



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire El-wancharissi de Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la nature et de la vie

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique**

Filière : **Biologie**

Spécialité : **biochimie appliquée**

Présenté par :

BENAISSA Cherifa

ZEDAK Saida

BELKHEIR Zohra

Thème

**Evaluation de l'activités biologique de l'huile essentielle de *Tetraclinis
articulata* de la région de Tiaret**

Soutenu le,

Devant le Jury :

| | | | |
|-----------------------|------------|--------|---------------|
| IMOUSSAODANE Asmahane | Présidente | M.C. B | CU-Tissemsilt |
| BENSAADI Nawal | Encadreur | M.A.A. | CU-Tissemsilt |
| ZEMOUR Kamel | Examineur | M.C.B. | CU-Tissemsilt |

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

*En tout premier lieu, nous remercions le **bon Dieu** tout puissant de nous avoir donné courage, volonté et patience pour dépasser toutes les difficultés.*

*Nous voudrions remercier particulièrement notre promoteur **M^{me} BENSAADI NAWAL**, d'avoir accepté de nous encadrer, pour toute son aide, sa disponibilité, son suivi et sa confiance.*

*Nous remercions aussi chaleureusement et avec sincères à l'égard de **Dr.IMOUSSOUDANE Asmahane** d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance et nous remercions aussi **M^r ZEMOUR Kamel** qui nous a fait l'honneur de juger notre travail.*

Nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements à toutes personnes ayant contribués de près ou de loin au bon déroulement de ce modeste travail.

*Sans oublier d'adresser nos remerciements à **Dr.LAABAS S., Dr.HALLAL N.,Dr. HARICHE Z., Dr. NOUARI B.**, pour leurs aides précieuses et leurs disponibilités.*

Merci à tous.

Dédicace

J'exprime ma reconnaissance envers mon DIEU le Tout Puissant.

Pour chaque début il y a une fin, et ce qui est beau dans toute

Fin c'est la réussite et l'atteinte du but.

Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de très longues années de travail à :

*Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour,
ceux qui m'ont apporté toujours soutien et bonheur dans la vie :*

*Pour toi, très chers parents pour leurs sacrifices et leurs soutiens tout au long de
mes études. Vous les plus chers de mon cœur, vous qui m'aviez entouré de nobles
sentiments.*

*A mes frères et mes sœurs qui m'ont toujours soutenu et cru en moi le long de mes
jours.*

*Aux personnes que je n'oublierais jamais la famille de BENAÏSSA, LAFER et BADIR
Zohra et tes enfants*

Pour mon oncle FEDOULE Sallah

*A mes amis « Saida, Zohra, Tourkia, Faiza, Fatiha, Hadjira, Houria et Lotfi et toutes
celles que je n'ai pas cité »*

A tous ceux qui ont fait un bout de chemin avec moi, amis d'un jour ou d'une vie.

Cherifa

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, que Dieu les protège et les gardes

Tous les membres de la famille ZEDAK et BENNA et tous mes amis

Dédicace

Pour chaque début il y a une fin, et ce qui est beau dans toute fin c'est la réussite et l'atteinte du but.

*Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de très longues années de travail à :
Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour,
ceux qui m'ont apporté toujours soutien et bonheur dans la vie :
Pour toi, très chère mère Saadia , sa la plus chers de mon cœur, sa qui m'aviez
entouré de nobles sentiments.*

Mes chers frères : Mohamed , Ahmed, Abdelhak .

Pour vous ma chère sœur.

*Aux personnes que je n'oublierais jamais ; mes amis : Naziha , Raghda ,Fatiha
,Naima et MARZINE Halima.*

Zohra

Résumé

Le Thuya de Berberie « *Tetraclinis articulata* » est une espèce des plantes appartenant à la famille des Cupressacées, c'est une plante endémique d'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie), largement utilisée dans la médecine traditionnelle de plusieurs pays méditerranéens.

En outre, le but du présent travail est la valorisation de cette plante en Algérie particulièrement dans la wilaya de Tiaret (Sdama Chergui) à travers l'évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle des feuilles de cette plante.

Les résultats comparatifs entre les différents régions du Nord d'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie) démontrent que l'évaluation du pouvoir antibactérien et antioxydant du thuya montre que l'huile essentielle des feuilles sèches possèdent un pouvoir antibactérien sur les bactéries testés *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, aussi l'huile essentielle de thuya renferme un effet antioxydant.

Mots clés : *Tetraclinis articulata*, huile essentielle, activité antimicrobienne, activité antioxydante

Summary

The Thuya of Berberie « *Tetraclinis articulata* » is a species belonging to the Family of Cupressaceae, it is endemic to North West Africa (Morocco, Algeria, Tunisia), widely used in traditional medicine of several Mediterranean countries. In addition, the purpose of this work is the enhancement of this plant in Algeria especially in the wilaya of Tiaret (Sdama Chergui) through the evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of the leaves of this plant. Comparative results between the different regions of northern Africa (Morocco, Algeria, Tunisia) show that the evaluation of the antibacterial and antioxidant power of thuya shows that the essential oil of dry leaves has an antibacterial power on the bacteria tested *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, also the essential oil of thuya contains an antioxidant power.

Keywords : *Tetraclinis articulata*, essential oil, antimicrobial activity, antioxidant activity

المخلص

العراعر « *Tetraclinis articulata* » هو نوع ينتمي إلى عائلة Cupressaceae، وهو مستوطن في شمال غرب أفريقيا (المغرب والجزائر وتونس)، وتستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي في العديد من بلدان البحر الأبيض المتوسط. بالإضافة إلى ذلك، فإن الغرض من هذا العمل هو تقييم هذا النبات في الجزائر وخاصة في ولاية تيارت (Sdama Chergui) من خلال تقييم النشاط المضاد للميكروبات ومضادات الأكسدة للزيت الأساسي لأوراق النبات.

تظهر النتائج المقارنة بين المناطق المختلفة في شمال أفريقيا (المغرب والجزائر وتونس) أن تقييم القوة المضادة للبكتيريا ومضادات الأكسدة في عراعر يظهر أن الزيت الأساسي للأوراق الجافة له قوة مضادة للبكتيريا على البكتيريا التي تم اختبارها *Staphylococcus aureus*، *Escherichia Coli*، *pseudomonas aeruginosa*، أيضا أن الزيت الأساسية للعراعر يحتوي على تأثير مضاد للأكسدة.

الكلمات الرئيسية: رباعية مفصليّة، زيت أساسي، نشاط مضاد للميكروبات، نشاط مضاد للأكسدة

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 01 : Activité antibactérienne de huiles essentielles en Algérie | 46 |
| Tableau 02 : Activité antibactérienne de <i>Tetraclinis articulata</i> en Maroc | 47 |
| Tableau 03 : activités antioxydant d'huile essentielle de <i>Tetraclinis articulata</i> au Maroc | 48 |
| Tableau 04 : activités antioxydant d'huile essentielle de <i>Tetraclinis articulata</i> de la Tunisie. | 49 |
| Tableau 05 : activités antioxydant de <i>Tetraclinis articulata</i> de l'Algérie | 49 |

Liste des Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Les différents organes du thuya | 6 |
| Figure 2 : Aire de répartition du thuya de Berbérie en méditerranée Sud-occidentale | 7 |
| Figure 3 : Structure de quelques terpènes | 14 |
| Figure 4 : Structure de quelques terpénoides..... | 15 |
| Figure 5 : Structures de quelques composés aromatiques | 15 |
| Figure 6 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation. | 16 |
| Figure 7 : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule Bactérienne | 25 |
| Figure 8 : Représentation schématique des divers activateurs et inhibiteurs de production d'espèces réactives de l'oxygène | 26 |
| Figure 10 : localisation de la forêt de SDAMA dans la wilaya de Tiaret | 31 |
| Figure 11 : variation des moyennes mensuelles des températures (1984-2018) | 32 |
| Figure 12 : Evolution des précipitations annuelles (1984-2018) | 33 |
| Figure 13 : Climagramme pluviothermique d'Emberger(Q2) | 34 |
| Figure 14 : Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen | 35 |
| Figure 15 : Dispositif D'extraction des HEs Type Clevenger | 37 |
| Figure 16 : Schéma simplifié du principe de la méthode de l'aromatogramme | 39 |
| Figure 17 : Illustration de la méthode des micro atmosphères | 40 |
| Figure 18 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH | 41 |
| Figure 19 : Test de l'activité anti radicalaire, DPPH..... | 41 |

Liste des Abréviations

°C : Degrés Celsius

AAB : activité antibactérienne

AFNOR : Association Française de Normalisation

BHA : Hydroxyanisole butylé

BHT : Hydroxytoluène butylé

CCM : Tests par chromatographie sur couche mince

CMB : concentration minimale bactéricide

CMI : concentration minimale inhibitrice

DAI : diamètre d'auréole d'inhibition

DPPH : 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl

E. coli: *Escherichia coli*

H: Hammam Melouane

HE : Huile Essentielle

HEF : huile essentielle des feuilles

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

Mm : Milli mètre

P.aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*

S.aureus : *Staphylococcus aureus*

T : Tipaza.

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des tableaux

Liste des Figures

Liste des Abréviations

Tableaux de matière

Introduction 2

Chapitre I Généralités sur la plante

| | |
|--|---|
| I. Généralités sur la plante | 5 |
| I.1. Historique | 5 |
| I.1.1 Systématique de la plante | 5 |
| I.2. Description de la plante | 5 |
| I.3. Répartition géographique | 6 |
| I.3.1. Dans le monde | 6 |
| I.3.2. En Algérie | 6 |
| I.3.3. En Tunisie | 7 |
| I.3.4. Au Maroc | 7 |
| I.4. Caractéristiques écologiques | 7 |
| I.4.1. Facteurs climatiques | 7 |
| I.4.2. Facteurs édaphiques | 8 |
| I.4.3. Facteurs orographiques | 8 |
| I.5.1. Régénération par semi | 8 |
| I.5.2. Régénération par rejets de souche | 8 |
| I.5.3. Régénération par plantation | 8 |
| I.6. Utilisations traditionnelles | 9 |
| I.7. Propriétés pharmaceutiques | 9 |
| I.8. Importance écologique, industriel et économique | 9 |

Chapitre II Les huiles essentielles

| | |
|--|----|
| II. Généralités sur les huiles essentielles (HE) | 11 |
| II.1. Définition | 11 |
| II.2. Répartition systématique des huiles essentielles | 11 |
| II.3. Localisation et lieu de synthèse des huiles essentielles | 12 |
| II.4. Rôle des huiles essentielles | 12 |
| II.5. Production des huiles essentielles | 12 |
| II.6. Composition chimique des huiles essentielles | 13 |

| | |
|--|----|
| II.6.1.Les terpènes et les terpénoldes | 13 |
| II.6.1.Les composés aromatiques | 14 |
| II.6.2.Les composés d'origine diverses | 15 |
| II.6.3.1.Notion de chémotype | 15 |
| II.7.Variation de la composition des huiles essentielles..... | 15 |
| II.8.Les procédés d'extraction des huiles essentielles..... | 16 |
| II.8.1.La distillation | 16 |
| II.8.1.1.L'hydrodistillation | 16 |
| II.8.1.2.L'extraction par entraînement à la vapeur d'eau | 16 |
| II.8.1.3.L'extraction par Hydrodiffusion..... | 16 |
| II.8.2.Extraction par expression à froid | 17 |
| II.8.3.Extraction par CO ₂ super critique | 17 |
| II.8.4.Extraction assistée par micro-onde | 17 |
| II.8.5.L'extraction par les solvants volatils | 17 |
| II.9. Conservation des huiles essentielles | 17 |
| II.10.Domains d'utilisation des huiles essentielles..... | 18 |
| II.10.1.Industrie pharmaceutique | 18 |
| II.10.2.Industrie cosmétique..... | 18 |
| II.10.3.Industrie alimentaire..... | 18 |
| II.10.4.Agriculture | 18 |
| II.10.5.Agro-alimentaire | 18 |

Chapitre III Activités biologiques des huiles essentielles

| | |
|---|----|
| III.1 Activité Antimicrobienne | 21 |
| III.1.1.Les bactéries | 21 |
| III.1.1.1.La classification des bactéries | 21 |
| III.1.1.1.1.Bactéries à Gram-négatif | 22 |
| III.1.1.1.2.Bactéries à Gram-positif | 22 |
| III.1.1.2.Mécanismes d'action | 23 |
| III.1.2.Les antibiotiques | 23 |
| III.1.2.1.L'utilisation des antibiotiques | 23 |
| III.1.3.Effet antimicrobien des huiles essentielles | 24 |
| III.1.3.1.Mode d'action des huiles essentielles sur les microbes | 25 |
| III.1.3.1.1.Activité bactéricide et bactériostatique | 25 |
| III.2.Activité antioxydante..... | 25 |
| III.2.1.Mécanisme de production et d'élimination des ROS dans l'organisme | 25 |

| | |
|--|----|
| III.2.2. Antioxydants naturels | 26 |
| III.2.3. Le stress oxydatif | 26 |
| III.2.3.1. Définition | 26 |
| III.2.3.2. Les antioxydants | 27 |
| III.2.3.2.1. Le système antioxydant endogène | 27 |
| III.2.3.2.2. Le système antioxydant exogène | 27 |
| III.2.3.3. Mécanisme d'action des antioxydants | 28 |
| III.2.4. Les radicaux libres | 28 |

Chapitre IV La zone d'étude

| | |
|---|----|
| IV.1-Présentation de la zone d'étude..... | 30 |
| IV.1.1. Situation géographique | 30 |
| IV.1.2. Situation administrative | 30 |
| IV.2. Végétation de la région | 31 |
| IV.3. Etude climatique | 32 |
| IV.3.1. Température | 32 |
| IV.3.2. La pluviosité | 33 |
| IV.3.3. Le vent | 33 |
| IV.4. Situation bioclimatique | 34 |
| IV.4.1. Le quotient pluviothermique d'Emberger..... | 34 |
| IV.4.2. Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson | 35 |

Matériels et Méthodes

| | |
|--|----|
| Objectif principal..... | 37 |
| V.1. Préparation des échantillons | 37 |
| V.2. Protocole d'extraction | 37 |
| V.3. Principales méthodes de détermination de l'activité antimicrobienne | 38 |
| V.3.1. Techniques de screening des huiles essentielles | 38 |
| V.3.1.1. Aromatogramme..... | 38 |
| V.3.1.2. Technique de diffusion en puits | 38 |
| V.3.2. Techniques de détermination de la CMI des huiles essentielles | 38 |
| V.4. Méthodes d'étude du pouvoir antioxydant des huiles essentielles..... | 41 |
| V.4.1. Test par DPPH (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) | 42 |

Partie II Partie expérimentale

| | |
|---------------------------------------|----|
| VI.1.Activités antibactériennes | 47 |
| VI.2.Activité antioxydante | 48 |

Discussion

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. Activité antibactérienne..... | 52 |
| 2. Activité antioxydante | 52 |
| Conclusion | 54 |

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales restent le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Chenni, 2010**).

L'Algérie recèle d'un patrimoine végétal important par sa richesse et sa diversité dans les régions côtières, les massifs montagneux, les hauts-plateaux, la steppe et les oasis sahariennes : on y trouve plus de 3000 espèces végétales. Parmi ces ressources naturelles les plantes médicinales et aromatiques occupent une large place et jouent un grand rôle dans l'économie nationale. Elles sont utilisées dans différents domaines : industrie alimentaire, pharmaceutique et phytothérapie (**Duraffourd et al., 1997**).

Dans le cadre de la valorisation des espèces végétales algériennes, et compte tenu des vertus thérapeutiques que représentent les Cupressacées, nous sommes intéressés à l'huile essentielle de « *Tetraclinis articulata* » provenant de la wilaya Tiaret.

Tetraclinis articulata (Vahl) Masters, communément appelé Thuya de Berberie, est endémique de la Méditerranée Sud occidentale (**Dakak , 2002**). . En dehors de son aire Nord-africaine, on ne rencontre que deux stations limitées, l'une dans la province de Carthagène en Espagne et l'autre à Malte (**Achhal et al.,1985**). Le Thuya de berbérie (ou du Maghreb), *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast, appartient à l'ordre des Pinales, famille de Cupressacées, sous famille des Callitroidées, genre *Tetraclinis*. C'est la seule espèce représentant ce genre dans l'hémisphère nord (**Boudy,1950**).

Différentes parties de Thuya sont employées en médecine populaire en raison de ses multiples effets thérapeutiques. Il est principalement utilisé contre les fièvres infantiles, les infections respiratoires et intestinales, les douleurs gastriques, le diabète et l'hypertension (**Touayli, 2002 ; Ziyat et al., 1997**).

Au cours de ces dernières années, l'augmentation de la demande du consommateur pour des produits naturels sans conservateurs a conduit l'industrie agroalimentaire à envisager l'incorporation de substances naturelles. Ainsi, les huiles essentielles commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Elles font l'objet d'étude pour leur éventuelle utilisation comme antioxydants, antimicrobiens et donc comme conservateur naturel qui préserve l'aliment des différentes altérations oxydatives ou microbiennes (**Dung et al., 2008**).

Actuellement, la toxicité des antioxydants synthétiques et le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques ont augmenté le risque des effets néfastes des radicaux libres et des

Introduction

microorganismes sur la santé humaine. A cet égard, les plantes peuvent fournir une bonne alternative à la recherche de nouveaux produits chimiques avec un large éventail d'activités **(Ferdjioui, 2014)**.

C'est pourquoi, le présent travail a été entrepris afin de mettre en exergue les vertus de *Tetraclinis articulata* plante médicinale largement distribuée en Algérie.

L'objectif de cette étude s'intéresse à présenter le Thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) qui se trouve en abondance dans la Méditerranée Sud occidentale et particulièrement en Algérie, et valoriser son huile essentielle en étudiant ces activités biologiques, entre autres son effet antioxydant et antibactérien.

Le travail réalisé s'articule de la façon suivante :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique mettant l'accent sur trois chapitres :

- Le premier chapitre aborde la description botanique de l'espèce végétale étudiée,
- Le deuxième est consacré à des généralités sur les huiles essentielles tandis que
- Le troisième chapitre, s'intéresse aux activités biologiques des huiles essentielles et particulièrement, l'activité antimicrobienne et antioxydante.

La partie expérimentale est subdivisée en deux chapitres :

Le premier est consacré à l'identification de la zone d'étude tandis que le second comprend Matériels et Méthodes, Résultats et discussion et ont finalisé par une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur la plante

I. Généralités sur la plante

I.1. Historique

Thuya de Berbère (*Tetraclinis articulata*), a été décrit par Vahl en 1791, sous le nom de *Thuya articulata* = *Callitris articulata* (Vahl) Link ; par la suite il a été reporté au genre *Tetraclinis* par **Maire** en 1926.

Aussi, **Quezel et Santa (1962-1963)**, rattachent l'espèce au genre *Callitris* qui a été décrit par **Vent en 1808**. Ce dernier lui donne le nom de *Callitris quadrivalvis* Vent (**Hadjadj et Letreuch, 2017**).

I.1.1 Systématique de la plante

✓ Systématique

Embranchement : *Spermaphytes*

Sous Embranchement : *Gymnospermes*

Classe : *Conifères*

Ordre : *Coniferales*

Sous ordre : *Taxales*

Famille : *Cupressacées*

Genre : *Tetraclinis*

Espèce : *Tetraclinis articulata*(Vah).

✓ Autres noms

Nom Latin : thuja

Nom arabe : عرعر - سننبروش - عرعر بربوش - شجرة الحياة

Nom berber: Azouka, Imijad, Tazout,

Nom anglais: arar tree, sandarch tree, thyia, sandarc tree, sandarc gum tree, ghardar, Thuya from berberie.

Nom français : thuya de Berbérie, thuya, callitris, thuia articulé, thuia à la sandarque, vernix (**Lamnaour et Botanouny, 2005**).

I.2. Description de la plante

Le Thuya est une espèce résineuse à croissance très lente, longévive et qui peut dépasser 400 ans. En hauteur, l'accroissement annuel est estimé de 20 cm/an jusqu'à 25 ans, et de 10 cm/an jusqu'à 60 ans. En diamètre, il est de 3 à 4 mm/an jusqu'à 30 ans et de 1,5 à 2,5 mm/an jusqu'à 60 ans (**El Mouridi, 2011**).

Le thuya de Berbérie est une plante rustique et xérophile. de la famille des conifères « qui porte des cônes ». On dit également un résineux, c'est-à-dire qui produit de la résine (ex : cèdres, cyprès, pins, sapins, thuya...) (**Garcia, 2011**).

Il est caractérisé par une cime claire et un port pyramidal irrégulier, son feuillage est persistant ; les feuilles paraissent verticillées par quatre, longuement soudées à la tige. Les rameaux, verts, aplatis et couverts par les feuilles, sont articulés, d'où leur nom de *Tetraclinis articulata* (Hedjal, 2014).



Figure 01: les différents organes du Thuya. De gauche à droite : aiguilles, cône, écorce (Hadjadj,2005).

I.3.Répartition géographique

I.3.1.Dans le monde

Tetraclinis articulata est une essence endémique de la méditerranée dont la majeure partie est en méditerranée occidentale. Cette espèce se cantonnant essentiellement dans la partie méridionale du bassin méditerranéen, à l'exception de deux îlots, l'un au Sud-est de l'Espagne (Almeria) et l'autre à l'île de Malte (Abi-Ayad, 2009).

I.3.2.En Algérie

Le Thuya de Berbérie reste une espèce peu estimée en Algérie. En 1950, il occupe une Superficie de 161 000 ha. Ces dernières décennies, il s'étend encore sur un peu plus de 140 000ha et occupe la quatrième place en matière de superficie, après le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne-liège. Les agressions permanentes (dégradation, et incendies) qu'a subi cette essence

forestière rustique et utile dans des zones marginales, sont à l'origine de son déclin. Il est important dans le Tell Oranais et dans l'Ouarsenis. Toutefois, il existe par pieds isolés ou par petits bouquets jusqu' à l'entrée de la Kabylie (**Dellyet Lakhdaria**), dans la vallée de l'oued Sahel jusqu'au M'Chedallah ainsi que dans les gorges de Kherrata. Il manque dans le Tell constantinois et dans la partie centrale et orientale du tell Algérois (**Chikhoune et al., 2013**).

I.3.3 En Tunisie

Le Thuya de Maghreb ne couvre que 30.000ha (**Boudy, 1950**) des collines du Nord –Est jusqu'à une ligne allant de *Bizerte* aux monts de *Zaghoune* et à *Hamemet* (**Maire, 1952**).

I.3.4. Au Maroc

Les plus vastes peuplements de thuya sont observés au Maroc. D'après (**Benabib, 1976 ; Fenane, 1989**) l'aire de répartition du thuya est subdivisée en six grandes zones : zone Rifaine, zone du Maroc oriental, zone du moyen Atlas oriental, zone des vallées du plateau central et la Mesta occidentale, zone du moyen Atlas occidental et haut Atlas, et zone de l'anti Atlas. L'aire actuelle de sa répartition au Maroc, est d'environ 607 900 ha (**DREF, 2002**).

On note que cette espèce a connu un recul extraordinaire et une élimination dramatique depuis les années 1950.



Figure 02 : Aire de répartition du Thuya de Berbérie en méditerranée sud –occidentale (**Harbouche et al., 2017**).

I.4. Caractéristiques écologiques

I.4.1. Facteurs climatiques

Du point de vue bioclimatique, l'espèce a certaines exigences, elle est très largement préférentiel du bioclimat semi-aride, mais va, localement, jusque dans l'aride supérieur. (**Terras et al., 2008**).

Elle supporte les climats relativement chauds et sec, et doux en hiver. La sécheresse dépendra de l'exposition et de la pente du sol ; pas de Thuya dans les fonds d'oueds profondément encaissés (à cause du froid et des condensations abondantes).

Le Thuya est éliminé par le froid surtout humide, par l'humidité du sol et par les sables mobiles. C'est une espèce thermophile et xérophile.

Le Thuya supporte mal les précipitations élevées (supérieures à 800 mm par an). (**Terras et al., 2008**).

I.4.2.Facteurs édaphiques

Le Thuya de Maghreb est indifféré à la nature chimique du substratum (**Boudy, 1950**) il se localise sur les sols les plus secs et les plus pauvres, il semble cependant manifesté une préférence pour les sols calcaires et les sols fersialitiques meubles plus au moins profonds.

Il redoute les sables mobiles mais pousse bien sur les dunes fixes, dans le milieu qu'il lui est favorable, il arrive à éliminer toutes les autres espèces arborescentes et arbustives et ceci grâce à son extrême rigueur.

I.4.3.Facteurs orographiques

Il est présent, du point de vue altitudinal, du littoral jusqu'à 1100 m. Il s'observe essentiellement au thermo-méditerranéen, mais pénètre au méso-méditerranéen.

Il pousse à des hauteurs qui oscillent du niveau de la mer jusqu'à 1800 m d'altitude dans un climat méditerranéen en zone semi-aride (**Terras et al., 2008**)

I.5.Régénération du Thuya

La régénération de thuya est assurée par rejet de souche, par semi et par plantation

I.5.1.Régénération par semi

La régénération naturelle par semis ne participe qu'à titre occasionnel et complémentaire aux autres modes de multiplication de thuya (**Boudy, 1950**).

Elle ne se manifeste que rarement en raison de l'influence du surpâturage, de la dégradation du couvert végétal et par conséquent l'érosion du sol (**Benabib, 1976**).

I.5.2.Régénération par rejets de souche

Le Thuya est parmi les rares résineux qui ont la faculté d'émettre des rejets de souches. La régénération est assurée par rejets de souche, il en résulte qu'à l'état actuel, la majorité des tétraclinaies est traitée en taillis. La faculté de rejeter les souches peut aller jusqu'à l'âge de 250 ans (**El-Mouridi, 2011**).

I.5.3.Régénération par plantation

À l'exception de quelques plantations réalisées au cours des années 1950-1960 à l'Est du pays, cette essence a été délaissée par le reboiseur (**El-Mouridi, 2011**).

I.6.Utilisations traditionnelles

Le Thuya de Berberie est réputé dans la médecine traditionnelle des populations locales maghrébines. Les différentes parties de l'arbre, principalement les feuilles et les rameaux, sont utilisées dans le traitement des infections intestinales et respiratoires (**Bellakhdar et al., 1991**) et aussi comme hypoglycémiantes et hypotensives (**Ziyyat et al., 1997 ; Bnouham et al., 2002**).

Toutes les parties des plantes sont utilisées pour les maladies de la peau, y compris le prurit, les parasitoses, les mycoses, les piqûres d'insectes et la pathologie de la sphère bucco-dentaire (maux de dents, prévention des épidémies) (**Bellakhdar, 1997 ; Bourkhiss et al., 2007**).

Les feuilles en décoction sont utilisées contre la fièvre (**Lahsissene, 2009**). La poudre de feuilles est utilisée, en usage externe, sur les blessures et sur la plaie ombilicale du nouveau-né, comme cicatrisant. La résine est utilisée pour colmater les dents cariées ou perforées.

Un morceau de sandaraque humecté d'eau de rose est passé sur les paupières, contre l'inflammation des yeux (**Bellakhdar, 1997**). Traditionnellement, elle est utilisée comme insecticide (**Aouinty et al., 2006**).

On extrait du Thuya une résine «la gomme sandaraque » qui est utilisée pour la fabrication de vernis. Autrefois, les Egyptiens l'employaient pour embaumer les momies (**Seigue, 1985**).

I.7. Propriétés pharmaceutiques

Elle exerce des activités anthelminthique, antipyrétique, antipaludéenne, antiseptique, anti-infectieuse, laxative et purgative. Ainsi que des propriétés antimicrobiennes, antifongiques (**Bourkhiss et al., 2007 ; Ben Ghnaya et al., 2016**), antitumorales et anti-inflammatoires (**Buhagiar et al., 1999 ; Djouahri et al., 2014**) ont été signalées par l'utilisation de ses huiles essentielles. Le potentiel le plus important a été représenté par son activité antioxydante (**Rached et al., 2010**).

1.8. Importance écologique, industriel et économique

Tétralinis articulata joue un rôle écologique très important grâce à sa capacité à former des rejets de souches, il résiste bien aux incendies. Ses racines développées permettent la stabilisation des sols et limitent ainsi les effets de l'érosion. Il est vigoureux et pratiquement indifférent aux substrats.

Du point de vue industriel et économique ; le Thuya produit un bois d'excellente qualité qui est utilisé en menuiserie, en ébénisterie, en industrie et comme bois de chauffage (**Kacem, 1991**).

Chapitre II

Les huiles essentielles

II. Généralités sur les huiles essentielles (HE)

Reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées depuis des millénaires en Chine (cannelle, anis, gingembre,...), en Inde, au Moyen Orient (Khella, pin, fenouil,...) en Egypte, en Grèce, en Amérique (bois de Hô, sassafras,...) et en Afrique (encens, myrthe, ravintsara,...), les HE tombent dans l'oubli au Moyen Age. Il faudra attendre l'arrivée des Arabes pour assister à un nouvel essor de la médecine par les plantes qui retrouvent alors une place de choix dans l'arsenal thérapeutique de l'époque.

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

Les pionniers de l'aromathérapie sont Gattefossé puis Valnet et ses disciples (**Franchomme et al., 2001**).

II.1. Définition

Le terme «huile essentielle» a été inventé au 16^{ième} siècle par le médecin Suisse Parascelsus Von Hohenheim pour désigner le composé actif d'un remède naturel (**Burt, 2004**).

De très nombreux auteurs ont tenté de donner une définition des huiles essentielles.

D'après **William Naves (1874 - 1936)**, aucune des définitions des huiles essentielles n'a le mérite de la clarté, ni celui de la précision. Cet auteur définit les huiles essentielles comme « des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale, ces mélanges passent avec une certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau ».

Selon la norme **AFNOR NF'T 75-006 (2000)**, « l'huile essentielle désigne le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe, soit par distillation « sèche ». Elle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques ».

Selon **la pharmacopée européenne**, ce sont des produits de compositions généralement assez complexes renfermant des principes volatiles dans les contenus des végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation.

II.2. Répartition systématique des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Parmi les 1 500 000 espèces végétales recensées, seulement 10% sont capables de synthétiser une essence. Ces plantes sont alors dites « aromatiques » (**Degryse et al., 2008**).

Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier les Lamiacées, les Ombellifères, les Myrtacées et les Lauracées (**Baser et Buchbauer, 2010**).

II.3. Localisation et lieu de synthèse des huiles essentielles

Les huiles essentielles se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante (**El Kalamounni, 2010**), et se forment dans le cytoplasme de cellules sécrétrices variables selon l'organe végétal considéré. Puis, elles s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées et emmagasinées dans des structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante, à savoir, des cellules à huiles essentielles, des poils glandulaires épidermiques qui produisent les essences dites superficielles, des poches sécrétrices ou encore des canaux sécréteurs (**Boz et al., 2009**)

Les huiles essentielles peuvent être extraites de divers organes de la plante, Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux: les fleurs [oranger, rose, lavande; le bouton floral (girofle)], les feuilles (eucalyptus, menthe, thym, laurier, sarriette, sauge, aiguilles de pin et sapin), les racines (vétiver), rhizomes (gingembre, acore), les fruits (anis, fenouil, badiane), le bois et les écorces (cannelle, santal, bois de rose.) et les graines (noix de muscade, coriandre) (**Lamamra, 2018**). En effet, une plante peut donner des huiles essentielles de composition chimique très différente en fonction des organes dont elle est issue (**Roux-Sitruk et al., 2008**).

II.4. Rôle des huiles essentielles

Les plantes aromatiques produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires (**Roberts et Marjorie, 1977**), mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante reste mal connu (**Rai et al., 2003**). Ces derniers ne sont pas essentiels pour la croissance des plantes (**Croteau et al., 2000**).

Elles sont en général considérées comme des déchets du métabolisme cellulaire de la plante (**Amiot, 2005**).

D'autres auteurs affirment que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement (**Belaïche, 1979**).

D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, et conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (**Guignard et al., 1985**).

Dernièrement, des études ont montré que dans les plantes, les huiles essentielles ont pour fonction d'attirer les insectes pollinisateurs ou repousser les insectes hostiles. Un certain nombre d'entre elles ont également des propriétés antiseptiques, insecticides, fongicides et bactéricides (**Carson et Hammer, 2011**).

II.5. Production des huiles essentielles

A l'échelle mondiale, la production des huiles essentielles est d'environ 30 tonnes par an. Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis, la Chine, le Maroc, la Bulgarie, l'Inde, la France,

l'Égypte et l'Espagne. L'Algérie se hisse à la 10^{ème} place avec 8000 dollars de capitaux générés par l'exportation d'huiles essentielles, à la fin des années 70 (**Tchoumboungang et al., 2009**).

Djeddi (2012), affirme que les huiles essentielles exportées par l'Algérie provenaient soit des cultures familiales ou des plantes spontanées, tels que la menthe, le jasmin, le rosier, le géranium, la lavande, le romarin, l'origan... etc.

Actuellement, la production d'huiles essentielles est limitée à quelques producteurs privés artisanaux qui ne subvient pas au marché national.

II.6. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de constituants, elles contiennent 20 à 60 composants avec des concentrations différentes et sont caractérisées, généralement, par deux ou trois composants majoritaires représentant 20 à 70 % de l'huile essentielle totale, alors que les autres composés se trouvent sous forme de traces.

Les constituants des huiles essentielles appartiennent à deux principaux groupes : les terpènes et les composés aromatiques (**Bakkali et al., 2008**).

II.6.1. Les terpènes et les terpénoides

Environ 30 000 terpènes ont été décrits dans la littérature (**Connolly et Hill, 1991**). Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte, leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C_5H_8). Ils sont subdivisés selon le nombre d'entités isoprène en monoterpène formés de deux isoprènes ($C_{10}H_{16}$), en sesquiterpènes, formés de trois isoprènes ($C_{15}H_{24}$), en diterpènes, formés de quatre isoprènes ($C_{20}H_{32}$), en tétraterpènes, huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes, en polyterpènes (C_5H_8)_n où n peut-être de 9 à 30 (**Hernandez Ochoa, 2005**).

Les terpénoïdes (**Figure n°03**) sont les terpènes dérivées des composés ayant un ou plusieurs groupes chimiques fonctionnels (alcool, aldéhyde, cétone, acide, ...) (**Bayala, 2014**).

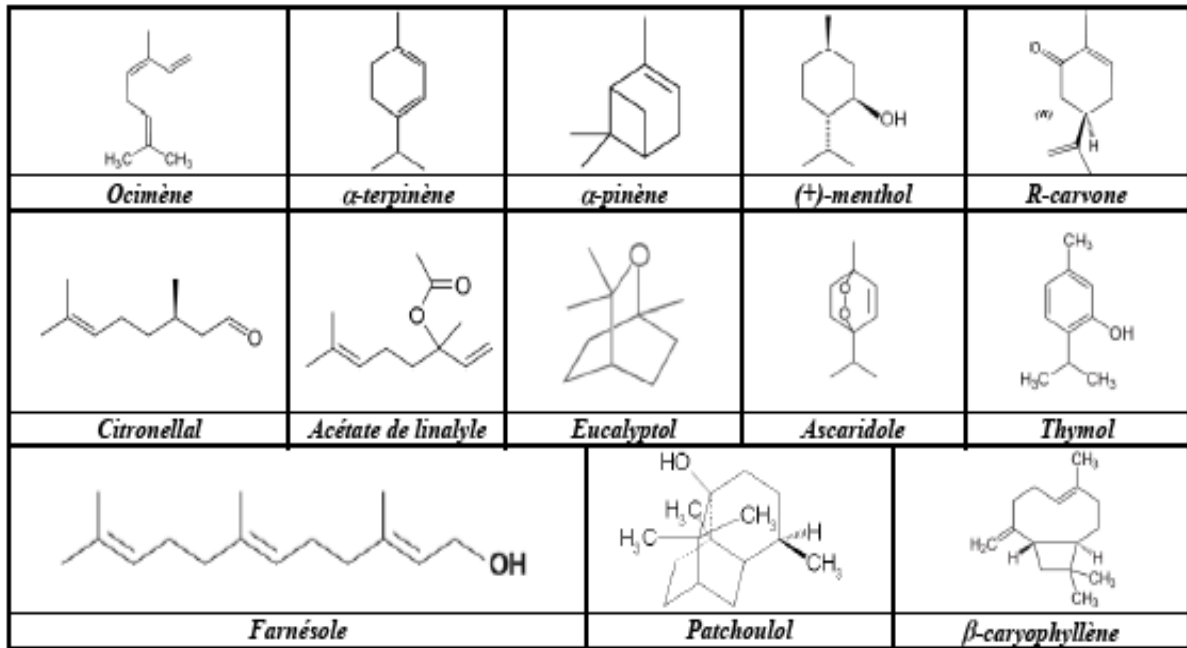


Figure 03 : Représentation de molécules caractéristiques des différentes structures rencontrées chez les mono- et sesquiterpénoïdes (Fillatre, 2011).

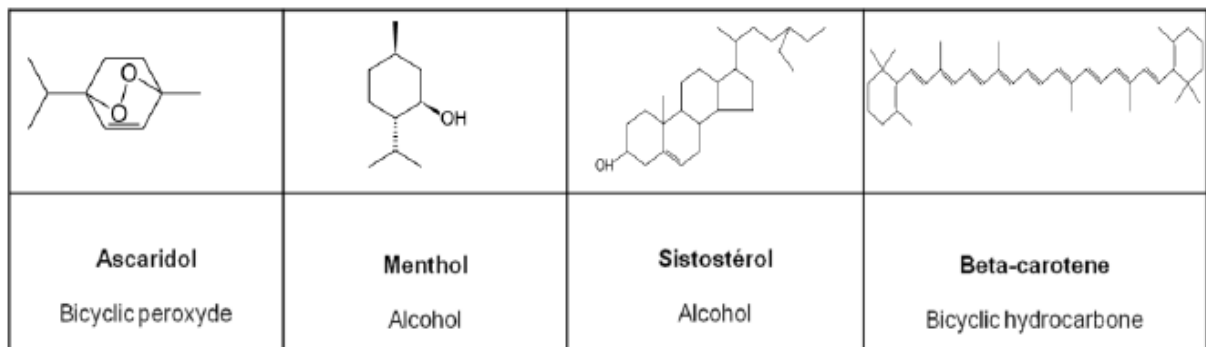


Figure 04 : Structure chimique de quelques terpénoïdes (Bayala, 2014).

II.6.1. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques des huiles essentielles sont principalement des dérivés du phénylpropane C₆-C₃ (Dris, 2019), ces composés sont beaucoup moins fréquents dans les HE que les monoterpènes et les sesquiterpènes. Citons l'acide cinnamique et l'aldéhyde cinnamique (HE de cannelle), l'eugénol (HE de girofle), l'anéthole et l'aldéhyde anisique (HE de badiane, d'anis, de fenouil), ainsi que le safrole (HE de saffras). Les lactones dérivées des acides cinnamiques, comme les coumarines, sont, pour la plupart, entraînaient par la vapeur d'eau et ainsi présentes dans certaines huiles essentielles (exemple l'HE de céleri) (Couic-Marinier et Lobstein, 2013). La figure 05 présente quelques exemples de ces composés.

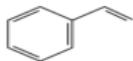
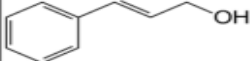
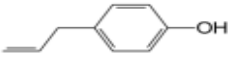
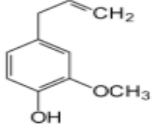

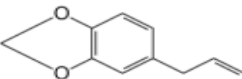
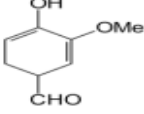
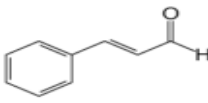
| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Styrene benzene | Cinnamyl alcohol alcohol | Charvicol phenol | Eugenol phenol |
|  |  |  |  |
| Anethol Methoxy derivative | Safrol Methylene dioxy compound | Vaniline Phenol | Cinnamaldehyde phenol |

Figure 05 : Structures de quelques composés aromatiques (Bayala ,2014).

II.6.2. Les composés d'origine diverses

Il existe un nombre négligeable de produits résultant de la transformation de molécules non volatiles issues soit de la dégradation des terpènes non volatils qui proviennent de l'auto-oxydation par exemple des carotènes ou des acides gras comme les acides linoléique (Piochon, 2008).

II.6.3.1. Notion de chémotype

Le chémotype d'une huile essentielle est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif présent dans l'huile essentielle. Cet élément permet de distinguer des huiles essentielles extraites d'une même variété botanique mais d'une composition biochimique différente. Cette classification permet de sélectionner les huiles essentielles pour une utilisation plus précise, plus sûre et plus efficace.

Ce polymorphisme chimique existe chez certaines espèces : *Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*. Il est important de noter que les huiles essentielles à chémotypes différents présentent non seulement des activités différentes mais aussi des toxicités très variables (Pibiri, 2005).

II.7. Variation de la composition des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui découlent des huiles essentielles peuvent être très différentes (Bruneton, 1999 ; Benini, 2007).

Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèque, spécifiques du bagage génétique de la plante ou extrinsèque, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante (Morin et Richard, 1985).

II.8. Les procédés d'extraction des huiles essentielles

À l'intérieur de leurs cellules, les végétaux renferment des essences, c'est à dire des sécrétions naturelles que l'on extrait pour obtenir les huiles essentielles.

Il existe plusieurs méthodes d'extraction, qui se pratiquent en fonction de la partie du végétal choisie. (Buronzo, 2008).

II.8.1.La distillation

Le principe de la distillation repose sur la propriété qu'ont les HEs d'être volatiles sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation.

Il existe précisément trois différents procédés utilisant ce principe : l'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodiffusion (Piochon, 2008).

II.8.1.1.L'hydrodistillation

L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle (AFNOR, 1992).

Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'huile essentielle sera alors séparée par différence de densité (Bruneton, 1993).

Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (Lucchesi, 2005).

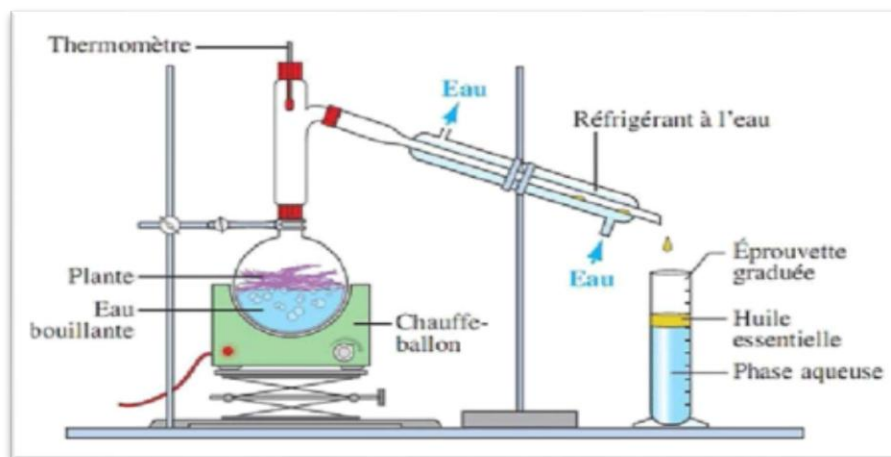


Figure 06 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Jouault, 2012).

II.8.1.2.L'extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Le matériel végétal placée dans un alambic est traversée par un courant de vapeur d'eau ; les principes volatils, peu solubles dans l'eau, sont entraînés et, après condensation, séparés du distillat par décantation dans un récipient spécial ou vase florentin (Odile et al., 2007).

II.8.1.3.L'extraction par Hydrodiffusion

Consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression ; à travers la masse végétale. La composition des produits obtenus est qualitativement et sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques (Bruneton, 1993).

II.8.2.Extraction par expression à froid

L'expression, aussi appelée « pression à froid » ou « grattage » est un procédé d'extraction très simple. Est principalement utilisé pour les écorces des agrumes (citron ; pamplemousse, bergamote, orange douce, orange amère, mondaine), qui renferment une quantité importante d'huiles essentielle (**Buronzo, 2008**).

Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrice (**AFNOR, 2006**).

II.8.3.Extraction par CO₂ super critique

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le CO₂ 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 CO₂ est liquifié 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 (**Herzi, 2013 ; Rachid, 2015**).

II.8.4.Extraction assistée par micro-onde

Dans ce procédé la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation.

Ce procédé permet un gain considérable de temps (temps d'extraction divisé par 5 à 10) et d'énergie (température plus basse) (**Bousbia, 2011**).

II.8.5.L'extraction par les solvants volatils

Cette technique est basée sur la solubilité des essences aromatiques dans les solvants organiques, les solvants les plus utilisés actuellement sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment, le dichlorométhane et l'acétone .

L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement (**Harbouche et al ., 2016**).

II.9. Conservation des huiles essentielles

Il est nécessaire de conserver les huiles essentielles :

- à l'abri de l'air, et de la lumière, dans des flacons propres et secs, métalliques (aluminium ou acier inoxydables) ou en verre teinté, à froid (à 4 °C).
- Il faut éviter, d'une part, de mettre très peu d'huile essentielle dans le flacon et, d'autre part, d'utiliser des emballages et des bouchons en matière plastique qui peuvent être sensibles au contenu (**Hadji-Minaglou , 2012**).

- Il faut aussi les conserver en position verticale dans un lieu sec et frais et éviter de laisser les flacons débouchés trop longtemps (Alessandra ,2008 ; Buronzo et al., 2012).

II.10.Domains d'utilisation des huiles essentielles

Il existe des nombreux domaines d'utilisations des huiles essentielles :

II.10.1.Industrie pharmaceutique

En pharmacie, les principales activités des HEs, peuvent être résumées ainsi ; antiseptiques vis-à-vis des germes, des levures, de certains champignons inférieurs pathogènes, comme c'est le cas pour les HEs d'ail, de sarriette, de thym, de lavande, de pin ou d'eucalyptus.

Notons que le thymol possède un pouvoir antiseptique plus élevé que le phénol (Eberhard et al., 2005).

II.10.2.Industrie cosmétique

Dans le domaine des parfums et cosmétiques, les huiles essentielles sont employées en tant qu'agents conservateurs grâce à leurs propriétés antimicrobiennes qui permettent d'augmenter la durée de conservation du produit. Cependant, c'est surtout pour leurs caractéristiques odorantes en raison de leur forte volatilité et du fait qu'elles ne laissent pas de trace grasse, qu'elles sont utilisées, notamment dans la formulation de parfums, de produits d'entretien personnels ou ménagers domestiques ou industriels (Aburjai et Natsheh, 2003).

II.10.3.Industrie alimentaire

Les huiles essentielles peuvent servir d'additifs alimentaires ou d'agents de conservation qui soutiennent la production, la transformation et maintiennent les propriétés organoleptiques désirées. Elles peuvent assurer plusieurs fonctions dans l'industrie alimentaire tel que l'amélioration de la valeur nutritive des aliments; le maintien de la salubrité des aliments et l'appétibilité; le contrôle d'acidité/alcalinité; l'amélioration de la saveur et la couleur (Fouk, et al., 2002).

II.10.4.Agriculture

La volonté de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse dans l'agriculture moderne en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, s'est affermie ces dernières années. Concernant les pesticides, l'un des projets de loi vise à réduire la consommation en produits phytosanitaires de 50% en dix ans, l'échéance étant 2018 (Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2008). Dans ce contexte environnemental, les pesticides naturels basés notamment sur les huiles essentielles, représentent une alternative intéressante pour la protection des cultures contre les insectes mais également contre les adventices et les champignons (Isman, 2000 ; Dayan et al., 2009).

II.10.5.Agro-alimentaire

Les huiles essentielles sont utilisées en industrie agroalimentaire comme arômes et épices alimentaires pour les boissons gazeuses ou alcooliques, les condiments, les confiseries, les produits

laitiers, les produits carnés, les produits de boulangerie mais également pour la nutrition animale **(Bruneton, 1999)**.

Les plus couramment utilisées sont celles de : menthe, vanille, poivre, basilic, gingembre, eucalyptus...etc **(Mapoli, 2003)**.

Chapitre III

Activités biologiques des

huiles essentielles

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et en particulier, avec les groupements fonctionnels des composés majoritaires et des composés minoritaires (**Dorma et Deans , 2000**).

L'efficacité d'une huile essentielle dépend ainsi de sa richesse en composés phytochimiques ; plus elle est riche en substances actives, plus son activité est importante (**Zhiri, 2006**).

III.1 Activité Antimicrobienne

L'homme vit dans un environnement peuplé d'un grand nombre de microorganismes qui sont présent dans l'air, dans le sol, dans les eaux douces, dans les eaux marines, à la surface de la peau et les muqueuses ainsi qu'au niveau du tube digestif, de l'arbre respiratoire et de l'appareil urinaire.

Ces microorganismes sont constitués par les bactéries, les virus, les champignons et les parasites.

Ils sont soit des hôtes naturels de l'homme (saprophytes) par exemple la flore digestive, soit ils sont pathogènes.

Le monde bactérien est très vaste et les bactéries peuplent notre environnement. Elles assurent à la surface du globe, sur le sol et dans les eaux d'innombrables fonctions ; elles exercent des actions bénéfiques (ex bactéries fertilisantes du sol), mais d'autres peuvent provoquer des infections chez les plantes, les animaux et également chez l'homme (**Khiati, 1998**)

III.1.1. Les bactéries

Une bactérie est un microbe formé d'une seule cellule, visible au microscope, appartenant à une zone de transition entre le règne animal et le règne végétal.

Comme toute cellule, les bactéries sont constituées d'un noyau, isolé ou diffus, un protoplasme contenant des granulations et des vacuoles, une paroi parfois d'une capsule.

Certaines bactéries sont mobiles grâce à des cils vibratiles. Selon leur mode de nutrition et leur comportement vis-à-vis de l'oxygène, les bactéries sont classées en aérobies et en anaérobies (**Deramchia , 2018**).

III.1.1.1. La classification des bactéries

Il existe différents types de classifications des bactéries.

La classification de Linné permet de distinguer différents niveaux : le règne, l'embranchement, la famille, le genre et l'espèce (**Flandrois, 2000**). Chaque espèce se distingue par des caractéristiques métaboliques et morphologiques : les cocci seront plutôt courts et sphériques, les bacilles en forme de bâtonnet, d'autres peuvent être incurvés ou spiralés... (**Flandrois, 2000 ; Heart et al., 2006**).

Une autre classification, fréquemment utilisée, correspond à leur réaction au contact de la coloration de Gram. Il s'agit d'une méthode permettant de différencier les bactéries en fonction de leur capacité de coloration variant selon la composition de leur paroi (**Flandrois, 2000**). Ainsi, les bactéries colorées en bleu-violet seront dites à Gram positif et celles en rose à Gram négatif (**Heart et al., 2006**).

III.1.1.1.1. Bactéries à Gram-négatif

✚ *Escherichia coli* ATCC 25922

Escherichia coli est l'espèce bactérienne la plus connue de la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce bacille à Gram-négatif, à mobilité péritriche, se développe en aéro- anaérobie et sur gélose ordinaire en 24 heures à 37°C, en donnant des colonies rondes, lisses, à bords réguliers, non pigmentées. Cette espèce est connue depuis longtemps comme commensale du tube digestif et pathogène pour l'appareil urinaire.

E. coli est l'espèce la plus fréquemment responsable d'infections urinaires. Cette bactérie est aussi à l'origine de septicémies, de méningites chez le nourrisson ainsi que de manifestations intestinales telles que les diarrhées. Elle est également responsable d'infections communautaires et nosocomiales. (Avril et al., 1992 ; Avril et Fauchère, 2002).

✚ *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 14028

P. aeruginosa (ou bacille pyocyanique) est une bactérie à Gram négatif, aérobie stricte, dépourvue de capsule. Comme la plupart des espèces appartenant au genre *Pseudomonas*, *P. aeruginosa* n'exige aucun facteur de croissance. C'est une bactérie hautement versatile dotée d'une grande adaptabilité nutritionnelle et métabolique. Par conséquent, elle peut être isolée en culture sur des milieux ordinaires ou sur des milieux rendus sélectifs par addition d'inhibiteur, tel que le cétrimide.

Elle est strictement aérobie et sa température optimale de croissance est comprise entre 30 et 37°C. Les cultures de *P. aeruginosa* dégagent une odeur caractéristique, et produisent le plus souvent des pigments de pyocyanine et de pyoverdine (Wolfgang, Kulasekara et al., 2003).

III.1.1.1.2. Bactéries à Gram-positif

✚ *Staphylococcus aureus*

Les *Staphylocoques* sont des bactéries à cocci non sporulées, à Gram positif qui tendent à se grouper en amas ayant la forme de grappes de raisin, catalase positive, oxydase négative et immobiles. Le Genre *Staphylococcus* présente 30 espèces et sous espèces, les principales sont *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus saprophyticus* (Marchal, 2003).

Staphylocoque doit son nom à l'espèce qui a un aspect pigmenté de ses colonies avec une coloration en jaune d'or. Les *Staphylocoques* peuvent être l'agent fréquent responsable des infections nosocomiales, (Fritz et al., 2008).

III.1.1.2. Mécanismes d'action

Les mécanismes d'action des produits antimicrobiens autres que les antibiotiques restent encore généralement peu et mal connus.

Les agents chimiques antimicrobiens se classent en deux catégories selon leur effet. Le premier est létal. On le nomme par le suffixe –CIDE : virucide, bactéricide, fongicide, insecticide. Le second correspond à une inhibition de croissance en présence du produit actif. On le nomme avec le suffixe –STATIQUE : bactériostatique, fongistatique. **(Belkiri et Baghiani, 2017)**.

Les cinq étapes dans l'action des agents antimicrobiens **(Fleurette et Freney, 1995)** :

- 1) Adsorption sur la cellule suivie de la pénétration dans la paroi.
- 2) Réactions complexes avec la membrane cytoplasmique conduisant à sa désorganisation.
- 3) Echappement des composants de faible poids moléculaire du cytoplasme.
- 4) Dégradation des protéines et des acides nucléiques.
- 5) Lyse de la paroi causée par les enzymes autolytiques.

III.1.2. Les antibiotiques

Les antibiotiques sont des substances chimiques naturelles produites par des bactéries du sol et certains champignons, dont l'activité se manifeste à très faibles doses et d'une manière spécifique, par l'inhibition de certains processus vitaux, à l'égard d'autres microorganismes **(Nauciel et Vildé, 2005)**.

On les classe d'ailleurs selon leur mécanisme de destruction de la cellule bactérienne **(Pibiri, 2006)**:

- 1) Antibiotiques inhibant la synthèse de la paroi bactérienne.
- 2) Antibiotiques inhibant la synthèse de la membrane cytoplasmique.
- 3) Antibiotiques inhibiteurs de la synthèse protéique.
- 4) Antibiotiques inhibiteurs du métabolisme des acides nucléiques et de la synthèse de l'ADN.
- 5) Antibiotiques agissant par inhibition compétitive (exemple d'autres mécanismes).

III.1.2.1. L'utilisation des antibiotiques

L'utilisation des antibiotiques pour lutter contre des micro-organismes pathogènes est limitée en raison de leurs effets cancérigènes, leur toxicité aiguë et leur danger potentiel pour l'environnement en plus du problème de résistance bactérienne à cette classe thérapeutique. Plus récemment, la prévalence de la résistance aux antibiotiques a incité les chercheurs à rechercher de nouvelles molécules antimicrobiennes pour inhiber les diverses bactéries pathogènes humaines **(Rudramurthy et al., 2016)**.

Les molécules actives, impliquées dans les mécanismes de défense des plantes, sont issues du métabolisme secondaire. Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d'insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, qui sont des poches sécrétrices d'huiles essentielles. L'exploration des huiles essentielles pour la recherche de molécules à activité antibiotique semble donc être une voie intéressante. **(Elodie, 2010)**

On note l'étude faite par Chamberland en 1887 sur l'activité antimicrobienne des essences de cannelle, d'origan et de girofle (**Beylier Maurel, 1976**) et qu'en 1919 Gattefossé a montré que le bacille de Koch était détruit en 5 minutes par une émulsion à 1% d'huile de pin. Par conséquent, de nombreuses huiles ont été définies comme antibactériennes (**Burt, 2004**).

La croissance des bactéries, résistantes et multi-résistantes aux antibiotiques, peut être inhibée par certaines huiles essentielles. Les huiles d'agrumes, de lavande, de menthe, de genévrier, de l'arbre à thé, de thym et d'eucalyptus se révèlent particulièrement efficaces contre les staphylocoques dorés résistants à la méticilline (SARM) (**May et al., 2000 ; Tohidpour et al., 2010**).

III.1.3.Effet antimicrobien des huiles essentielles

Beaucoup d'articles scientifiques sont publiés chaque année par des médecins, des pharmaciens, des biologistes et des chercheurs qui travaillent sur les multiples propriétés des huiles essentielles et l'intérêt s'est porté tout particulièrement sur leur activité antimicrobienne. Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antibactériennes (**Ben Douissa, 2004 ; Benbelaid et al., 2012., Khia et al., 2014., Adrar et al., 2016., Ramdan et al., 2017., Sdiki et al., 2018 ; Boufares et al., 2019., Rabib et al., 2020**).

Le thymol et l'eugénol sont utilisés dans les produits cosmétiques et, alimentaires. Ces composés ont un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries : *E-coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium spp*, *Helicobacter pylori* (**Pauli, 2001**).

Une étude portant sur l'activité antibactérienne d'HE de 5 chémotypes de *Thymus pulegioides* a montré que : *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus aureus* étaient les plus sensibles envers toutes les HE utilisées, tandis que *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* et *Enterobacter aerogenes* étaient les plus résistantes (**Ložienė et al., 2007**).

III.1.3.1.Mode d'action des huiles essentielles sur les microbes

Le mode d'action des huiles essentielles sur les cellules bactériennes n'est pas clairement élucidé (**Kalemba et Kunicka, 2003 ; Burt, 2004**).

Selon **Bajpai et Kang (2010)**, compte-tenu de la variabilité quantitative et qualitative des composants des huiles essentielles, il est probable que leur activité antibactérienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire. Les principales localisations des sites d'action des constituants des huiles essentielles sont indiquées ci-dessous (**Figure 07**).

Le mode d'action des huiles essentielles dépend du type de microorganismes. En général, les bactéries Gram négatives sont plus résistantes que les bactéries Gram positives grâce à la structure de leur membrane externe. En effet, cette dernière est riche en lipopolysaccharides (LPS), ce qui la rend plus hydrophile, empêchant ainsi les composés hydrophobes des huiles essentielles d'y adhérer (Cristiani *et al.*, 2007).

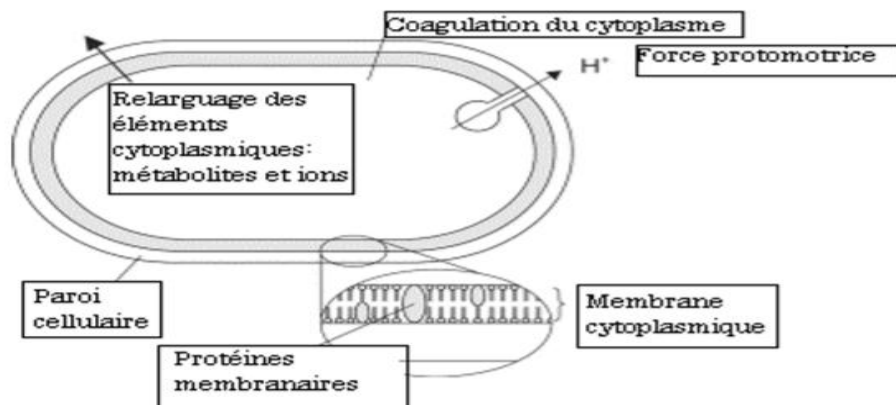


Figure 07 : Action des Huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne (Burt, 2004) .

III.1.3.1.1. Activité bactéricide et bactériostatique

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 al.*, 2003. Walsh *et al.*, 2003)

III.2. Activité antioxydante

Ces dernières années, l'intérêt porté aux antioxydants naturels, en relation avec leurs propriétés thérapeutiques, a augmenté considérablement. Des recherches scientifiques dans diverses spécialités ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir de plusieurs substances naturelles à savoir, les plantes médicinales et les produits agroalimentaires (Sanchez, 2002 ; Popovici *et al.*, 2009).

III.2.1. Mécanisme de production et d'élimination des ROS dans l'organisme

Les espèces réactives de l'oxygène à l'origine de la perturbation de l'homéostasie cellulaire peuvent être produites à la fois par des sources endogènes à travers le cytochrome P450 des mitochondries, les peroxysomes et les cellules inflammatoires, et par des sources exogènes tel que le rayonnement, l'ozone, l'hyperoxie et les xénobiotiques. Les mécanismes de défense contre la toxicité des espèces réactives de l'oxygène sont nombreux (Govindarajan *et al.*, 2005) et proviennent de diverses sources également.

La première source est endogène et est composée de protéines enzymatiques (**Figure 08**). Nous avons le complexe enzymatique superoxyde dismutase, la catalase et le glutathion peroxydase qui jouent un rôle indispensable dans cette défense (**Matés et Sánchez-Jiménez, 1999**).

La seconde source, très importante, est l'alimentation et la médecine à travers lesquelles des petites molécules sont consommées. Ce sont les vitamines, les caroténoïdes, les flavonoïdes, les acides phénols, les coumarines, les quinones, les alcaloïdes.

Les parties les plus actives de ces molécules sont les hydroxyles libres, les noyaux aromatiques, les doubles liaisons éthyléniques souvent conjuguées, qui permettent de donner des électrons et de rester stables par mémorisation (**Heim et al., 2002**).

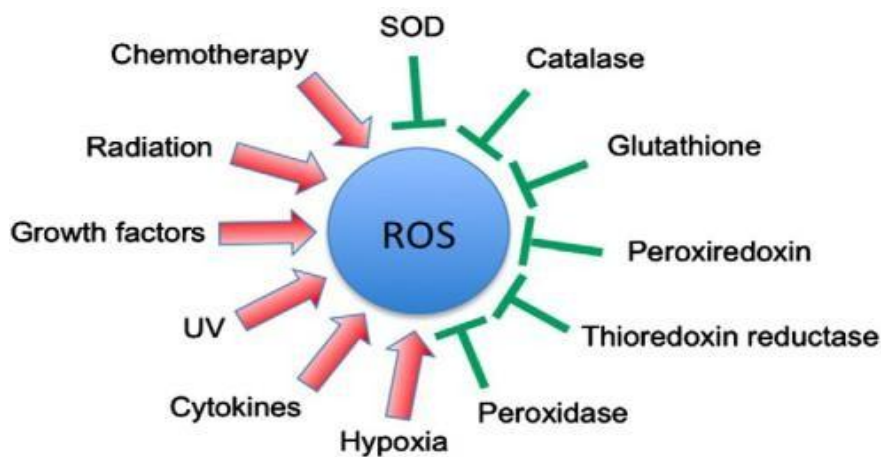


Figure 8 : Représentation schématique des divers activateurs et inhibiteurs de production d'espèces réactives de l'oxygène (**Heim et al., 2002**).

III.2.2. Antioxydants naturels

En ce qui concerne les plantes médicinales bien connues et économiquement importants, nous pouvons citer l'ail (*Allium sativum* L. ; Liliaceae) et le ginkgo (*Ginkgo biloba* L. ; Ginkgoaceae) qui sont utilisés dans le traitement des maladies cardio-vasculaires et circulatoires dues au vieillissement (**Igor, 2002**).

III.2.3. Le stress oxydatif

III.2.3.1. Définition

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

Dans les circonstances quotidiennes normales, des radicaux libres sont produits en permanence en faible quantité comme les médiateurs tissulaires ou les résidus des réactions énergétiques ou de défense, et cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense, d'ailleurs adaptatifs par rapport au niveau de radicaux présents. Dans ces circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/pro oxydants est en équilibre. Si tel n'est pas le cas, que ce soit

par déficit en antioxydants ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux. (Favier, 2003).

La balance oxydative définit donc l'équilibre entre les espèces réactives de l'oxygène et les espèces antioxydantes. En médecine la balance oxydative est un concept pour maintenir l'organisme en bonne santé (Davies, 2000 ; Finkel and Holbrook, 2000).

III.2.3.2. Les antioxydants

Un antioxydant est défini comme toute substance ayant la capacité de retarder, prévenir ou réparer un dommage oxydatif d'une molécule cible (Halliwell et Gutteridge, 2007). Ainsi, les antioxydants servent à contrôler le niveau des espèces réactives pour minimiser le dommage oxydatif (Tang et Halliwell, 2010).

III.2.3.2.1. Le système antioxydant endogène

a) Antioxydants enzymatiques

Plusieurs enzymes principales sont présentes : La catalase, la glutathion, peroxydase (GPx) et le superoxyde dismutase (SOD).

On peut trouver aussi :

- ✚ Les peroxyredoxines (Prxs)
- ✚ Paraonase
- ✚ Thioredoxin(Trx. L'hème oxygénase-1(HO-1))

b) Les antioxydants non enzymatiques

Ce système comprend plusieurs molécules, tels que l'acide urique le glutathion et les protéines de stockage des métaux de transition (ferritine, transferrine, lactoferrine et céruloplasmine) (Savini et al., 2013).

III.2.3.2.2. Le système antioxydant exogène

✚ La vitamine E

Il s'agit d'un ensemble de composés phénoliques appelés tocophérols (α , β , γ , δ) ou tocols. (Papas, 2008).

✚ La vitamine C

Importante pour l'homme car elle joue le rôle de cofacteur enzymatique et d'un antioxydant (Kim et al., 2013).

✚ Les caroténoïdes

Les caroténoïdes captent les peroxydes et les radicaux hydroxyles. Ils sont donc capables d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique. (Sanders et Emery, 2003).

✚ Les polyphénols

On définit les polyphénols comme composés antioxydants (Zhu et al., 2012).

Les substances naturelles dont les huiles essentielles sont classées tant qu'antioxydants non enzymatiques. (Madhavi., 1996)

III.2.3.3. Mécanisme d'action des antioxydants

Suivant leurs mécanismes d'action les antioxydants peuvent être classés en trois types :

✚ Les antioxydants de type I

L'action des antioxydants de type I repose sur leur capacité à inactiver les radicaux libres. Ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents (**Belaiche, 1979**).

✚ Les antioxydants de type II

Ce type d'antioxydant prévient la formation des radicaux libres et peut intervenir par différents mécanismes. Les flavonoïdes (un énorme potentiel antioxydant naturel) rentrent dans cette catégorie d'antioxydants. Ils agissent en piégeant les radicaux libres et en complexant les métaux pro-oxydants (**Roeding-Penman et Gordon, 1998**).

✚ Les antioxydants de type III

Ils regroupent les facteurs de l'environnement qui ont une action antioxydante en agissant sur le potentiel redox du milieu, la température, la pression en oxygène, la lumière.

L'efficacité des antioxydants peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange d'antioxydants de type I et II. L'association de ces deux types d'antioxydants permet d'inhiber les phases d'initiation et de propagation de l'oxydation des lipides (**Frankel, 1998**).

III.2.4. Les radicaux libres

Un radical libre est une espèce, atome ou molécule, contenant un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que transitoire et il est comblé soit par l'acceptation d'un autre électron soit par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule. Ces espèces radicalaires très instables et très réactives sont produites d'une manière continue au sein de notre organisme, dans le cadre de nombreux phénomènes biologiques. Par exemple, lors de la respiration cellulaire, l'oxygène moléculaire se transforme en diverses substances oxygénées, communément appelées radicaux libres de l'oxygène ou espèces réactives oxygénées (Reactive Oxygen Species : ROS) (**Gutteridge, 1993**).

Chapitre IV

La zone d'étude

IV.1-Présentation de la zone d'étude

La forêt de SDAMA d'une superficie de 82.000ha, occupe les monts de Frenda, soit l'ouest de la ville de Tiaret. Elle relève de la circonscription de Frenda soit de la conservation des forêts de Tiaret. Les massifs de SDAMA se replient en deux lots : le SDAMA CHERGUI (44.000 ha) et SDAMA GHERBI (38.000ha). Il s'agit d'anciennes forêts domaniales (**Boudy, 1955**).

La forêt de SDAMA CHERGUI, chevauche sur le territoire de deux wilayas, Tiaret et Mascara, elle est parsemée par une multitude d'enclaves, qui sont utilisées par l'agriculture.

IV.1.1.Situation géographique

La zone d'étude fait partie des monts de Frenda. Elle est située entre les parallèles ($35^{\circ} 5'$) et ($35^{\circ} 20'$) de latitude Nord, et entre les méridiens ($0^{\circ} 47'$) et ($1^{\circ} 30'$) à l'Est de méridien international, elle est limitée :

- Au Nord-est par la forêt des Beni Affene.
- Au Nord-Ouest par la rupture de pente qui délimite la zone montagneuse.
- Au Sud par la route nationale N°14 qui relie Frenda à Tiaret,
- A l'Est par une limite naturelle. C'est le relief qui détermine la limite de la forêt.
- A l'Ouest par l'Oued et That, dans la partie septentrionale, et par la rupture de pente des djebels, qui sont parallèles à ce même Oued, dans la partie sud (**Bnef ,1978 in Mokhfi, 2006**).

IV.1.2.Situation administrative

La forêt des Sdamas chergui, dépend de la daïra de Frenda, de Medroussa et Mechraâ Sfa. Elle se trouve presque en totalité dans la Wilaya de Tiaret ; elle s'étend sur les communes suivantes :

- Frenda, Medroussa, Sidi-Bakhti, Djillali Ben Amer, Mechra Asfa (wilaya de Tiaret)
- Ain Ferrah (daïra de Tighenif wilaya de Mascara).

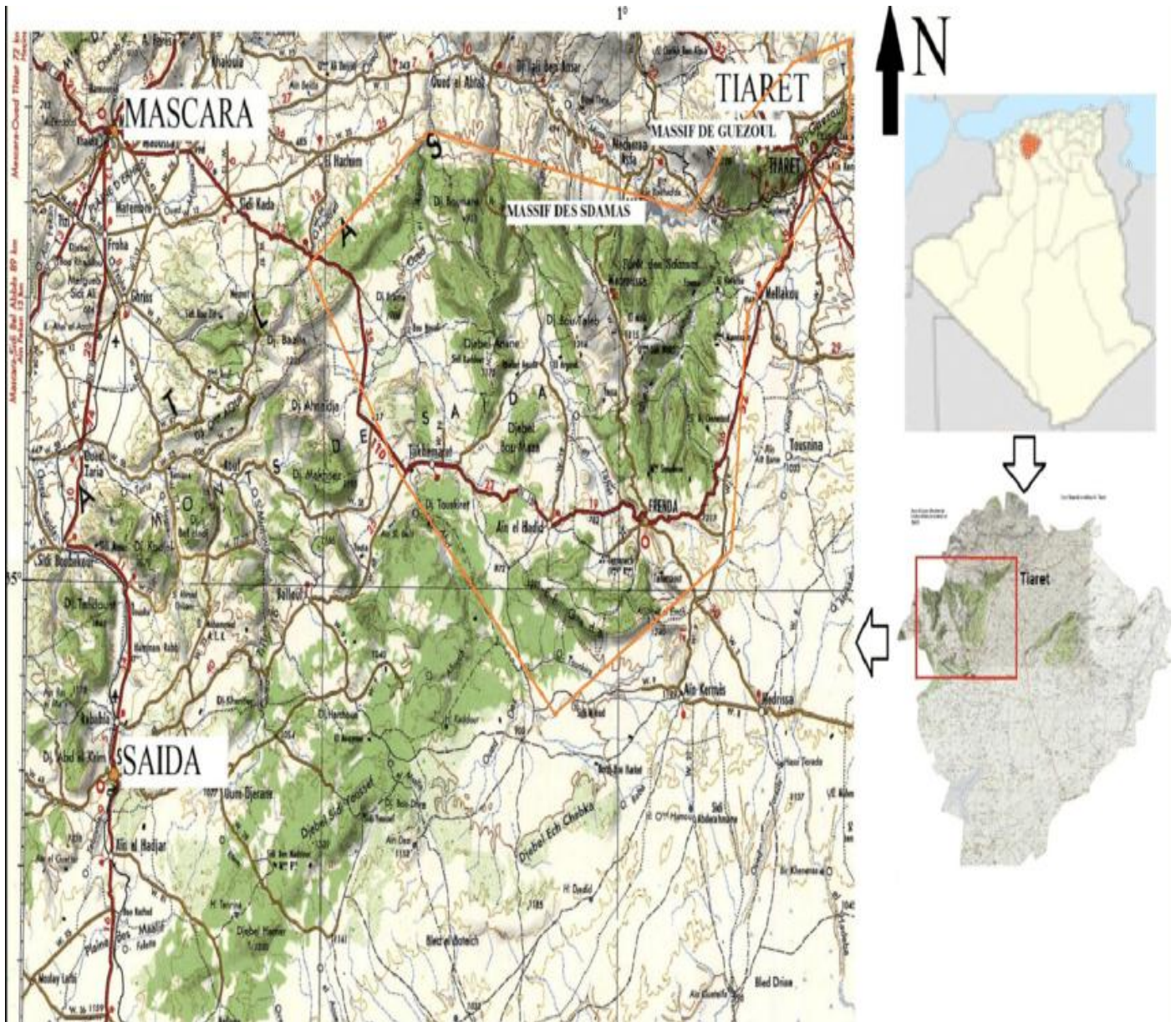


Figure 10 : localisation de la forêt de SDAMA dans la wilaya de Tiaret (Brahim ,2017).

IV.2.Végétation de la région

Tout le massif est parcouru par une forêt de thuya (*tetraclinis articulata*), de pin d'Alep (*pinus halepensis Mill*), d'ancien chêne vert (*Quercus ilex*) cyprès (*cupressus semperviens*) et d'eucalyptus. Au sein de cette plantation, on note la présence des tiges clairsemées de genévrier oxycéder (*juniperus oxycedrus*).

Au niveau du cortège floristique on note la présence de l'Asphodèle (*Asphodelus macrocarpa*), du Diss (*Ampélodesmos mauritanicum*), le lentisque (*pistacia lentiscus*) (Benayada , 2008).

IV.3. Etude climatique

La région de Tiaret par sa position géographique, et la diversité de son relief, subit des influences climatiques conjuguées des grandes masses d'air, de l'exposition du relief, et de l'altitude (Miara, 2011).

Le climat par ses différents facteurs (température, pluviométrie, vent) joue un rôle déterminant et intervient d'une façon décisive sur la croissance et la répartition du monde vivant.

Notre étude climatique est basée sur des données qui s'étendent de 1984 à 2018 disponibles sur le site internet (www.tutimpo.com).

IV.3.1. Température

La température est considérée comme l'un des éléments fondamentaux du climat, affectant directement les processus biologiques et chimiques dans la biosphère et l'activité de tous les êtres vivants.

C'est l'un des éléments les plus importants pour caractériser le type de climat et déterminer son régime d'humidité (Safa, 2010).

Chaque espèce exige pour son développement normal un certain degré de chaleur. De même, il existe des températures au-dessus et au-dessous desquelles une espèce ne peut survivre (Safa, 2010).

Les influences thermiques jouent un rôle important dans l'évaluation de la matière organique particulièrement les horizons de surface.

Les moyennes mensuelles des températures confirment que Janvier est le mois le plus froid (5,7° C) et Juillet est le plus chaud (25,9°C).

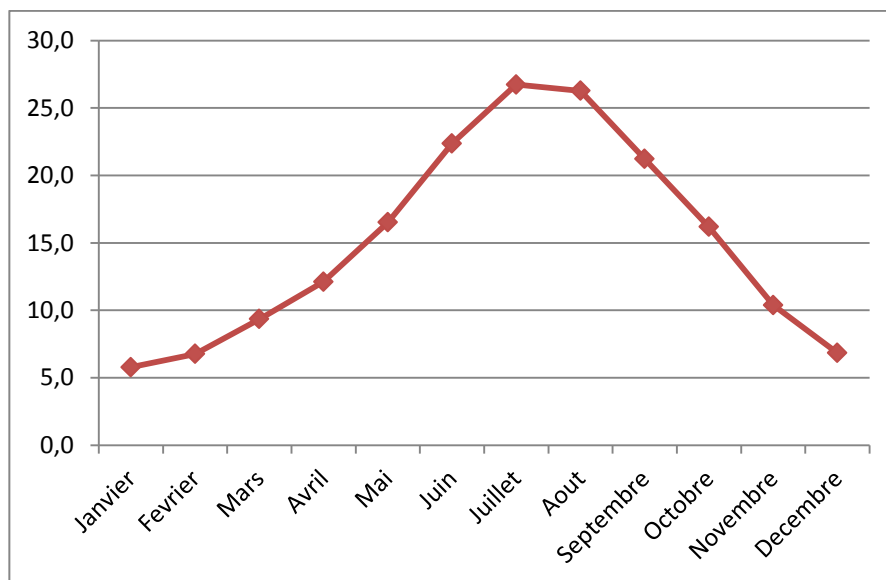


Figure 11 : variation des moyennes mensuelles des températures (1984-2018).

IV.3.2. La pluviosité

La moyenne pluviométrique annuelle calculée au cours de cette période (1984 à 2018) est égale à 350 mm, les valeurs de la pluviométrie pendant ces années ont oscillé entre un minimum de 162,6mm enregistré en 1999 et un maximum de 662mm en 2013 (**Figure 12**). Les années les plus arrosées sont : 1997, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2010, 2013, et 2018 où la pluviométrie a dépassé les 400 mm Les années les plus sèches sont 1985 et 1999 où la pluviométrie n'a pas dépassé 170 mm.

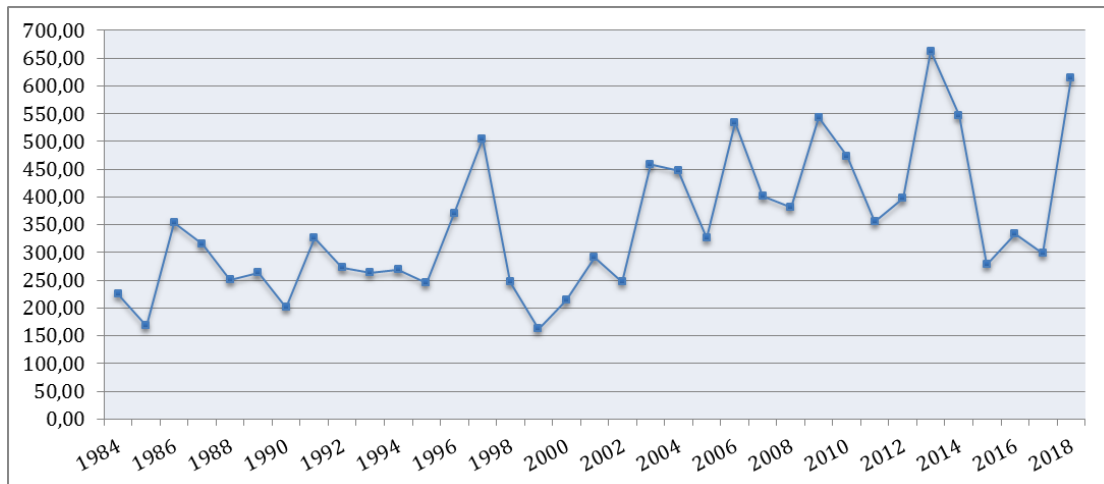


Figure 12 : Evolution des précipitations annuelles (1984-2018).

IV.3.3. Le vent

Le vent joue un rôle important comme facteur dans le comportement des feux de forêts. Les vents dominants sont ceux d'une direction nord-ouest, la période estivale est caractérisée par le sirocco, facteur de propagation des incendies et augmente le taux d'inflammabilité du thuya de berbérie, cela est dû à la nature de la résine que contient cette essence. Les vents soufflent de l'ouest et le nord-ouest avec des vitesses moyenne atteignant 3.96 Km/h.

IV.4. Situation bioclimatique

IV.4.1. Le quotient pluviothermique d'Emberger

Emberger (1955) a établi un quotient pluviothermique « Q_2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Le diagramme correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale. Ce quotient a été formulé de la façon suivante : $M^2 - m^2$

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{M+m}{2}(M-m)} \quad \text{Ou encore } Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2} \text{ Où :}$$

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°)

m : Moyenne des maxima du mois le plus froid (K°)($T+273^{\circ}K$).

Sur le climagramme d'Emberger (Figure 13), le Q_2 de la région de Tiaret égale à 35,52. Ce dernier est inférieur à celui calculé pour la période 1918 - 1938 par (Nouar, 2015), estimé à 68,67. A cet effet, nous remarquons que l'étage bioclimatique de la région de Tiaret a subi une chute de l'étage bioclimatique subhumide presque moyen hiver frais au semi-aride inférieur à hiver frais au cours de la période 1984-2018.

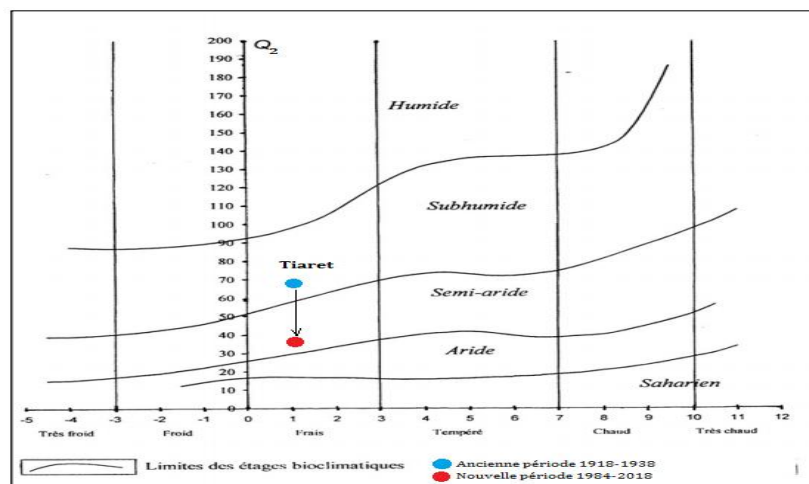


Figure 13 : Climagramme pluviothermique d'Emberger(Q_2).

IV.4.2. Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussenen 1953, ont établi un diagramme qui permet de dégager la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures en $^{\circ}C$ avec celles des précipitations en mm ; en admettant que le mois est sec lorsque « P est inférieur ou égal à $2T$ ».

L'analyse de diagrammes de la (**Figure 14**), permet de visualiser une période pluvieuse qui s'étend généralement de fin d'Octobre au d'but de Mai.

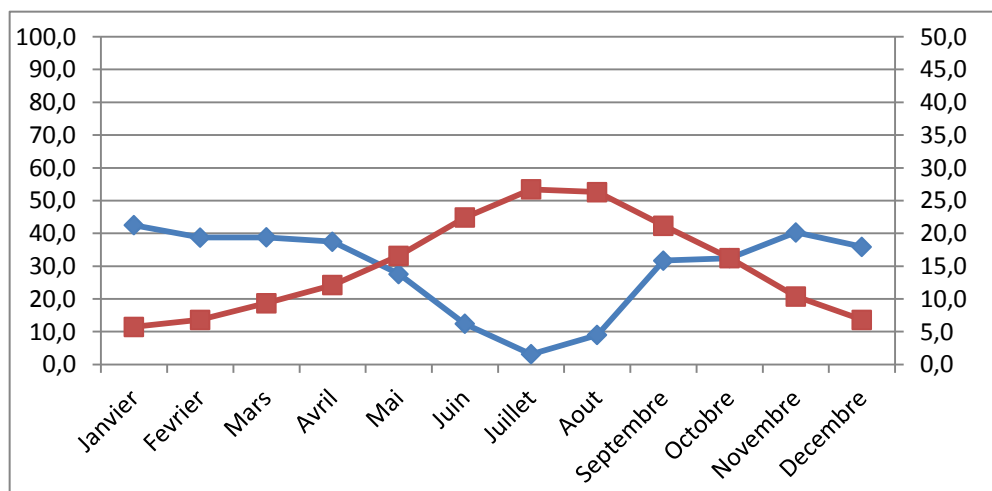


Figure 14: Diagrammes Ombrothermiques de **Bagnouls** et **Gausсен**

(**P** : précipitations moyennes mensuelles ; **T** : température moyenne mensuelle.)

Matériels et Méthodes

Objectif principal

Notre travail était porté sur l'extraction de l'huile essentielle des feuilles écaillées de *Tetraclinis articulata* par hydrodistillation afin de pouvoir déterminer son pouvoir antioxydant et antibactérien, mais vu les circonstances du Covid 19, le travail s'est arrêté et notre partie expérimentale s'est dirigé vers une description des différentes techniques utilisées et une étude comparative entre les résultats obtenus des travaux antécédents portant sur l'étude des activités biologiques de notre huile essentielle dans les trois pays, à savoir l'Algérie, le Maroc et la Tunisie

V.1. Préparation des échantillons

Les feuilles écaillées de *Tetraclinis articulata* ont été récolté de la station de Sdama Chergui, de la région de Sidi Bakhti, wilaya de Tiaret, au mois d'avril 2017

Le séchage des feuilles est effectué directement après la collecte, à l'aire libre, pendant 15 à 20 jours puis déposées dans des sacs en papier, à l'abri de l'air et de la lumière.

Les plantes doivent être séchées à l'air et à l'ombre. En effet, des modifications chimiques, physiques et biochimiques dues à l'action de la lumière et de la température peuvent influencer sur la qualité d'huile. (*Festy, 2014*)

V.2. Protocole d'extraction

L'extraction de l'huile essentielle a été réalisé par la méthode D'hydrodistillation. Après avoir pesé 100g de matière végétale, constitué des partie aérienne (feuilles seulement) de l'espèce étudiée, elle est introduite dans un ballon de deux litres remplis d'eaux aux 2/3 de son volume.

Le ballon chauffé à l'aide d'un chauffe ballon pendant une durée de 3 à 6 heures, produit de la vapeur chargée de produits volatils. Cette vapeur se condense au contact du réfrigérant, le condensat est recueilli dans une erlenmeyer à col rodé (à défaut de trouver une ampoule à décanter adaptable à notre dispositif) puis dans une ampoule à décanter ou l'on sépare la phase aqueuse de la phase organique (phase supérieur) qui constitue l'HE qui sera séchée avec du sulfate de sodium (Na_2SO_4) afin d'éliminer toute trace d'eau.

L'HE séchée est conservée à une température de 4°C dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement en vue de son utilisation (*Clevenger, 1928*).



Figure 15 : Dispositif D'extraction des HEs Type Clevenger
(Bouchaala , 2019).

V.3.Principales méthodes de détermination de l'activité antimicrobienne

Les différents protocoles peuvent être classés :

- Selon le milieu dans lequel se fait la diffusion de l'HE, soit liquide, solide ou gazeux ;
- Selon la nature du contact de l'HE avec le germe : diffusion sur disque, solution alcoolique ou dispersion dans un émulsionnant.

V.3.1. Techniques de screening des huiles essentielles

V.3.1.1. Aromatogramme

L'aromatogramme ou encore méthode des disques est l'une de ces méthodes. Elle a l'avantage de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes et d'avoir été largement évaluée par 50 ans d'utilisation mondiale. 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. Après incubation, les bactéries se développent sur toute la surface de la gélose sauf là où elles rencontrent une concentration d'HE suffisante pour inhiber leur croissance. On observe ainsi autour des disques une zone circulaire indemne de colonies, 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).

V.3.1.2. Technique de diffusion en puits

Un puits (d'environ 6mm) est creusé au centre de la gélose dans lequel sera coulée une quantité d'huile essentielle pure ou diluée. Après incubation, des zones d'inhibition de croissance bactérienne sont obtenues (pour les huiles actives) et mesurées (Dorman et Deans, 2000).

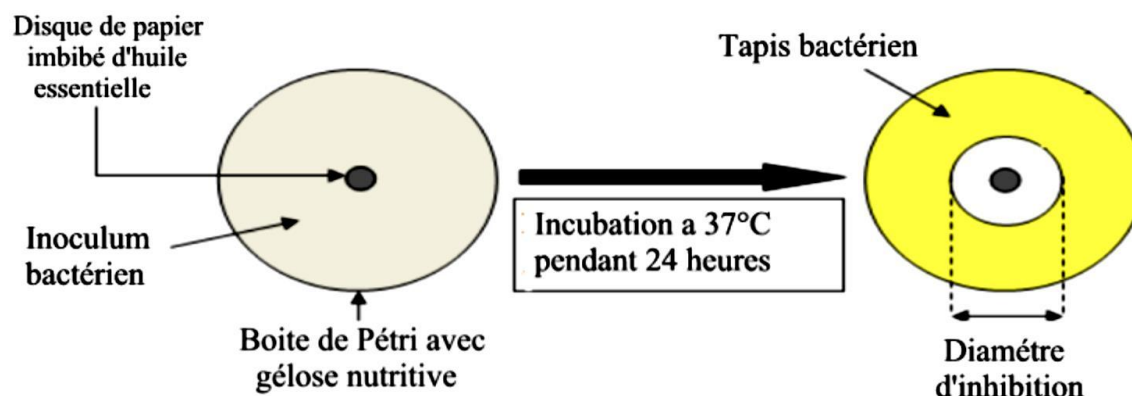
Pour ces 2 techniques, la sensibilité du germe testé peut être évaluée selon le diamètre d'inhibition obtenu. En effet, la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 8 mm Elle est limitée pour un diamètre compris entre 8 et 14 mm, et moyenne pour un diamètre entre 14 et 20 mm Pour un diamètre supérieur ou égale à 20 mm le germe est très sensible (**Durafouet *al.*, 1990**).

V.3.2. Techniques de détermination de la CMI des huiles essentielles

a) Techniques de diffusion en milieu solide

L'huile essentielle est mélangée aux concentrations désirées avec le milieu gélosé liquéfié par simple agitation manuelle. Après refroidissement, on ensemence et on incube (**Taudou, 1990**). L'adjonction d'un émulsifiant (Tween 80), inerte, stable et dépourvu d'action synergique antibiotique, peut être réalisée pour améliorer la solubilité de l'huile essentielle et sa diffusion dans la gélose (**Perruci *et al.*,1994**). Ainsi, l'huile essentielle est préparée dans une solution de Tween 80 à la concentration désirée.

Le mélange est agité manuellement pendant 10 minutes, puis ajouté au milieu gélosé liquéfié. L'ensemble est coulé en boîte de pétri. L'ensemencement est effectué après refroidissement de la



gélose.

Figure16 : Schéma simplifié du principe de la méthode de l'aromatogramme (**Bouchaala.,2019**)

La sensibilité des souches microbiennes testées est déterminée par la méthode de diffusion sur milieu solide (méthode des disques) en mesurant les diamètres des zones d'inhibition dans les deux sens perpendiculaires autour des disques.

La sensibilité à l'HE a été classée selon **Ponce *et al.*** Par le diamètre des halos d'inhibition :

- ✓ Non sensible (-) pour $\text{Ø} < 8$ mm ;
- ✓ Sensible (+) pour 9-14 mm ;
- ✓ Très sensible (++) pour Ø 15-19 mm et
- ✓ Extrêmement sensible (+++) pour $\text{Ø} > 20$ mm. (**Ponce *et al.*, 2003**)

b) Techniques de diffusion en milieu liquide

➤ Test de microdilution :

D'après **Carson et al. (1995)** l'incorporation de l'huile essentielle dans le milieu de culture liquide se fait en utilisant un émulsifiant (Tween 80) pour préparer les solutions de l'huile essentielle à la concentration désirée. La détermination de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle se fait au moyen d'une microplaque de 96 puits. La détermination de la CMI est réalisée en faisant appel à un indicateur de croissance en solution (Triphényl Tétrazolium Chloride) (TTC). La croissance bactérienne est indiquée par l'apparition d'une couleur rouge de la solution témoignant de la réduction ou la précipitation du TTC. La CMI est ainsi déterminée par le dernier puits de la microplaque, par ordre décroissant de concentration, qui ne montre aucun changement de couleur. La CMB est calculée en transportant 10 µl des puits ne montrant pas de croissance bactérienne sur un milieu solide.

La plus faible concentration tuant 99,9% des micro-organismes en culture sur ce milieu correspond à la CMB.

➤ Test de macrodilution

Selon **Onawunmi (1989)** le principe est le même que celui du test de microdilution, sauf qu'il est effectué dans des tubes contenant l'huile essentielle, à différentes concentrations, incorporée dans un bouillon de culture liquide.

La CMI est déterminée au niveau du dernier tube ne montrant aucune croissance microbienne visible.

c) Techniques de diffusion en phase vapeur

➤ Méthode des micro-atmosphères

Le disque imprégné d'essence est disposé au centre géométrique du couvercle de la boîte de pétri et non plus au contact avec la gélose. La boîte est hermétiquement fermée. Il se produit une évaporation des substances volatiles dans l'enceinte de la boîte. La lecture des résultats de ce test porte sur la croissance ou non de l'inoculum, se traduisant par un halot qui sera mesuré par un pied à coulisse. Cette méthode ne quantifie pas l'activité antimicrobienne réelle des huiles essentielles, elle met en évidence seulement la sensibilité du microorganisme testé aux constituants volatils à la température d'incubation (**Kellner et Kobert 1954**).

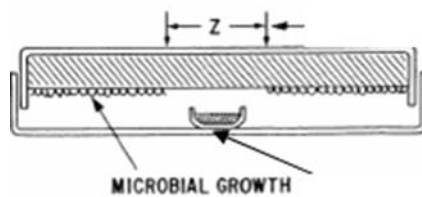


Figure 17 : Illustration de la méthode des micro atmosphères (Kerbouche,2010)

V.4.Méthodes d'étude du pouvoir antioxydant des huiles essentielles

V.4.1.Test par DPPH (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)

C'est une méthode colorimétrique basée sur la capacité des substances dites antioxydants à donner un électron au radical synthétique DPPH* (2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl). Cette réduction se traduit par un changement de la couleur violette de la solution éthanolique de DPPH vers une coloration jaunâtre (Molyneux, 2004).

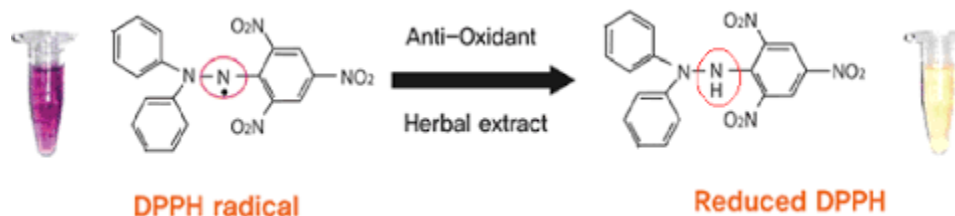


Figure 18 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH• (Bouchekrif., 2018).

L'évaluation de l'effet scavenger des huiles essentielles envers le radical libre DPPH*(1,1-Di PhenylPicrylHydrazyl) est réalisée selon la méthode décrite par Que et al., (2006). Pratiquement, 600µl de chacune des solutions méthanolique des HE testées à différentes concentrations sont mélangées avec 600µl d'une solution méthanolique de DPPH (0.004%). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorbance est lue à 517nm. Aussi, l'inhibition du radicale libre DPPH par le BHA a été également analysée avec la même concentration pour la comparaison.

Enfin, on détermine la cinétique de la réaction et les paramètres de calcul de l'activité antioxydant pour le BHA et pour les HE. Tous les essais ont été effectués en triple.

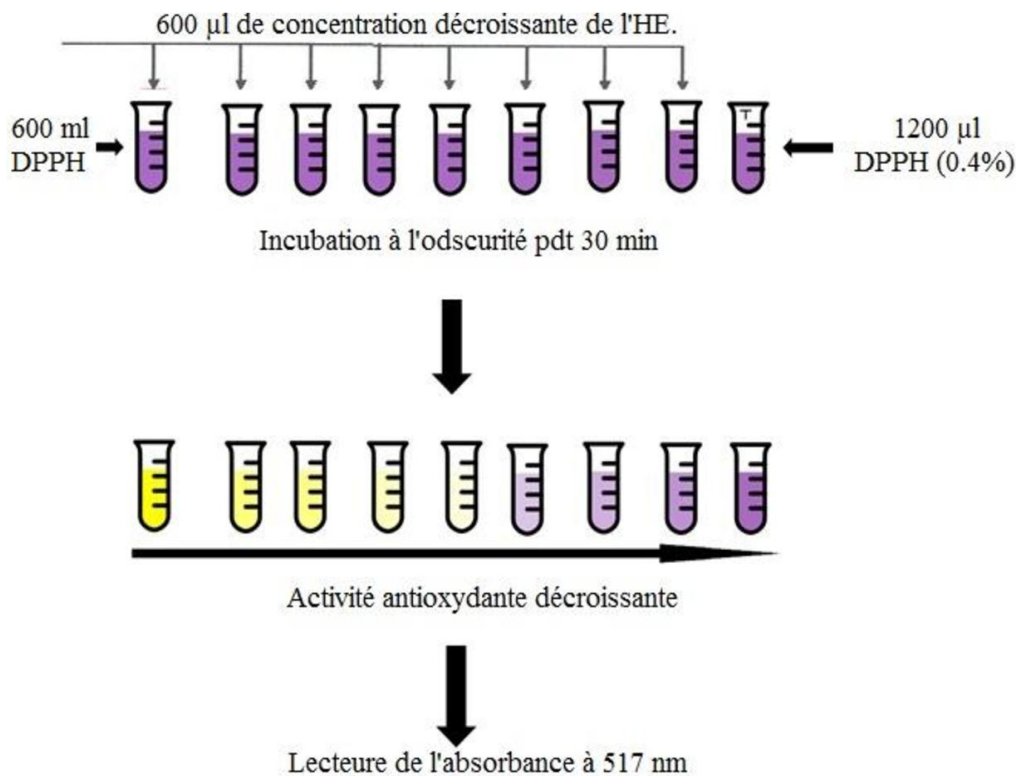


Figure 19 : Test de l'activité anti radicalaire, DPPH (Bouchekrif., 2018).

Les mesures de l'absorbance du DPPH des différentes substances antioxydants (HE et BHT) permettent de déterminer le pourcentage d'inhibition PI en appliquant la formule suivante :

$$PI (\%) = (ABS \text{ control} - ABS \text{ test}) \times 100 / ABS \text{ control}.$$

ABS test : absorbance de l'échantillon.

L'étude de la variation de l'activité anti radicalaire en fonction de la concentration des extraits permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (IC50). Une faible valeur d'IC50 correspondant à une grande efficacité de l'extrait.

Partie II

Partie expérimentale

VI.1. Activités antibactériennes

Dans notre étude, on s'est intéressé à la comparaison entre les différents travaux portant sur l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* issue de l'Algérie et du Maroc.

Les tableaux suivants (1 et 2) représentent l'activité antibactérienne de cette huile sur deux types de bactéries (Gram + et Gram -).

Tableau 01 : Activité antibactérienne de l'huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* provenant d'Algérie.

| Paye | Régions et l'auteur | Les bactéries utilisées | DAI (mm) | CMI ($\mu\text{g/mL}$) | Méthode utilisée |
|---|--|-------------------------|---------------|--------------------------|--|
| Algérie | Hammam miloune (40 km au Sud) (Chikhoune et al.,2013) | <i>E.coli</i> | $7 \pm 0,1$ | 1 | Méthode de diffusion sur disque de papier (AAB) Technique de micro-dilution en milieu liquide (CMI) |
| | | <i>S.aureus</i> | $22 \pm 0,9$ | 0,2 | |
| | | <i>P.aeruginosa</i> | $7,5 \pm 0,2$ | 0,4 | |
| | Tipaza (70 km à l'ouest) (Chikhoune et al.,2013) | <i>E.coli</i> | $10 \pm 0,1$ | 1 | |
| | | <i>S.aureus</i> | $18 \pm 0,4$ | 0,4 | |
| | | <i>P.aeruginosa</i> | $11 \pm 0,2$ | Non déterminé | |
| Ain Defla (200 km à l'ouest) (Djouahri et al., 2016) | <i>S.aureus</i> | $25,3 \pm 1,7$ | 0,25 | | |
| | <i>E. coli</i> | $15,5 \pm 0,7$ | 30 | | |
| | <i>P.aeruginosa</i> | $15,5 \pm 0,5$ | 30 | | |

L'huile essentielle des feuilles de *Tetraclinis articulata* a été testée contre une bactérie Gram-positif et deux bactéries gram négatif.

Les données du tableau 1, montrent que l'huile présentait une activité biologique modérée à élever contre toutes les bactéries testées.

La souche la plus sensible était *S. aureus*, avec une zone d'inhibition de l'ordre de : $22 \pm 0,9$ mm et $18 \pm 0,4$ mm, respectivement pour l'huile essentielle provenant des régions de Hammam

melouane et Tipaza avec une valeur de CMI égal à 0,2 µg/ml et 0.4 µg/ml, proche du résultat de l'huile issu de la région de Ain Defla avec une zone d'inhibition à diamètre de $25,3 \pm 1,7$ mm et une valeur de CMI égal à 0,25 µg/ml.

Tandis que *E. coli* était moins sensible à l'huile des régions de Hammam melouane et Tipaza avec des zones d'inhibitions allant de $7 \pm 0,1$ mm à $10 \pm 0,1$ mm respectivement et une valeur de CMI égale à 1,0 µg/ml contre un diamètre de zone d'inhibition de $15,5 \pm 0,7$ mm et une valeur CMI de 30 µg/ml pour l'huile de Ain Defla, qui montrer un effet inhibiteur puissant contre *E. coli*.

Cette même huile de Ain Defla a montré une activité antibactérienne intéressante contre *P. aeruginosa* avec un diamètre de zone d'inhibition de $15,5 \pm 0,5$ mm et une valeur de CMI 30 µg/ml. Ce résultat est supérieur à celui présenté dans l'étude des régions de Hammam melouane et Tipaza qui ont enregistré des diamètres de zone d'inhibition de 7.5 ± 0.2 mm et 11.0 ± 0.2 mm et une valeur de CMI égal à 0.4 µg/ml.

Tableau 02 : Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* provenant du Maroc.

| Paye | Région | Les bactéries utilisées | DAI (mm) | CMI(µg/ml) | CMB (µg/ml) | Méthode utilisé |
|-------|---------------------------------|-------------------------|------------------|--------------|-------------|---|
| Maroc | Khenifra (Zerkani et al., 2019) | <i>S.aureus</i> | 14.23 ± 0.22 | 2.4 | 4.86 | Méthode de diffusion sur disque de papier (AAB) |
| | | <i>E.coli</i> | 11.91 ± 0.11 | 9.7 | 16 | Technique de micro-dilution en milieu liquide (CMI) |
| | Beslimane (Rabib et al., 2020) | <i>S.aureus</i> | 48 | 1.56 | 1.56 | |
| | | <i>E.coli</i> | 8 ± 00 | 25 | 25 | |

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle des feuilles écaillées de *Tetraclinis articulata* contre les bactéries utilisées a été évaluée qualitativement et quantitativement par la présence ou l'absence des zones d'inhibition. Il a été constaté à partir de l'analyse des résultats obtenus que les microorganismes étudiés étaient sensibles.

L'huile essentielles de la région de Beslimane a montré un effet inhibiteur assez important contre la bactérie *Staphylococcus aureus* avec un diamètre de zone d'inhibition de 48 mm et une CMI égale à 1,56 µg/mL, par rapport à celui de la région de Khenifra (diamètre de $14.23 \pm 0,22$ mm et CMI de 2,4 µl/ml).

Par contre, pour *E coli*, c'est l'huile de la région de Khenifra qui possède un effet inhibiteur élevé avec 11.91 ± 0.11 mm de diamètre contre 8 mm pour la région de Beslimane.

Selon les résultats, le rapport CMB/CMI est inférieur à 3 pour toutes les deux souches, ce qui traduit que l'huile essentielle des écailles de *Tetraclinis articulata* a une capacité bactéricide vers les bactéries testées (Zerkani et al., 2019).

VI.2. Activité antioxydante

Dans ce cadre, dans notre étude, on s'est intéressé à la comparaison entre les différentes études de l'activité antioxydant de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* des trois pays de l'Afrique du nord, à savoir l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.

Les tableaux suivant 1,2 et 3 représentent les concentrations inhibitrices obtenues par la méthode DPPH (diphényl-picrylhydrazyle) de l'huile en question dans différentes régions des trois pays.

Tableau 03 : Activités antioxydant de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* provenant du Maroc.

| Pays | Région | Résultat |
|-------|--|--|
| Maroc | Marrakech, Aït Assi Ihahan (N 30° 91/O 09° 43) (El Jemli et al., 2016 a) | CI50 : $12,05 \times 10^3 \pm 0,24$ µg/ml |
| | Khemisset (Bourkhiss et al., 2010) | IC50 est : $200 \text{mg/l} = 0,2 * 10^3 \mu\text{g/ml}$. |

D'après les résultats obtenus, le pouvoir antioxydant des huiles essentielles des feuilles écaillées de thuya récoltées dans le Région de Marrakech, a présenté une faible activité avec une IC50 de l'ordre de $12,05 \times 10^3 \pm 0,24$ µg / ml, plus faible que la norme de BHT (IC50 à $4,20 \pm 0,02$ µg / ml).

Dans le même cadre, l'huile essentielle de la même espèce provenant de la région Khemisset a démontré une bonne efficacité antioxydante en enregistrant une valeur d'IC50 de l'ordre de $0,2 * 10^3$ µg/ml par comparaison à celle de BHT (IC50 à $0,28 * 10^3$ µg/ml).

D'après les résultats obtenus, l'huile essentielle de la région de khemisset présente une activité antioxydante importante et plus efficace ($0,2 * 10^3$ µg/ml) par rapport à celle de la région de Merrakeche ($12,05 \times 10^3 \pm 0,24$ µg/ml).

Tableau 04 : Activités antioxydant de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* provenant de la Tunisie

| Pays | Région | Résultat |
|---------|--|------------------------------|
| Tunisie | Korbos (situé dans la région du Cap Bon à 60 Km) (Herzi et al., 2013) | CI50 de 3681,49± 69,33 µg/ml |
| | Parc national Bou kornine (Ben Jemiaa et al., 2013) | IC50 : de 25,5 ± 0,57 µg/ml |

Dans une étude réalisée avec l'huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* de la région du parc national de Bou Kornine, l'activité antioxydante a présenté les plus faibles efficacités inhibitrices du radical DPPH (avec une IC₅₀ de 25,5 ± 0,53 µg/ml), cette valeur est largement supérieure à l'antioxydant synthétique (BHT) qui a donné une bonne efficacité (avec une IC₅₀ de 12 ± 0,13µg/ml)

Par contre, l'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle provenant de la région Cap Bon a montré une faible activité, avec une CI₅₀ de 3681,49 ± 69,33 µg/ml. Donc l'huile essentielle de la région Cap Bon (Tunisie) étudié par **Herzi et al.2013** avec (CI₅₀ =3681,49 ± 69,33 µg/ml) présent un effet inhibiteur très faible par rapport à celle de la région du parc nationale Bou kornine (Tunisie) avec (une IC₅₀ de 25,5 ± 0,53 µg/ml) étudié par **Ben Jemiaa et al. (2013)**.

Tableau 05 : Activités antioxydant de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* provenant de l'Algérie

| Pays | Région | Résultat |
|---------|--|---|
| Algérie | Zeddine (Ain Defla) Mansoura (Bordj-Bou-Argeridj) Tazoult (Batna) (Djouahri et al., 2014 a) | IC50 : 113,47 ± 4,19 µ g /ml 125,75±3,33 µ g /ml 252,49±6,14 µ g /ml |
| | Ain Defla (200 km à l'ouest) (Djouahri et al., 2016) | Valeur d'IC ₅₀ de 517,6 ± 1.75 µg/ml |

Les résultats obtenus de l'activité antioxydante des huiles essentielles des feuilles de thuya d'Algérie (Zeddine, Ain Defla ; Mansoura, Bordj-Bou-Argeridj ; Zekkar, Djelfa et Tazoult, Batna), ont montré une activité antioxydante très faible par rapport à celle du BHA and BHT de synthèse ($IC_{50} = 24.73 \pm 0.11 \mu g/ml$ and $33.89 \pm 0.16 \mu g/ml$ respectivement)

Dans la même étude, l'huile essentielle de la région Zeddine a un effet inhibiteur plus important (avec $IC_{50} : 113,47 \pm 4,19 \mu g /ml$) que les autres régions Mansoura et Tazoult (avec $125,75 \pm 3,33 \mu g /ml$ et $252,49 \pm 6,14 \mu g /ml$, respectivement)

L'étude menée en 2016 à Ain Defla, sur la même huile, a montré qu'elle possède une faible activité antioxydant avec IC_{50} de l'ordre $517,6 \pm 1.75 \mu g/ml$ par rapport à celle du BHA et du BHT ($IC_{50} = 21,28 \pm 0,12 \mu g / ml$ et $12,76 \pm 0,08 \mu g / mL$), respectivement.

Discussion

Discussion

3. Activité antibactérienne

D'après les zones d'inhibition générées par l'huile essentielle étudiée, la meilleure activité sur l'ensemble des souches testées était celle de la région de Beslimane au Maroc (**Rabib et al., 2020**).

(**Djoughri et al., 2016**, **Rabib et al., 2020**) ont rapporté que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles à l'huile essentielle de notre plante que les bactéries à Gram négatif. Ces résultats sont confirmés par les travaux de **Rojas et al., 2007** ; **Nikšić et al., 2012**,

Les mécanismes par lesquels les huiles essentielles peuvent inhiber les micro-organismes impliquent différents modes d'action et en partie peut-être en raison de leur caractère hydrophobe. En conséquence, elles sont imbriquées dans la bicouche lipidique de la membrane cellulaire, les rendant plus perméable, ce qui conduit à la fuite du contenu des cellules vitales, la dépréciation des systèmes enzymatiques bactériens peut aussi être un mécanisme d'action potentiel (**Edris, 2007**)

Il est rapporté d'après différents travaux que que les variations des valeurs de CMI de l'huile essentielle des feuilles de *Tetraclinis articulata* provenant de différentes régions du sud d'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie) peuvent être dues aux effets synergiques des constituants majeurs et mineurs présents dans les huiles essentielles et doivent être pris en considération pour expliquer leur activité biologique, l'effet antagoniste lui-même peut affecter l'activité antimicrobienne (**Mecciaa et al., 2007**).

4. Activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'huile essentielle est probablement liée aux composants majoritaires qui sont principalement les monoterpènes. Ces derniers présentent des propriétés antioxydantes importantes. En général, les huiles essentielles riches en composés oxygénés présentent une activité antiradicalaire plus marquée que celles à terpènes hydrocarbonés (**Miladi et al., 2013**).

Ainsi, cette variation de l'activité antioxydante est également expliquée par les relations synergiques des constituants majeurs et mineurs présents dans les huiles essentielles (**Mecciaa et al., 2007**).

D'après les résultats obtenus, la variation de la CI_{50} peut être attribuée à la variabilité génétique de l'espèce, mais aussi aux spécificités géographiques de chaque espèce (**Boufares et al ; 2019**).

Selon **Boussaid (2016)**, les études effectuées sur les plantes médicinales démontrent une variabilité de la composition des huiles essentielles qui influe sur le potentiel des activités biologiques. Cette variation a été dans la plupart du temps corrélée avec la différence dans les régions, la période de la récolte, les conditions environnementales et agronomiques et la méthode d'extraction.

Conclusion

Conclusion

L'Algérie, par la richesse et la diversité de sa flore, constitue un véritable réservoir de plantes médicinales, utilisées en médecine traditionnelle pour répondre aux besoins de soin et de santé.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de recherche des plantes médicinales Algériennes afin de valoriser leur utilisation, sur le point thérapeutique que sur le point économique.

L'huile essentielles de *Tetraclinis articulata*; espèce endémique des trois pays du Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) connue pour ces propriétés antioxydantes et antibactériennes, a fait l'objet de notre étude comparative.

Ainsi, Les résultats de l'analyse de de l'activité antibactérienne sur différentes souches bactériennes par les méthodes de diffusion et de microdilution en milieu liquide ont montré une activité plus ou moins variée. Les meilleurs résultats étaient sur *S.aureus* avec des zones d'inhibition assez importantes par rapport à celle d'*E.coli* et de *P.aeruginosa*. Aussi, d'après les résultats, l'huile essentielle de Thuya de Maghreb provenant du Maroc, enregistre un effet inhibiteur élevé à celle provenant de l'Algérie.

L'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* possède un effet antibactérien important sur les bactéries Gram positif que sur les bactéries Gram négatif.

Enfin, l'activité antioxydante de notre huile essentielle a également été évalué par la méthode de réduction relative du radical (DPPH). Le test utilisé a permis de mettre en évidence le pouvoir antioxydant de cette huile.

Les teneurs de CI_{50} obtenues montrent un faible pouvoir antioxydant de l'huile de Thuya dans les différentes régions des trois pays du Nord d'Afrique, en comparaison avec la BHT synthétique de référence.

Pour conclure, la variation dans les résultats obtenus pour les activités biologiques étudiées est principalement due à une variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle en question qui influe sur le potentiel de ces activités, cette variabilité, elle-même est corrélée avec la différence dans les régions, la période de la récolte, les conditions environnementales et agronomiques et la méthode d'extraction.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Aazza, S., Lyoussi, B., & Miguel, M. G. (2011).** Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of some commercial essential oils and their major compounds. *Molecules*, 16(9), 7672-7690.
2. **Abi-Ayada, F. Z., Abi-Ayada, M., Lazzounia, H. A., Rebiahib, S. A., & Bessierec, C. (2011).** Antibacterial activity of essential oil extracted from leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters from Algeria flora. *J. Microbiol. Biotechnol. Res*, 1(1), 1-6.
3. **Abi-Ayad, F. Z. (2009).** Analyse de l'huile essentielle du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) de la région de Tlemcen et étude de son pouvoir antimicrobien. Mémoire de magister, Univ de Tlemcen, 112.
4. **Aburjai, T., Natsheh, F. M. (2003).** Plants used in cosmetics. *Pytother. Res*, 17, 987-1000p.
5. **Achhal, A., Barrero, M. et Ech-Chamikh, S. (1985).** Productivité du thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) dans le bassin versant du N'fis. *Ecologia Mediterraea*. Tome XI. Fascicule 2/3.
6. **Adrar, N., Oukil, N and Bedjou, F. (2016).** Antioxidant and antibacterial activities of *Thymus numidicus* and *Salvia officinalis* essential oils alone or in combination. *Industrial Crops and Products*, 88 : 112-119
7. **AFNOR. (1992).** Recueil des normes françaises, Huiles essentielles, Paris.
8. **AFNOR. (2000).** Huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles. Tome 2. 6ième edition, Paris.
9. **AFNOR. (2006).** *Huile essentielle ED paragraphie, monographie relative en huile essentielle.* s.l. : Tom 2, 2006.
10. **Amiot J. (2005).** *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires. Thèse-doctorat-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. France.
11. **Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F., Mahari, S., (2006).** Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnologie, Agronomie, Société Et Environnement*, 10,2, 67-71.
12. **Apak R., Güçlü K., Ozyürek M. and Karademir S. E. (2004).** Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *J Agric Food Chem.* 52 (26) : 7970-7981.
13. **Avril, J.L. ; Dabernat, H. ; Denis, F. ; Monteil, H. (1992).** « Bactériologie Clinique », 2 ème Ed. Ellipses, Paris, p. 512.

Références bibliographiques

14. **Avril, J.L. ; Fauchère, J.L. (2002).** « Bactériologie générale et médicale », Ed. Ellipses, Paris, p. 368.
15. **B. (2003).** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. **4 (6) :7.** (cited in Mohammedi Z, 2005).
16. **Baaliouamer T. (1987).** Thèse de doctorat d'état ES-sciences. Université d'Alger, U.S.T.H.B.
In Boz I., Burzo I., Zamfirache M.M., Toma C., Padurariu C.(2009), Glandular trichomes and essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (*Lamiaceae*). *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 36-39p.
17. **Bagnols F et Gausse H. (1953)** – Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* (88). P : 3-4 et 193-239.
18. **Bajpai V.K., Kang S.C. (2010),** Antifungal activity of leaf essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 87(3), 327336p
19. **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008).** Biological effects of essential oils--a review. *Food Chem. Toxicol. Int. J. Publ. Br. Ind. Biol. Res. Assoc.* 46, 446– 475. doi:10.1016/j.fct.2007.09.106.
20. **Barrero A.F., M.M. Herrador, P. Arteaga, J. Quilez, M. Akssira, F. Mellouki & S. Akkad. (2005).** Chemical composition of the essential oil of leaves and wood of *Tetraclinis articulata* Vahl. *J. Ess. Oil. Res.*, **17 (1)**, 166-168.
21. **Bayala B. (2014).** Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et antimigratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Français. NNT : 2014CLF22502.
22. **Belaiche, P. (1979).** Treaty of herbal medicine and aromatherapy, volume 1: the aromatogramme (Doctoral dissertation, Maloine SA Paris).
23. **Belkhiri, F., & Baghiani, A. (2017).** Plantes médicinales activités antioxydantes et antibactériennes Etude de cas : *Tamus communis* et *Carthamus caeruleus*. Editions universitaires européennes .p16
24. **Bellakhdar, J. (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Paris.
25. **Bellakhdar, J., Claisse, R., Fleurentin, J., Younos, C., (1991).** Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoea. *Journal of Ethnopharmacology*, 35, 2, 123- 143.
26. **Ben Douissa F. (2004).** - Etude Chimique et Biologique de *Pistacia lentiscus*. AbeBooks.fr, pp. 330-331.
27. **Ghnaya, A. B., Amri, I., Hanana, M., Gargouri, S., Jamoussi, B., Romane, A., & Hamrouni, L. (2016).** *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Masters essential oil from Tunisia:

Références bibliographiques

- Chemical characterization and herbicidal and antifungal activities assessment. *Industrial Crops and Products*, 83, 113-117.
28. **Ben Jemia, M., Chaabane, S., Senatore, F., Bruno, M., & Kchouk, M. E. (2013).** Studies on the antioxidant activity of the essential oil and extract of Tunisian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.(Cupressaceae). *Natural product research*, 27(16), 1419-1430.
29. **Benabid, A. (1976).** Etude phytoécologique, phytosociologique et sylvopastorale de la tétraclinaie de l'Amsittène. Doct. 3ème cycle, Fac. Sci. St. Jérôme, Marseille III.
30. **Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuño, A. D. R. J., & Del Rio, J. A. (2000).** Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food chemistry*, 68(4), 457-462.
31. **Benbelaid, F., Bendahou, M., Khadir, A., Abdoune, M.A., Bellahsene, C., Zenati, F., Bouali, W and Abdelouahid, D.E. (2012).** Antimicrobial activity of essential oil of *Lavandula multifida* L. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 2 (2) : 244–247
32. **Beylier-Maurel, MF. (1976).** Activité bactériostatique des matières premières de parfumerie. *Rivista Italiana*, EPPOS, 58, 283-286.
33. **Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A. Ziyyat, A. (2002).** Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. *International Journal of Diabetes and Metabolism*, 10, 33-50.
34. **Bouchaala, M. (2019).** Etude phytochimique, caryologique et activités biologiques des huiles essentielles du genre *Helichrysum* Auct. Plur. de l'est Algérien (Doctoral dissertation). p 51.
35. **Bouchekrif, M. (2018).** Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. Et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange. Thèse de doctorat .66-67p..
36. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière nord-africaine, T II, Monographie et traitement des semences forestières. La Rose, 420-9.
37. **Boufares, K., Hassani, A., & Alem, A. S. (2019).** Essential oil composition and antimicrobial activities of some Cupressaceae species from Algeria against two phytopathogenic microorganisms. *Journal of Crop Protection*, 8(2), 223-234.
38. **Bourkhiss, M., Hnach, M., Bourkhiss, B., Ouhssine, M., & Chaouch, A. (2007).** Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 3(2).
39. **Bourkhiss, M. B., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., & Satrani, B. (2010).** Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. *Bulletin de la Société royale des sciences de Liège*.

Références bibliographiques

40. **Bousbia N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat. Institut national agronomique, El Harrach. Algérie.
41. **Boussaïd, M., Bekhechi, C., Beddou, F., Sari, D. C., Bighelli, A., Casanova, J., & Tomi, F. (2015).** Chemical variability of the essential oil isolated from aerial parts of *Tetraclinis articulata* from North-Western Algeria. *Natural product communications*, 10(8), 1934578X1501000834.
42. **Boyd B., Ford C., Koepke M.C., Gary K., Horn E., McAnalley S., and McAnalley B. (2003).** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. 4 (6):7. (cited in Mohammedi Z, 2005).
43. **Brahim, I. (2017).** Cartographie et répartition du chêne vert dans la forêt de SDAMA chergui (commune de medroussa, wilaya Tiaret). Mémoire de master. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. p24.
44. **Bruneton, J. (1993).** *Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales* (No. 581.634 B7).
45. **Bruneton J. (1999).** *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 1120p.*
46. **Buhagiar, J.A., Podesta, M.T. Wilson, A.P., Micallef, M.J., Ali, S. (1999).** The induction of apoptosis in human melanoma, breast and ovarian cancer cell lines using an essential oil extract from the conifer *Tetraclinis articulata*. *Anticancer Research*, 19, 6, 5435-5443
47. **Moro-Buronzo, A. (2008).** Grand guide des huiles essentielles : santé, beauté, bien-être. Hachette pratique.
48. **Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
49. **Carson C F., Hammer K A. (2011).** Chemistry and Bioactivity of Essential Oils. In Thormar H. *Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents*. United Kingdom: John Wiley et Sons Ltd. pp. 204-238.
50. **Carson CF., Hammer KA. (1995).** Riley TV. Broth micro-dilution method for determining the susceptibility of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Microbios.* ; 82 (332) :181-5.
51. **Cavin, A., Dyatmyko, W., & Hostettmann, K. (1999).** Screening of Indonesian plants for antifungal and free radical scavenging activities. *Pharmaceutical biology*, 37(4), 260-268.
52. **Chalchat J K., Carry L P., Menut C., Lamaty G., Malhuret R. and Chopineau J. (1997).** Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African essential oils. *Journal of Essential. Oil Research*. 9: 67-75.

Références bibliographiques

53. **Chenni, M. (2010).** Contribution à l'étude chimique et biologique de la racine d'une plante médicinale : *Bryoniadioica* Jacq. Mémoire de Magister. Université d'Oran Es-Senia, Algérie.
54. **Chew, Y. L., Goh, J. K., & Lim, Y. Y. (2009).** Assessment of in vitro antioxidant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from Leguminosae family in Peninsular Malaysia. *Food chemistry*, 116(1), 13-18.
55. **Chikhoun, A., Hazzit, M., Kerbouche, L., Baaliouamer, A., & Aissat, K. (2013).** *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters essential oils: chemical composition and biological activities. *Journal of essential oil research*, 25(4), 300-307.
56. **Clevenger, J F. (1928).** Apparatus for the determination of volatile oil., American Pharmaceutical Association. 345.
57. **Connolly, JD., Hill, RA. (1991).** Dictionary of Terpenoids. Vol. 1: Mono- and Sesquiterpenoids, Vol. 2: Di- and higher Terpenoids, Vol. 3: Indexes. Chapman & Hall London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
58. **Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013).** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 18-21.
59. **Cristiani M., D'arrigo M., Mandalari G., Castelli F., Sarpietro M.G., Micieli D. (2007).** Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: Implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300-6308p
60. **Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000).** Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24, 1250-1319.
61. **Dakak, J. E. (2002).** La qualité du bois de Thuya de Maghreb (*Tetraclinis articulata*) et ses conditions de développement sur ses principaux sites phytoécologiques de son bloc méridional au Maroc. Nancy, France: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.
62. **Davies, K. J. (2000).** Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *IUBMB life*, 50(4- 5), 279-289.
63. **Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009).** Natural products in crop protection. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 17(12), 4022-4034.
64. **Degryse, A. C., Delpla, I., & Voinier, M. A. (2008).** Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement-IGS-EHESP*, 87p.
65. **Dermachia, N.(2018).** Activité antimicrobienne de l'huile essentielle et extrait de *Thymelaea Hirsuta*. Thèse de doctorat Université Abdelhamid ibn badise de Mostaganem. p19.
66. **Djouahri, A., Saka, B., Boudarene, L., & Baaliouamer, A. (2016).** Essential Oil Variability and Biological Activities of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. Wood According to the Extraction Time. *Chemistry & biodiversity*, 13(12), 1691-1706.

Références bibliographiques

- 67. Djouahri, A., Boualem, S., Boudarene, L., & Baaliouamer, A. (2015).** Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial crops and Products*, 63, 138-146.
- 68. Djouahri, A., Sebiane, S., Kellou, F., Lamari, L., Sabaou, N., Baaliouamer, A., & Boudarene, L. (2017).** Inhibitory effect on corrosion of carbon steel in acidic media, antioxidant, antimicrobial, anti-5-lipooxygenase and anti-xanthine oxidase activities of essential oil from *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters leaves. *Journal of Essential oil rEsEarch*, 29(2), 169-178.
- 69. 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.
- 70. Dref., (2002).** La Division de Recherche et d'Expérimentation, -Thuya : importance écologique et économique. *Terre & vie* n° 53
- 71. Dris, I.(2019).**Caractérisation chimique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. Evaluation du pouvoir antimicrobien et antioxydant ,Thèse de Doctorat. Université Ahmed Ben Yahia El wancharissi ,Tissemsilt , Algérie.
- 72. Dung, N. T., Kim, J. M., & Kang, S. C. (2008).** Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food and chemical Toxicology*, 46(12), 3632-3639.
- 73. Duraffourd, C., D'Hervicourt L., Lappraz J.C. (1990).** Cahiers de phytothérapie clinique.Examen de laboratoire galénique. Elements thérapeutiques synergiques. 2ème édition Masson (Paris), 87 pp.
- 74. Duraffourd, C., Lapraz, J. C., & Chemli, R. (1997).** La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès Intercontinental. *Tunis. Ed. Granche. Paris*, 222.
- 75. Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005).** *Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles)*. s.l. : Editions TEC & DOC.
- 76. Edris, A. E. (2007).** Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A Review. *Phytotherapy research*.
- 77. El Jemli, M., Kamal, R., Marmouzi, I., Doukkali, Z., Boudida, E. H., Touati, D., ... & Alaoui, K. (2017).** Chemical composition, acute toxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Moroccan *Tetraclinis articulata* L. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(3), 281-287.
- 78. El Kalamouni, C. (2010).** Thèse : Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées, l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Pp : 22-38. Etre ». Hachette pratique France. Pp : 205.-10-23.

Références bibliographiques

79. El Mouridi, M. (2011). Caractérisation mécanique de la loupe de thuya (*Tetraclinis articulata* (vahl) masters) en vue de sa valorisation. Thèse de Doctorat, Université de Rabat, Maroc, 119.
80. Guinoiseau, E. (2010). *Molécules antimicrobiennes issues d'huiles essentielles: séparation, identification et mode d'action* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat à l'université de Corse, France).
81. Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats, *Rec. Trav. Fac. Sci. Montpellier Bot*, 7, 3-43.
82. Fauchère, J. L., Avril J. L. (2002). Bactériologie générale et médicale. Ed. Ellipses, Paris. 365 P.
83. Favier, A. (2003). Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 14, 108- 115p
84. Fenane, M. (1987). La qualité du bois de thuya de Maghreb (*Tetraclinis articulata*) et ses conditions de développement sur les principaux sites écologiques de son bloc méridional au Maroc. Thèse de Doctorat 1987. In Ayache 2007.
85. Ferdjoui, Siham. (2014). Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia*. Magister.p1.
86. Festy. (2014). ma bible des huiles essentielles guide complet d'aromathérapie . paris : quotidien malin.
87. Fillatre, Y. (2011). Produits phytosanitaires : Développement d'une méthode d'analyse multirésidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem. *Thèse de doctorat. Universitd'Angers. France*, 288p.
88. Finkel, T., & Holbrook, N. J. (2000). Oxidative stress and aging: catalase is a longevity determinant enzyme. *Nature*, 408, 239.
89. Flandrois, JP. (2000). Bactériologie Médicale. Coll Azay. Puf.
90. Fleurette, J., Freney, J. (1995). Antiseptie et désinfection.
91. Foulk, J. A., Akin, D. E., Dodd, R. B., & McAlister III, D. D. (2002). Flax fiber: potential for a new crop in the Southeast. *Trends in new crops and new uses*, 361.
92. Franchomme, P., Jollois, R., & Penoel, D. (2001). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. *Édition Roger Jollois*.
93. Frankel, E. N. (1998). Lipid oxidation: The Oily Press. Ed. Dundee, Scotland. 303 P.
94. Fritz, S. A., Garbutt, J., Elward, A., Shannon, W., & Storch, G. A. (2008). Prevalence of and risk factors for community-acquired methicillin-resistant and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* colonization in children seen in a practice-based research network. *Pediatrics*, 121(6), 1090-1098.

Références bibliographiques

95. **GARCIA, J. (2011).** Le Thuya de Berbérie Découvre la biodiversité du Parc National d'Al Hoceima. s.l. : UICN-Med et AGIR, 2011.
96. **Goetz P, Ghedira K. (2012)** Phytothérapie anti-infectueuse. Edition Springer-Verlage, Paris, France, 382.
97. **Govindarajan, R., Vijayakumar, M., & Pushpangadan, P. (2005).** Antioxidant approach to disease management and the role of 'Rasayana'herbs of Ayurveda. *Journal of ethnopharmacology*, 99(2), 165-178.
98. **Guignard, L., Cossen, L., & Henry, M. (1985).** Abrégé de phytochimie. Ed. Masson Paris, p : 155-174.
99. **Gutteridge, J.M. (1993).** Free radicals in disease processes: à compilation of cause and consequence, *Free Radic Res Commun*, 19:141-158.
100. **Kouider, H., & Assia, L. B. (2017).** Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.]. *Geo-Eco-Trop*, 41(1), 13-27.
101. **Kaloustian, J., Hadji-Minaglou, F. (2012).** La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Paris. P39. Hall London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
102. **Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (2007).** Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford University Press, Oxford (fourth edition).
103. **Harbouche, I., Chakri, H., Allouache F. (2017).** Contribution à l'étude des effets bactéricide et fongicide d'huile essentielles du thuya (Tetraclinis articulata) dans la lutte contre pseudomonas syringae et le fusarium. Mémoire de master. Université Ibn khaldoun-Tiaret. P5.
104. **Heart, T., Shears, P. (2006).**Atlas de poche de microbiologie. Médecine- Sciences- Flammarion.
105. **Hedjel-Chebheb, M. (2014).** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance algérienne et tunisienne : étude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, Callosobruchus maculatus. F 1775 (Coleoptera: bruchidae). Thèse de Doctorat, Université de Tizi Ouzou, 103p.
106. **Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., Bobilya, D.J. (2002).** Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J. Nutr. Biochem.* 13, 572–584
107. **Hernandez Ochoa, L. R. (2005).** Substitution de solvants et matieres actives de synthese par une combine "solvant/actif" d'origine végétale.
108. **Herzi, N. (2013).** Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO2-supercritique et des techniques conventionnelles, Thèse de doctorat, Université de Toulouse. France.

Références bibliographiques

109. **Igor Passi, L. (2002).** *Etude des activités biologiques de Fagara zanthoxylo_des Lam. (Rutaceae).* Thèse de pharmacie. Université de Bamako.
110. **Isman, M. B. (2000).** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection, 19*,603-608p.
111. **ISO. (1997).** Norme ISO 9235 : Matières premières d'origine naturelle - Vocabulaire, 2 p.
112. **Jouault, S. (2012).** La qualité des huiles essentielles et sont influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université de Lorraine. France.
113. **Kacem, N.E. (1991).** Germination ; Croissance ; Caractéristiques ; Anatomiques et Histochimique de la tige de thuya. (*Tetraclinis articulata* (vahl) Mast). Thèse de Magister, Université d'Es-Senia, Oran.
114. **Kalembe, D. Kunicka, A. (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry Journal, 10*(10), 813-829.
115. **Kellner, Kobert et al. (1954).** Möglichkeiten der verwendung ätherischer ole Zur Raum desinfection. *Aeznein ; 4* : 319.
116. **Kerbouche, L. (2010).** Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de quelques plantes des familles de labiacées et de cupressacées, Thèse de doctorat., 2010.Ecole nationale supérieure agronomique-Alger-, p48.
117. **Khia, A., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Aberchane, M., Quaboul, B., Chaouch, A., Amusant, N., Charrouf, Z. (2014).** Effet de la provenance sur la qualité chimique et microbiologique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. du Maroc. *Phytothérapie, 12* (6): 341–347.
118. **Khiati, M. (1998).** *Guide des maladies infectieuses et parasitaires. OPU, Alger, 28.*
119. **Kim, H.M., Cho, S.H. (1999).** Lavender oil inhibits immediate-type allergic reaction in mice and rats. *J Pharm Pharmacol. Feb ;51*(2) :221-6.
120. **Kunle, O., Okogun, J., et al. (2003).** Antimicrobialactivity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. *Phytomedicine; 10*: 59-61.
121. **La pharmacopée européenne. (1997)** .3ème édition, tome1.
122. **Lahsissene, H., Kahouagji, A., Hseini, S., (2009).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia, Revue de Botanique, 1-26.*
123. **Lamara, M. (2018).** Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag, Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie.
124. **Lamnaour, D., Botanouny K. (2005).** *écrivant sur Tetraclinis articulata in A guide to medicinal plant in north africain, éditeur IUCN (centre for mediteranean corporation, i,ternational union for conservation of nature and nature ressources)*

Références bibliographiques

125. Lien E. J., Ren S., Bui H. H., Wang, R. (1999). Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants, *Free Radic Biol Med*, **26** : 285-294.
126. Ložienė K., Venskutonis P. R., Šipailienė A. et Labokas J. (2007). Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes. *Food Chemistry*, Vol. 103, p.p. 546-559.
127. Lucchesi, M. E. (2005). Extraction Sans solvant assistée par micro-ondes conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat. Université de la Réunion, France.
128. Madhavi, D., Deshpande, S., Salunkhe, D. (1996). Food Antioxidants. Technological, Toxicological, and Health Perspectives. Marcel Dekker, Inc. New York. P65.
129. MAIRE, R. (1952). Flore de l'Afrique du Nord. Vol I. Ed. Lechevalier, Paris. 366P.
130. Marchal, V. (2003). DCEM1 Service bactériologie faculté de médecine Pierre et Marie Curie, .pp.35-71.
131. Marco, G.I. (1968). A rapid method for evaluation of antioxidants, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **45**, 594 – 8.
132. Matés, J.M., Sánchez-Jiménez, F. (1999). Antioxidant enzymes and their implications in pathophysiologic processes. *Front. Biosci. J. Virtual Libr.* **4**, D339–345.
133. May, J., Chan, CH., King, A., Williams, L., French, GL. (2000). Time-kill studies of tea tree oils on clinical isolates. *J. Antimicrob. Chemother.* **45** : 639-64
134. Meccia, G., Rojas, L. B., Velasco, J., Díaz, T., Usubillaga, A. (2007). Composition and antibacterial screening of the essential oils of leaves and roots of *Espeletia angustifolia* Cuatrec. *Natural product communications* **2**(12) : 1221-1224.
135. Miara, M. (2011). Contribution à l'étude de la végétation du massif de Guezoul (Tiaret). Diplôme de magister. Université d'Oran. p126.
136. Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M., Rice-Evans, C.A. (1996). Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters*, **384**, 240-242.
137. Miller, H.E. (1971). Simplified method for the evaluation of antioxidants, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **48** (2), 91 – 97.
138. Miller, N.J. & Rice-Evans C.A. (1997). The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink, *Food Chem*, **60** : 331
139. Ministère de l'agriculture et de la pêche .(2008). Plan écophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008-2018. *Ecophyto 2018*, 24p.
140. Molyneux, P. (2004). The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Stimating Antioxidant Activity. *Songklanakarinn J Sce Technol.* **26** (2) : 211-219.

Références bibliographiques

141. **Morin, P., Richard, H. (1985).** Thermal degradation of linalyl acetate during steam distillation in Proc. 4th Weurman Flav. Res. Symp. Elsevier Sci. Publ., B.V. Amsterdam, 563-576p .
142. **Nauciel, C., Vildé, J.L. (2005).** Bactériologie médicale : Abrégés. Connaissances et pratique. 2ème édition, Elsevier Masson, Paris, 257p
143. **Nikšić, H., Kovač-Bešović, E., Makarević, E., Durić, K. (2012).** Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of *Mentha longifolia* (L.) Huds. Essential oil. *Journal of Health Sciences*. 2(3) : 192-200.
144. **Nouar, B. (2015).** Contribution à l'étude de la diversité floristique et biogéographique des matorrals selon un gradient altitudinal des monts de TIARET (ALGERIE). Thèse Magister. Univ : Abou Bakr-Belkaid– Tlemcen. 116 p.
145. **Odile, C., Danielle, R. (2007).** *botanique pharmacognosie phytothérapie*. s.l. : walters kluwer France, 2007. pp. p81 – 82. Vol. 141. Pharmacien Editi First (un département D'édi8), 2012.
146. **Onawunmi, G. O. (1989).** Evaluation of the antimicrobial activity of citral. *Lett Appl Microbiol.* ; 9 : 105–108.
147. **Oyaizu, M., Studies. (1986).** on products of browning reaction--antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Eiyogaku zasshi= Japanese journal of nutrition*.
148. **Papas, A. M. (2008).** Vitamin E : A new perspective. *Nutri news*. 9(1) : pp1-7.
149. **Pauli A., 2001.** Antimicrobial properties of essential oil constituents. *Int. J. Aromather.* 11 :126-133. pathophysiologic processes. *Front. Biosci. J. Virtual Libr.* 4, D339–345.
150. **Perruci, S., Mancianti, F., Cioni, P. L., Famini, G., Morelli, I., Macchioni, G. (1994).** In vitro antifungal activity of essential oils against some isolates of *microsporum canis* and *microsporum gypseum*. *Planta Med* 1994 ; 60 : 184-187.
151. **Pibiri, M. C. (2006).** Assainissement Microbiologique de l'Air et des Systèmes de Ventilation au Moyen d'Huiles Essentielles, Thèse pour l'obtention du grade de docteur ès sciences. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).
152. **Piochon, M. (2008).** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. *Mémoire. Université du Quebec à Chicoutimi. Canada*, 200p.
153. **Ponce, A., et al. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology.*, 367, 679-684.
154. **Popovici, C., Saykova, I., et Tylkowski, B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, *Revue de génie industriel* 4, p : 25-39.

Références bibliographiques

155. Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity Through the Formation of Phosphomolybdenum Complex. Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Anal Biochem.* 269 (2) : 337-341.
156. Que, F., Mao, L., Pan, X. (2006). Antioxidant Activities of Five Chinese Rice Wines and the Involvement of Phenolic Compounds. *Food Res Int.* 39 : 581-587.
157. Rabib, H., Elagdi, C., Hsaine, M., Fougrach, H., Koussa, T., & Badri, W. (2020). Antioxidant and Antibacterial Activities of the Essential Oil of Moroccan *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Biochemistry Research International*, 2020.
158. Rached, W., Benemara, H., Bennaceur, M., Marouf, A., (2010). Screening of the antioxidant potential of some Algerian indigenous plants. *Journal of Biological Sciences*, 10, 316-324.
159. Rachid, K. (2015). Les parfums : fabrication et santé, Thèse de doctorat. Université. Rabat. Maroc.
160. Rai, M. K., Acharya, D., Wadegaonkar, P. (2003). Plant derived-antimycotics: potential of Asteraceous plants, In: plant-derived antimycotics: Current Trends and Future prospects, Haworth press, N-York, London, Oxford. 165-185.
161. Ramdane, F., Essid, R., Fares, N., El Ouassis, D., Aziz, S., Mahammed, M.H., Ould Hadj, M.D., Limam, F. (2017). Antioxidant antileishmanial cytotoxic and antimicrobial activities of a local plant *Myrtus nivellei* from Algeria Sahara. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7 (8): 702-707.
162. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26 : 1231–1237.
163. Reuter, S., Gupta, S.C., Chaturvedi, M.M., Aggarwal, B.B. (2010). Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked? *Free Radic. Biol. Med.* 49, 1603–1616.
164. Roberts, J. D., Marjorie, C. (1977). *Chimie organique moderne*. Inter Ed., p 879.
165. Roeding-Penman, A., Gordon, M. H. (1998). Antioxidant properties of Myricetin and Quercetin in oil and emulsions. *Journal of American Oil Chemist's Society*, Vol. 75, p.p. 169-180.
166. Rojas, J., Velasco, J., Rojas, L. B., Díaz, T., Carmonac, J., Morales A. (2007). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Baccharis latifolia pers.* and *B. prunifolia H. B. &K.* (Asteraceae). *Natural product communications.* 2(12): 1245 -1248.
167. Roux-Sitruk, D., Chaumont, J. P., Cieur, C., Millet, Morel, J. M., Tallec, D. (2008) .*Conseil en aromathérapie*, ed Pro-Officina Wolters Kluwer France 187pp.
168. Ruberto, G., Baratta, M. T. (2000). Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem.* 69, 167–174.

Références bibliographiques

169. Rudramurthy, G.R., Swamy, M.K., Sinniah, U.R., Ghasemzadeh, A. (2016). Nanoparticles: alternatives against drug-resistant pathogenic microbes. *Molecules*.21:7-8.
170. Sadiki, F. Z., El Idrissi, M., Sbiti, M., Lemrhari, A., Trifan, A., Cioanca, O., ... & Hritcu, L. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters branches of eastern Morocco. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5(1), 24.
171. Safa, A. Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de la Mina, zone aride a semi-aride (hautes plaines oranaises, Algérie nord occidentale). Thèse de doctorat. Université d'Oran.
172. Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
173. Sanders, T., and Emery, P. (2003). Molecular basis of human nutrition. Ed: Taylor & Francis.pp:7,107.
174. Satrani, B. (2006). Valorisation des plantes aromatiques et médicinales par l'analyse chimique et l'étude de la bioactivité de leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat, Université Hassan II, Mohammedia, Faculté des sciences Ben M'sik,
175. Savini, I., Catani, M. V., Evangelista, D., Gasperi, V., Avigliano, L. (2013). Obesity-associated oxidative stress: strategies finalized to improve redox state. *Int. J.Mol. Sci.* (14) pp.10497-10538.
176. Seigue, A. (1985). La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes [The circum-Mediterranean forest and its problems]. In : "Techniques agricoles et productions méditerranéennes (Coste R ed). Maisonneuve et Larose, Paris, 5, p. 230-232.
177. Taleb-Toudert, K. 2015. Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de kabylie(nord algérien).évaluation de leurs effets sur la bruche du niébé *callosobruchus maculatus* (Coleoptera :Bruchidae) Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri, Tizi - Ouzou, Algérie.
178. Tang, S. Y., Halliwell, B. (2010). Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies? *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 394, 1-5.
179. Taudou, A. (1990). Activité antifongique des labiatae. Données bibliographiques. Etudes in vitro de treize huiles essentielles (intérêt de la microémulsion). Doctorat d'état en sciences pharmaceutiques. Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
180. Tchoumboungang, F., Dongmo, P. M. J., Sameza, M. L., Mbanjo, E. G. N., Fotso, G. B. T., Zollo, P. H. A., & Menut, C. (2009). Activité larvicide sur *anopheles gambiae* giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au cameroun. *Biotechnologie, Agronomie Société et Environnement*.Vol.13(1) :77-84.

Références bibliographiques

181. Terras Abderrahmane, L., Kheloufi, B., Nadia ADDA, H. (2008). Dynamique phytoécologique du Thuya de Berbérie face à l'incendie. 2008, p. 34.
 182. Tohidpour, A., Sattari, M., Omidbaigi, R., Yadegar, A., Nazemi, J. (2010). Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) *Phytomedicine*. 17 : 142-145
 183. TOUAYLI, J. (2002). Valorisation des sous-produits du thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata* Vahl) du Maroc. - Mémoire 3ème Cycle Inst.Agron. Véter. HassanII,Rabat,Maroc. 90 p.
 184. Toumi, F.B., Benyahia, M., Hamel, L., Mohamedi, H., Boudaghen, L. (2011). Study of chemical composition of essential oils of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters from Algeria. *Acta Bot. Gallica*, 158, 93–100.
 185. Ullah, N., Khurram, M., Ali Khan, F., Umar Khayyam, S., Amin, M. U., Ullah, S., Najeeb, U., Muhammad, S., Hussain, J., Khan, M. A. (2011). Estimation of phytochemicals and antimicrobial activities of *Mentha spicata* from southern districts of KPK. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 01(07) : 81-84.
 186. 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.
 187. Wolfgang, M. C., Kulasekara, B. R., Liang, X., Boyd, D., Wu, K., Yang, Q., ... & Lory, S. (2003). Conservation of genome content and virulence determinants among clinical and environmental isolates of *Pseudomonas aeruginosa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8484-8489.
 188. Zerkani, H. I., Tagnaout, I., Dirioiche, A., Adadi, I., El Karkouri, j., Aaziz, H., Padzys, G., Zair, T. (2019). Chemical characterization and antibacterial activity of the essential oils of *Tetraclinis articulata* (Vahl) from Morocco, *Mediterranean Journal of Chemistry*, 8(5), 390-396.
 189. Zhiri, A. (2006). Les huiles essentielles un pouvoir antimicrobien avéré. *Nutra News Science, Nutrition, Prévention et santé*. Edité par la Fondation pour le libre choix, 12, 8p
 190. Zhu, Q., Qian, Y., Zheng, Z. P., Lo, C., Chen, F., & Wang, M. (2013). Natural polyphenols alleviated lipid peroxidation-induced modification on BSA. *Journal of functional foods*, 5(1), 355-361.
 191. Ziyat, A., Legssyer, A., Mekhfi, H., Dassouli, A., Serhrouchni, M., & Benjelloun, W. (1997). Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. *Journal of ethnopharmacology*, 58(1), 45-54.
- (www.tutimpo.com).

Résumé

Le Thuya de Berberie « *Tetraclinis articulata* » est une espèce des plantes appartenant à la famille des Cupressacées, c'est une plante endémique d'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie), largement utilisée dans la médecine traditionnelle de plusieurs pays méditerranéens.

En outre, le but du présent travail est la valorisation de cette plante en Algérie particulièrement dans la wilaya de Tiaret (Sdama Chergui) à travers l'évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle des feuilles de cette plante.

Les résultats comparatifs entre les différents régions du Nord d'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie) démontrent que L'évaluation du pouvoir antibactérienne et antioxydante du thuya montre que l'huile essentielle des feuilles sèches possèdent un pouvoir antibactérien sur les bactéries testés *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, aussi l'huile essentielle de thuya renferme un effet antioxydante.

Mots clés : *Tetraclinis articulata*, huile essentielle, activité antimicrobienne, activité antioxydante

Summary

The Thuya of Berberie « *Tetraclinis articulata* » is a species belonging to the Family of Cupressaceae, it is endemic to North West Africa (Morocco, Algeria, Tunisia), widely used in traditional medicine of several Mediterranean countries. In addition, the purpose of this work is the enhancement of this plant in Algeria especially in the wilaya of Tiaret (Sdama Chergui) through the evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of the leaves of this plant. Comparative results between the different regions of northern Africa (Morocco, Algeria, Tunisia) show that the evaluation of the antibacterial and antioxidant power of thuya shows that the essential oil of dry leaves has an antibacterial power on the bacteria tested *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, also the essential oil of thuya contains an antioxidant power.

Keywords : *Tetraclinis articulata*, essential oil, antimicrobial activity, antioxidant activity

المخلص

العراعر « *Tetraclinis articulata* » هو نوع ينتمي إلى عائلة Cupressaceae ، وهو مستوطن في شمال غرب أفريقيا (المغرب والجزائر وتونس) ، وتستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي في العديد من بلدان البحر الأبيض المتوسط. بالإضافة إلى ذلك، فإن الغرض من هذا العمل هو تقييم هذا النبات في الجزائر وخاصة في ولاية تيارت (Sdama Chergui) من خلال تقييم النشاط المضاد للميكروبات ومضادات الأكسدة للزيت الأساسي لأوراق النبات.

تظهر النتائج المقارنة بين المناطق المختلفة في شمال أفريقيا (المغرب والجزائر وتونس) أن تقييم القوة المضادة للبكتيريا ومضادات الأكسدة في عراعر يظهر أن الزيت الأساسي للأوراق الجافة له قوة مضادة للبكتيريا على البكتيريا التي تم اختبارها *Staphylococcus aureus*، *Escherichia Coli*، *aeruginosa pseudomonas*، أيضا أن الزيت الأساسية للعراعر يحتوي على تأثير مضاد للأكسدة.

الكلمات الرئيسية: رباعية مفصلية، زيت أساسي، نشاط مضاد للميكروبات، نشاط مضاد للأكسدة