats expérimentaux sont exprimés selon la moyenne de trois répétitions  $\pm$  l'écart type (SD).

*Chapitre IV*  
*Résultats et discussion*



Le présent travail s'articule sur trois parties, on retrouvera les résultats concernant l'extraction et la composition chimique des huiles essentielles, ceux relatifs à leur activité antioxydante et enfin les résultats de leur activité antimicrobienne.

#### IV.1. Taux d'humidité

Les végétaux sont connus par leur richesse en eau qui présente une partie majoritaire de leur composition (ISO, 2008). La teneur en eau a été mesurée pour exprimer les rendements par rapport au poids sec. La détermination de l'humidité de chaque espèce a révélé un taux nettement supérieure à la moitié du poids de la matière végétale. Ce taux correspond à environ 62.66%, 88.68%, 74% et 82% et *P. lentiscus*, *M. communis*, *A. ligustica* et *M. pulegium* respectivement (Figure 22). Ce qui signifie que seulement 37.34%, 11.32%, 26% et 18% respectivement représente le taux de matière sèche ayant servi à l'extraction des huiles essentielles.

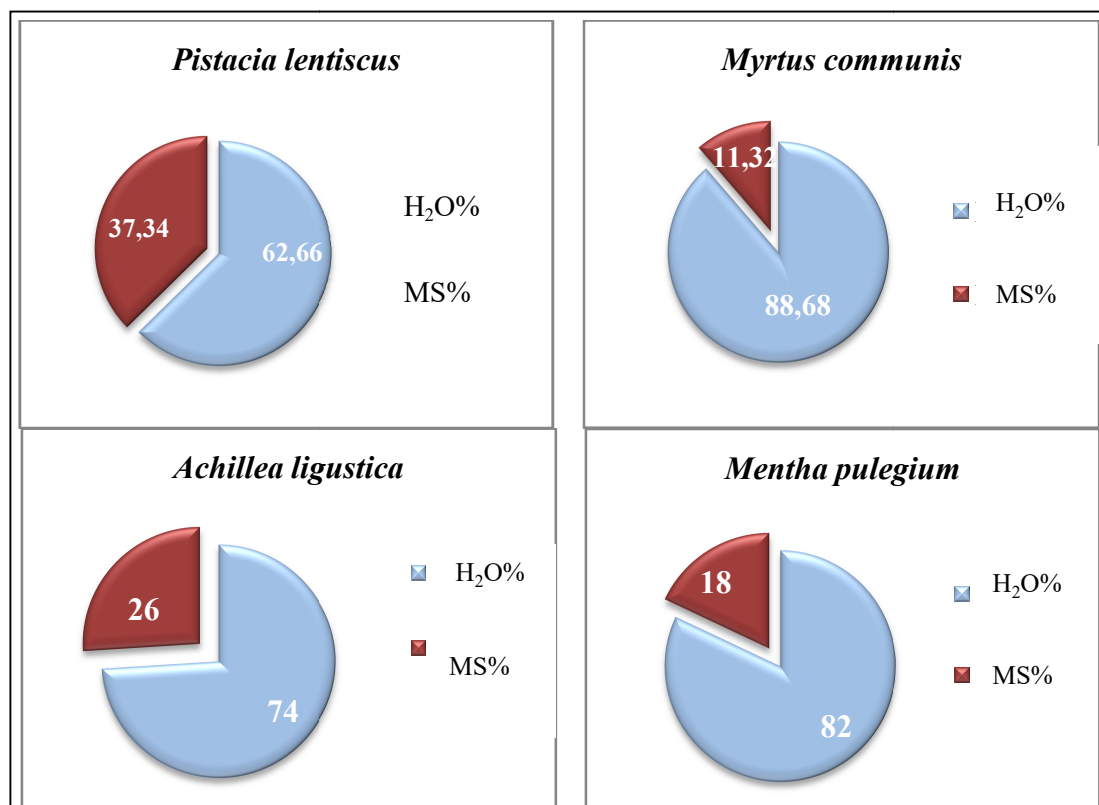
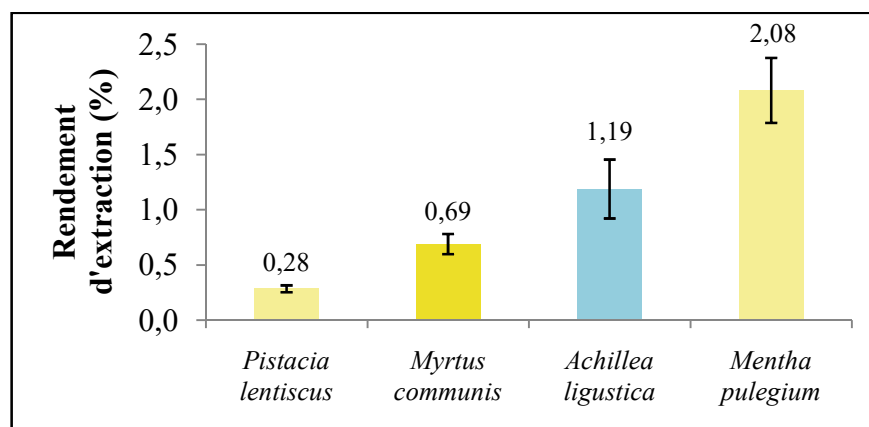


Figure 22 : Le taux d'humidité des plantes étudiées

#### IV.2. Rendement en huiles essentielles

Le résultat de l'extraction des huiles essentielles (HEs) des quatre plantes étudiées est exprimé par leur rendement, qui a été calculé à partir de trois répétitions et reporté sur la figure 23. La valeur la plus faible a été enregistrée chez *P. lentiscus* (0.28%) et la valeur la plus élevée

a été enregistrée chez *M. pulegium* (2,08 %).



**Figure 23 :** Le rendement d'extraction des huiles essentielles

#### IV.2.1. Rendement en huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L

L'hydrodistillation de la partie aérienne de *P. lentiscus* a donné une huile de couleur jaune, liquide, mobile et limpide (Figure 01 en annexe 01) avec une odeur aromatique très puissante et pénétrante qui n'a aucune fraîcheur et présente un rendement de 0,28%.

Selon le tableau 07, il apparaît que la teneur en HE de notre échantillon est nettement supérieure à ceux enregistrés pour la même espèce cueillis en Tunisie (0,09) (Aydi et al., 2020) et au Maroc (0,14%) (Amhamdi et al., 2009). Arab et al. (2014), ayant travaillé sur la même espèce à Boumerdes, ont trouvé des résultats analogues (0,25%), en revanche, la comparaison avec ceux de Arabi et al. (2017) obtenu à partir d'espèce récoltée à Mostaghanem avec un rendement de 0,39% montre que notre rendement est plus faible.

**Tableau 07 :** Rendement d'extraction en HEs de *P. lentiscus* de différentes origines

| Origine                             | Algérie (Jijel)            | Maroc                     | Algérie (Boumerdes)       | Algérie (Mostaghanem)      | Tunisie                       |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Méthode d'extraction</b>         | Hydro-distillation         | Hydro-distillation        | Hydro-distillation        | Hydro-distillation         | CO <sub>2</sub> supercritique |
| <b>Partie de la plante utilisée</b> | Feuilles et tiges fraîches | Feuilles sèches           | Feuilles et fruits sèches | Feuilles et tiges fraîches | Feuilles sèches               |
| <b>Période de récolte</b>           | Avant floraison (Avril)    | Avant floraison (Février) | fructification (Octobre)  | Avant floraison (Mars)     | /                             |
| <b>RE(%)</b>                        | 0,28                       | 0.14                      | 0.25                      | 0.39                       | 0.09                          |
| <b>Référence</b>                    | Notre échantillon          | Amhamdi et al. (2009)     | Arab et al. (2014)        | Arabi et al. (2017)        | Aydi et al. (2020)            |

### IV.2.2. Rendement en huile essentielle de *Myrtus communis* L

L'huile essentielle de *M. communis* obtenue est de couleur jaune foncée avec un aspect liquide, mobile et plus condensée que les autres huiles trouvées (Figure 02 en annexe 01). Le rendement en HE obtenu pour cette plante est de 0,69%.

Zomorodian et al. (2013), qui ont travaillé sur les fleurs sèches du myrte d'Iran, ont trouvé le même rendement (0,69%). Ce rendement reste supérieur à ceux obtenus par Brada et al. (2012) de khmis-Meliana (Algérie) pour les feuilles et les fruits avec une teneur en HE de 0.3% et 0.1% respectivement.

**Tableau 08** : Rendement d'extraction en HEs de *M. communis* de différentes origines

| Origine                             | Algérie (Jijel)         | Algérie (khmis meliana)   |        | Iran                     |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------|--------------------------|
| <b>Méthode d'extraction</b>         | Hydrodistillation       | Hydrodistillation         |        | Hydrodistillation        |
| <b>Période de récolte</b>           | Avant floraison (Avril) | Fructification (Novembre) |        | Floraison (Mai)          |
| <b>Partie de la plante utilisée</b> | Feuilles fraîches       | Feuilles                  | Fruits | Fleurs sèches            |
| <b>RE (%)</b>                       | 0,69                    | 0.3                       | 0.1    | 0.69                     |
| <b>Référence</b>                    | Notre échantillon       | Brada et al. (2012)       |        | Zomorodian et al. (2013) |

### IV.2.3. Rendement en huile essentielle d'*Achillea ligustica* ALL

L'huile essentielle d'*A. ligustica* est de couleur bleu et présente un aspect liquide, mobile et limpide, avec une odeur aromatique semblable à l'odeur de *Mentha piperita* mais avec un degré moindre (Figure 03 en annexe 01). Le rendement obtenu est de 1.19 % qui est nettement supérieur à ceux cités dans la littérature (Tableau 09).

**Tableau 09** : Rendement d'extraction en HEs d'*A. ligustica* de différentes origines

| Origine                     | Algérie (Jijel)             | France (Corse)          | Italie              |        |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|--------|
| <b>Méthode d'extraction</b> | Hydro-distillation          | Hydro-distillation      | Hydro-distillation  |        |
| <b>parties de la plante</b> | partie aérienne fraîche     | Partie aérienne fraîche | Feuilles et tiges   | Fleurs |
| <b>Période de récolte</b>   | Avant floraison (Avril-Mai) | Floraison (Mai)         | Floraison (Mai)     |        |
| <b>RE%</b>                  | 1,19                        | 0.4                     | 0.18                | 0.91   |
| <b>Référence</b>            | Notre échantillon           | Filippi et al. (2006)   | Maggi et al. (2009) |        |

#### IV.2.4. Rendement en huile essentielle de *Mentha pulegium* L

L'extrait obtenu est de couleur jaune clair et présente un aspect liquide, mobile et limpide (figure 04 en annexe 01), avec une odeur aromatique semblable à l'odeur de la *Mentha pipireta* à un degré plus puissant et plus frais. Le rendement obtenu pour cette plante est de 2,08%. Il est nettement supérieur au rendement des HEs de *M. pulegium* cités dans la littérature (Tableau 10).

**Tableau 10** : Rendement d'extraction en HEs de *M. pulegium* de différentes origines

| Région               | Jijel (Algérie)             | Bulgarie                | Turquie                  |                    | Maroc                   |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|
| Méthode d'extraction | hydro-distillation          | hydro-distillation      | Distillation à la vapeur | hydro-distillation | hydro-distillation      |
| partie de la plante  | partie aérienne fraîche     | partie aérienne Sèche   | partie aérienne          |                    | partie aérienne fraîche |
| Période de récolte   | Avant floraison (Avril-Mai) | Floraison (Juin)        | Floraison (Aout)         |                    | Floraison (Juillet)     |
| RE (%)               | 2,08%                       | 1.48-1.54               | 1.1                      | 1,6                | 1.66                    |
| Référence            | Notre échantillon           | Stoyanova et al. (2005) | Yasa et al. (2011)       |                    | Aljaiyash et al. (2018) |

On peut conclure que le rendement en huiles essentielles dépend de la nature des parties de la plante utilisées, le matériel employé pour l'extraction et la méthode d'extraction, aussi bien de l'origine des plantes et la période de récolte.

#### IV.3. Analyse chromatographique des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été analysées par CG/SM, les chromatogrammes avec les profils de composants et les pourcentages dans les figures 1, 2, 3 et 4 en annexe 2. Les formules chimiques pour chaque composant on a recherché dans la base de données NIST sont représentées dans les tableaux 11, 12, 13 et 14 et les composés majoritaires sont représentés en gras.

##### IV.3.1. Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L

Le chromatogramme de l'HE du *P. lentiscus* de Bordj T'har nous a permis d'identifier 53 pics (figure 01 en annexe 2) dont les constituants sont mentionnés dans le tableau 11. Les composés majoritaires sont l' $\alpha$ -pinene (32,96%), le L- $\beta$ -pinene (22,72%), le D-limonène (14,73%), le  $\beta$ -phellandrene (7,18%) et le  $\beta$ -myrcene (3,52%).

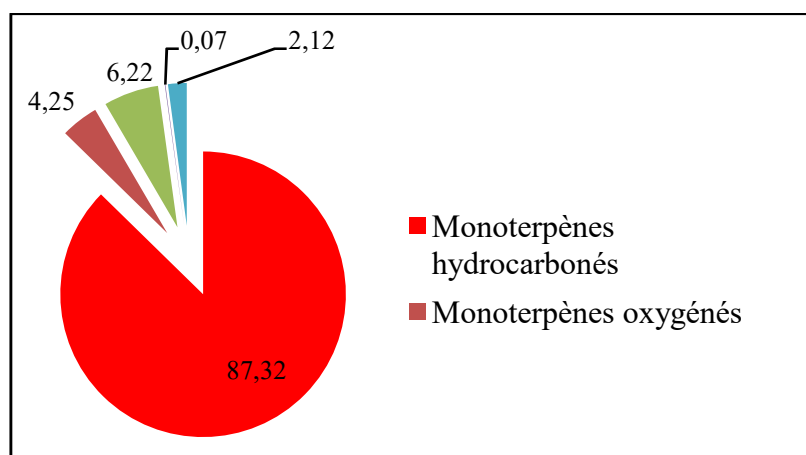
**Tableau 11** : Composition de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*

| N° pic | Composé chimique  | Taux (%)     | Formule chimique                               |
|--------|---|--------------|--|
| 1      | Tricyclene  | 0.18         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 2      | <b>α-Pinene</b>   | <b>32.96</b> | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 3      | Pentaborane   | 0.88         | B <sub>5</sub> H <sub>9</sub>                  |
| 4      | Camphene  | 1.42         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 5      | 2,4-Thujadiene  | 0.13         | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>                |
| 6      | <b>L-β-Pinene</b>   | <b>22.72</b> | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 7      | <b>β-Myrcene</b>  | <b>3.52</b>  | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 8      | α-Phellandrene  | 1.84         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 9      | α-Terpinene   | 0.77         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 10     | <b>D-Limonene</b>   | <b>14.73</b> | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 11     | <b>β-Phellandrene</b>   | <b>7.18</b>  | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 12     | o-Cymene  | 0.38         | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>                |
| 13     | 1,8-cinéol (Eucalyptol)   | 0.82         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 14     | β-cis-Ocimene   | 0.12         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 15     | p-Mentha-1,4-dien-7-ol  | 1.07         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 16     | Terpinolene   | 1.31         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 17     | Isoamyl butanoate   | 0.15         | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>  |
| 18     | Butyric acid, neopentyl ester   | 0.03         | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>  |
| 19     | p-Cymenene  | 0.06         | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>                |
| 20     | Isoamyl valerianate   | 0.17         | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 21     | 2-nonanone  | 0.14         | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O               |
| 22     | Nonanal   | 0.05         | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O               |
| 23     | 2-Nonanol   | 0.08         | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O               |
| 24     | Trans-4-Thujanol  | 0.02         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 25     | Camphene hydrate  | 0.1          | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 26     | 1,3-Cyclopentadiene, 1,2,5,5-tetramethyl-   | 0.02         | C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>                 |
| 27     | L-Pinocarveol   | 0.13         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 28     | L-4-terpineol   | 0.67         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 29     | Pinocamphone  | 0.04         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 30     | L-Borneol   | 0.05         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 31     | α-Terpineol   | 1.18         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 32     | Isopentyl hexanoate   | 0.08         | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> |
| 33     | Isopentyl hexanoate   | 0.03         | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> |
| 34     | δ-Elemene   | 0.15         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 35     | Bornyl acetate  | 0.21         | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 36     | Ketone, methyl nonyl  | 0.29         | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O              |
| 37     | 4-Methyl-2-hexanol  | 0.05         | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O               |
| 38     | (+)-Epi-Bicyclosesquiphellandrene   | 0.05         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 39     | β-Germacrene  | 0.1          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 40     | Caryophyllene   | 1.45         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 41     | Spathulenol   | 0.07         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O              |
| 42     | α-Caryophyllene   | 0.35         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 43     | (+)epi-Bicyclosesquiphellandrene  | 0.1          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 44     | γ-Muurolene   | 0.24         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 45     | β-Cubebene  | 2.7          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 46     | Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-(1α,4α.alpha.,8α.alpha) | 0.16         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 47     | δ-Cadinene  | 0.05         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 48     | β-Bisabolene  | 0.1          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 49     | 1-Butanol, 3-methyl-, benzoate  | 0.11         | C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> |
| 50     | Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-                                  | 0.03         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 51     | β-Cadinene  | 0.58         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 52     | Epizonarene   | 0.08         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |

| 53 | $\beta$ -Germacrene       | 0.08  | $C_{15}H_{24}$ |
|----|---------------------------|-------|----------------|
|    | Monoterpènes hydrogénés   | 87.32 |                |
|    | Monoterpènes oxygénés     | 4.25  |                |
|    | Sesquiterpènes hydrogénés | 6.22  |                |
|    | Sesquiterpènes oxygénés   | 0.07  |                |
|    | Autres                    | 2.12  |                |

D'autres composés sont également présents, mais avec des taux moins importants :  $\alpha$ -phelandrene (1,84%), camphene (1.42%), caryophyllene (1.45%),  $\alpha$ -terpineole (1.18%), eucalyptol (0.82%) et  $\alpha$ -caryophyllene (0.35%), etc.

Les hydrocarbures monoterpéniques (87.32%) sont plus dominants et représentent environ 87.32% de l'huile essentielle totale, suivi des hydrocarbures sesquiterpéniques (6.22 %), puis les monoterpènes oxygénés (4.25 %) et les sesquiterpènes oxygénés (0,07 %) (Figure 24).



**Figure 24** : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de *P. lentiscus*

La dominance de  $\alpha$ -pinène dans notre HE a été également signalée par d'autres auteurs. En effet, le travail effectué par Arabi et al. (2017) sur la partie aérienne de *P. lentiscus* (Feuilles et tiges) de Mostaghanem (Algérie) a montré que les principaux composés sont :  $\alpha$ -pinène (42.13%), sabinène (6.46%),  $\gamma$ -terpinène (6.21%) et en  $\alpha$ -terpinolène (2.18%).

Aussi, l'étude menée par Aydi et al. (2020) sur l'HE des feuilles de *P. lentiscus* de la Tunisie extraite par la méthode d'extraction par  $CO_2$  supercritique a révélé l'existence d' $\alpha$ -pinène (32%), terpinène-4-ol (13%), 1-8-cineole (6%),  $\alpha$ -terpineol (4%),  $\alpha$ -caryophyllène (4%) et borneol (4%) comme composés majoritaires. L'étude réalisée par Tsokou et al. (2007) montre que l'HE des feuilles sèches de *P. lentiscus* poussant en Grèce est composée essentiellement de l' $\alpha$ -pinène (54.6 %) et du terpinolène (31.2 %).

Par ailleurs, l'HE des feuilles et de fruits de provenance Boumerdes (Algérie) (Arab et al., 2014) est riche en Spathulenol (13.3 %),  $\beta$ -Cubebene ( 5.5%), Limonène (4.7%), et  $\alpha$ -Cadinol

(4.1%), contient aussi l' $\alpha$ -pinène avec des teneurs faibles (1,67%). Aussi, l'étude faite par Amhamdi et al. (2009) sur les feuilles de *P. lentiscus* du Maroc a montré une majeure composition en myrcène (39.2%), limonène (10,3)  $\beta$ -gurjunène (7.8), germacrène (4.3%) et une faible teneur en  $\alpha$ -pinène (2.9%).

### IV.3.2. Analyse chromatographique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L

L'huile essentielle du myrte de Mazghitane renferme 74 composés dont deux composants sont majoritaires : le 1,8-cinéol (21.26%) et l' $\alpha$ -Pinene (20.39%).

Les autres composants ont un faible taux comme le D-Limonene (4.79%), le Geraniol acetate (3.9%), le P-Linalool (3,51%), le  $\gamma$ -Terpinene (3.39%), l' $\alpha$ -terpineol (2,52%), le Terpinolene (1,97%), le Methyleugenol (1.96%), le trans-Geraniol (1,1%), le  $\beta$ -Cis-Ocimene 0.91%, le L- $\beta$ -Pinene 0.77%, le Germacrene (0.56%) et  $\alpha$ -Phellandrene (0.5%)... Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 02 en annex 02 et le tableau 12.

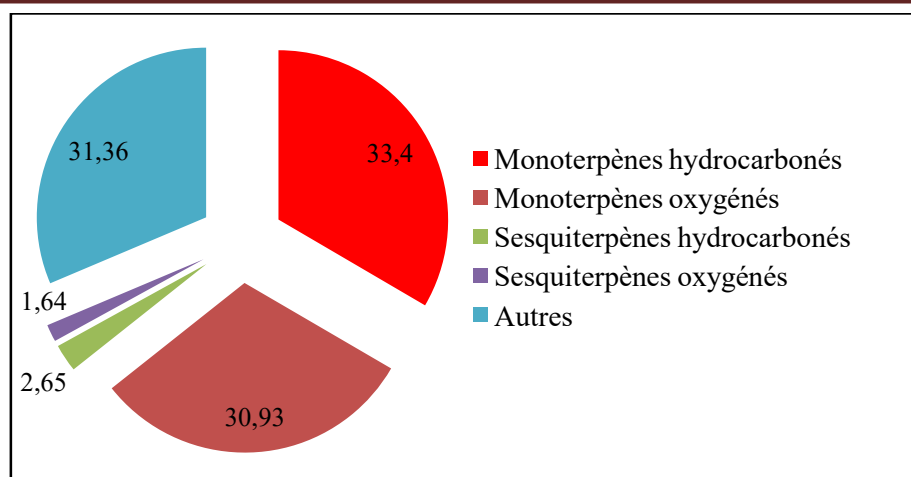
**Tableau 12 :** Composition de l'huile essentielle de *Myrtus communis*

| N° de pic | Composé chimique                              | Taux         | Formule chimique                               |
|-----------|---|--------------|--|
| 1         | $\alpha$ -Phellandrene                        | 0.50         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| <b>2</b>  | <b><math>\alpha</math>-Pinene</b>             | <b>20.39</b> | <b>C<sub>10</sub>H<sub>16</sub></b>            |
| 3         | Isobutyric acid                               | 0.39         | C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>  |
| 4         | L- $\beta$ -Pinene                            | 0.77         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 5         | $\beta$ -Myrcene                              | 0.32         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 6         | $\gamma$ -Terpinene 1                         | 1.64         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 7         | (+)-4-Carene                                  | 0.29         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 8         | D-limonene                                    | 4.79         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 9         | Butyl 2-methylbutanoate                       | 0.33         | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>  |
| <b>10</b> | <b>1,8-cinéol (Eucalyptol)</b>                | <b>21.26</b> | <b>C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O</b>           |
| 11        | $\beta$ -Cis-Ocimene                          | 0.91         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 12        | $\gamma$ -Terpinene 2                         | 1.75         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 13        | Terpinolene                                   | 1.97         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 14        | Butanoic acid, 2-methyl-, 2-methylbutyl ester | 0.55         | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 15        | P-Linalool                                    | 3.51         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 16        | Fenchol thyl-                                 | 0.08         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 17        | L-pinocarveol                                 | 0.11         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 18        | Cis-Verbenol                                  | 0.09         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 19        | Menthol                                       | 0.07         | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              |
| 20        | L-4-terpineol                                 | 0.37         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 21        | Estragole                                     | 0.37         | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O              |
| 22        | $\alpha$ -Terpineol                           | 2.52         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 23        | p-Cymen-8-ol                                  | 0.07         | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>                |
| 24        | Linalool acetate                              | 0.14         | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 25        | Pulegone                                      | 0.18         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 26        | trans-Geraniol                                | 1.10         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 27        | Germacrene                                    | 0.56         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 28        | Caryophyllene                                 | 0.32         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 29        | Geraniol acetate                              | 3.90         | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 30        | $\alpha$ -Caryophyllene                       | 0.36         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 31        | 4,11-selinadiene                              | 0.09         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |

|    |   |       |  |
|----|---|-------|--|
| 32 | $\beta$ -Eudesmene  | 0.17  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 33 | $\alpha$ -Selinene  | 0.22  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 34 | Methyleugenol   | 1.96  | C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>   |
| 35 | Eremophilene  | 0.31  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 36 | $\gamma$ -Elemene   | 0.17  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 37 | 2,4-Hexanedione, 5-methyl-3-(2-methyl-1-propenyl)-                  | 0.18  | C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>    |
| 38 | Durohydroquinone  | 0.72  | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>   |
| 39 | Aromadendrene   | 0.21  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 40 | Di-epi- $\alpha$ -cedrene   | 0.13  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                  |
| 41 | Selina-6-en-4-ol  | 0.14  | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                |
| 42 | 2,5-Furandione, 3-dodecyl   | 0.13  | C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>   |
| 43 | Lauric acid   | 0.30  | C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>   |
| 44 | Juniper camphor   | 0.32  | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                |
| 45 | Purine-2,6(1H,3H)-dione, 7-(2-ethenyloxyethyl)-1,3-dimethyl         | 0.28  | C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> N                |
| 46 | (2-Isopropyl-5,5-dimethyl-cyclohexyl)-[1,2,4]triazol-1-yl-methanone | 0.29  | C <sub>14</sub> H <sub>23</sub> N <sub>3</sub> O |
| 47 | Cembrene  | 0.07  | C <sub>20</sub> H <sub>32</sub>                  |
| 48 | Cuparene  | 0.11  | C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>                  |
| 49 | 2 - Hexadecenoic acid, methyl ester, E)                             | 0.15  | C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>   |
| 50 | Tetradecanoic acid  | 0.83  | C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>   |
| 51 | Pentadecanoic acid 1  | 0.11  | C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>   |
| 52 | Cyclopentadecanone, 2-hydroxy-                                      | 0.11  | C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O                |
| 53 | Pentadecanoic acid 2  | 0.80  | C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>   |
| 54 | 1,4-Diallyl-1,1,2,2,3,3,4,4-octamethyltetrasilane                   | 0.05  | C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>   |
| 55 | Ethanol, 2-(eicosyloxy)-  | 0.12  | C <sub>22</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>   |
| 56 | Z-7- Hexadecenoic acid  | 1.15  | C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>   |
| 57 | n-Hexadecanoic acid   | 4.49  | C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O                |
| 58 | 9 - Octadecenoic acid methyl ester ( E )-                           | 0.32  | C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>   |
| 59 | 1-Pentacosanol  | 0.30  | C <sub>25</sub> H <sub>52</sub> O                |
| 60 | Eicosanoic acid   | 0.15  | C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O                |
| 61 | Z-11-Pentadecenol   | 0.16  | C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O                |
| 62 | Heptadecanoic acid  | 0.20  | C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>   |
| 63 | 9-Octadecenoic acid, (E)  | 3.95  | C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>   |
| 64 | 9,12- Otadecadienoic acid (Z, Z)                                    | 5.42  | C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>   |
| 65 | Octadecanoic acid   | 2.47  | C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O                |
| 66 | cis, cis, cis -7,10,13- Hexadecatrienal                             | 0.68  | C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O                |
| 67 | 9,12,15 - Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z, Z, Z)            | 0.11  | C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>   |
| 68 | 1- Heptacosanol   | 0.07  | C <sub>27</sub> H <sub>56</sub> O                |
| 69 | Diethylene glycol monododecyl ether                                 | 0.11  | C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>   |
| 70 | Hexadecanoic acid, 1-( hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester          | 0.38  | C <sub>35</sub> H <sub>68</sub> O <sub>5</sub>   |
| 71 | Sugiol  | 0.14  | C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>   |
| 72 | Hexanedioic acid, bis (2-ethylhexyl) ester                          | 0.24  | C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub>   |
| 73 | 9 - Octadecenoic acid, 1,2,3- propanetriyl ester, ( E , E , E )-    | 0.58  | C <sub>57</sub> H <sub>104</sub> O <sub>6</sub>  |
| 74 | 9,12 - Octadecadienoyl chloride, ( ZZ )                             | 1.48  | C <sub>18</sub> H <sub>31</sub> ClO              |
|    | Monoterpènes hydrogénés   | 33.40 |  |
|    | Monoterpènes oxygénés   | 30.93 |  |
|    | Sesquiterpènes hydrogénés   | 02.65 |  |
|    | Sesquiterpènes oxygénés   | 1.64  |  |
|    | Autres  | 31.36 |  |

Cette huile est constituée de (33,40%) de monoterpènes hydrocarbonés, de (30,93%) de monoterpènes oxygénés, (2,65%) de sesquiterpènes hydrocarbonés et enfin (1,64%) de sesquiterpènes oxygénés (Figure 25).





**Figure 25 :** Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de *M. Communis*

Les mêmes constituants de cette plante ont été trouvés en bibliographie mais avec des taux différents. Zomorodian et al., (2013) travaillant sur les feuilles sèches du myrte d'Iran récoltées avant le stade de floraison (Mai), ont trouvé 24 composants dont les plus importants sont  $\alpha$ -pinene (39.2 %) suivi par 1,8-cineole (22.0 %), linalool (18.4 %);  $\delta$ -3-Caren(6.1%), Linalyl acetate(3.6%). Le limonene est trouvé avec un taux très faible 0.3%.

Les principaux composants de l'HE extraite de la partie aérienne sèche au stade de floraison (juin) dans dix neuf localités du Nord algérien sont : l' $\alpha$ -pinene (13,7-55%) avec une moyenne de 50,1 %, le 1,8-cinéol (7,2-36,8%) avec une moyenne de 22,27 %, le limonène (0-23,6%) avec une moyenne de 5,16 % et le Linalool (0-24,6%) avec une moyenne de 3.79% (Mohamadi et al., 2021).

#### IV.3.3. Analyse chromatographique de l'huile essentielle d'*A. ligustica* ALL

L'analyse par CPG/MS de l'HE de l'achillée de Ligurie de Bordj T'har nous a permis d'identifier 27 composés. Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 03 en annexe 02 et le tableau 13.

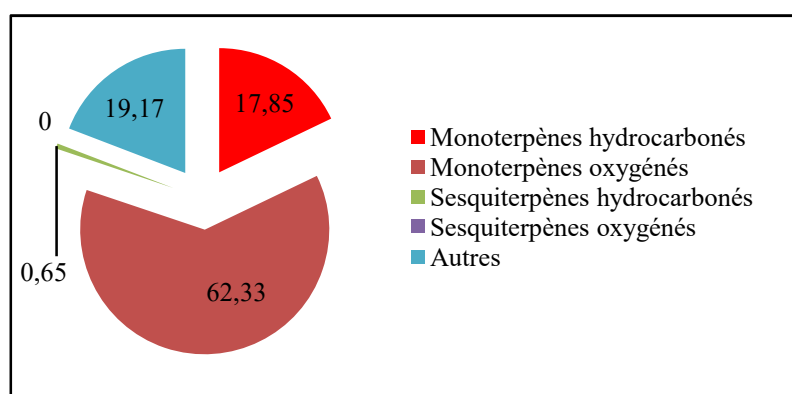
**Tableau 13 :** Composition chimique de l'huile essentielle d' *Achillea ligustica*

| N° de pic | Composé chimique                          | Taux % | Formule                           |
|-----------|---|--------|-----------------------------------|
| 1         | 1R- $\alpha$ -Pinene                      | 5.46   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 2         | Camphene                                  | 5.70   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 3         | $\beta$ -Thujene                          | 1.80   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 4         | 1,3-Cyclopentadiene, 1,2,5,5-tetramethyl- | 0.42   | C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>    |
| 5         | (+)-4-Carene                              | 0.51   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 6         | D-Limonene                                | 0.82   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 7         | O-Cymene                                  | 1.80   | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>   |
| 8         | 1,8-cinéol                                | 1.30   | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O |

|           |  |              |  |
|-----------|--|--------------|--|
| 9         | $\gamma$ -Terpinene                                    | 1.76         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                |
| 10        | cis-4-Thujanol   | 0.48         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| <b>11</b> | <b>Chrysanthenone 1</b>                                | <b>9.12</b>  | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              |
| 12        | $\beta$ -Safranal                                      | 0.59         | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              |
| 13        | 1,3-cyclopentadiene, 5,5-Dimethyl-2-ethyl-             | 2.84         | C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>                 |
| 14        | <b>Chrysanthenone 2</b>                                | <b>35.91</b> | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              |
| 15        | (+)-bornan-2-one                                       | 4.44         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 16        | L-terpinen-4-ol  | 1.05         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 17        | <b>L-Borneol</b>                                       | <b>9.44</b>  | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              |
| 18        | Verbenol acetate                                       | 0.74         | C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> |
| 19        | Isobornyl acetate                                      | 2.40         | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> |
| 20        | Benzene, (butoxymethyl)-                               | 0.44         | C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O              |
| 21        | $\beta$ -Cubebene                                      | 0.65         | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |
| 22        | Hexadecanoic acid, methyl ester                        | 1.04         | C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> |
| 23        | n-Hexadecanoic acid                                    | 0.77         | C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> |
| 24        | 1,3-Dioxepin, 4,7-dihydro-                             | 0.14         | C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>   |
| 25        | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                | 3.61         | C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> |
| 26        | Octadecanoic acid, methyl ester                        | 2.50         | C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> |
| 27        | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester | 4.27         | C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub> |
|           | Monoterpènes hydrocarbonés                             | 17.85        |  |
|           | Monoterpènes oxygénés                                  | 62.33        |  |
|           | Sesquiterpènes hydrocarbonés                           | 0,65         |  |
|           | Sesquiterpènes oxygénés                                | 0.00         |  |
|           | Autres   | 19,17        |  |

Les principaux composés sont : Chrysanthenone (45.03%), L-Borneol (9.44%), Camphene (5.7%), 1R- $\alpha$ -Pinene (5.46%), (+)-bornan-2-one (4.44%). D'autres constituants sont également présents, mais avec des taux moins importants comme le D-Limonene (0.82%), le  $\beta$ -Thujene (1.80%), le O-Cymene (1.80%),  $\gamma$ -Terpinene (1.76%), le 1,8-cinéol (1.3%).

La figure 26 représente les différentes classes composant l'HE d'*A. ligustica*. Cette HE se caractérise par la dominance des monoterpènes oxygénés (62.33%).



**Figure 26** : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle d'*A. Ligustica*

La comparaison des résultats actuels avec la composition chimique de l'HE d'*A. ligustica* poussant dans différentes régions géographiques a montré des différences qualitatives et

quantitatives.

En effet, l'étude réalisée par Bader et al. (2007) sur l'HE de la même plante extraite par hydrodistillation à partir de la partie aérienne des feuilles et des fleurs (séchées à l'air libre) récoltées en fin d'Avril en Sicile (Italie) sur un sol calcaire, à environ 600 m d'altitude, a montré une majeure composition en 4-terpinéol (19.3%), carvone (8.9%),  $\gamma$ -terpinène (7.2%) ,  $\beta$ -phellandrène (6.8%) et  $\beta$ -pinène (5.8%) dans les feuilles alors que pour l'huiles des fleurs, les principaux composants sont : linalool (20.4%), 4-terpinéol (12,0 %), carvone (10,0 %) et  $\beta$ -phellandrène (5,4 %).

Ben Jemia et al. (2013) ont montré que l'HE de la partie aérienne d'*A. ligustica* de la Sicilie (Italie) est constituée de 39 composés dont les monoterpènes oxygénés forment la classe principale (58.9%), l'acétate de (Z)-chrysanthényle étant le composant le plus abondant (29.6 %) suivi du 1,8-cinéole (7.4 %) et l'acétate de bornyle (8.7%). Les sesquiterpènes oxygénés étaient la deuxième classe la plus abondante (21.2%), le viridiflorol étant le principal composant de l'huile (16.8 %). Parmi les monoterpènes hydrocarbonés (10.5%), seul le  $\beta$ -pinène était présent en quantité significative (7.0 %). Tandis que l'HE des fleurs a une composition similaire avec les mêmes composants dominants : l'acétate de (Z)-chrysanthényle (27.8 %), le 1,8-cinéole (9.3 %) et l'acétate de bornyle (11.6 %) étaient, le viridiflorol (21.6 %) et le  $\beta$ -pinène (5.3 %).

La composition chimique de l'HE de la partie aérienne fleurie d'Achillée récoltée pendant la période de floraison (juin) provenant d'une population naturalisée après culture dans le jardin botanique de l'Université de Camerino (Italie centrale), on constate qu'elle contient le linalool (24.8 %), le viridiflorol (9.6 %), le  $\beta$ -pinène (6.4 %), le 1,8-cinéole (5.8 %) et le terpinène-4-ol (5.3 %) comme composés majoritaires (Giamperi et al., 2018).

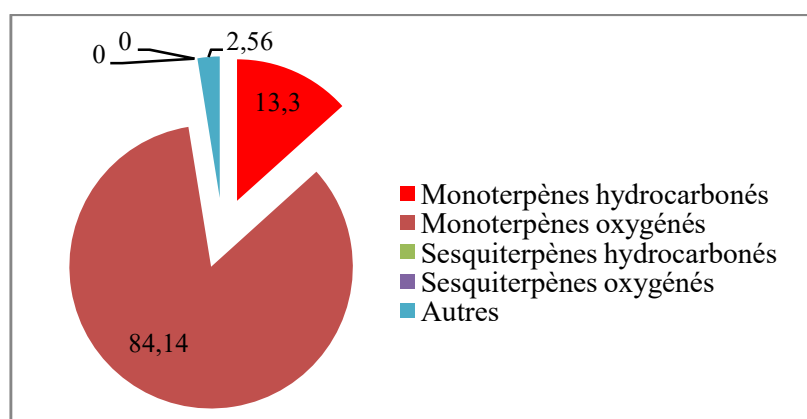
#### **IV.3.4. Analyse chromatographique de l'huile essentielle *Mentha pulegium* L**

L'analyse par CPG/MS de l'HE de la menthe pouliot de Chekfa (Dridra) nous a permis d'identifier 08 composés. Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 04 en annexe 02 et le tableau 14. Les composés majeurs sont : la Pulegone (47.08%), le Menthol (16.79%), le 1,8-cinéol (16.01%), le  $\beta$ -Thujène (7.22%) et le Menthone (4.26%). D'autres constituants sont également présents, mais avec des taux moins importants comme le D-Limonène (3.41%) et l' $\alpha$ -thujène (2.67%).

**Tableau 14** : Composition d'huile essentielle de *Mentha pulegium*

| N° de | Composé chimique             | Taux %       | Formule                           |
|-------|------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1     | $\alpha$ -Thujene            | 2.67         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 2     | $\beta$ -Thujene             | 7.22         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 3     | D-Limonene                   | 3.41         | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   |
| 4     | 1,8-Cinéol                   | <b>16.01</b> | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O |
| 5     | 3-Octanol                    | 2.56         | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O  |
| 6     | Menthone                     | 4.26         | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O |
| 7     | <b>Menthol</b>               | <b>16.79</b> | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O |
| 8     | <b>Pulegone</b>              | <b>47.08</b> | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O |
|       | Monoterpènes hydrocarbonés   | 13.3         |                                   |
|       | Monoterpènes oxygénés        | 84.14        |                                   |
|       | Sesquiterpènes hydrocarbonés | 0.00         |                                   |
|       | Sesquiterpènes oxygénés      | 0.00         |                                   |
|       | Autres                       | 2.56         |                                   |

La figure 27 représente les différentes classes composant l'HE de *M. pulegium*. Cette HE se caractérise par la dominance des monoterpènes oxygénés (84.14%) et des monoterpènes hydrocarbonés (13.3%) et l'absence totale des sesquiterpènes.

**Figure 27** : Les différentes classes chimiques de l'huile essentielle de *M. Pulegium*

Nos résultats sont en accord avec plusieurs travaux qui ont mis en évidence l'existence de pulegone comme constituant majoritaire (>46%).

L'étude menée par Boutabia et al. (2020) sur l'HE extraite par hydrodistillation à partir des feuilles séchées de *M. Pulegium* d'El Tarf (Souarech) (Algérie) a montré que cette HE contient 22 composés dont les majeures sont: le pulegone (61.24 %), l'isomenthone (11.32 %), le menthone (5.6 %), le néo-menthol (3.33 %) et le sabinène (2.09%).

Une autre étude réalisée par Nickavar et Jabbareh (2018) montre que l'HE extraite par hydrodistillation des parties aériennes fleuries sèches à l'air libre de *M. Pulegium* d'Iran est composée de 18 constituants dont les majeures sont : le pulégone (48,7 %), le menthone (26,8

%), (E)-iso-pulegone (4%), l'iso-menthone (3,6 %), le 3-octanol (2%) et le pipérénone (1,9 %).

L'HE extraite par hydrodistillation de la partie aérienne sèche en pleine floraison de *M. pulegium* d'El-Oued (Algérie) analysée par Ouakouak et al. (2015) a révélé une richesse en pulegone (46,31%), en piperitenone (23,3%) et en menthone (6,2%).

La différence de composition chimique constatée entre les huiles essentielles de plantes étudiées et celles rapportées par d'autres auteurs est vraisemblablement liée à plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, il y a les origines géographiques, les conditions climatiques et saisonnières, le moment de la collecte, le stade de développement, la partie de la plante utilisée et la méthode d'extraction.

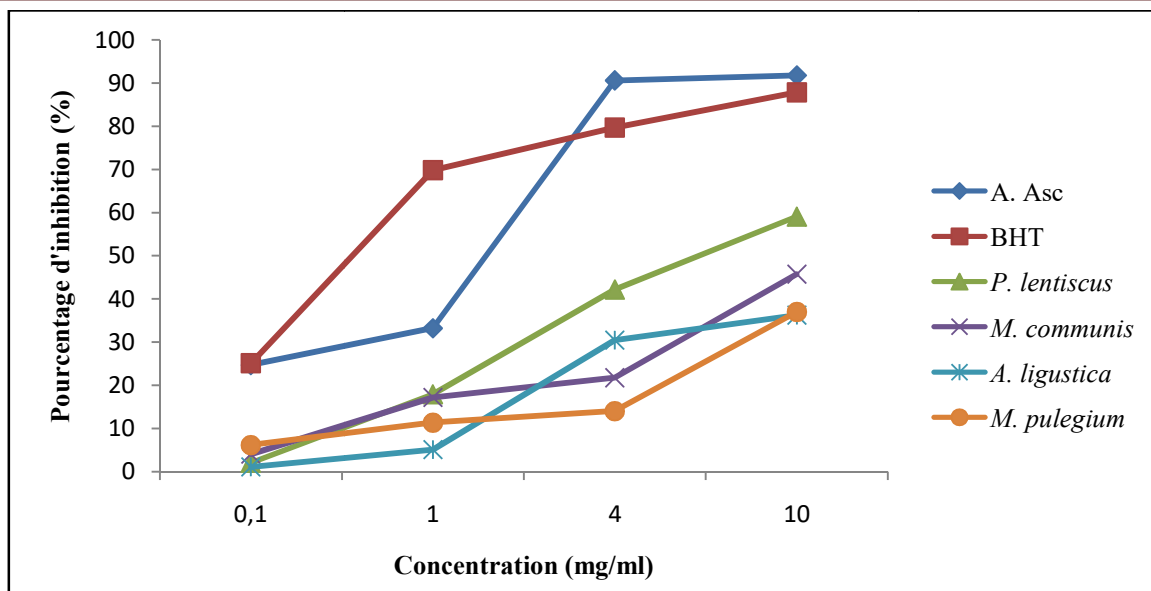
#### IV.4. Evaluation de l'activité antioxydante

On a évalué l'activité antioxydants de ces quatre huiles par évaluation de l'activité scavenger du radical DPPH<sup>•</sup>, évaluation du pouvoir réducteur du fer et par La méthode de la capacité anti oxydante totale.

##### IV.4.1. Evaluation de l'activité scavenger du radical DPPH<sup>•</sup>

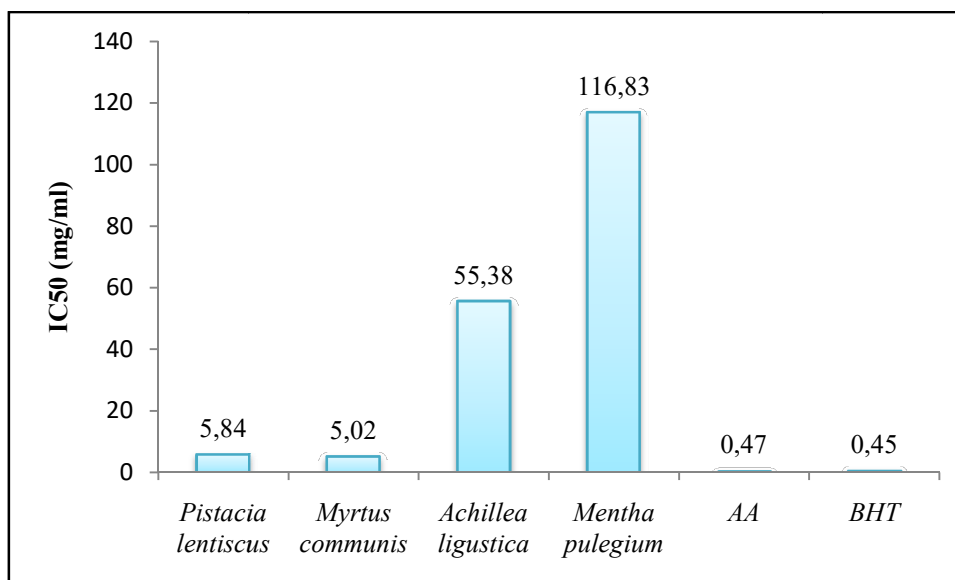
L'activité antioxydante des différentes HEs testées vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée par spectrophotométrie. La réduction de ce radical s'accompagne par un passage de la couleur violet à la couleur jaune mesurable à 517 nm. Les résultats obtenus révèlent que les différentes HEs possèdent une activité antiradicalaire dose dépendante (figure 28). En effet, le pourcentage d'inhibition de ce radical est proportionnel à la concentration des HEs et des antioxydants standards.

L'acide ascorbique et le BHT présentent des pourcentages d'inhibition très importants par rapport aux HEs, une concentration de 10mg/ml à inhiber environ 90% du radical DPPH<sup>•</sup>. Cependant, parmi les 4 plantes, les HEs de *P. lentiscus* et de *M. communis* montrent l'activité anti-radicalaire la plus prononcée et présentent un pourcentage d'inhibition d'environ 60% à 10 mg/ml contrairement aux HEs d'*A. ligustica* et de *M. pulegium* qui présentent un pourcentage d'inhibition d'environ 37 % à 10 mg/ml.



**Figure 28:** Inhibition du radical DPPH par les HEs et les antioxydants standards

La cinétique du pourcentage d'activité antiradicalaire nous a permis de déterminer la  $IC_{50}$ , qui est définie comme étant la concentration de la substance nécessaire à inhiber 50% du radical DPPH présent dans le milieu. Les  $IC_{50}$  sont inversement proportionnelles à l'effet scavenger dont les valeurs faibles reflètent un effet anti-radicalaire important. Les  $IC_{50}$  sont déduites graphiquement à partir des régressions logarithmiques des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations de chaque HE testée et de l'antioxydant de référence (annexe 01,02, 03, 04 et 05). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 29.



**Figure 29 :** Concentration inhibitrice de 50% du radical libre DPPH des HEs et des antioxydants standards.

Le pouvoir antioxydant du BHT et de l'acide ascorbique reste supérieur à celui des HEs des espèces étudiées. Cependant, parmi ces quatre espèces, les HEs de *M. communis* et de *P. lentiscus* présentent la plus grande activité antioxydante avec des IC<sub>50</sub> très proches de l'ordre de 5,02 mg/ml et 5,83 mg/ml. Un faible potentiel antioxydant a été enregistré pour les HEs d'*A. ligustica* et de *M. pulegium* avec des IC<sub>50</sub> de l'ordre de 55,38mg/ml et 116,23 mg/ml respectivement. En effet, l'activité antioxydante des deux premières espèces est presque 10 fois à 20 fois supérieure à celle de HE d' *A. ligustica* et de *M pulegium* respectivement.

D'après les résultats obtenus, on peut classer la capacité à inhiber le radical DPPH<sup>•</sup> des huiles essentielles et de la substance de référence comme suit :

**BHT ≥ Acide ascorbique > *M. communis* ≥ *P. lentiscus* > *A.ligustica* > *M. pulegium***

L'activité antioxydante de l'HE des feuilles séchées de *M. communis* a été également signalée par Mimica-Dukić et al. (2010) récoltée au Sud et au North de Montenegro (littoral) avec un IC<sub>50</sub> de l'ordre de 6.24 mg/ml et 5.99 mg/ml respectivement proche de notre résultat (5,02 mg/ml) et ont montré que l'HE présente une faible capacité à inhiber le radical DPPH<sup>•</sup> par rapport à celle de l'acide ascorbique.

L'HE d'*A. ligustica* a montré une activité antioxydante modéré sur le radical DPPH<sup>•</sup> inférieure à celle de l'Italy (IC<sub>50</sub>=0,64 mg/ml) (Tuberoso et al., 2005).

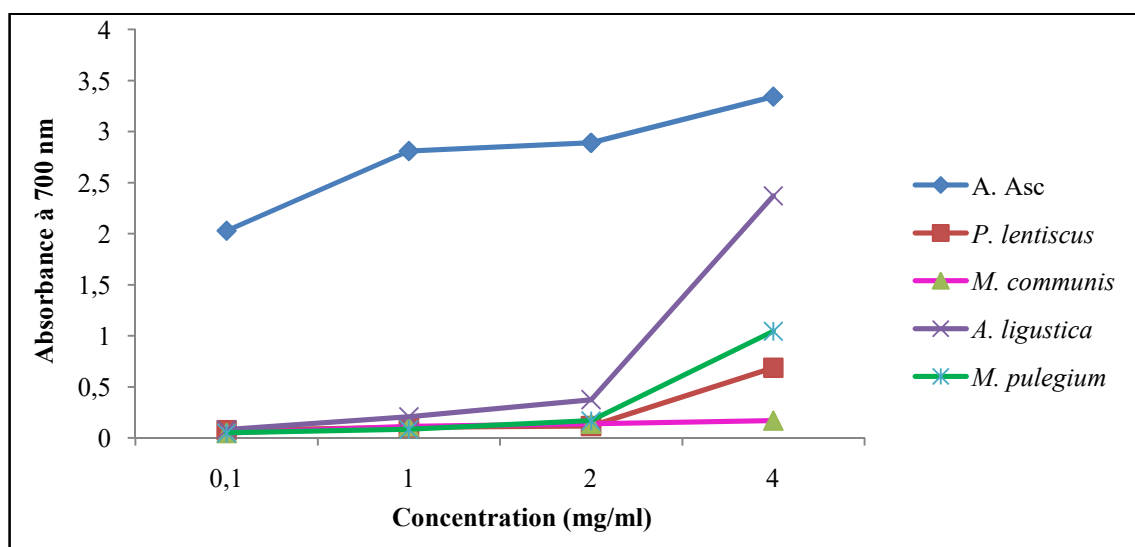
L'activité antiradicalaire de l'HE de la partie aérienne de *M. pulegium* est faible (IC<sub>50</sub>= 116,83 mg/ml). Ce résultat est très loin d'être comparé avec ceux obtenus par l'HE de *M. pulegium* de la Tunisie et du Maroc avec une IC<sub>50</sub> = 0.001mg/ml (Hajlaoui et al., 2009; Cherrat et al., 2014), du Portugal avec une IC<sub>50</sub> de 0,006 (Teixeira et al., 2012), de Bouira (Algérie) avec une IC<sub>50</sub> de 0,07 mg/ml (Abdeli et al., 2016), d' El-Oued et Ain Defla (Algérie) avec des IC<sub>50</sub> de 0,157 à 1,21 mg/ml (Ouakouak et al., 2015) et d'Iran avec une IC<sub>50</sub> de 14,736 mg/ml (Kamkar et al., 2010).

La capacité des quatre HEs étudiées à piéger les radicaux libres peut être expliquée par leurs fortes teneurs en  $\alpha$ -pinene pour *Myrtus communis* (20.39%) et *Pistacia lentiscus* (32.96%) ou faible teneur pour *Achillea ligustica* (5,46%) ou son absence pour *Mentha pulegium*. En effet ce dernier est considéré comme d'excellent antioxydant dont les propriétés oxydo-réducteurs lui permet d'agir comme un agent réducteur, donneur d'hydrogène. En effet, cette activité est tributaire de la mobilité de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle des composés phénoliques de l'huile essentielle. En présence d'un radical libre DPPH<sup>•</sup>, l'atome H est transféré sur ce dernier alors transformé en une molécule stable DPPH, ceci provoque une diminution de

la concentration du radical libre et également l'absorbance au cours du temps de réaction jusqu'à l'épuisement de la capacité d'antioxydant donneur d'hydrogène.

#### IV.4.2. Evaluation du pouvoir réducteur du fer

Le pouvoir réducteur mesure la capacité que possède un antioxydant à donner un électron. Il peut servir comme indicateur du potentiel antioxydant. La réduction du fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) est mesurée par l'intensité de la coloration bleue qui en résulte. Donc une augmentation de la l'absorbance est indicatrice d'un pouvoir réducteur élevé (figure 30).

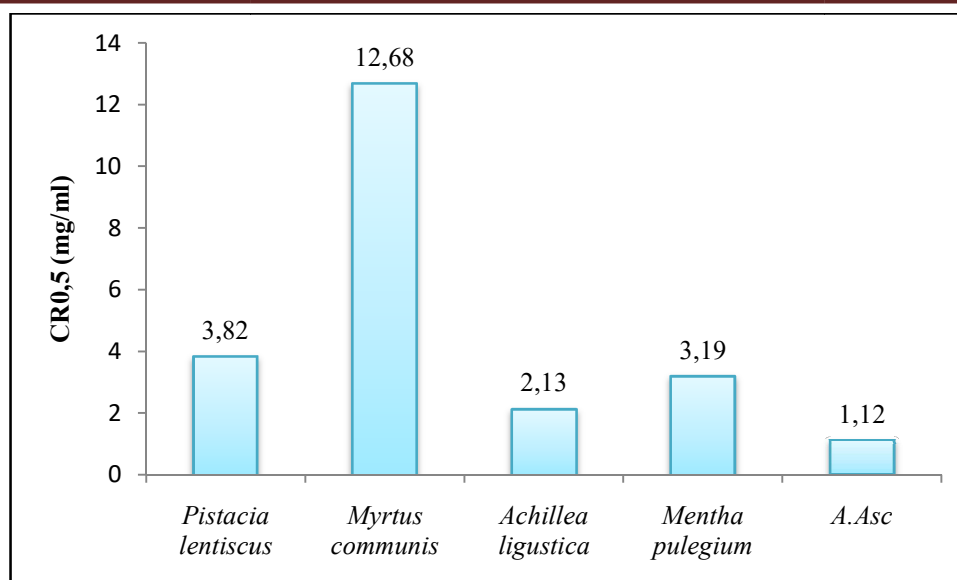


**Figure 30:** Pouvoir réducteur des huiles essentielles et l'acide ascorbique.

D'après la figure 30, tous les échantillons testés présentent une augmentation de la réduction du fer qui est proportionnelle aux concentrations des huiles essentielles et de l'acide ascorbique. L'HE d'*A. ligustica* a manifesté un pouvoir réducteur plus important avec une absorbance de 2,37 enregistrée à la concentration 4 mg/ml, par contre le pouvoir réducteur le plus faible a été enregistré dans HE de *M. pulegium* avec une absorbance de 0,17 à la concentration 4 mg/ml. Cependant, ces pouvoirs restent modérés par rapport à l'antioxydant de référence (A. Asc) avec une absorbance de 3,34 à la concentration 4 mg/ml.

La cinétique de l'absorbance nous a permis de déterminer  $CR_{0,5}$  qui est considérée comme la concentration qui donne une absorbance de 0,5 à 700 nm qui représente la réduction de 50% du fer. Les  $CR_{0,5}$  sont proportionnelles à l'effet réducteur dont les valeurs faibles reflètent une activité réductrice importante. Les  $CR_{0,5}$  sont déduites graphiquement à partir des régressions linéaires ou logarithmiques des absorbances en fonction des différentes concentrations de chaque huile essentielle testée et de l'antioxydant de référence (figure 07, 08, 09, 10 et 11 en annexe 03). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 31.





**Figure 31** : Concentration réductrice de 50% du fer des HEs et de l'acide ascorbique.

Nous pouvons déduire que les HEs ont la capacité pour réduire le fer presque proche à celle de l'acide ascorbique (CR<sub>0,5</sub> de 1.12 mg/ml) à l'exception de l'HE de *M. communis*. Cette réduction est beaucoup plus importante dans HE *A. ligustica* (CR<sub>0,5</sub>=2.13 mg/ml), de *M. pulegium* (CR<sub>0,5</sub>=3.19 mg/ml) et de *P. lentiscus* (CR<sub>0,5</sub> = 3.82 mg/ml). Par compte *M. communis* a montré la plus faible capacité à réduire le fer avec une CR<sub>0,5</sub> de 12.68 mg/ml . Si nous classons nos extraits selon la puissance de réduction de fer par rapport à l'acide ascorbique, nous obtiendrons l'ordre suivant :

Acide ascorbique > *A.ligustica* > *M.pulegium* > *P.lentiscus* > *M.communis*

#### IV.4.3. Evaluation de la capacité antioxydante totale

La méthode de la capacité antioxydante totale (CAT) permet de déterminer la quantité des espèces anti oxydantes présentes dans les HEs. Le dosage est basé sur la réduction de Mo (VI) en Mo (V) par l'analyse de l'échantillon et la formation subséquente d'un complexe vert de phosphate/Mo (V) à pH acide une absorption maximale à 695 nm (Prieto et al., 1999). La capacité antioxydante totale des HEs des quatre plantes étudiées a été exprimée en équivalents d'acide ascorbique (mgEAA/g HE). A cet effet, une courbe d'étalonnage a été effectuée en parallèle, dans les mêmes conditions, en utilisant l'acide ascorbique comme étalon (Figure 12 en annexe 03).

La figure 32 montre que les HEs étudiées peuvent réduire le Mo (VI) en Mo (V) dont les valeurs varient entre 351.27 mg EAA/g HE pour l'HE d'*A. ligustica* et 35.63 mg AAE/ g HE

pour l'HE de *M. pulegium*. D'après les résultats, on peut classer la capacité antioxydante totale des huiles essentielles comme suit :

*A.ligustica* > *P. lentiscus* > *M. communis* > *M. pulegium*

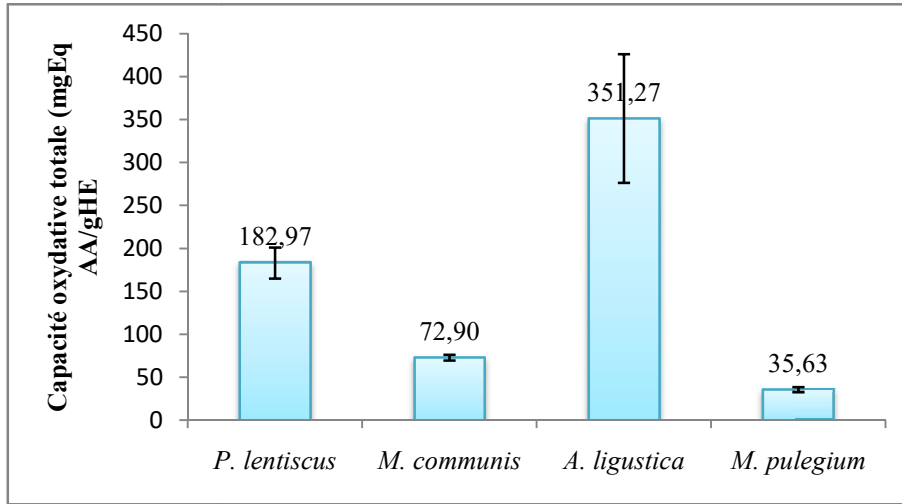


Figure 32 : Capacité oxydative totale des HEs des plantes étudiées

#### IV.5. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de nos HEs a été faite sur 3 souches, ceci par la méthode de diffusion sur milieu Mueller-Hinton.

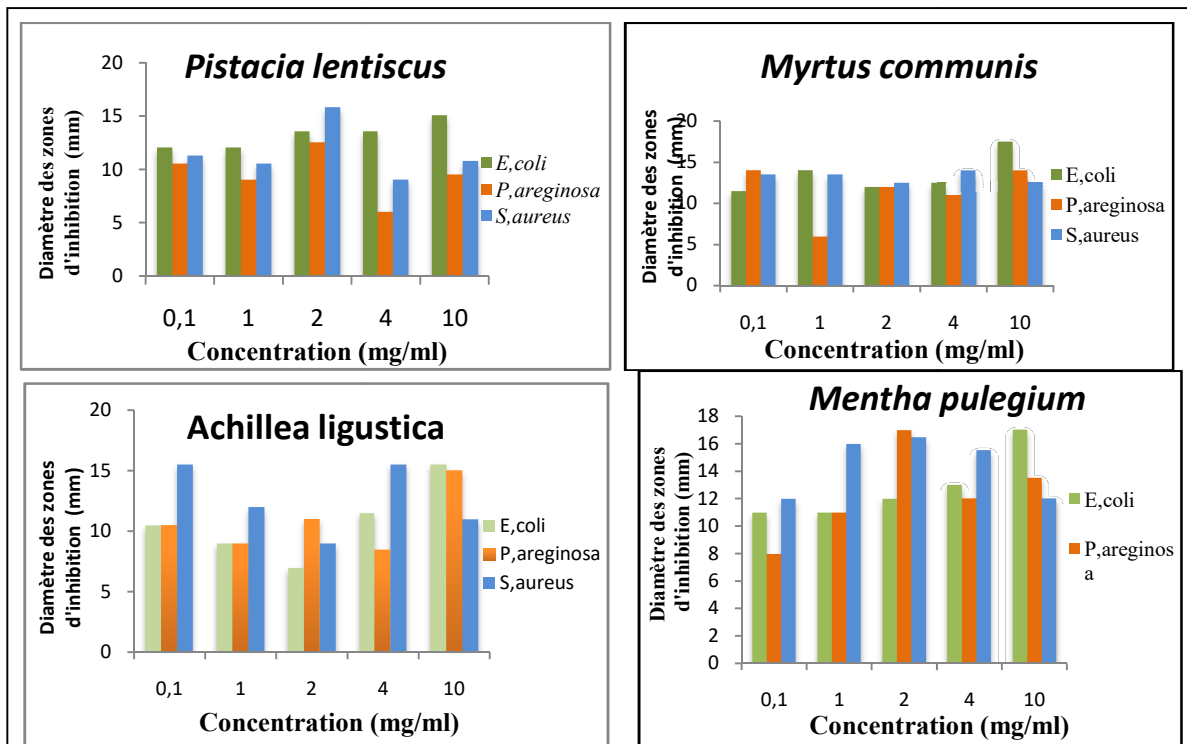


Figure 33 : Diamètres des zones d'inhibition des HEs testées vis-à-vis de trois souches bactérienne.

Le pouvoir antimicrobien des HEs est obtenu par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (mm) autour du disque de papier imprégné d'une dilution de l'huile essentielle.

Les résultats de diamètres des zones d'inhibition en mm obtenus de cette activité sont illustrés dans la figure 33 et le tableau 15.

D'après les résultats, on constate que le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre mais il n'est pas proportionnelle à la concentration en huiles essentielles testées, du probablement selon Sévenet et Tortora (1994) au problème de diffusion des HEs dans le milieu de culture.

Selon l'échelle de Ponce *et al.* (2003) (tableau15), toutes les HEs des quatre plantes possèdent un pouvoir inhibiteur. Les zones d'inhibition dépassent 9 mm de diamètre et parfois peut atteindre jusqu'à 17,5 mm.

**Tableau 15:** Degré de sensibilité des souches bactériennes vis à vis des HEs testées et des

| HEs                 | <i>E. coli</i> | <i>P. aeruginosa</i> | <i>S. aureus</i> |
|---------------------|----------------|----------------------|------------------|
| <i>P. lentiscus</i> | ++             | +                    | ++               |
| <i>M. communis</i>  | ++             | +                    | +                |
| <i>A. ligustica</i> | ++             | ++                   | ++               |
| <i>M. pulegium</i>  | ++             | ++                   | ++               |
| Tetracycline        | +++            | +                    | +++              |
| Penicilline         | -              | -                    | ++               |
| Amoxicilline        | -              | -                    | -                |
| Streptomycine       | -              | -                    | -                |

Les valeurs + et – représentent le degré de sensibilité des souches selon l'échelle de Ponce *et al.* (2003): Non sensible ou résistante (-) : diamètre  $\leq$  8mm ; Sensible (+) : 9 mm  $\leq$  diamètre  $\leq$  14 mm ; Très sensible (++) : 15mm  $\leq$  diamètre  $\leq$  19 mm ; Extrêmement sensible (+++) : diamètre  $>$  20 mm.

Nous pouvons donc classer la capacité antibactérienne des huiles essentielles comme suit :

- ✓ *Escherichia coli*: Tetracycline  $>$  Myrtus  $\geq$  *Mentha*  $>$  *Achillea*  $\geq$  Pistacia  $>$  Penicilline = Amoxicilline = Streptomycine ;
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa*: *Mentha*  $>$  *Achillea*  $>$  Myrtus  $>$  Pistacia  $>$  Tetracycline  $>$  Penicilline = Amoxicilline = Streptomycine ;
- ✓ *Staphylococcus aureus*: Tetracycline  $>$  Penicilline  $>$  *Mentha*  $>$  Pistacia  $\geq$  *Achillea*  $>$  Myrtus  $>$  Amoxicilline  $>$  Streptomycine.

L'huile essentielle de *M. pulegium* a montré une activité inhibitrice sur les bactéries testées plus élevée que celle d' *A. ligustica*, de *M. communis* et de *P. lentiscus*. Aussi, pour la souche *P. aeruginosa*, toutes les HEs ont présenté une activité inhibitrice plus importante que celle des antibiotiques de référence.

La comparaison des résultats trouvés avec des antibiotiques permet de conclure que *E. coli* et *P. aeruginosa* sont résistantes aux antibiotiques (Penicilline, Amoxicilline et Streptomycine ) et sensibles à la Tétracycline.

En comparant nos résultats avec d'autres de la bibliographie, Derwich et al. (2010) ont montré que l'HE de *P. lentiscus* a un effet sur *E. coli* qui est en accord avec notre résultat mais avec un diamètre plus important (34 mm). De même que pour *P. aeruginosa* et *S. aureus*, ces mêmes auteurs ont trouvé des diamètres de 10mm et 14mm respectivement qui sont inférieurs à nos résultats (12.5mm et 15,75mm respectivement).

L'HE de *M. communis* de notre étude a manifesté une activité inhibitrice modérée sur *E. coli* (17.5 mm) et légère sur le *P. aeruginosa* (14 mm) et *S. aureus* (14mm). D'après l'étude de Amensour et al. (2010), l'HE du Maroc a montré une activité fortement inhibitrice sur le *S. aureus* (37mm), tandis qu'il a une activité légèrement inhibitrice sur *P. aeruginosa* (13 mm) et *E. coli* (8mm). L'HE d'Iran étudiée par Taheri et al. (2013) a montré une légère activité sur le *S. aureus* (11mm) et aucune activité sur *E. coli* et *P. aeruginosa*.

À notre connaissance, aucune donnée n'a été publiée auparavant sur l'activité antioxydante de l'HE d'*A. ligustica*. Cependant, les activités antioxydantes d'autres espèces d'*Achillea* ont été étudiées (Besic et al., 2003 ; Mneimne et al., 2016). L'HE d'*A. ligustica* de notre étude a manifesté une activités inhibitrice sur trois souches avec des diamètre allant de 15 à 15,5 mm, donc ces trois souches sont très sensibles envers notre HE. Mais d'après l'étude de Mneimne et al. (2016), l'HE d'*A. kotschyi* a montré une activité fortement inhibitrice sur l'*Escherichia coli* (39,3mm), tandis qu'elle a une activité légèrement inhibitrice sur *S. aureus* (9.5mm) et aucune activité sur *P. aeruginosa*.

L'étude faite par Besic et al. (2003) une sur l'HE d'*A. clavennae* a montré une activité inhibitrice modérée sur *P. aeruginosa* (18 mm) et légère activité sur *E. coli* (15mm) et *S. aureus* (12.5mm).

L'HE de *M. pulegium* de notre étude est modérément inhibitrice sur les trois souches. Donc ces trois souches sont très sensibles avec des diamètres de 17mm, 17mm et 16.5mm pour respectivement *E. coli* , *P. aeruginosa* et *S. aureus*. L'HE de *M. pulegium* d'Iran de Mahboubi

et Haghi 2008 est modérément inhibitrice sur la bactérie *S. aureus* (21mm) et inactif pour les deux autres souches alors que l'HE d'Iran de Shahmohamadi et al. (2011) est inactif alors que sur *E. coli* et sur *P. aeruginosa*, elle est modérément inhibitrice avec des diamètres de 15mm et 19 mm respectivement. L'HE d'El Madina El Monawara étudiée par Selim et al. (2013), est modérément inhibitrice sur *S. aureus* (19mm) et *E. coli* (17mm). Alors que l'HE de Bouira de Abdelli et al. (2016) est fortement inhibitrice vis-à-vis d'*E. coli* (28mm) et de *S. aureus* (23mm) et non inhibitrice sur *P. aeruginosa* (8mm).

Selon Teixeira et al. (2012), l'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été attribuée à leur composition chimique. En effet, les monoterpènes hydrocarbonnés ont montré des propriétés antimicrobiennes fortes à modérées (Oyedeji et afolayan, 2005). L' $\alpha$  pinène, le  $\beta$  pinène a montré une activité biologique considérable (Kim et al., 2003). D'autre part, les énantiomères de, le limonène et le linalol ont une forte activité antibactérienne (Magiatis et al 1999).

Selon Dorman et Deans (2000), les HEs contenant des terpènes possèdent des propriétés antimicrobiennes, ce qui explique nos résultats. En outre, les composants présents en faible quantité peuvent également contribuer à l'activité antimicrobienne des HE ; en impliquant probablement un certain type de synergie avec d'autres composés actifs (Marino et al., 2001).

En somme, on peut dire que les résultats de cette étude indiquent l'effet antibactérien des HEs sur certaines bactéries pathogènes, qui peuvent être une alternative pour le traitement des maladies résultantes de ces souches bactériennes où la résistance a été modifiée en tant qu'antibiotique à base de plantes avec des effets secondaires moins nombreux que les antibiotiques conventionnels.

Aussi la confirmation clinique et une standardisation pharmacologique est nécessaire avant leur disposition comme médicament antibactérien.

Les HEs présentent simultanément plusieurs cibles dans les structures bactériennes en raison de la complexité de leur composition. Cela les avantage par rapport aux antibiotiques parce que de telles complexités des mécanismes d'action rendent un éventuel développement d'une résistance plus difficile, comparé à une thérapie à cible unique (Kon et Rai, 2013).

L'activité antioxydante et antibactérienne de ces plantes est peut-être attribuée principalement à leurs constituants majoritaires ou peut être à leurs constituants minoritaires ou à l'effet synergiques entre tous les constituants des HEs.

# *Conclusion*

## Conclusion

Il ressort de l'analyse des résultats obtenus que :

L'extraction des HEs par hydrodistillation a fourni de bons rendements : 0.28%, 0.69%, 1.19% et 2,08% pour *P. lentiscus*, *M. communis*, *A. ligustica* et *M. pulegium* respectivement. La cinétique d'extraction de ces HEs a montré que la majorité de l'essence est extraite au bout des 45 premières minutes après ébullition.

La caractérisation des HEs étudiées par une analyse qualitative et quantitative par CPG et CG/SM a montré que :

- ✓ l'HE du *P. lentiscus* de Bordj T'har comprend 53 composés dont les majoritaires sont l' $\alpha$ -pinene (32.96%), le L- $\beta$ -pinene (22,72%), le D-limonène (14.73%), le  $\beta$ -phellandrene (7,18%) et le  $\beta$ -myrcene (3,52%) ;
- ✓ l'HE du *M. communis* de Mazghitane renferme 74 composés dont deux composants sont majoritaires : le 1,8-cinéol (21.26%) et l' $\alpha$ -Pinene (20.39%) ;
- ✓ l'HE du *A. ligustica* de Bordj T'har renferme 27 composés dont les principaux sont : Chrysanthenone (45.03%), L-Borneol (9.44%), Camphene (5.7%), 1R- $\alpha$ -Pinene (5.46%), (+)-bornan-2-one (4.44%) ;
- ✓ l'HE du *Mentha pulegium* de Chekfa (Dridra) comprend 08 composés dont les majeurs sont : la Pulegone (47.08%), le Menthol (16.79%), le 1,8-cinéol (16.01%), le  $\beta$ -Thujene (7.22%) et le Menthone (4.26%).

Cette variation de composition n'est que le reflet de la biodiversité moléculaire rencontrée chez les huiles essentielles de ces deux plantes médicinales due au climat et au biotope approprié et qui nous a poussés à étudier leur activité biologique (antioxydante et antibactérienne).

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*, de *Myrtus communis*, d'*Achillea ligustica* et de *Mentha pulegium* d'un point de vue thérapeutique a été montrée:

- ✓ une bonne activité antioxydante, donc ces molécules sont considérées comme des agents antioxydants et peuvent être employées dans l'industrie agroalimentaire et pour des applications thérapeutiques sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires.

- ✓ un bon effet antibactérien sur trois souches pathogènes (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*); ce qui présage d'une bonne opportunité d'application de ces huiles essentielles pour le traitement des maladies infectieuses causées par ces bactéries.

L'activité antioxydante et antibactérienne trouvée est suffisamment importante pour permettre l'utilisation de ces plantes comme nouvelle source d'antioxydant et d'antibiotique dans divers domaines à savoir en pharmacie, cosmétologie et industries agroalimentaires.

Enfin, les résultats restent préliminaires et notre travail ouvre de nombreuses perspectives :

- Etude in vivo par une administration orale des huiles essentielles testées pour déterminer les niveaux de toxicité ;
- Evaluer l'effet antioxydant en employant d'autres tests ;
- Etudier l'activités antibactérienne sur d'autre souches ;
- D'isoler et identifier les principes actifs responsables des activités biologiques.

A travers ce modeste travail, nous espérons avoir contribué à la valorisation de *Pistacia lentiscus*, de *Myrtus communis*, d'*Achillea ligustica* et de *Mentha pulegium* comme plantes largement utilisée par la population Jijélienne.



*Références  
bibliographiques*

**Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A., Maachi, R. (2016).** Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities, Industrial Crops and Products Volume 94.

**Abdelouahid, D., Bekhechi, C. (2014).** Les huiles essentielles. *Offices des publications universitaires*. 47.

**AFNOR (1987)** : Association Française de Normalisation,. Tour Europe, Cedex 7 - 92080

**AFNOR, NF T 75-001 ( 1996).** Essential oils. General rules relating to the characteristics of the containers intended for containing essential oils and recommendations for their conditioning and storage. (Indice de classement : T75-001).

**Ali, S-S., Kasoju, N., Luthra, A., Singh A., Sharanabasava, H., Sahu A. et Bora U. (2008).** Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. Food Research International Journal, 41: 1.

**Aljaiyash, A., Kasrati, A., Alaoui Jamali, Ch., Labiad, H., Chaouch, A. (2018).** Effect of drying methods on yield, chemical composition and bioactivities of essential oil obtained from Moroccan *Mentha pulegium* L., Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Volume 16.

**Amensour, M., Bouhdid, S., Fernández-López, J., Idaomar, M., Senhaji, N. S., et Abrini, J. (2010).** Antibacterial activity of extracts of *Myrtus communis* against food-borne pathogenic and spoilage bacteria. *International Journal of Food Properties*, 13(6), 1215- 1224

**Amhamdi, H., Aouinti, F., Wathelet, J-P et Elbachiri, A. (2009),** Chemical Composition of the Essential Oil of *Pistacia lentiscus* L. from Eastern Morocco.

**Andrade, M.A., Braga, M.A., Cesar, P.H., Trento, M.V.C., Espósito, M.A., Silva, L.F.,et Marcussi, S. (2018).** Anticancer properties of essential oils: an overview. *Current cancer drug targets*, 18(10).

**Anton, L., Mulon, L. (2017).** *Huiles essentielles et cosmétiques « bio »*. 9(9).

**Anton, R., et Lobstein, A. (2005).** Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris .

**Arab,K .,Bouchenak, O et Yahiaoui, K . (2014).** Etude phytochimique et evaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle et des composés phénoliques du pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) . J Fundment Appl Sci.Boumerdes ,Algérie.

**Arabi, A., Rachid, D., Catherine, M., Ismahene, S., Aicha, L., Nadia, B et Lahouari, D. (2017).** Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from leaves and twigs of *Pistacia lentiscus* growing in Mostaganem Province (Algérie).

**Aruoma, O.I. (1998).** Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease. *Journal of American Oil Chemist Society* 75.

**Aurousseau, B. (2002).** Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. INRA. *Product of Animal*. 15.

**Avenel-Audran, M. (2019).** Allergie de contact aux huiles essentielles. *Revue Française d'Allergologie*, 59(3), 216-218.

**Aydi, A., Zibetti, A-W., Al-Khazaal, A., Eladeb, A., Adberraba, M., Barth, D.(2020).** Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of Extracted Oil from *Pistacia lentiscus* L.: Mathematical Modeling, Economic Evaluation and Scale-Up.

**Ayvaz, A., Sagdic, O., Karaborklu, S., & Ozturk, I. (2010).** Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of insect science*, 10(1).

**Ba, K., Tine, E., Destain, J., Cissé, N., et Thonart, P. (2010).** Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(1), 131-139.

**Baba Aissa, F. (2000).** Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. *Ed Librairie moderne Rouiba*, 46.

**Bader, A., PanizziL., Luigi Cioni, P., Flamini, G. (2007).** *Achillea ligustica*: composition and antimicrobial activity of essential oils from the leaves, flowers and some pure constituents. *Central European Journal of Biology* 2(2).

**Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. et Idaomar, M.(2008).** Biological effects of essential oils. *Food and chemical toxicology*. 46 : 446-475.

**Bartosz, G. (2003).** Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicol*, 9, 5-21.

**Başer, K. H. C., et Buchbauer, G. (2010).** *Handbook of essential oils: science, technology, and applications.*

**Başer, K.H.C., et Buchbauer, G. (Eds.). (2020).** Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications (3rd ed.). CRC Press.

**Baudoux, D., Blanchard, J-M., Maltaux, A-F. (2006).** Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Vol.4 . Paris: Broche.

**Baudoux, D., Zhiri, A. (2003).** Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Vol. 2. Paris: Broche.

**Béatrice, D. R. (2009).** *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed.).* Lavoisier

**Beckman, K. B., Ames, B. N. (1998).** The free radical theory of aging matures. *Physiol. Rev.* (78): 574- 581.

**Beghidja, N., Bouslimani, N., Benayache, F., Benayache, S., et Chalchat, J. C. (2007).** Composition of the oils from *Mentha pulegium* grown in different areas of the East of Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(4), 481-483.

**Bekhechi, C., Abdelouahid, D. (2010).** *Les huiles essentielles. Office des publications universitaires.*

**Bekhechi, C., et Abdelouahid, D. (2014).** Les huiles essentielles, Ed. office des publication universitaire, Alger, p 55

**Ben Jemia, M., Rouis, Z., Maggio, A., Venditti, A., Bruno, M., et Senatore, F. (2013).** Chemical composition and free radical scavenging activity of the essential oil of *Achillea ligustica* All. wild growing in Lipari (Aeolian Islands, Sicily).

**Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T.A. (2008).** Plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*. 145: 209–228.

**Benouli, DJ. (2016).** Extraction et identification des huiles essentielles [Master 2 contrôle de qualité], Algérie, Université mohamed boudiaf des sciences et de la technologie d'Oran, Faculté de chimie.

- Bezić, N., Skočibušić, M., Dunkić, V., et Radonić, A. (2003).** Composition and antimicrobial activity of *Achillea clavennae* L. essential oil. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 17(9), 1037-1040.
- Bouchra, C., Achouri, M., Hassani, L. I., & Hmamouchi, M. (2003).** Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. *Journal of ethnopharmacology*, 89(1), 165-169.
- Boutabia, L., Telailia, S., Guenadil, F., Chefrou, A. (2020).** CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS FROM *Mentha pulegium* L. AND *Mentha suaveolens* Ehrh. GROWING IN NORTH-EAST OF ALGERIA.
- Bouzabata, A. (2015).** CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE PLANTE MÉDICINALE ET AROMATIQUE MYRTUS COMMUNIS L (Doctoral dissertation, Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.).
- Boyd, B., Ford, C., Koepke Michael, C., Gary, K., Horn, E., McAnalley, S., McAnalley, B. (2003).** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose AOTM sur des personnes en bonne santé. *GlycoScience et Nutrition*, 4(6), 7.
- Brada, M., Tabti, N., Boutoumi, H., Wathelet, J.P., Lognay, G.(2012).** Composition of the essential oil of leaves and berries of Algerian myrtle (*Myrtus communis* L.), *Journal of Essential Oil Research*, 24:1, 1-3.
- Breitmaier, E. (2006).** *Terpènes: arômes, parfums, pharmaca, phéromones*. Wiley-VCH. ISBN 9783527609949.
- Bremness, L. (2001).** plantes aromatiques et médicinales. BORDAS, France, 303
- Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales, 4 e éd. Tec & Doc/Lavoisier, Paris, p 1292.
- Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Burt, S. A., et Reinders, R. D. (2003).** Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett Appl Microbiol.* 36(3):162-7

**Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., et Ferret, A. (2007).** Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*. 90: 2580–2595.

**Chemat, F. (2009).** "Essential oils and aromas: Green extractions and Applications". HKB Publishers, Dehradun, p311. ISBN: 978-81-905771-3-7.

**Chemat, F., Lucchesi, M. E., Smadja, J., Favretto, L., Colnaghi, G., et Visinoni, F. (2006).** Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach. *Analytica Chimica Acta*, 555(1), 157-160.

**Cherrat, L., Espina, L., Bakkali, M., Pagán, R., et Laglaoui, A. (2014).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Mentha pulegium*, *Lavandula stoechas* and *Satureja calamintha* Scheele essential oils and an evaluation of their bactericidal effect in combined processes. *Innovative food science & emerging technologies*, 22, 221-229.

**Clarke, S. (2009).** Essential Chemistry for Aromatherapy E-Book. (Ed.) Elsevier Health Sciences. P 302.

**Couic-Marinier, F. (2013).** Huiles essentielles : l'essentiel. Strasbourg: Autoédition ; 5 rue Aristide-Maillol, 87350 Panazol, France.

**Cox, S. D., et Mann, C. M. (2000).** The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 88, n. 1, p.p. 170-175.

**Dacosta, Y. (2003).** Les phytonutriments bioactifs : 669 références bibliographiques. Ed. Yves Dacosta, Paris, p. 317.

**De Padua, L. S., Bunyapraphatsara, N., et Lemmens, R. H. M. J. (1999).** *Plant resources of South-East Asia 12:(1) medicinal and poisonous plants 1* (No. BOOK). Backhuys Publishers.

**Dedoussis, G. V., Kaliora, A. C., Psarras, S., Chiou, A., Mylona, A., Papadopoulos, N. G., et Andrikopoulos, N. K. (2004).** Antiatherogenic effect of *Pistacia lentiscus* via GSH restoration and downregulation of CD36 mRNA expression. *Atherosclerosis*, 174(2), 293-303.

**Derwich, E., Manar, A., Benziane, Z., et Boukir, A. (2010).** GC/MS analysis and in vitro antibacterial activity of the essential oil isolated from leaf of *Pistacia lentiscus* growing in Morocco. *World Applied Sciences Journal*, 8(10), 1267-1276.

- Desjobert, J. M., Bianchini, A., Tommy, P., Costa, J. et Bernardini, A. F. (1997).** Etude d'huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore Corse. *Analysis*. 25 (6) : 13- 16
- Diass, K., Brahmi, F., Mokhtari, O., Abdellaoui, S., et Hammouti, B. (2021).** Biological and pharmaceutical properties of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula officinalis* L. *Materials Today: Proceedings*.
- Diaz Barradas, M. C., et Correia, O. (1999).** Sexual dimorphism, sexratio and spatial distribution of male and female shrubs in the dioecious species *Pistacia lentiscus* L. *Folia Geobotanica* 34:163–174.
- Dorman, H. D., & Deans, S. G. (2000).** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308-316.
- Douglas, M., Heyes, J., et Smallfield, B. (2005).** *Herbs, spices and essential oils: post-harvest operations in developing countries. UNIDO and FAO.* .
- Dubey, N. K., Srivastava, B., et Kumar, A. (2008).** Current status of plant products as botanical pesticides in storage pest management. *Journal of biopesticides*, 1(2), 182-186.
- Edouard, B. (2009).** Fabuleux hasards: histoire de la découverte de médicaments, C. Bohuon, C. Monneret. EDSP-Sciences, Les Ulis (2009). 140 pp., 14 s, ISBN: 978-2-7598-0378-1. *Le Pharmacien hospitalier*, 45, 46-47.
- Ela, M. A., El-Shaer, N. S., et Ghanem, N. B. (1996).** Antimicrobial evaluation and chromatographic analysis of some essential and fixed oils. *Pharmazie*, 51(12), 993-994.
- El-Ghorab, A.H. (2006).** The Chemical Composition of the *Mentha pulegium* L. Essential Oil from Egypt and its Antioxidant Activity, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 9:2, 183-195, DOI: 10.1080/0972060X.2006.1064349
- Faleiro, M. L., et Miguel, M. G. (2013).** Use of essential oils and their components against multidrug-resistant bacteria. In *Fighting multidrug resistance with herbal extracts, essential oils and their components* (pp. 65-94). Academic Press.
- Fauchère, J. L., Avril, J. L. (2002).** Bactériologie générale et médicale. Ed. Ellipses, Paris. 365 P.
- Favier, A. (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. Fr.*; 64: 390-396.

- Festy, D., Pacchioni, I. (2014).** *Guide de poche d'aromathérapie*, Quotidien Malin.
- Filippi, J.J., Lanfranchi, D.A., Prado, S., Baldovini, N. et Meierhenrich, U. (2006).** Composition, Enantiomeric Distribution, and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Achillea ligustica* All. from Corsica. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 54.
- Franchomme, P., Jollois, R., Pénoël, D., Mars, J., et Mars, J. (1990).** *L'aromathérapie exactement: encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles: fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle.*
- Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, T., et Komaitis, M. (2008).** Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food chemistry*, 107(3), 1120-1130.
- Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D., Abedinzadeh, Z., et Jore, D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, 91.
- Georgetti, S.R., Casagrande, R., Di Mambro, V.M., Azzolini Ana, ECS., et Fonseca Maria, J.V. (2003).** Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the chemiluminescence method. *American Association of Pharmaceutical Scientists*. 2: 5p
- Giamperi, L., Bucchini, A. E. A., Ricci, D., Papa, F., & Maggi, F. (2018).** Essential oil of *Achillea ligustica* (Asteraceae) as an antifungal agent against phytopathogenic fungi. *Natural Product Communications*, 13(9), 1934578X1801300918.
- Goodier, M. E. S., Forsman, A. M., Singleton, G. R., Hines, S., Daniels, K. D., et Proppera, C. R., Hines, S., Christodoulides, N. (2021).** Developmental assays using invasive cane toads, *Rhinella marina*, reveal safety concerns of a common formulation of the rice herbicide, butachlor, *Environmental Pollution*, Volume 272, ISSN 0269-7491
- Guignard, J. L. (2000).** « Biochimie végétale », Masson, Paris, 166.
- Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., Bakhrouf, A. (2009).** Biological activities of the essential oils and methanol extract of two cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 25 , pp. 2227-2238
- Hamid, O., Schmidt, H., Nissan, A., Ridolfi, L., Aamdal, S., Hansson, J., et Berman, D. (2011).** A prospective phase II trial exploring the association between tumor microenvironment



biomarkers and clinical activity of ipilimumab in advanced melanoma. *Journal of translational medicine*, 9(1), 1-16.

**Heath, H.B. (1981).** ‘Source Book of Flavors’, Springer, XXVI, p 864.

**Heller, R., Esnault, R., et Lance, C. (1998).** Physiologie végétale: nutrition, Vol. 1., 6e éd. : DUNOD.

**Hennebelle, T., Nowicki, J. (2019).** Les dangers de l’utilisation abusive des huiles essentielles. *Pharmacie : Lille*.

**Hyerisam. (2013).** Propriétés médicinales de la menthe pouliot. (*Mentha pulegium*.L)

**Isman, M.B. (2000).** ‘Plant Essential Oils For Pest And Disease Management’, Crop Protection, Vol. 19, N°8, pp. 603 – 608, 2000.

**Janakat, S., Al-Merie, H. (2002).** Evaluation of hepatoprotective effect of Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia and Nicotiana glauca. *Journal of ethnopharmacology*, 83(1-2), 135-138.

**Jha, P., Flather, M., Lonn, E., Farkouh, M., et Yusuf, S. (1995).** The antioxidant vitamins and cardiovascular disease: a critical review of epidemiologic and clinical trial data. *Annals of Internal Medicine*, 123(11), 860-872.

**Julve, Ph. (2020).** Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2020. <https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie>

**Kadam, A. A., Singh, S., et Gaikwad, K. K. (2021).** Chitosan based antioxidant films incorporated with pine needles (*Cedrus deodara*) extract for active food packaging applications. *Food Control*, 124, 107877.

**Kaloustian, J., Hadji-Minaglou, F. (2012).** *La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée.* Springer.

**Kamkar, A., Javan, A-J., Asadi, F., Kamalinejad, M. (2010).** The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil Food Chem. Toxicol., 48.

**Karagözler, A. A., Erdağ, B., Emek, Y. Ç., et Uygun, D. A. (2008).** Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastata*. Food Chemistry, 111(2), 400-407.

- Kebissi, H. (2004).** Encyclopédie des herbes et plantes médicinales, Dar Al-Kotob Al-Ilyah, Berouth-Liban, 56.
- Khenaka, K. (2011).** Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèse ruminale chez l'ovin.
- Kim, J., Chung, H. K., et Chae, C. (2003).** Association of porcine circovirus 2 with porcine respiratory disease complex. *The Veterinary Journal*, 166(3), 251-256.
- Kokkini, S., Hanlidou, E., Karousou, R., & Lanaras, T. (2002).** Variation of pulegone content in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) plants growing wild in Greece. *Journal of Essential Oil Research*, 14(3), 224-227.
- Komal, P., Namrata, P., Dr. Pradnya, I. (2019).** *Techniques Adopted for Extraction of Natural Products, Extraction Methods: Maceration, Percolation, Soxhlet Extraction, Turbo distillation, Supercritical Fluid Extraction. International Journal of Advanced Research in Chemical Science (IJARCS), 6(4), pp.1-12.*
- Kon, K. V., et Rai, M. K. (2013).** Combining essential oils with antibiotics and other antimicrobial agents to overcome multidrug-resistant bacteria. In *Fighting Multidrug Resistance with Herbal Extracts, Essential Oils and Their Components* (pp. 149-164). Academic Press.
- Kunle, O., Okogun, J. (2003).** Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. *Phytomedicine*, Vol. 10, p.p. 59-61.
- Lahlou, M. (2004).** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, Vol. 18, p.p. 435-448
- Lahrech, K. (2010).** *Extraction et Analyse des Huiles Essentielles de Mentha pulegium L. et de Saccocalyx satureioides: Tests d'activités antibactériennes et antifongiques* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N. (2001).** A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 91, n. 3, p.p. 453-462.
- Lanzerstorfer, P., Sandner, G., Pitsch, J., Mascher, B., Aumiller, T., & Weghuber, J. (2021).** Acute, reproductive, and developmental toxicity of essential oils assessed with alternative in vitro and in vivo systems. *Archives of Toxicology*, 95(2), 673-691.

- Laurent, J. (2017).** *Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine* (Doctoral dissertation, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Lev, E., Amar, Z. (2002).** Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in the Kingdom of Jordan. *Journal of Ethnopharmacology*, 82(2-3), 131-145.
- Lévy-Dutel, L., Scotto, E. (2011).** *Vivre heureux et centenaire* (ed) Eyrolles.
- Liang, C., Staerk, D., et Kongstad, K. T. (2020).** Potential of *Myrtus communis* Linn. as a bifunctional food: Dual high-resolution PTP1B and  $\alpha$ -glucosidase inhibition profiling combined with HPLC-HRMS and NMR for identification of antidiabetic triterpenoids and phloroglucinol derivatives. *Journal of Functional Foods*, 64, 103623.
- Locatelli, M., Gindro, R., Travaglia, F., Coïsson, J. D., Rinaldi, M., et Arlorio, M. (2009).** Study of the DPPH-scavenging activity: Development of a free software for the correct interpretation of data. *Food chemistry*, 114(3), 889-897.
- Lorenzo, D., Paz, D., Dellacassa, E., Davies, P., Vila, R., Cañigueral, S. (2002).** Essential oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. *Brazilian archives of biology and technology*, 45, 519-524.
- Maggi, F., Bramucci M., Cecchini, C., M. Coman, M., Cresci, A., Cristalli, G., Lupidi, G., Papa, F., Quassinti, L., Sagratini, G., Vittori, S. (2009).** Composition and biological activity of essential oil of *Achillea ligustica* All. (Asteraceae) naturalized in central Italy: Ideal candidate for anti-cariogenic formulations. DOI: [10.1016/j.fitote.2009.04.004](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.04.004)
- Magiatis, P., Melliou, E., Skaltsounis, A. L., Chinou, I. B., et Mitaku, S. (1999).** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Pistacia lentiscus* var. chia. *Planta medica*, 65(08), 749-752.
- Mahboubi, M., et Haghi, G. (2008).** Antimicrobial activity and chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil. *Journal of ethnopharmacology*, 119(2), 325-327.
- Maihebiau, P. (1994).** *La nouvelle aromathérapie: biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs.* éd. (France) Lausanne. 635p.
- Malek, M., Safa, B., Nabil, N., et Nelly, A. A. (2016).** Chemical composition and evaluation of antimicrobial activity of essential oils isolated from *Achillea kotschyi* Boiss. subsp. kotschyi (Asteraceae) of Lebanon. *Pharmaceut. Chem. J*, 3(2), 91-98.

**Marino, M., Bersani, C., et Comi, G. (2001).** Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from *Lamiaceae* and *Compositae*. *International journal of food microbiology*, 67(3), 187-195.

**MarketsandMarkets, March. ( 2021).** Essential Oils Market by Type (Orange, Lemon, Lime, Peppermint, Citronella, and Others), Application (Food & Beverage, Cosmetics & Toiletries, Aromatherapy, Home Care, Health Care), Method of Extraction, and Region – Global Forecast to 2026. *Code revue* :MKMK16587590

**Martini, MC. (2014).** Parfums.EMC - Cosmétologie et Dermatologie esthétique,6(6), 50-120.

**Meena, M.R., Sethi, V. (1994).** Antimicrobial activity of the essential oils from spices. *Journal of Food Science and Technology*, Mysore, Vol. 31, p.p. 68-70.

**Mendes, J. F., Norcino, L. B., Martins, H. H. A., Manrich, A., Otoni, C. G., Carvalho, E. E. N., et Mattoso, L. H. C. (2020).** Correlating emulsion characteristics with the properties of active starch films loaded with lemongrass essential oil. *Food Hydrocolloids*, 100, 105428

**Mimica-Dukić, N., Bugarin, D., Grbović, S., Mitić-Ćulafić, D., Vuković-Gačić, B., Orčić, D., et Couladis, M. (2010).** Essential oil of *Myrtus communis* L. as a potential antioxidant and antimutagenic agents. *Molecules*, 15(4), 2759-2770.

**Mohamdi, Y., Lograda, T., Ramdani, M., Figueredo, G., et Chalarad, P. (2021).** Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrtus communis* essential oils from Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2).

**Narishetty, S.T.K ., Panchagnula,R .(2004).** *journal of controlled release*95,367-379.

**Nickavar, B., Jabbareh, F.(2018).** Analysis of the Essential Oil from *Menthapulegium* and Identification of its Antioxidant Constituents, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21:1. DOI: 10.1080/0972060X.2018.1433073.

**Norme ISO 9235:1997.** Matières premières d'origine naturelle - Vocabulaire.

**Norme ISO 683 : 2008 .** Détermination de la teneur en matières sèches

**Ouafi, N., Moghrani, H., Benaouda, N. , Yassaa, N. et Maachi, R. (2017).** Evaluation qualitative et quantitative de la qualité des feuilles de Laurier noble Algérien séchées dans un séchoir solaire convectif. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 20 N°1 .

**Ouakouak, H., Chohra, M., Denane, M. (2015).** Chemical Composition, Antioxidant Activities of the Essential Oil of *Mentha pulegium* L. South East of Algeria. *International Letters of Natural Sciences*, 39 : 49-55.

**Oyediji, O. A., et Afolayan, A. J. (2005).** Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Centella asiatica*. Growing in South Africa. *Pharmaceutical biology*, 43(3), 249-252.

**Palevitch, D., Yaniv, Z. (2000).** Medicinal plants of the Holy Land. Modan Publishing House, 9-88.

**Papageorgiou, V. P., Bakola-Christianopoulou, M. N., Apazidou, K. K., et Psarros, E. E. (1997).** Gas chromatographic–mass spectroscopic analysis of the acidic triterpenic fraction of mastic gum. *Journal of Chromatography A*, 769(2), 263-273.

**Paraschos, S., Magiatis, P., Mitakou, S., Petraki, K., Kalliaropoulos, A., Maragkoudakis, P., et Skaltsounis, A. L. (2007).** In vitro and in vivo activities of Chios mastic gum extracts and constituents against *Helicobacter pylori*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 51(2), 551-559. Paris.

**Pibiri, M. C. (2006).** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilations au moyen d'huiles essentielles. Th. Doctorat, école polytechnique fédérale, Lausanne, 161 P.

**Ponce, A.G., Fritz, R., del Valle, C.E. et Roura, S.I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36: 679-684.

**Prichard, A. J. (2004).** The use of essential oils to treat snoring. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(9), 696-699.

**Prieto, P., Pineda, M., Anguilar, M. (1999).** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific application to the determination of Vitamin E. *Anal. Biochem.*, 269, 337-341.

**Rahman, A.U., Nasim, S., Baig, I., Jalil, S., Orhan, I., Sener, B. et Choudhary, M.I. (2003).** Antiinflammatory isoflavonoids from rhizomes of *Iris germanica*. *Journal of Ethnopharmacology*, 86, 2-3: 177-180.

---

**Références bibliographiques**

- Rolland, Y. (2004).** Antioxydants naturels végétaux. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 11(6), 419-424.
- Romani, A., Pinelli, P., Galardi, C., Mulinacci, N., et Tattini, M. (2002).** Identification and quantification of galloyl derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia lentiscus* L. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 13(2), 79-86.
- Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., et Bruni, R., (2011).** ‘Comparative Evaluation of 11 Essential Oils of Different Origin as Functional Antioxidants, Antiradicals and Antimicrobials in Foods’, *Food Chemistry*, Vol. 91, pp. 621 – 632,.
- Safayhi, H., Sabieraj, J., Sailer, E. R., et Ammon, H. P. T. (1994).** Chamazulene: an antioxidant-type inhibitor of leukotriene B<sub>4</sub> formation. *Planta medica*, 60(05), 410-413. doi: 10.1055/s-2006-959520
- Selim, S., Hassan, S., et El Sabty, B. (2013).** Antimicrobial activity of Saudi mint on some pathogenic microbes. *JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY*, 7(3), 2155-2160.
- Shahmohamadi, R., Sariri, R., Rasa, M., Ghafouri, H., Aghamali, M., Nasuti, S., & Tahery, M. (2011).** Chemical composition and antimicrobial activity of flowering aerial parts *Mentha pulegium* from Gilan. *Pharmacology Online*, 3, 651-659.
- Stoyanova, A., Georgiev, E., Kula J., Majda, T. (2005).** Chemical Composition of the Essential Oil of *Mentha pulegium* L. from Bulgaria *Journal of Essential Oil Research* 17 (5).
- Stroh, P.A. (2014).** *Mentha pulegium* L.. Pennyroyal. Species Account. Botanical Society of Britain and Ireland<sup>4</sup>
- Swamy, M.K., Mohanty, S.K., Sinniah, U.R., Maniyam, A. (2015).** Evaluation of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) cultivars for growth, yield and quality parameters. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 18: 826-832. 66
- Swisseo, N. (2005).** Plantes aromatiques et médicinales, cahier spécial emphasis on genetic aspects. VOL. 3, P 612.

- Taheri, A., Seyfan, A., Jalalinezhad, S., et Nasery, F. (2013).** Antibacterial effect of *Myrtus communis* hydro-alcoholic extract on pathogenic bacteria. *Zahedan J Res Med Sci*, 15(6), 19-24.
- Teisseire, P.J. (1991).** Chimie des substances odorantes. Tec et Doc., Lavoisier, Paris, France. p480.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Batista, I., Serrano, C., Matos, O., Neng, N.R., Nogueira, J.M.F., Saraiva, J.A., Nunes, M.L. (2012).** European pennyroyal (*Mentha pulegium*) from Portugal: chemical composition of essential oil and antioxidant and antimicrobial properties of extracts and essential oil. *Ind. Crops Prod.* 36,81–87
- Thimmappa, R., Geisler, K., Louveau, O., Maille, P., Osbourn, A. (2014).** Triterpene biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Biology* 65: 225-257.
- Tison, J.-M. et de Foucault, B. (2014).** Flora Gallica. Flore de France. Biotope Éditions, Mèze. 1196 pp.
- Touboul, A. (2021).** Précautions et sécurité d'emploi des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*, 60(604), S17-S19.
- Tsokou, A., Georgopoulou, K., Melliou, E., Magiatis, P., et Tsitsa, E. (2007).** Composition and enantiomeric analysis of the essential oil of the fruits and the leaves of *Pistacia vera* from Greece. *Molecules*, 12(6), 1233-1239.
- Tuberoso, C.I.G., Kowalczyk, A., Coroneo, V., Russo M.T., Dessì S., Cabras, P. (2005).** Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Antifungal Activities of the Essential Oil of *Achillea ligustica* All. *Journal of agricultural and food chemistry* 53 (26), 10148-10153.
- Vianna, T. C., Marinho, C. O., Júnior, L. M., Ibrahim, S. A., et Vieira, R. P. (2021).** Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*
- Walsh, S. E., Maillard, J.-Y., et al. (2003).** Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Gram-positive and -negative bacteria. *J Appl Microbiol.* 94(2): 240-7.
- Watts, D. C. (2007).** Dictionary of plant lore. Elsevier.

---

**Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., et Raneva, V. G. (1999).** Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, 64(1), 59-66.

**Yasa, H., Onar, H.C., Yusufoglu, A.S. (2011).** Chemical Composition of the Essential Oil of *Mentha pulegium* L. from Bodrum, Turkey \* University of Istanbul, Faculty of Engineering, Department of Chemistry, Avcilar 34320, Istanbul, Turkey.

**Zargari, A. (1990).** Herbal medicines. *Publication of Tehran University, Tehran*, 83.

**Zhang, Q. W., Lin, L. G., et Ye, W. C. (2018).** Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese medicine*, 13(1), 1-26.

**Zomorodian, K., Moein, M., Lori, Z. G., Ghasemi, Y., Rahimi, M. J., Bandegani, A., Abbasi, N. (2013).** Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oil from *Myrtus communis* leaves. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 76-84.

**Zwaving, J. H., et Smith, D. (1971).** Composition of the essential oil of Austrian *Mentha pulegium*. *Phytochemistry*, 10(8), 1951-1953.



# *Annexes*

## Annexes

---

### Annexe1 : Photos des huiles essentielles

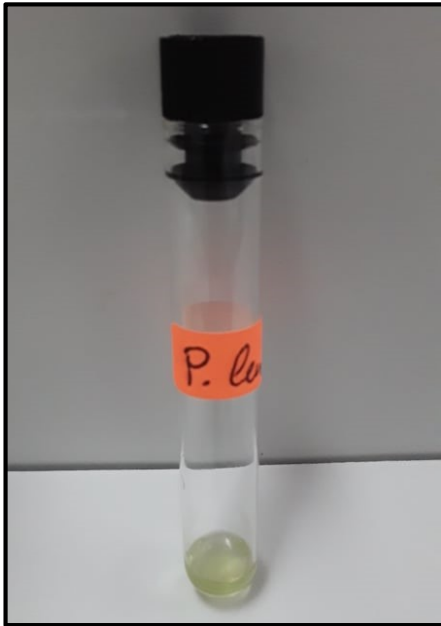


Figure 1 : Photo de l'HE de *P. lentiscus*.

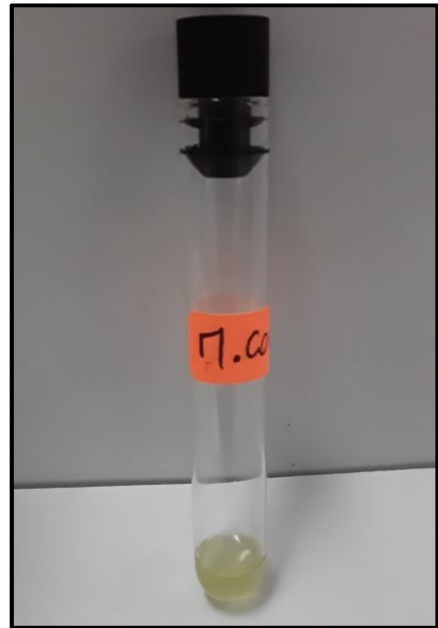


Figure 2 : Photo de l'HE de *M. communis*.



Figure 3 : Photo de l'HE d'*A. ligustica*.



Figure 4 : Photo de l'HE de *M. pulegium*.

# Annexes

## Annexe 2 : Chromatogrammes des huiles essentielles

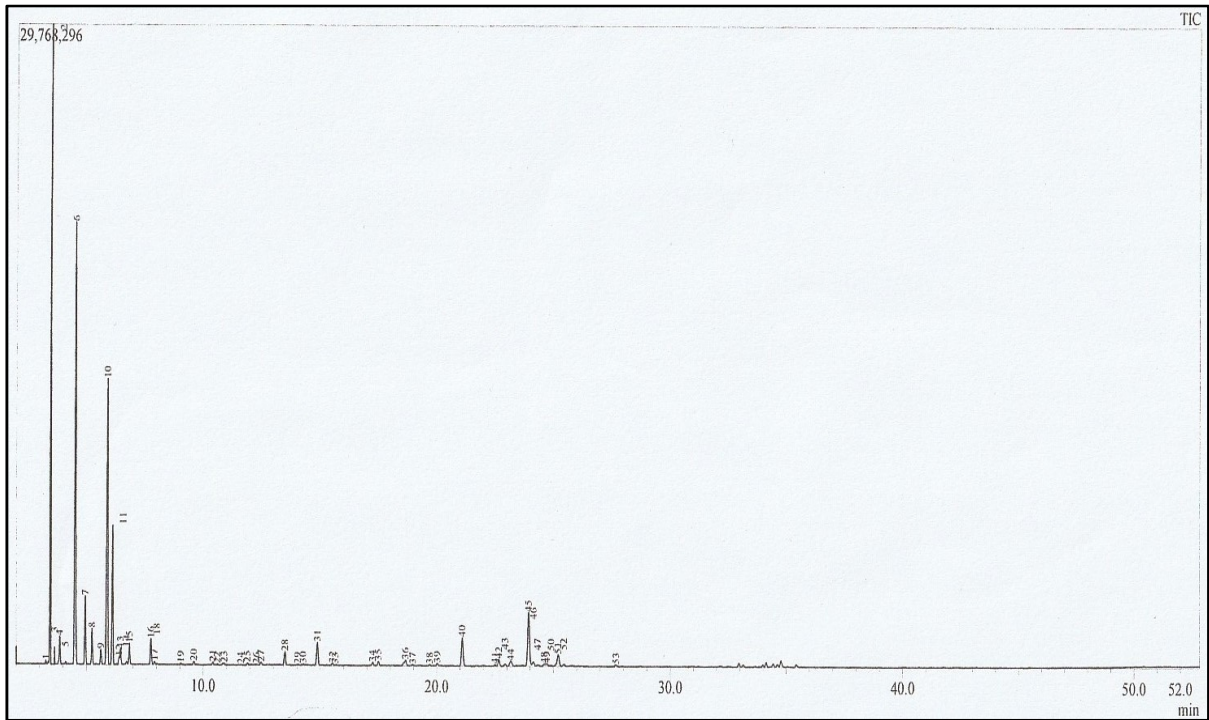


Figure 01 : Chromatogramme de l'HE de *P. lentiscus*.

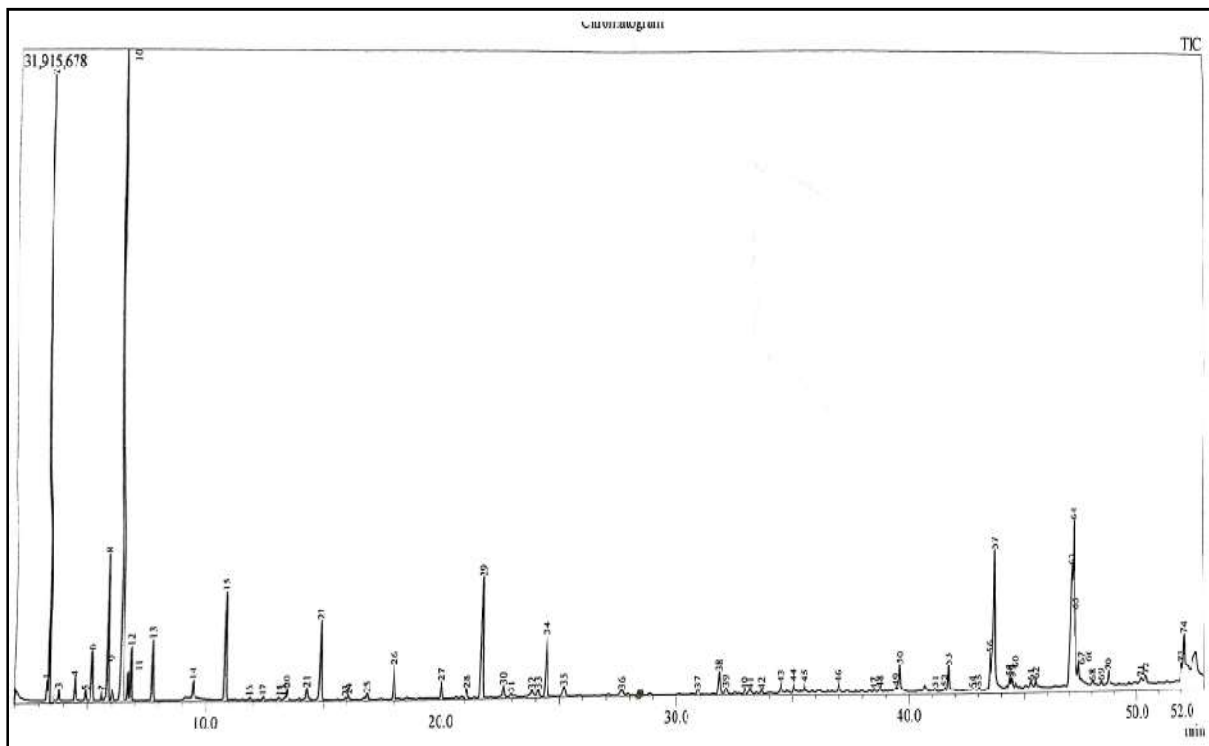


Figure 02 : Chromatogramme de l'HE de *M. Communis*.

## Annexes

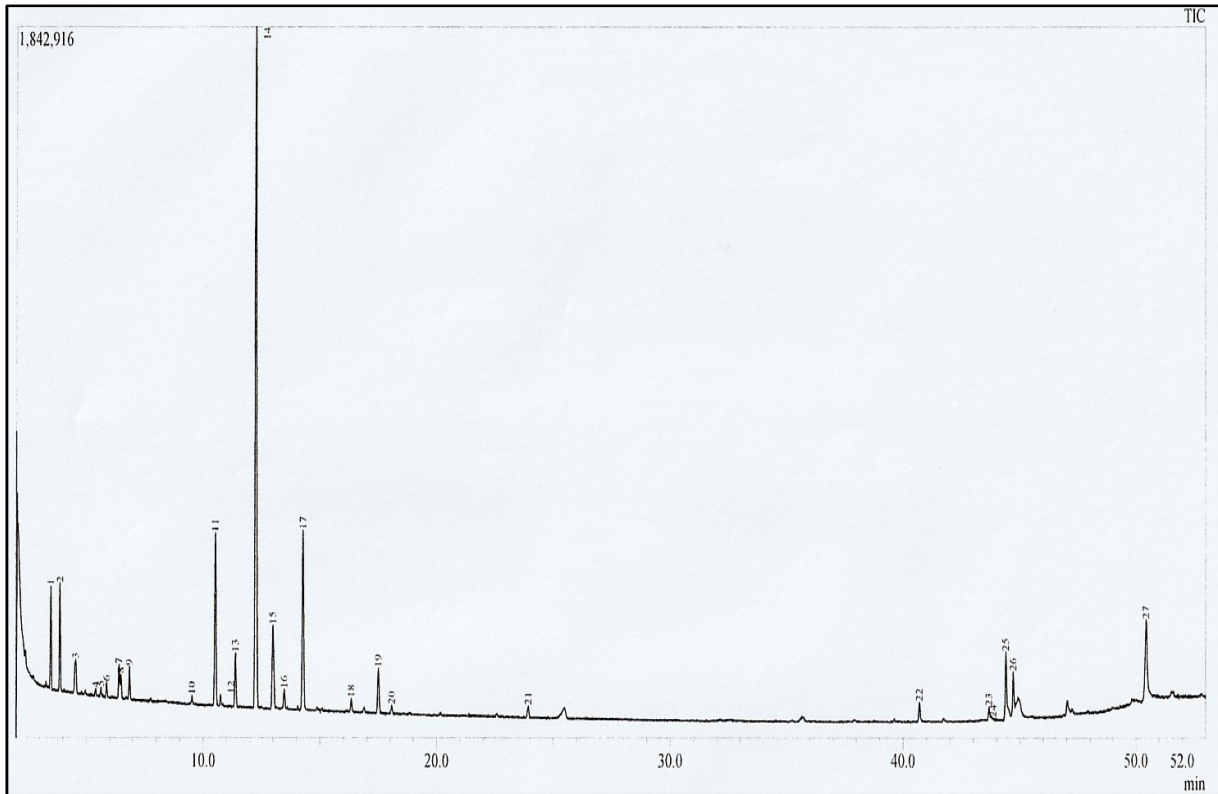


Figure 03 : Chromatogramme de l'HE de *A. ligustica*.

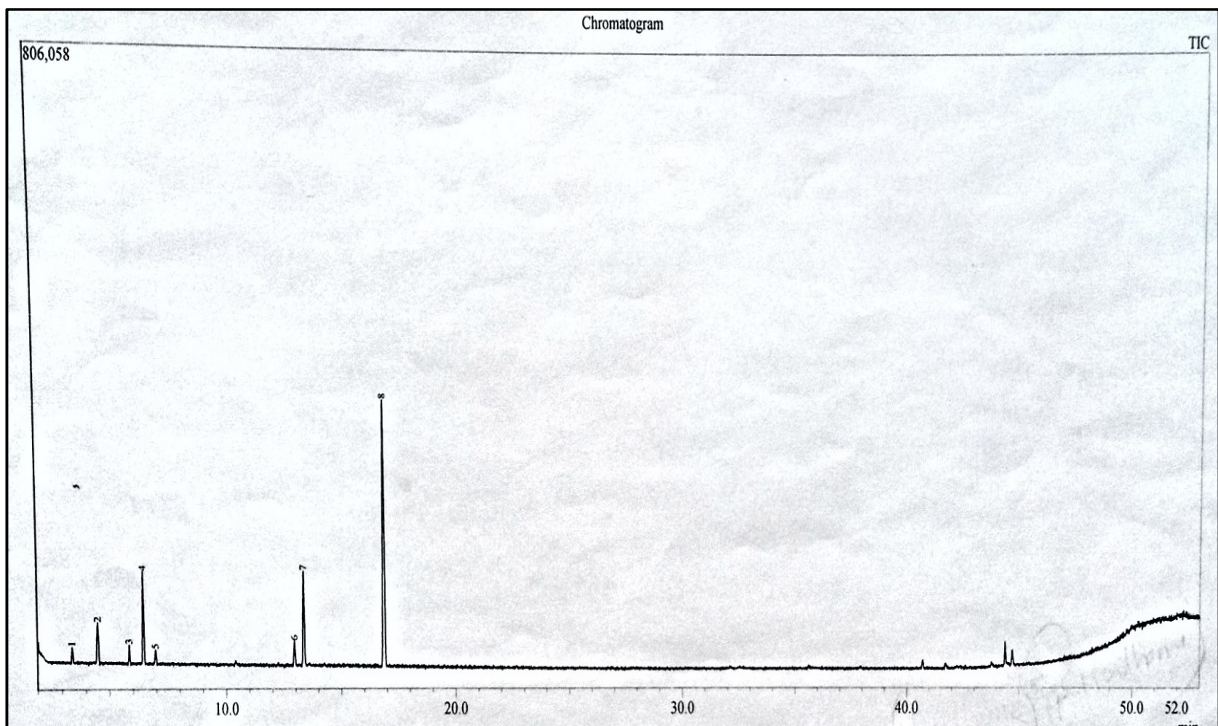
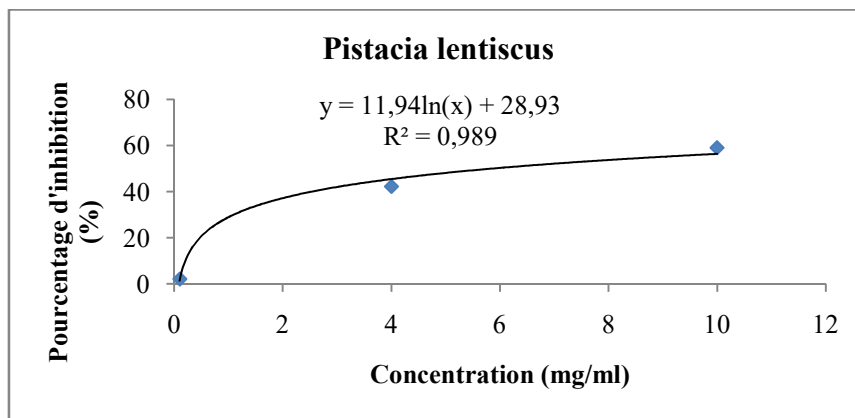
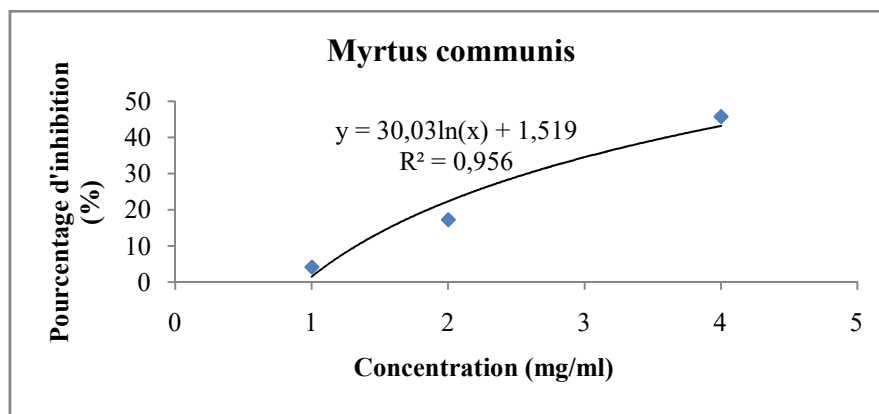


Figure 04 : Chromatogramme de l'HE de *M. pulegium*.

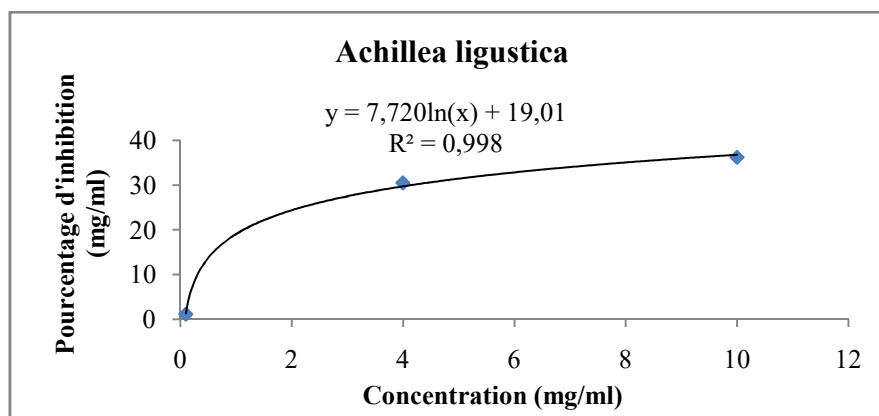
## Annexe 3 : Régressions logarithmiques et linéaires



**Figure 01 :** Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'HE de *P. lentiscus*.

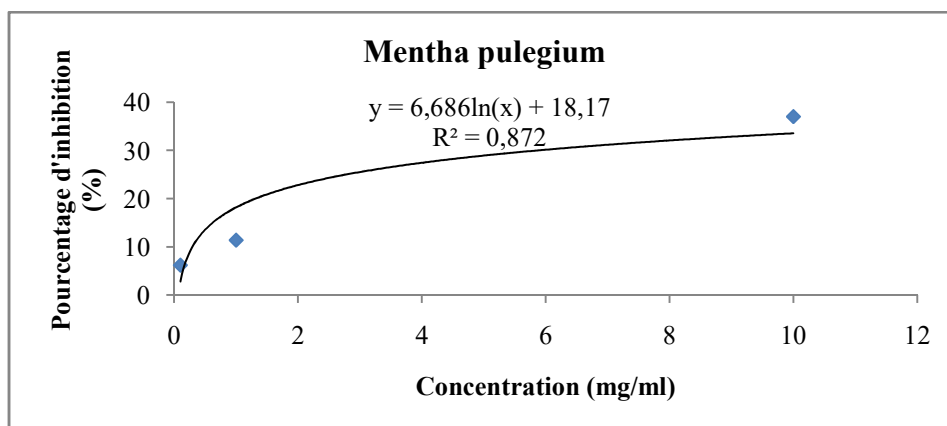


**Figure 02 :** Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'HE de *M. communis*.

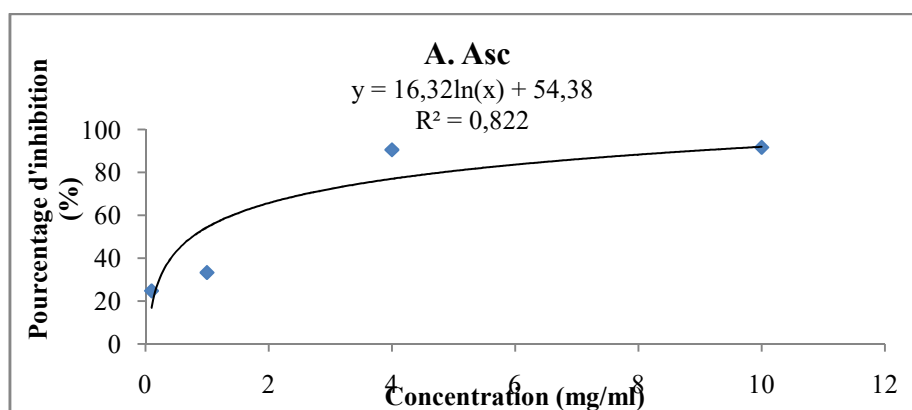


**Figure 03 :** Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'HE d'*A. ligustica*.

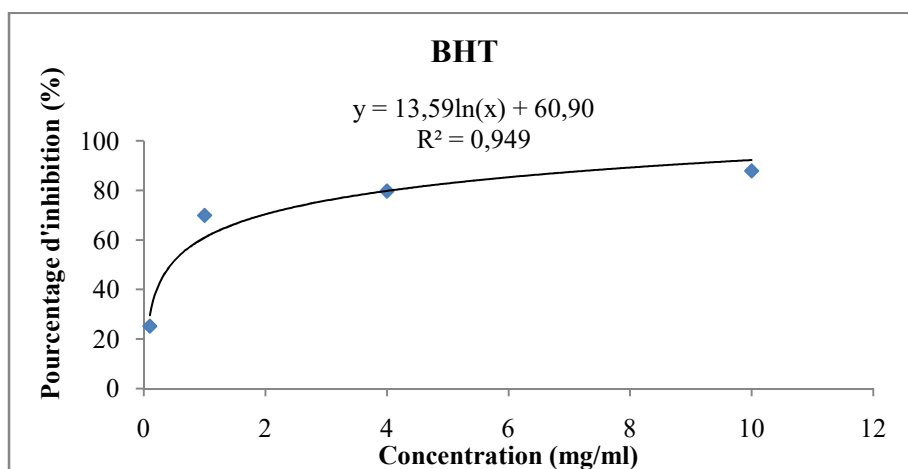
## Annexes



**Figure 04** : Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'HE de *M. pulegium*.

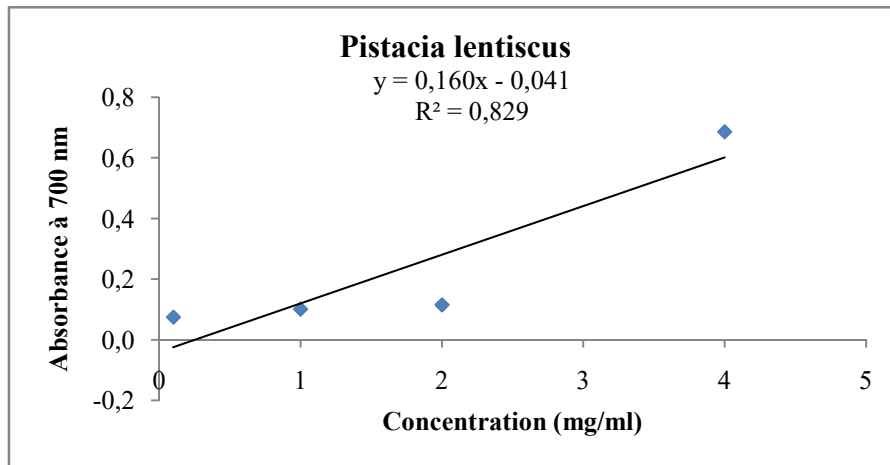


**Figure 05** : Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique.

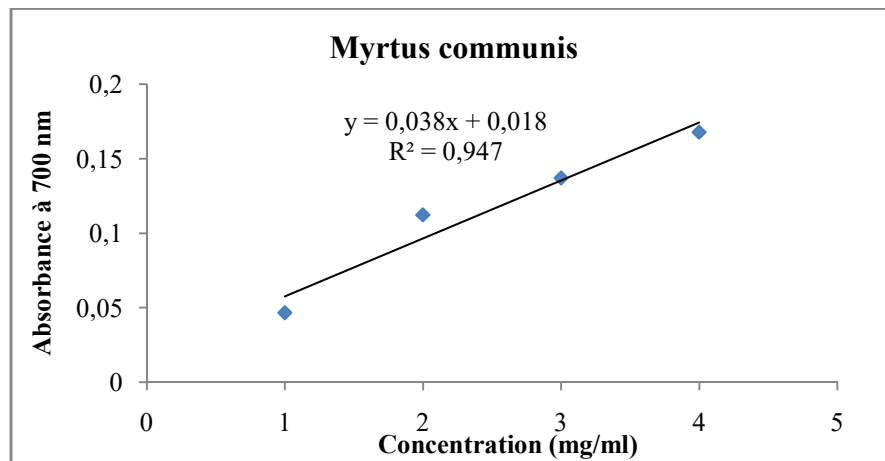


**Figure 06** : Régression logarithmique des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de BHT.

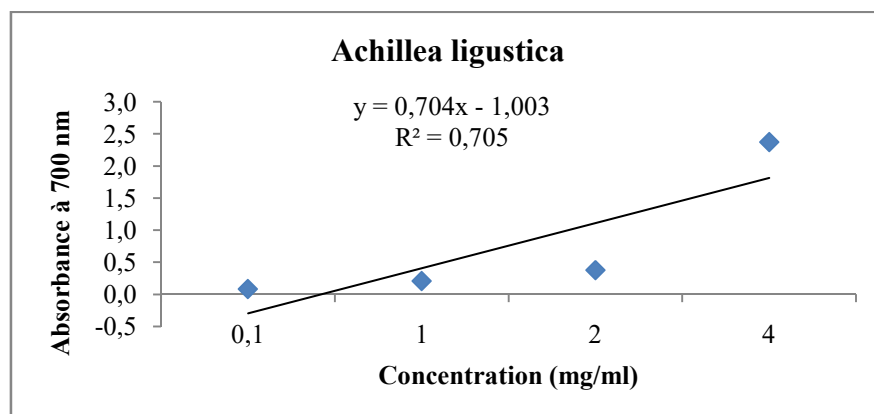
## Annexes



**Figure 07 :** Régression linéaire de l'absorbances à 700 nm en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle de *P. lentiscus*.

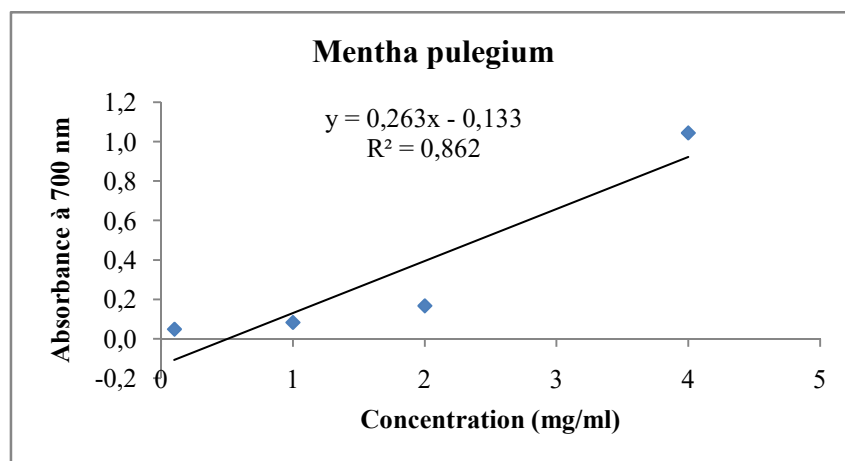


**Figure 08 :** Régression linéaire de l'absorbances à 700 nm en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle de *M. communis*.

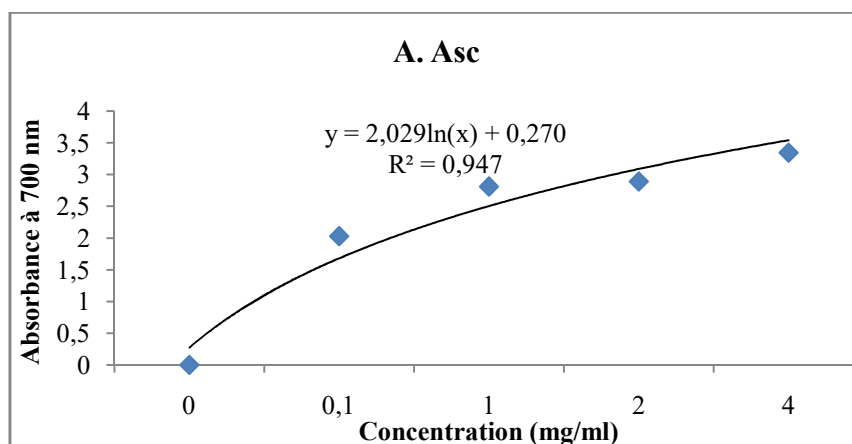


**Figure 09 :** Régression linéaire de l'absorbances à 700 nm en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle d'*A. ligustica*.

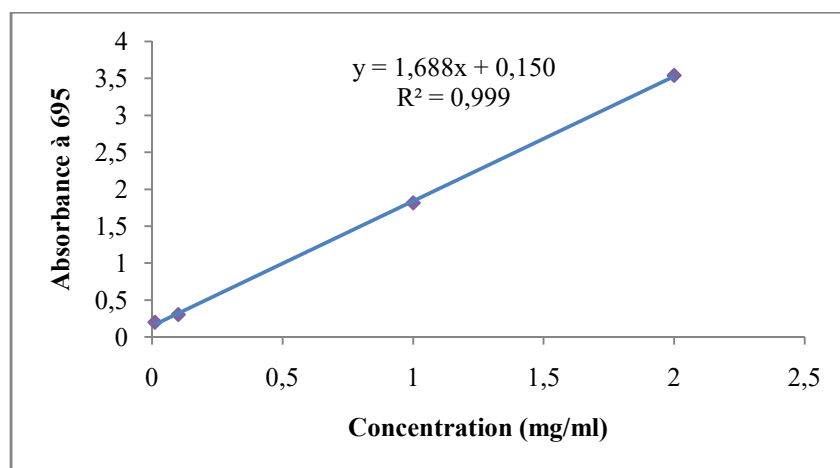
## Annexes



**Figure 10 :** Régression linéaire de l'absorbance à 700 nm en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle de *M. pulegium*.



**Figure 11 :** Régression logarithmique de l'absorbance à 700 nm en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique.



**Figure 12 :** Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique



|  |  |
|--|--|
| <b>Réalisé par :</b><br>M <sup>lle</sup> Habitouche M.<br>M <sup>lle</sup> Maamar H. | <b>Jury</b><br><b>Président :</b> M <sup>f</sup> Sebti M.<br><b>Examineur :</b> M <sup>mce</sup> Lemzeri H.<br><b>Encadreur :</b> M <sup>mce</sup> Benterrouche I. |
|--|--|

## Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes de la région de Jijel

### Résumé :

La composition chimique des huiles essentielles de quatre plantes (*Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Achillea ligustica* et *Mentha pulegium*) a été déterminée par CG et CG/SM. L'huile essentielle de *P. lentiscus* est dominée par l' $\alpha$ -pinène (32.96%), celle d'*A. ligustica* par le Chrysanthène (45.03%), l'essence de *M. communis* contient le 1,8-cinéol (21.26%) et l' $\alpha$ -Pinène (20.39%) comme principaux constituants, alors que celle de *M. pulegium* est constituée en majorité par la Pulegone (47.08%). L'activité antioxydante a été déterminée par 3 méthodes (le test DPPH, le pouvoir réducteur de fer et la capacité antioxydante totale). L'activité antibactérienne a été déterminée par la méthode de diffusion en milieu gélosé testée vis-à-vis de deux souches à Gram- (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*) et une souche à Gram+ (*Staphylococcus aureus*).

L'activité biologique trouvée est suffisamment importante pour permettre l'utilisation de ces plantes comme nouvelle source naturelle d'antioxydant et d'antibactérien dans divers domaines (pharmacie, cosmétologie, industries agroalimentaires, ...).

**Mots clés :** huile essentielle, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Achillea ligustica*, *Mentha pulegium*, composition chimique, activité antioxydante, activité antibactérienne.

### Abstract :

The chemical composition of four species essential oils ((*Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Achillea ligustica* et *Mentha pulegium*)) was determined by GC and GC/SM. The essential oil of *P. lentiscus* is dominated by l' $\alpha$ -pinene (32.96%), that of *A. ligustica* by Chrysanthenone (45.03%), that of *M. communis* contains 1,8-cineol (21.26%) et l' $\alpha$ -Pinene (20.39%) as major chemical constituents, while that of *M. pulegium* is formed by Pulegone (47.08%). The antioxidant activity was determined by the 3 methods (DPPH test reducing power and total antioxidant capacity). The antibacterial activity was determined by the agar diffusion method tested against two Gram- strains (*Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*) and one Gram + strain (*Staphylococcus aureus*). The biological activity found is high enough to allow the use of these plants as a new natural source of antioxidants and antibacterials in various fields (pharmaceuticals, cosmetology, food industries, etc.).

**Key words:** essential oil, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Achillea ligustica*, *Mentha pulegium*, chemical composition, antioxidant activity, antibacterial activity.

### ملخص :

تم تحديد التركيب الكيميائي للزيوت الأساسية من أربعة نباتات (*Myrtus communis* و *Pistacia lentiscus* و *Achillea ligustica* و *Mentha pulegium*) بواسطة CG و CG / SM. يهيمن  $\alpha$ -pinene (32.96%) على الزيت العطري لـ *P. lentiscus* ، وزيت *A. ligustica* بواسطة Chrysanthenone (45.03) ، ويحتوي جوهـر *M. communis* على 1,8-cineol (21.26%) و  $\alpha$ -Pinene (20.39%) كمكونات رئيسية ، بينما تتكون *M. pulegium* بشكل رئيسي من Pulegone (47.08%). تم تحديد نشاط مضادات الأكسدة بثلاث طرق (اختبار DPPH ، قوة تقليل الحديد والقدرة الكلية المضادة للأكسدة). تم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا بواسطة طريقة انتشار الأجار المختبرة ضد سلالتين من الجرام (*Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa*) وسلالة جـرام + (*Staphylococcus aureus*).

يعتبر النشاط البيولوجي الموجود مهمًا بدرجة كافية للسماح باستخدام هذه النباتات كمصدر طبيعي جديد لمضادات الأكسدة ومضادات الجراثيم في مختلف المجالات (الأدوية ، مستحضرات التجميل ، الصناعات الغذائية...)

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الأساسية، *Pistacia lentiscus* ، *Myrtus communis* ، *Achillea ligustica* ، *Mentha pulegium* ، مضادات الميكروبات، مضادات الالتهابات ومضادات الأكسدة.

