

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Infectiologie

Présenté par :

M^{elle} Behih Afaf

M^{elle} Boussafi Souad

M^{elle} Lahouazi Kamar Aya

Thème

**Evaluation de l'activité anti-oxydante de l'huile essentielle
d'*Artemisia herba-alba***

Soutenu publiquement le 30/09/2020

Jury:

Président: M^{elle} BOUMEZERAG Assia

Encadreur: M^f SELLES Sidi Mohammed Ammar

Examineur: M^f MAGHNI Benchohra

Grade

MCB

MCA

MCA

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

*Avant tout nous remercions Dieu « ALLAH » le tout puissant pour nous avoir
Donné la santé, la force, le courage et l'intelligence nécessaires pour réaliser ce
Modeste travail.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur M^R. SELLES Sidi
Mohammed Ammar, pour la proposition du thème et le suivi de ce travail ;
pour ses conseils durant la période de la réalisation de ce travail ; nous sommes
très honorés par son accompagnement et son aide ; nous lui exprimons notre
gratitude pour tous ses efforts, tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous désirons exprimer notre profonde et vive reconnaissance à M^{elle}
BOUMEZERAG Assia d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.
Nous adressons un grand merci à M^r MAGHNI Benchohra qu'il nous a fait
en Acceptant à examiner ce mémoire.*

*Nous remercierions également tous les enseignants du Département des Sciences
de la Nature et de la Vie et collègues de master II infectiologie promotion (2019-
2020).*

*Nous ne manquons pas l'occasion de remercier particulièrement chef de notre
spécialité M^{elle} Doukani Koula.*

*Nos derniers remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
pour l'aboutissement de ce travail.*

Dédicaces

«En vérité, le Chemin importe peu, la volonté d'arriver suffit à tout».

Albert Camus

*Avant toute chose, je remercie « ALLAH », le tout puissant, pour m'avoir
donné la force et la patience.*

*Avec toute mon estime et mon amour, je dédie ce modeste travail à mes chères
parents : El hadj et Fatima, qui ont tout sacrifié pour mon bien et qui ont
éclairé ma route par leur compréhension, leur
Soutien. Je souhaite que dieu les garde en bonne et parfaite santé et leur donne
une longue vie.*

*A mes chères frères : Djamel, Abdellah ; Youcef, Zakaria et
Redouane. Ainsi que ma chère sœur Ibtissem.*

A mes deux grandes mères Oum Hani et Messaouda.

A mes Oncles, mes cousins et cousines.

A toute la famille BEHIIH, A mon trinôme : Kamar et Souad.

*A mes amies et mes collègues d'étude de la spécialité Infectiologie (Promotion
2019-2020).*

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Je vous dis merci.

Afaf.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère (Perry), qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père (Mokhtar), qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes frères et ma chère sœur : Noureddine, Brahim, Mustapha, Sofiane, Rida et Sadjda pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

*A mes proches amies: Zohra, Setti, Hanane, Nessrine, Kamar et Afaf.
Sans oublier mes 2^{ème} parents: Nouar et Zohra.*

Je vous dis merci

Souad.

Dédicaces

À mon très cher père Mohamed

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman (Fatma) que j'adore. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

À ma très chère sœur Manel aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et ma gratitude. Je n'oublierais jamais ton encouragement et ton soutien le long de mes études, je t'estime beaucoup et je t'aime beaucoup

À mes chers frères : Islam, Yahia, Aissa, Abdelkader pour leur appui et leur encouragement

À Mes chers neveux et nièces

À mon trinôme : Afaf et Souad.

À toute ma famille, à tous mes proches, à tous mes amis, à tous mes Enseignants, à toute ma promotion.

Un grand merci à tous.

Kamar

Sommaire

Sommaire	
Liste des illustrations	
Liste des abréviations	
Résumé	
ملخص	
Absttact	
Introduction.....	1

1^{ère} Partie : La partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les huiles essentielles

I- Définition	5
II- Les composants chimiques des huiles essentielles	5
II-1 Les composés terpéniques	5
II-1-1 Monoterpènes	6
II-1-2 Sesquiterpènes	6
II-1-3 Diterpènes.....	7
II-1-4 Sesterpènes	7
II-1-5 Triterpènes	7
II-1-7 Polyterpènes	7
II-2 Les composés aromatiques	8
III -Domaines d'utilisation des huiles essentielles	9
III-1 En pharmacie	9
III-1-1 Activité antibactérienne	9
III-1-2 Activité antiseptique	9
III-1-3 Activité antifongiques	9
III-1-4 Activité antivirale	10
III-1-5 Activité antiparasitaire	10
III-1-6 Activité anti-inflammatoire	10
III-1-7 Activité Antioxydante	11
III-2 En cosmétique	11
III-3-Dans l'industrie Agro-alimentaire	11

IV- Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	11
IV-1 La distillation	12
IV-1-1 Hydro-distillation.....	12
IV-1-2 Entraînement à la vapeur d'eau	13
IV-1-3 Hydro-diffusion.....	13
IV-1-4 Extraction par CO ₂ supercritique	14
IV-1-5 Extraction par expression à froid	15
IV-1-6 Extraction par les solvants et les graisses	15
IV-1-7 Distillation sèche.....	16
IV-1-8 Extraction par micro-ondes.....	16

Chapitre II : *Artemisia herba-alba*

1- Définition.....	20
2- Classification	20
3- Description botanique.....	20
4- Propriétés thérapeutiques.....	21
4-1 Activité antioxydante	21
4-2 Activité antimicrobienne	21
4-3 Propriétés antifongique	21
4-4 Propriétés antiparasitaires	22
4-5 Autres activités	22

2^{ème} Partie : Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1- Lieu d'étude	25
2- Matériel végétal	25
3- Extraction de l'huile essentielle.....	25
3-1 Méthodes d'extraction.....	25
3-2 Traitement d'extrait.....	26
3-3 Rendement en huile essentielle.....	26
4- Pouvoir réducteur	27
4-1 Principe.....	27
4-2 Mode opératoire.....	27

Résultats et discussion

1. Rendement de l'huile essentielle	30
2. Activité antioxydante	31
Conclusion	34
Références bibliographiques	36

Liste des illustrations

Liste des figures

Partie bibliographique

Figure 1.1 : Structure de l'unité isoprène.....	6
Figure 1.2: Appareillage utilise pendant l'hydro-distillation d'huile essentielle	12
Figure 1.3 : Procédé d'extraction d'une huile essentielle par entrainement à la vapeur d'eau	13
Figure 1.4: Schéma du procédé d'hydrodiffusion	14
Figure 1.5 : Schéma d'une installation d'extraction par CO ₂ supercritique	14
Figure 1.6 : Schéma du montage de l'expression à froid	15
Figure 1.7 : Principe schématisé de l'appareillage d'extraction sous micro-ondes	17

Partie expérimentale

Figure 2.1 : Touffée d' <i>Artemisia herba-alba</i>	25
Figure 2.2 : Dispositif d'hydro-distillation.....	26
Figure 2.3: Protocole de détermination du pouvoir réducteur	28
Figure 2.4: Rendement en huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i>	30
Figure 2.5 : Courbe à régression linéaire de l'huile essentielle	32
Figure 2.6 : Courbe à régression linéaire de la Vit C	32

Liste des tableaux

Partie bibliographique

Tableau 1.1: Principales familles biochimiques des composés aromatiques des huiles essentielles	8
Tableau 1.2: Principaux noms vernaculaires d' <i>Artemisia herba alba</i>	19
Tableau 1.3: Classification de la plante <i>Artemisia herba-alba</i>	20

Partie expérimentale

Tableau 2.1: Résultats de l'activité anti-oxydante de l'huile essentielle et de la molécule standard	31
--	----

CO₂ : Gaz carbonique

EC₅₀ : Concentration efficace médiane

g: gramme

h : Heure

HE : Huile essentielle.

HSV 1 : Herpès Simplex Virus 1

HSV 2 : Herpès Simplex Virus 2

M : Molle

ml : Millilitre.

min : minute

Na₂ SO₄ : sulfate de sodium anhydre

nm : Nanomètre

p/p : Poids /Poids

rpm : Tours par minute

µg : Micro gramme

v/p : Volume /Poids

Vit C : Acide ascorbique

Les huiles essentielles et leurs composants sont de plus en plus populaires en tant qu'agents antioxydants naturels. L'armoise blanche «*Artemisia herba-alba*» est une plante médicinale aromatique utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle algérienne. L'armoise est connue en Algérie sous le nom de « Chih ». Elle est très abondante sur les Hauts Plateaux.

Les objectifs de ce travail ont été l'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*, l'étude de son rendement et la détermination de son activité anti-oxydante.

L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation. L'activité anti-oxydante de cette huile essentielle a été évaluée par le test du pouvoir réducteur.

Les résultats de l'étude ont révélé que le rendement moyen en huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* est de $0.264\% \pm 0.024$ (p/p). L' EC_{50} du pouvoir réducteur de cette huile essentielle est de 6.44 mg/ml contre 0.022 mg/ml pour la molécule standard (Vit C). Une corrélation positive dose / effet est constatée que ce soit pour l'huile essentielle ou la molécule standard avec un R^2 de l'ordre de 0.98215 et 0.90331, respectivement.

L'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* a présenté une faible activité anti-oxydante avec corrélation positive dose /effet.

D'autres investigations seront nécessaires en vue de déterminer la composition chimique, d'étudier l'activité antibactérienne et antifongique et utiliser d'autres tests pour mieux exploiter son activité anti-oxydante.

Mots clés : Huile essentielle, *Artemisia herba-alba*, Rendement, Pouvoir réducteur, EC_{50} .

ملخص

تحظى الزيوت الأساسية ومكوناتها بشعبية متزايدة كمضادات أكسدة طبيعية. القوب الأبيض "*Artemisia herba-alba*" هو نبات عطري يستخدم منذ فترة طويلة في الطب التقليدي الجزائري. يُعرف موغورت في الجزائر باسم "الشيخ". وهي وفيرة جدًا في الهضاب العليا.

كانت أهداف هذا العمل هي استخراج الزيت العطري من نبات الشيخ، ودراسة محصوله وتحديد نشاطه المضاد للأكسدة. تم استخراج الزيت العطري عن طريق التقطير المائي. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لهذا الزيت العطري من خلال اختبار القوة المختزلة.

أوضحت نتائج الدراسة أن متوسط محصول الزيت العطري من زيت عطري *Artemisia herba-alba* كان 0.264 ± 0.024 (وزن / وزن) ، وكان التركيز الفعال 50 لقوة الاختزال لهذا الزيت العطري 6.44 مغ / مل مقابل 0.022 مغ / مل للجزيء القياسي (فيتامين ج). تم العثور على ارتباط موجب للجرعة / التأثير للزيت العطري أو الجزيء القياسي مع R^2 بترتيب 0.98215 و 0.90331 على التوالي.

أظهر زيت الأساسي لـ *Artemisia herba-alba* نشاطاً منخفضاً مضاداً للأكسدة مع ارتباط إيجابي بالجرعة / التأثير. ستكون هناك حاجة لمزيد من التحقيقات لتحديد التركيب الكيميائي ، ودراسة النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات واستخدام اختبارات أخرى لاستغلال نشاط مضادات الأكسدة بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: زيت عطري ، زيت عطري ، زيت عطري ، محصول ، طاقة مخفضة ، EC_{50}

Essential oils and their components are increasingly popular as natural antioxidant agents. White mugwort «*Artemisia herba-alba*» is a medicinal plant and aromatic used for a long time in traditional Algerian medicine. Mugwort is known in Algeria as « Chih ». It is very abundant on the Highlands.

The objectives of this work were the extraction of the essential oil of *Artemisia herba-alba*, the study of its yield and the determination of its antioxidant activity.

The essential oil was extracted by hydrodistillation. The antioxidant activity of this essential oil was evaluated by the reducing power assay.

The results of the study revealed that the average yield of essential oil of *Artemisia herba-alba* is $0.264\% \pm 0.024$ (w / w). The EC_{50} of the reducing power of this essential oil is 6.44 mg / ml against 0.022 mg / ml for the standard molecule (Vit C). A positive dose / effect correlation is observed for either the essential oil or the standard molecule with an R^2 of the order of 0.98215 and 0.90331, respectively.

Artemisia herba-alba essential oil exhibited low anti-oxidant activity with a positive dose / effect correlation.

Further investigations will be needed to determine the chemical composition, to study the antibacterial and antifungal activity and to use other tests to better exploit its antioxidant activity.

Key words: Essential oil, *Artemisia herba-alba*, Yield, Reducing power, EC_{50}



Introduction

Les plantes représentent une source immense de molécules chimiques complexes exploitées par l'homme dans l'industrie des parfums, agro-alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. La plupart des végétaux renferment des huiles essentielles ; ils sont alors appelés «plantes aromatiques». Ces huiles essentielles se trouvent dans de nombreuses parties de la plante : le bois, les feuilles, les fruits, les écorces, les graines et les racines. Ce sont des mélanges complexes constitués de plusieurs dizaines, voire de plusieurs centaines de composés, principalement des terpènes et de composés aromatiques (**El Haib, 2011**).

Les plantes productrices des huiles essentielles ont été utilisées depuis des milliers d'années. L'exploitation de ces métabolites végétaux a commencé au XIXe siècle, et le plus souvent suivie par la détermination de leur composition chimique et leur activité biologique presque exempts d'effets secondaires (**Shaukat et al., 2013**). Les principaux avantages de la phytothérapie semblent être leur efficacité perçue, la faible incidence d'effets indésirables graves et à leur faible coût (**Joseph et al., 2015**).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, se trouve le genre *Artemisia*, ce dernier est largement distribué surtout dans les régions semi arides. De nombreuses espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle parce qu'elles renferment plusieurs molécules douées d'activités thérapeutiques. Parmi les espèces les plus connues, on trouve *Artemisia herba alba*. Cette plante largement utilisée pour traiter les troubles digestifs, les ulcères, les brûlures, la diarrhée,...etc. a constitué le sujet de plusieurs études qui ont déterminé leurs compositions chimiques (**De Pascual et al., 1984 ; Rauter et al., 1989 ; Joao et al., 1998 ; Akrouf et al., 2001**), ainsi que les propriétés biologiques (**Memmi et al., 2007 ; Sefi et al., 2010 ; Akrouf et al., 2011**).

L'*Artemisia herba alba*, ou encore l'armoïse blanche désignée en arabe sous le nom de «chih» de la famille des Asteraceae, pousse généralement en touffes de tailles réduites. C'est une plante à différents usages. Elle se caractérise par sa richesse en huile essentielle de composition différente qui a conduit à la définition de plusieurs chémotypes; sa forte valeur fourragère et son rôle écologique très important contre l'érosion et la désertification (**Bouzi, 2016**).

Dans ce contexte, ce travail a tracé comme objectifs ;

- Réaliser l'extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*,
- Evaluer son rendement
- Déterminer sa capacité réductrice et la dose d'EC₅₀ de cette huile.

A decorative frame with rounded corners and scrollwork at the top-left and bottom-left corners. The top-left scroll is shaded grey, and the bottom-left scroll is also shaded grey. The text is centered within the frame.

Partie
Bibliographique

A decorative scroll graphic with a black outline and rounded corners. The top-left and bottom-left corners are rolled up, revealing a light gray interior. The text is centered within the scroll.

Chapitre I :
Généralités Sur
Les Huiles
Essentielles

I- Définition

Plusieurs définitions ont été conférées aux huiles essentielles (HE), appelées aussi essences (**Lahlou, 2004 ; Dumortier, 2006**). Le terme «huile» explique le caractère hydrophobe et la propriété de ces composés de se solubiliser dans les graisses. Le terme «essentielle» fait référence au parfum, à l'odeur plus au moins forte dégagée par la plante (**Dumortier, 2006**).

Une huile essentielle est un mélange de substances aromatiques volatiles peu complexes issue et produite par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytopathogènes (**Lahlou, 2004**).

Ce sont des liquides huileux aromatiques, volatils, caractérisés par une forte odeur, souvent colorés, et généralement avec une densité inférieure à celle de l'eau. Les huiles essentielles peuvent être synthétisées par tout organe végétal (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, brindilles, écorces, herbes, bois, fruits et racines) et stockées dans des cellules sécrétoires, des cavités, des canaux, des cellules épidermiques ou des trichomes glandulaires (**Burt, 2004 ; Bakkali et al., 2008**).

II- Les composants chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 Composés différents. Ces composés sont des molécules volatiles qui appartiennent principalement à deux grandes familles de composés chimiques : les composés terpéniques et les composés aromatiques (**Sell, 2006**).

II-1 Les composés terpéniques

Les terpènes sont les molécules les plus répandues dans les huiles essentielles (**Poirot, 2016**). Elle forme un groupe de produits naturels d'intérêt chimique considérable (**EL-Haci, 2015**).

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou non (acyclique, monocyclique, bicyclique ou tricyclique) (**Elkolli, 2017**). On peut les retrouver sous formes saturées ou insaturées, linéaires ou cycliques. Ces différentes configurations confèrent à la famille des terpènes des propriétés pharmacologiques spécifiques à chaque variété. Les terpènes ont tendance à se polymériser sous l'influence de divers facteurs comme la lumière, l'atmosphère ou la chaleur (**Poirot, 2016**).

Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'unités isoprénique (**2-methyl-1,3-butadiene**) à cinq atomes de carbone (C_5H_8) (**figure 1.1**) (**Seenivasan, 2006 ; Elkolli, 2017**).

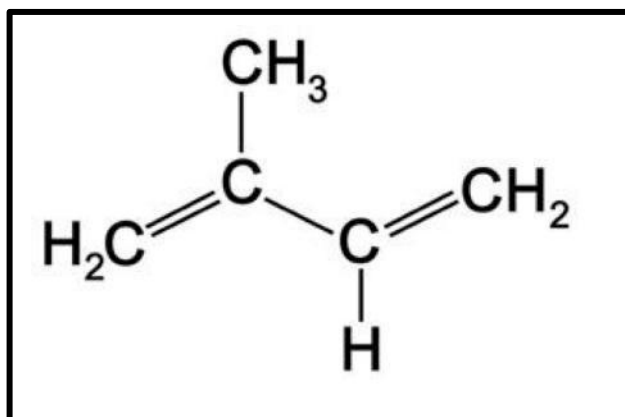


Figure 1.1 : Structure de l'unité isoprène

(Elkolli, 2017).

Les terpènes peuvent être classés selon le nombre d'entités isoprènes penta carbonées (C_5)_n ramifiées on monoterpènes (C_{10}), sesquiterpènes (C_{15}), diterpènes (C_{20}), sesterpènes (C_{25}), triterpènes (C_{30}), tétraterpènes de huit isoprènes (C_{40}) qui conduisent aux caroténoïdes et les polytèrènes (C_5H_8)_n ou $C > 40$ (Hernandez-Ochoa, 2005 ; Elkolli, 2017).

II-1-1 Monoterpènes

Les composés monoterpéniques sont constitués de deux unités d'isoprène, leur formule chimique brute est $C_{10}H_{16}$ (Rahal, 2004). Ce sont des substances volatiles, entraînables à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et représentent la majorité des constituants des H.E, parfois plus de 90%. Ils peuvent être acycliques (myrcène, o-cymène), monocycliques (terpinène, p-cimène) ou bicyclique (pinène, sabinène) (Bruneton, 2008).

Elle se trouvent principalement dans 3 catégories structurales: les monoterpènes linéaires (acyclique): (myrcène, ocimènes), les monoterpènes avec un cycle unique (monocycliques) : (α - et γ -terpinène, p-cymène) et ceux avec deux cycles (bicycliques) : (pinènes, Δ^3 -carène, camphène, sabinène) (Allen et al., 1977).

II-1-2 Sesquiterpènes

Ce sont des composés à 15 carbones ($C_{15}H_{24}$), ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés (Bouakkaz, 2013). Les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, acycliques (farnésol), monocycliques (humulène, α -zingibèrene) ou polycycliques (matricine, artéannuine, β -artémisinine). Ils renferment aussi des fonctions comme alcools (farnésol, carotol, β -santalol,

patchoulol), cétones (nootkatone, cis-longipinane-2.7-dione, β -vétivone), aldéhydes (sinensals), esters (acétate de cédryle) (Bruneton, 1999; Laouer, 2004).

II-1-3 Diterpènes

Les diterpènes sont des substances avec 20 atomes de carbone (C_{20}) présentant une très grande variété structurale. Ces composés sont principalement présents dans les plantes supérieures dans les résines ainsi que dans les champignons. Il existe environ 2700 diterpènes dans la nature dont la majorité est sous forme cyclique. Parmi les diterpènes cycliques, le rétinol et le rétinol, deux formes de la vitamine A sont les plus connues dans cette famille (Harkati, 2011).

II-1-4 Sesterpènes

Les sesterpènes sont des composés de 25 atomes de carbone (C_{25}), construits à partir de 5 unités d'isoprène. L'acide mévalonique (MVA) semble être le précurseur de cette classe. Ils ont été isolés des plantes, des champignons, des insectes, et des éponges. Il y a plus de 150 sesterpènes bien connus, parmi lesquels une trentaine a une structure de furfurane (Malecky, 2011).

II-1-5 Triterpènes

Composés de 30 atomes de carbone. Il y a plus de 1700 triterpènes dans la nature dont la majorité est sous forme tétracyclique ou pentacyclique. La forme acyclique étant très rare. La vitamine D2 est un produit dérivé de triterpène (Malecky, 2011).

II-1-6 Tétraterpènes

Les caroténoïdes sont des tétraterpènes, les plus typiques étant les apocaroténoïdes, les diapocaroténoïdes, les mégastigmanes (Harkati, 2011).

II-1-7 Polyterpènes

En général, les polyterpènes ou polyisoprènes se composent de plus de 8 unités d'isoprène (plus de C_{40}). Ces terpènes se trouvent souvent sous deux formes isomériques cis- et trans. Le cis-polyisoprène se trouve dans le caoutchouc indien alors que le polyisoprène-trans est la partie principale de gutta-percha. En plus Chicle représente un mélange de 1:2 de deux isomères cis- et trans-. Les prenylchoinones sont des polyterpènes comptant jusqu'à 10 unités d'isoprène, parmi eux, on rencontre les vitamines K1 et K2 et la vitamine E (Malecky, 2005).

II-2 Les composés aromatiques

Ce sont des composés aromatiques qui dérivent du phénylpropane (C₆-C₃). Ils sont moins fréquents que les terpènes. Cette classe comprend des composés odorants comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole (Ouis, 2015). On y trouve également, et en faibles concentrations des acides organiques, des cétones et des coumarines volatiles (EL Kalamouni, 2010). Le tableau 1.1 résume les principales familles biochimiques des composés aromatiques des huiles essentielles.

Tableau 1.1: Principales familles biochimiques des composés aromatiques des huiles essentielles (Guignard, 1996 ; Bruneton, 1999 ; Valnet, 2003 ; Chami et al., 2004 ; Baudoux et Zhiri, 2009 ; Mayer, 2012 ; Pierron, 2014).

Famille biochimique	Composés types	Propriétés
Phénols	- Carvacrol ; - Eugénol ; - Thymol.	- Antibactérien à large spectre ; - Stimulants immunitaires ; - Antioxydants.
Aldéhydes aromatiques	- Aldéhyde cinnamique ; - Benzaldéhyde ; - Cuminaldéhydes.	- Puissant anti-infectieux à large spectre.
Cétones	- Carvone ; - Verbénone.	- Relaxantes ; - Mucolytiques ; - Antiparasitaires ; - Antivirales.
Esters	- Acétate de linalyle	- Antispasmodiques ; - Anti-inflammatoires ; - Neuro-toniques.
Coumarines	- Bergaptène	- Effet calmant du système nerveux et décontracturant.
Lactones	- Alantolactone ; - Costunolide	- Mucolytiques ; - Expectorantes ; - Antifongiques ; - Antiparasitaires ; - Cholagogues ; - Cholérétiques ; - Hépto-stimulantes.

III -Domaines d'utilisation des huiles essentielles**III-1 En pharmacie**

L'importance des plantes aromatiques est indiscutable. Leur contenu en essence et la nature chimique des constituants de celle-ci les confèrent de grandes perspectives d'application. Ces substances sont d'un grand intérêt pour le domaine médical et pharmaceutique (**Valnet, 1984**).

Les substances actives des plantes médicinales sont de deux types:

- Les produits du métabolisme primaire (essentiellement des saccharides), substances indispensables à la vie de la plante se forment dans toutes les plantes vertes grâce à la photosynthèse.
- Le second type de substances se compose des produits du métabolisme secondaire résultant essentiellement de l'azote (**Bekhechi et Abdelouahid, 2010**).

Les utilisations empiriques ont cédé la place à des recherches modernes, approfondies, fondées sur des bases scientifiques. Grâce à leurs propriétés antiseptiques, les H.E sont très utilisées dans le traitement de nombreuses maladies infectieuses (**Pibiri, 2006**).

III-1-1 Activité antibactérienne

Plusieurs études ont montré que les huiles essentielles sont capables d'inhiber la croissance de plusieurs microorganismes, ils peuvent avoir une double action contre les microbes, elles peuvent les tuer (effet bactéricide) ou arrêter leur prolifération (effet bactériostatique) (**Moro-Buronzo, 2008**). Les huiles essentielles agissent sur la paroi bactérienne, ce qui provoque une augmentation de la perméabilité; une acidification du milieu interne de la cellule. Ce ci provoque la coagulation des constituants cellulaires par la dénaturation des protéines et la destruction du matériel génétique, ce qui entraîne la mort de la bactérie (**Calsamiglia et al., 2007 ;Goetz et Ghedira, 2012**).

III-1-2 Activité antiseptique

En phytothérapie, les HEs sont utilisés pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne et fongique. Elles présentent également des propriétés cytotoxique qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agent antimicrobiens à large spectre (**Billerbeck, 2007**).

III-1-3 Activité antifongique

Les propriétés antifongiques des huiles essentielles sont nombreuses (**Bouaine, 2017**). Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs

composés actifs pourraient être employés comme agents de protection contre les champignons phyto-pathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire (**Laib, 2012**).

III-1-4 Activité antivirale

La plupart des virus sont sensibles aux HEs à phénol. Ces derniers sont très puissants mais également dermo-caustiques, les HEs qui les contiennent devront donc être utilisées avec précaution. Etant lipophiles, les HEs peuvent pénétrer dans l'enveloppe des virus et sont donc plus actives sur les virus enveloppés comme le HSV 1 et 2 (herpès). Plusieurs HEs possèdent des propriétés anti-virales in vitro. On peut citer par exemple, l'HE de *Ravintsara*, l'HE de cannelle de Ceylan ou encore l'HE de bois de Hô riches en aldéhyde cinnamique et linalol, respectivement (**Bruneton, 2009 ; Faure, 2013**).

III-1-5 Activité antiparasitaire

Ce sont les phénols qui présentent l'action la plus puissante contre les parasites, suivis par les alcools monoterpéniques. Certains oxydes comme l'ascaridol sont très spécifiques dans la lutte antiparasitaire. De plus, les cétones ont une activité antiparasitaire bien établie, mais leur utilisation doit se faire avec précautions car ils présentent une certaine neurotoxicité. Cette action est renforcée par l'association cétones/lactones dans l'HE (**Fabre, 2017**).

III-1-6 Activité anti-inflammatoire

L'activité antioxydante des huiles essentielles est largement investiguée dans les sujets de recherche. Le pouvoir antioxydant de ces huiles essentielles a été développé comme substitut dans la conservation alimentaire, ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de cette activité (**Richard, 1992**).

On distingue deux sortes d'activité antioxydante selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité secondaire (préventive ou indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne auto catalytique de l'oxydation (**Multon, 2002**). En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que le complexe formé par des ions métalliques ou la réduction d'oxygène (**Madhavi et al., 1996**).

Toutes ces études suggèrent que les HEs constituent une source importante d'antioxydants naturels, et peuvent être utilisées comme étant une alternative aux antioxydants synthétiques, afin de prévenir plusieurs maladies dégénératives (**Yanishlieva-Maslarova, 2001**).

III-1-7 Activité Antioxydante

Les huiles essentielles possèdent une puissante activité anti-inflammatoire d'où leurs utilisations traditionnelles comme agents anti-inflammatoires (**Vogler et Ernst, 1999 ; Moro Buronzo, 2008**). Cette activité est due principalement aux aldéhydes (**Moro Buronzo, 2008**). Il a été même prouvé que l'inhalation des vapeurs des huiles essentielles a un effet anti-inflammatoire (**Inouye et al, 2001**).

III-2 En cosmétique

Avant la mise en évidence de leurs propriétés médicinales, les HEs ont été largement exploitées en industrie cosmétique grâce à leurs caractères organoleptiques, principalement leur odeur agréable et persistante. Cette propriété aromatique est attribuée à l'ensemble de molécules volatiles issues des plantes aromatiques. En outre, le potentiel aromatisant des HEs est également appliqué dans des produits pharmaceutiques, notamment dans les solutions et lotions de l'hygiène bucco-dentaire telles que les dentifrices et les bains de bouche (**Brud, 2010**).

III-3-Dans l'industrie Agro-alimentaire

Les huiles essentielles jouent un rôle capital dans l'aromatisation des aliments. En effet, elles donnent la saveur aux condiments (poivre, gingembre) et aux aromatisants (menthe, anis, oranger, thym, laurier). A faible dose, certaines substances ont un effet favorable sur la digestion, ce qui explique leur utilisation en liquoristerie (essence d'anis ou de badiane). Les huiles essentielles entrent donc, pour leurs diverses propriétés, dans la composition des arômes employés de manière fréquente aujourd'hui dans tous les produits alimentaires comme les plats cuisinés ou prêts à l'emploi (**Porter, 2001**).

Les huiles essentielles sont de plus en plus utilisées dans la conservation des denrées alimentaires et cela grâce à leur activité antimicrobienne à large spectre sans pour autant dénaturer le goût car ces aromates entrent dans la composition des préparations alimentaires (**Kurita et Koike, 1982**).

IV- Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles...), de la nature des composés (par exemple, les flavonoïdes, les H.Es, les tanins), du rendement en l'huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (**Hellal, 2011**).

IV-1 La distillation

Il existe trois différents procédés qui utilisent le principe de la distillation : hydro-distillation, hydro-diffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau :

IV-1-1 Hydro-distillation

C'est la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée pour extraire les composés volatiles des plantes. Le principe de l'hydro-distillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est à dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux (figure 1.2) (Chemat, 2009).

Cependant, l'inconvénient majeur de cette méthode est la non maîtrise de la température du récipient contenant le mélange (eau + organes végétaux) et la modification de la couleur, de l'odeur et de la composition de l'huile essentielle au cours de la distillation (Chalchat et al., 1997).

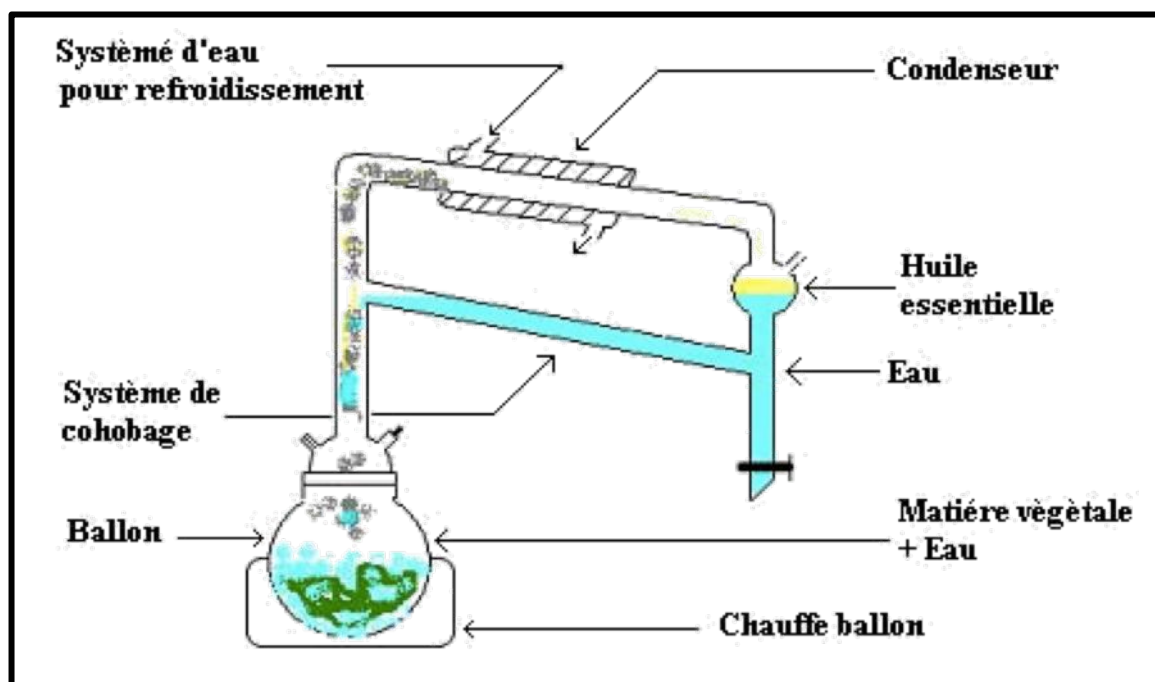


Figure 1.2: Appareillage utilisé pendant l'hydro-distillation d'huile essentielle (Hernandez, 2005).

IV-1-2 Entraînement à la vapeur d'eau (figure 1.3)

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique (l'huile essentielle). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (El Haib, 2011).

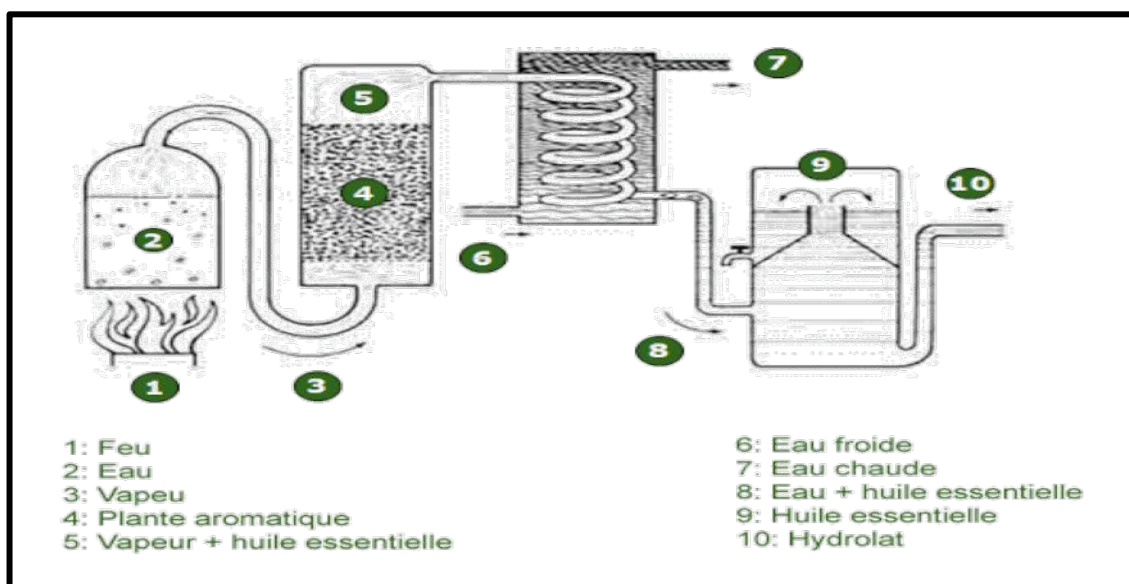


Figure 1.3 : Procédé d'extraction d'une huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau (Roux-Sitruk, 2008).

IV-1-3 Hydro-diffusion

Cette technique relativement récente, consiste à faire passer du haut vers le bas et à pression réduite la vapeur d'eau à travers une matrice végétale. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration quantitative et qualitative de l'huile essentielle (figure 1.4) (Bassereau et al., 2007).

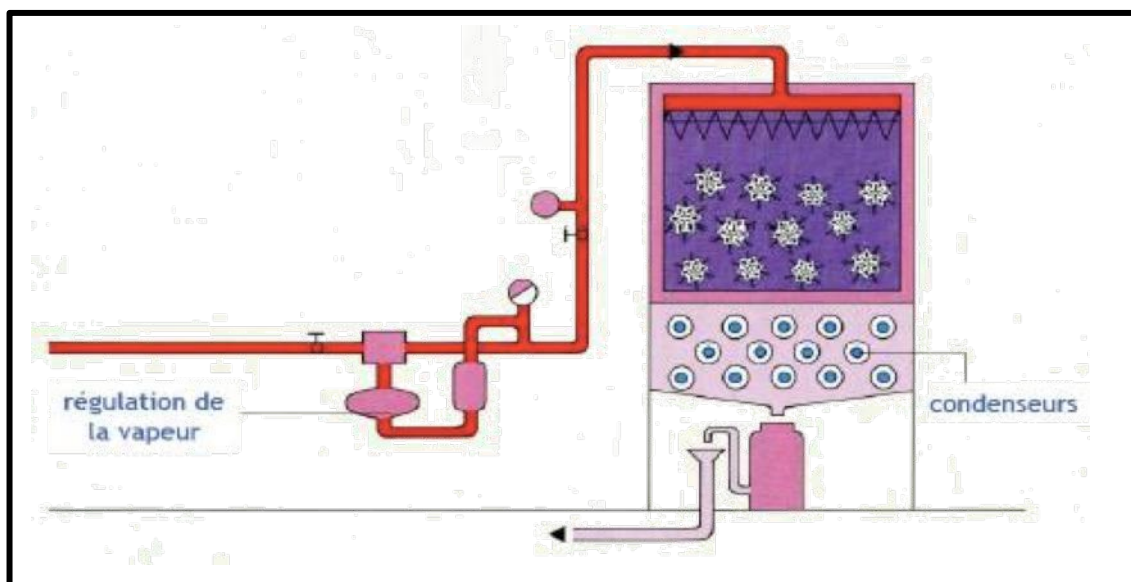


Figure 1.4: Schéma du procédé d'hydrodiffusion (Bousbia, 2011).

IV-1-4 Extraction par CO₂ supercritique (figure 1.5)

Le terme supercritique signifie que le CO₂, sous pression et à une température de 31°C, se trouve entre l'état liquide et l'état gazeux. Lorsqu'il est dans cet état, le CO₂ est capable de dissoudre de nombreux composés organiques et c'est cette même propriété que les fabricants se servent pour extraire les HES. La matière végétale est chargée dans l'extracteur où est ensuite introduit le CO₂ supercritique (sous pression et réfrigéré). Le mélange est ensuite recueilli dans un vase d'expansion où la pression est considérablement réduite. Le CO₂ s'évapore et il ne reste plus que l'huile essentielle (Grosso et al., 2008 ; Safaralie et al., 2008).

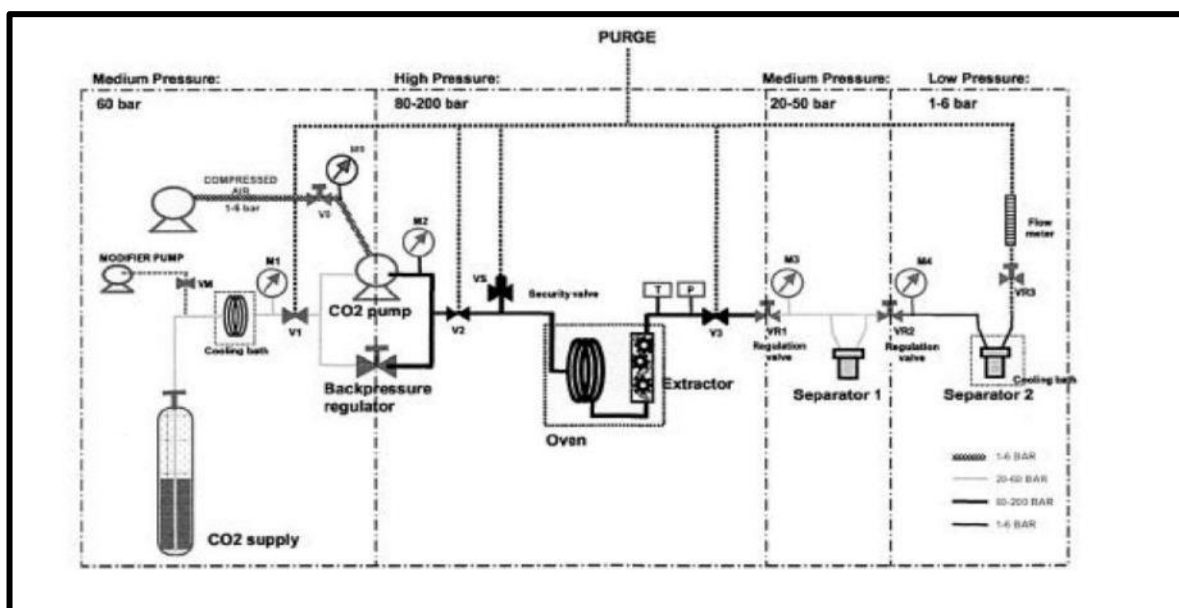


Figure 1.5 : Schéma d'une installation d'extraction par CO₂ supercritique (Gomes et al., 2007).

IV-1-5 Extraction par expression à froid

Cette méthode est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation (figure 1.6). Il existe des machines qui rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (**Chaintreau et al., 2003**).

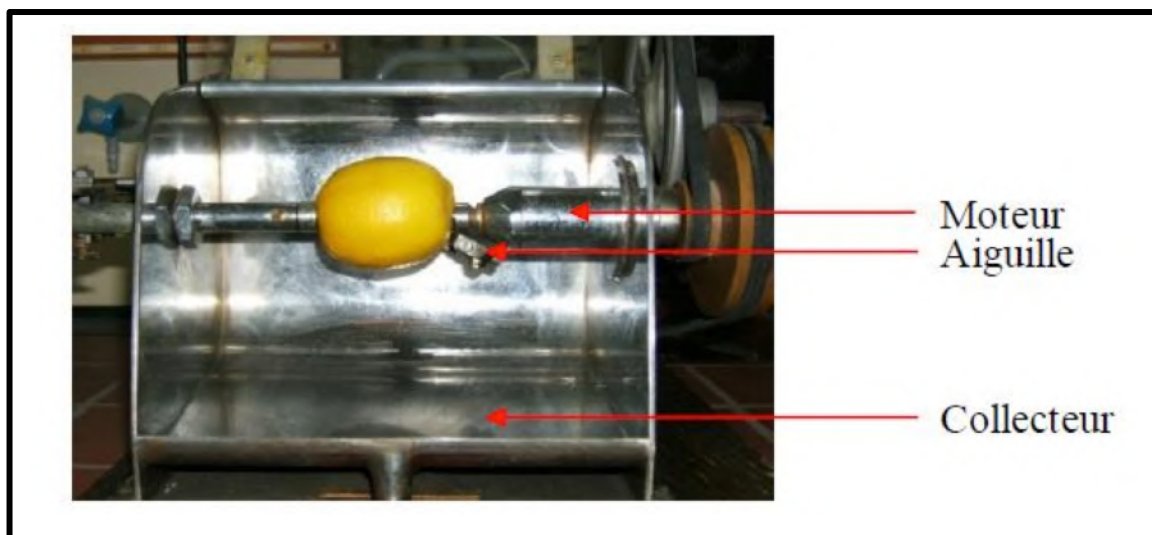


Figure 1.6 : Schéma du montage de l'expression à froid (**Ferhat, 2007**).

IV-1-6 Extraction par les solvants et les graisses

Il s'agit d'extraits de plantes obtenus au moyen de solvants non aqueux. Ces derniers peuvent être des solvants usuels utilisés en chimie organique tels que : l'hexane, l'éther de pétrole, mais aussi des graisses, des huiles (absorption des composés volatils lipophiles par des corps gras). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils, mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres (**Richard et al., 1992**). Dans le cas des extraits à l'aide de corps gras, un lavage à l'éthanol permet l'élimination de ces composés non désirables. La solution alcoolique ainsi récoltée est refroidie jusqu'à -10°C , pour séparer les cires végétales qui se solidifient. Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé « absolu » et sa composition se rapproche de celle d'une huile essentielle (**Proust, 2006**). L'inconvénient de l'extraction à l'aide des solvants organiques est leur toxicité (**Bruneton, 1999**).

IV-1-7 Distillation sèche

Lors d'une distillation sèche, la plante n'est pas en contact direct avec l'eau. La masse végétale est disposée sur une plaque perforée et de la vapeur d'eau y est injectée au travers. Il est possible de travailler en surpression modérée (de 1 à 3 bars) afin de gagner en temps et en énergie mais la qualité de l'HE peut en souffrir (**Bruneton, 2009**).

IV-1-8 Extraction par micro-ondes

C'est un procédé utilisant les micro-ondes et les solvants transparents aux micro-ondes pour extraire de façon rapide et sélective des produits chimiques de diverses substances (**Paré, 1997**).

Cette technique se base sur la capacité de certaines molécules, comme l'eau, à convertir l'énergie des ondes en chaleur. L'extraction par micro-ondes se décline sous plusieurs formes :

- Les micro-ondes peuvent participer à la distillation ou à l'extraction par solvants et permettre ainsi de diminuer le temps d'extraction des méthodes conventionnelles (**Muther 2015**).
- Les micro-ondes peuvent servir de base à de nouvelles méthodes comme l'ESSAM (Extraction sans solvant assistée par micro-ondes) ou encore le VMHD (Vacuum Microwave Hydrodistillation : hydrodistillation à micro-ondes sous vide, c'est-à-dire sans eau) (**Bonneval et Dubus 2014; Whichello 2014**).

Les parties du végétal les plus riches en eau, comme les vacuoles, absorbent les ondes puis les convertissent en chaleur, engendrant une augmentation rapide et soudaine de la température au sein de ces structures. Ces dernières éclatent sous la pression régnant dans l'extracteur, libérant ainsi les molécules olfactives. Puis les vapeurs d'eau entraînent l'HE (**Ait Hellal et Haderbache 2011**).

L'extraction par micro-ondes permet d'utiliser des quantités moindres d'eau et de solvants, mais permet également de raccourcir la durée d'extraction, préservant ainsi les molécules les plus sensibles (**Ait Hellal et Haderbache 2011**).

Ce procédé (figure 1.7), très rapide et peu consommateur d'énergie, livre un produit qui, est le plus souvent, de qualité supérieure à celle du produit d'hydro distillation traditionnelle (**Bruneton, 1999**).

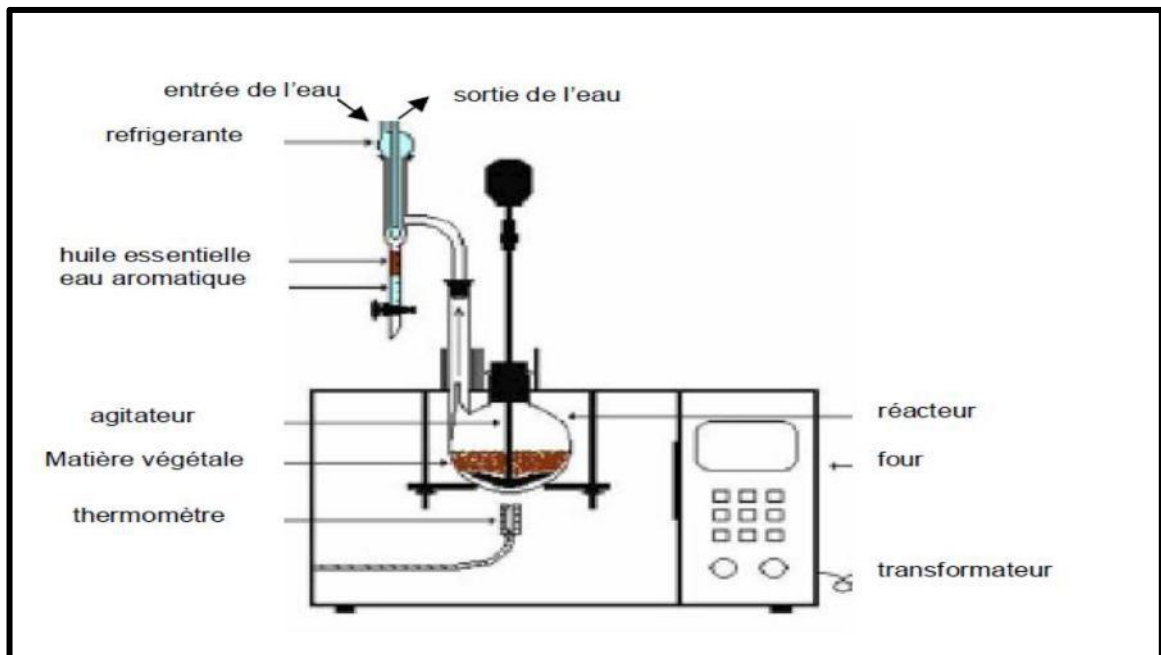


Figure 1.7 : Principe schématisé de l'appareillage d'extraction sous micro-ondes
(Lagunez-Rivera, 2006)

Chapitre II:
Artemisia
herba-alba

1- Définition

Connue depuis des millénaires, l'*Artemisia herba-alba* (armoïse herbe blanche) a été décrite par l'historien grec Xénophon, dès le début du IV^{ème} siècle av. J. -C., dans les steppes de la Mésopotamie. Elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordán Claudio de Asso del Rio (Ahmed et al., 1990).

L'armoïse blanche (*Artemisia herba-alba* Asso), connue sous le nom d'absinthe du désert (en arabe : شبيح) est une plante steppique poussant dans les terres arides ou semi-arides de l'Afrique du Nord, au Moyen-Orient ainsi qu'en Espagne. Le genre *Artemisia* (famille des Asteraceae) comprend un nombre variable d'espèces (de 200 à 400 espèces, selon les auteurs) localisées à travers le monde (Al-Eisawi, 1998 ; Breckle, 1983 ; Quezel et Santa, 1962 ; Verain, 1995 ; Zohari, 1973).

Tableau 1.2: Principaux noms vernaculaires d'*Artemisia herba alba*

Nom en arabe	الشبيح ou الشبيح الخرساني (Belhattab, 2014).
Nom tamazight	Ifsi (El Rhaffari, 2008).
Nom en français	Armoïse blanche (El Rhaffari, 2008).
Noms en anglais	Desert wormwood ou white wormwood (Al-Khazraji et al., 1993 ; Seddiek et al., 2011; Abass, 2012).
Nom en Allemand	Wermut (Belhattab, 2014).
Noms en Italien	Assenzio romano (Belhattab, 2014).

2- Classification

Tableau 1.3: Classification de la plante *Artemisia herba-alba* (Messai, 2011 ; INPI, 2014)

Règne	Plantae
Phylum	Angiospermeae.
Sous Phylum	Dicotylédones
Ordre	Gampanulatae
Famille	Asteraceae
Sous-famille	Asterioideae
Tribu	Anthemideae
Sous-tribu	Artemisiinae
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Artemisia herba-alba</i>

3- Description botanique

L'Armoise blanche est une plante herbacée à tiges ligneuses (Pottier, 1981), Elle présente un port buissonnant ramifié de 20 à 40 cm de haut. Les tiges tomenteuses sont dressées et ligneuses à la base, elles portent des feuilles argentées pubescentes pinnatipartites, sont petites, sessiles, caractérisées par une forte odeur aromatique (Mohamed et al., 2010). Les fleurs sont groupées en grappes, à capitules très petites (3/1,5mm) et ovoïdes. L'involucre est à bractées imbriquées, les externes orbiculaires et pubescentes. Le réceptacle floral tenu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes hermaphrodites (Pottier, 1981). Elle se distingue par une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent. Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides. Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau (Ferchichi et al., 2004)

4- Propriétés thérapeutiques

Artemisia herba-alba a été utilisée dans la médecine traditionnelle par de nombreuses cultures depuis l'Antiquité. Depuis longtemps, l'armoise blanche a été reconnue par les populations pastorales et nomades pour ses vertus purgatives. Cette espèce a fait l'objet de nombreux travaux qui ont révélé plusieurs effets biologiques et pharmacologiques : effet favorable contre l'hyperglycémie, l'hypertriglycéridémie et l'hypercholestérolémie (**Ben-Abid et al., 2007**).

Les plantes du genre *Artemisia* contiennent un sesquiterpène lactone appelé: Artemisinine. Ce composant constitue le métabolite secondaire le plus important chez toutes les espèces *Artemisia* (**Donrop et Day, 2007**).

4-1 Activité antioxydante

Artemisia herba alba exerce une forte activité antioxydante qui est liée à son contenu polyphénolique (**Djeridane et al., 2006**). L'extrait d'acétate d'éthyle de cette plante contient des flavonoïdes tels que l'Apigénine. Il a une activité anti-lipoperoxidante et antioxydante qui sont dues aux flavonoïdes et aux acides phénoliques présents dans cette plante (**Seddiak et al., 2011**).

4-2 Activité antimicrobienne

Artemisia herba alba possède une forte activité antimicrobienne contre les souches de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ainsi que Les mycoplasmes. Cette plante peut être considérée comme une solution alternative aux médicaments comme les tétracyclines qui sont actuellement utilisés dans le traitement des infections aux mycoplasmes (**Moufid et Eddouks, 2012**).

4-3 Activités antifongiques

Bouchra et al. (2003) ont étudié l'effet antifongique de l'huile essentielle de 25 plantes médicinales Marocaines. Ces auteurs ont rapporté que *Artemisia herba alba* possède une activité antifongique contre *Penicillium digitatum*, *Phytophthora citrophthora*, *Geotrichum citri-aurantii* et *Potrytis cinerea* à une concentration de 250 µg/ml. De même, l'huile essentielle de cette plante a été efficace contre *Penicillium aurantiogriseum* (**Bouchra et al., 2003**).

D'autres études ont montré que l'*Artemisia herba alba* possède un potentiel antifongique sur des champignons tel que : *Zygorrhynchus* sp, *Aspergillus niger* et *Penicillium italicum* (Tantaoui-Elaraki et al., 1993 ; Tantaoui-Elaraki et Errifi, 1994) et *Candida albicans* (Roger et al., 2008).

4-4 Activités antiparasitaires

Vue sa richesse en artemesinine, l'*Artemisia herba alba* est considérée comme une drogue anti-malariale très efficace contre le parasite qui cause la malaria: le *Plasmodium falciparum* (Donrop et Day., 2007).

En outre, l'activité anti-leishmanienne de l'extrait aqueux et l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* ont été confirmés vis-à-vis de deux espèces de *Leishmania* (*Leishmania tropica* et *Leishmania major*). L'huile essentielle de cette plante a montré une importante activité vis à-vis des deux souches à une concentration de 2 µg/ml. L'extrait aqueux a révélé une activité anti-leishmanienne à la concentration de 4 µg/ml (Hatimi et al., 2000).

4-5 Autres activités

Artemisia herba alba est considérée comme un remède populaire utilisé dans le traitement du diabète sucré. L'eau aqueuse de l'extrait de ses parties aériennes provoque une baisse significative de la glycémie. L'extrait aqueux des racines ne contient pas d'agents hypoglycémiant (Moufid et Eddouks, 2012). De plus, son composé majoritaire (artemesinine) est efficace contre les maladies infectieuses telle que l'hépatite B (Rmoero et al., 2005).

A decorative scroll graphic with a black outline and rounded corners. The top-left and bottom-left corners are rolled up, with the inner surface shaded in light gray. The text is centered within the scroll.

Partie
Expérimentale



*Matériel
&
Méthodes*

1- Lieu d'étude

L'étude a été réalisée au niveau du laboratoire de pharmacologie et le laboratoire de recherche de valorisation et d'amélioration de production des races locales de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

2- Matériel végétal

La plante médicinale utilisée au cours de cette étude est l'*Artemisia herba-alba*. Cette plante a été récoltée dans la région de Ksar Chellala, wilaya de Tiaret durant deux mois, février et Mars 2020.



Figure 2.1 : Touffée d'*Artemisia herba-alba*

(Cliché, Behih A, Boussafi S, Lahouazi K A, 2020)

L'identification botanique de cette plante a été faite par un spécialiste en botanique au niveau de département des Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

3- Extraction de l'huile essentielle

3-1 Méthodes d'extraction

Les feuilles sèches de l'*Artemisia herba-alba* ont été séchées à l'aide d'un séchoir (Heraeus Instrument, Allemagne) à une température de 40°C pendant 24 h. Les feuilles ont été broyées à la main à fin de faciliter l'éclatement des cellules et permettre la libération des molécules volatiles. L'huile a été extraite par hydro-distillation, à l'aide du dispositif d'hydro distillation (figure 2.2). Le procédé consiste à introduire la matière première végétale à raison de 80g de feuille séchée d'*Artemisia herba-alba* dans un ballon de un litre, imprégné de 500 ml d'eau distillée. L'ensemble est ensuite porté à ébullition à pression atmosphérique et

l'hydro-distillation se fait pendant 1 heure et demi; la chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs chargées d'huile essentielle; en traversant un réfrigérant se condensent et chutent dans une ampoule à décanter, l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.



Figure 2.2 : Dispositif d'hydro-distillation

(Cliché, laboratoire de pharmacologie ISV Tiaret, 2020)

3-2 Traitement de l'extrait

L'eau est rejetée et la phase huileuse est récupérée par une micropipette. La phase huileuse récupérée est séchée par le sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) (Eyob et al., 2008). L'huile essentielle extraite a été conservée à 4 °C dans une fiole scellée hermétiquement et couverte de papier aluminium jusqu'à son utilisation ultérieure (évaluation de l'effet antioxydant).

3- 3 Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter.

$$RHE (\%) = MHE / MS . 100$$

R : Rendement en extraits fixes en g /100g de matière sèche;

MHE: Quantité d'extrait récupérée exprimée en g;

MS : Quantité de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g.

4- Pouvoir réducteur

4-1 Principe

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant. L'activité réductrice est déterminée selon la méthode de **Yen et Duh (1993)**, basée sur la réaction chimique de réduction du Fer (III) présent dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en Fer (II) (**Ferreira et al., 2007; Ak et Gulçin, 2008**).

4-2 Mode opératoire

L'extrait d'huile essentielle a été solubilisé dans l'éthanol (1/500 v/v), puis 2,5 ml de chaque solution (éthanol ou eau distillée pour l'échantillon de contrôle) sont mélangés avec 2,5 ml d'une solution à 1 % de ferricyanure de potassium ($K_3 Fe (CN)_6$) et 2,5 ml d'un tampon phosphate (0,02 M, pH 6,6). Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min. Après refroidissement, 2,5 ml d'une solution d'acide trichloroacétique (TCA) à 10% sont ajoutés. La solution est centrifugée à 3000 rpm pendant 10 min. Le surnageant (1 ml) est mélangé à 1ml d'eau distillée puis 0,5 ml de chlorure de fer (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm (**Yen et Duh, 1993**).

La figure 2.3 reprend les principales étapes du protocole expérimental du pouvoir réducteur. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur de l'extrait testé. La valeur EC_{50} est la concentration à laquelle l'absorbance est égale à 0,5 pour la capacité réductrice et est obtenue à partir des courbes à régression linéaire (**Chang et al., 2007**).

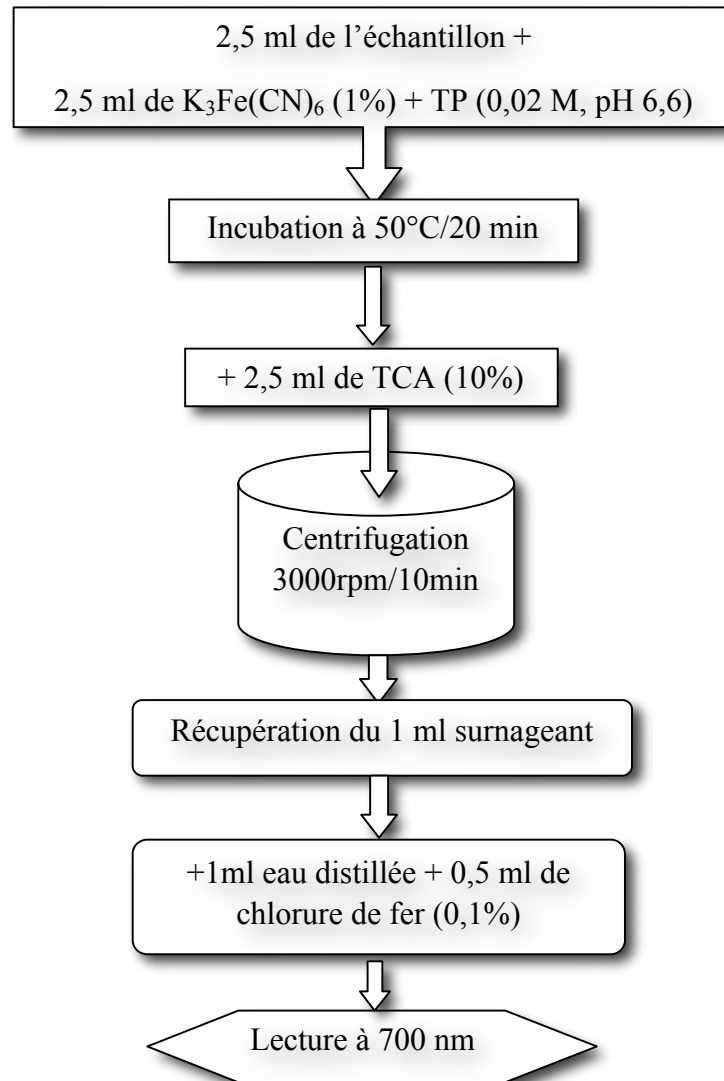


Figure 2.3: Protocole de détermination du pouvoir réducteur (Yen et Duh, 1993).

A decorative scroll graphic with a black outline and rounded corners. The top-left and bottom-left corners are rolled up, with the inner surface shaded in light gray. The text is centered within the scroll.

*Résultats
&
Discussion*

1-Rendement de l'huile essentielle

L'huile essentielle a été extraite des feuilles séchées d'*Artemisia herba-alba* à l'aide d'un hydro distillateur. La figure 2.4 montre le rendement moyen (moyenne \pm écart type) en huiles essentielles calculé en fonction de la matière végétale sèche de la plante.

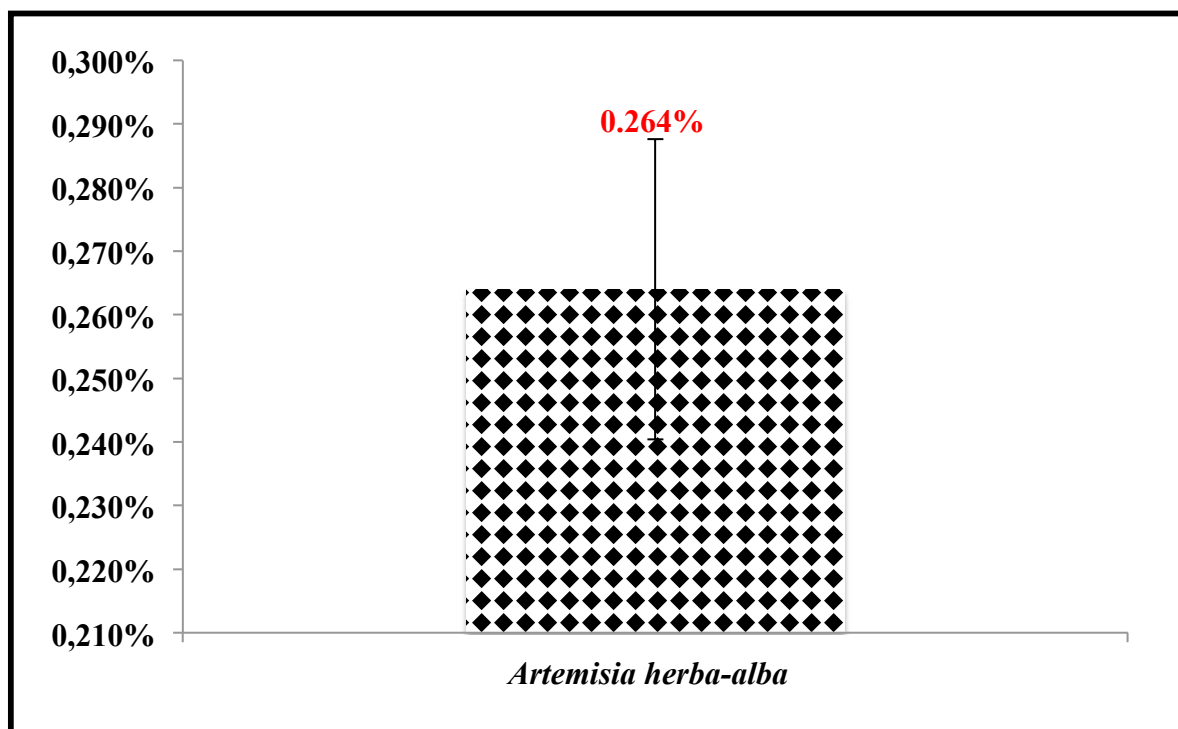


Figure 2.4: Rendement en huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*.

Le rendement moyen obtenu en huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* lors de la présente étude a été de 0.264% \pm 0.024 (p/p). Des rendements supérieurs ont été signalés de l'ordre de 0.72%, 0.79% et 0.94% (v/p) pour la plante collectée des régions de Boussaada, Benifouda, Bougaa localisées dans l'est Algérien, respectivement (**Belhattab et al., 2014**). Toutefois, des rendements supérieurs à celui annoncé par cette étude variant de 0.5% à 1.02% ont été rapportés dans diverses régions de l'Algérie (**Benyoucef et al., 2018 ; Magraoui et Zahaf, 2018 ; Goudjil et al., 2015 ; Bezza et al., 2010 ; Dob et Benabdelkader, 2006**).

Alors qu'un rendement plus faible (0.16% v/p) a été noté par **Belhattab et al. (2014)** dans la région de Boutaleb (Est de l'Algérie).

Au Maroc, des rendements de 0.5% et 1.2% ont été notés par **Benchegroun et al. (2012)** et **Zaim et al. (2012)**. Alors qu'en Tunisie, le rendement en huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* collectée de quatre régions différentes a varié de 0.35% à 1.15% (p/p) (**Bourgou et al., 2016**).

Cette différence peut être attribuée à l'origine géographique qui est liée à aux facteurs environnementaux (**Bourgou et al., 2016**), la saison de récolte (**Magraoui et Zahaf, 2018 ; Zaim et al. ; 2012**), le cycle végétatif (où la phase de développement des plantes peuvent être en partie responsables de cette différence) (**Magraoui et Zahaf, 2018 ; Bourgou et al., 2016 ; Fellah et al., 2006**), l'état de fraîcheur (**Bruneton, 1999**) et enfin la technique et la durée d'extraction (**Magraoui et Zahaf, 2018**).

2- Activité Antioxydante

L'activité anti-oxydante a été évaluée par la mesure du pouvoir réducteur. Le test a été mené avec le standard et l'huile essentielle à différentes concentrations. Les EC_{50} calculées sont rapportées dans le tableau 2.1. Pour le test du pouvoir réducteur, une faible EC_{50} correspond à une forte capacité réductrice (**Chang et al., 2007**).

Cette méthode est basée sur la réduction de l'ion ferrique Fe^{+3} de complexe ferricyanure à l'ion ferreux (Fe^{+2}) par la donation d'un électron de l'antioxydant. Cette réaction se traduit par la formation du bleu de Prusse qui sera mesuré à une longueur d'onde de 700 nm (**Bajpai et al., 2013**).

Tableau 2.1: Résultats de l'activité anti-oxydante de l'huile essentielle et de la molécule standard.

Echantillon	Pouvoir réducteur (EC_{50}) mg/ml
Vit C	0.022
Huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i>	6.44

L'échantillon testé a été capable de réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) aux ions ferreux correspondants (Fe^{2+}). Le pouvoir réducteur de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* est nettement inférieur à celui du standard.

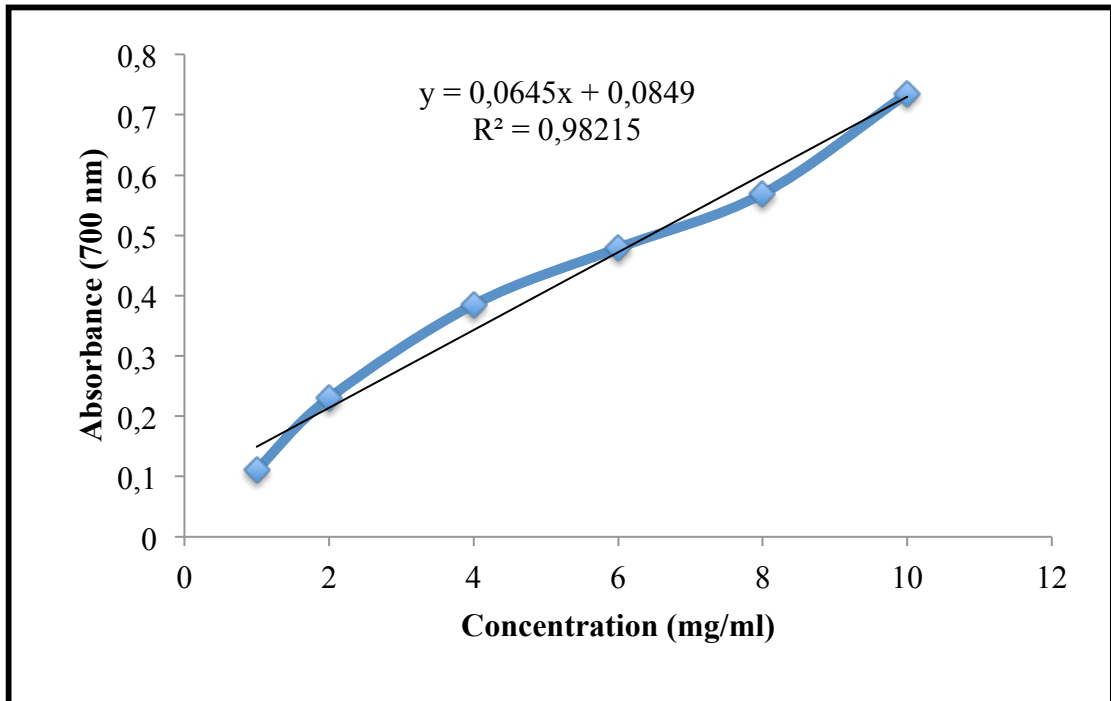


Figure 2.5 : Courbe à régression linéaire de l'huile essentielle

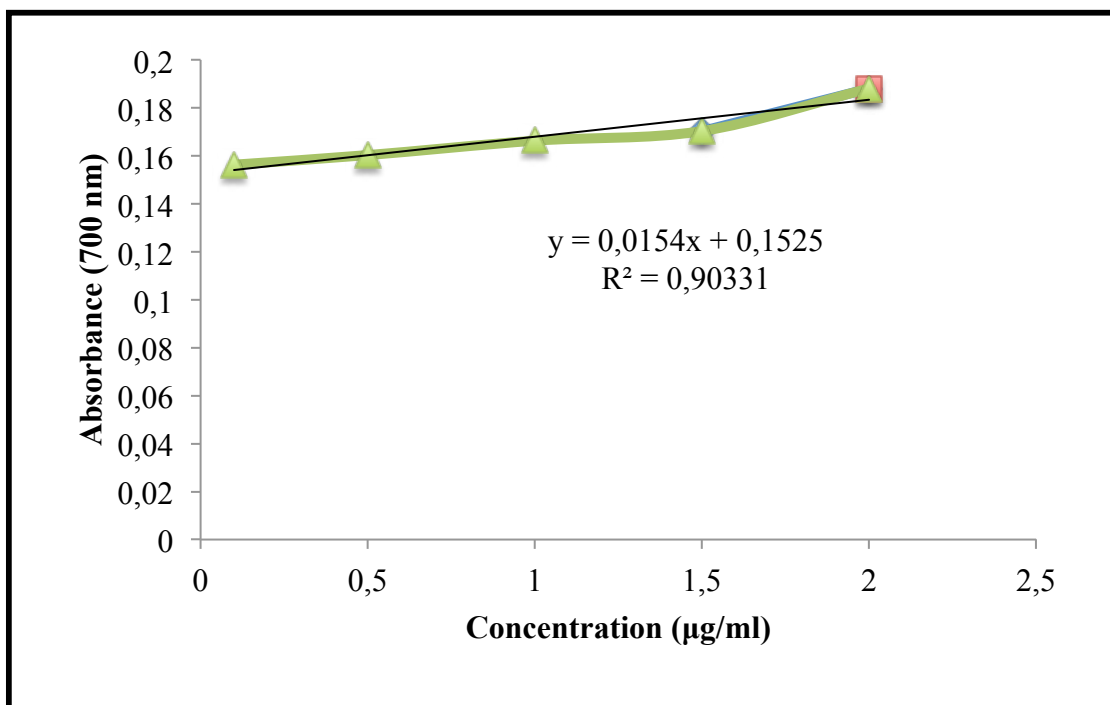


Figure 2.6: Courbe à régression linéaire de la Vit C

Le tableau 2.1 montre que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* a présenté une faible capacité antioxydante à réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) aux ions ferreux correspondants (Fe^{2+}) par le test du pouvoir réducteur. La valeur de l' EC_{50} de l'huile essentielle obtenu dans la présente étude a été faible (6.44 mg/ml) comparativement à la molécule standard (22 μ g/ml) pour le standard. **Bourgou et al. (2016)** ont rapporté des EC_{50} variant de 1.2 à 2.9 mg/ml pour l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* récoltée de quatre régions de la Tunisie. Cependant, **Goudjil et al. (2015)** en Algérie ont enregistré un EC_{50} très faible de l'ordre 12.53 μ g/ml pour l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* récoltée des monts de Boukhil (Djelfa- Algérie).

Bien que cette activité antioxydante soit classée comme faible, la figure 2.5 et 2.6 montre que le pouvoir réducteur augmentait avec l'augmentation de la concentration d'huile essentielle et de la Vit C. Dans ce test, le résultat a révélé une bonne linéarité à l'huile essentielle et la Vit C avec un R^2 de 0.98215 et 0.90331, respectivement. Cela peut indiquer que l'effet réducteur de l'huile d'*A. herba-alba* et de la Vit C sont plus corrélés à leurs concentrations. Le même constat a été fait par **Kadri et al. (2011)** et **Bouzidi et al. (2016)**.

Bourgou et al. (2016) ont expliqué le faible pouvoir réducteur de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* par l'absence de monoterpènes phénoliques tels que le thymol, le carvacrol qui sont connus pour être associés à un fort pouvoir antioxydant.



Conclusion

A la lumière des résultats obtenus au cours de cette étude nous pouvons conclure ce qui suit :

Le rendement en huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* a été de $0.264\% \pm 0.024$ (p/p).

Un pouvoir réducteur faible de cette huile essentielle avec un EC_{50} de l'ordre de 6.44 mg/ml contre 0.022 mg/ml pour la molécule standard (Vit C). Cependant, une corrélation positive entre la concentration et le pouvoir réducteur a été constatée que ce soit pour l'huile essentielle ou la molécule standard avec un R^2 de l'ordre de 0.98215 et 0.90331, respectivement.

D'autres investigations seront nécessaires en vue de déterminer la composition chimique, d'étudier l'activité antibactérienne et antifongique et d'exploiter l'activité anti-oxydante par d'autres tests tel que le test d'activité anti-radicalaire à l'égard du DPPH et le test de blanchiment de la β -carotène de cette huile essentielle.



*Références
Bibliographiques*

A

1. **Abass O.A. (2012).** Therapeutic effect of *Artemisia herba-alba* aqueous extract added to classical therapy of acquired hyperlipidemia. *Iraqi Journal of community Medicine.* 4 :320-323.
2. **Ahmed, A.A., Abou El-Ela, M., Jakupovic, J., Seif El-Din, A.A., Sabri, N.(1990).**Eudesmanolides and other constituents from artemisia herba alba . *Phytochemistry.* 29 : 3661–3663.
3. **Ait Hellal., Haderbache K (2011).** Les techniques d'extraction des huiles essentielles par micro-ondes. *Editions universitaires européennes EUE .Paris.* p68.
4. **Ak T., Gulçin I. (2008).** Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico- Biological Interactions.* 174: 27–37.
5. **Akrout A., Chemli R.C., Chrief., and Hammami M. (2001).** Analysis of the essential oil of *Artemisia campestris* L. *Journal Flavour Fragr.* 16 : 337–339.
6. **Al-Eisawi D. M. (1998).** Field guide to wild flowers of Jordan and neighbouring countries. *Commercial Press (Al Rai).* Amman (Jordany). P296.
7. **Al-Khazraji S.M., Al-Shamaony L.A., Twaij H.A.A. (1993).** Hypoglycaemic effect of *Artemisia herba alba*. I. Effect of different parts and influence of the solvent on hypoglycaemic activity. *Journal of Ethnopharmacology .*40 : 163-166.
8. **Allen K. G., Banthorpe D. V. and Charlwood B. V. (1977).** Metabolic pools associated with monoterpene biosynthesis in higher plants. *Phytochemistry.* 16 : 79-83.
9. **Aouina M., Lakhdari S. (2019).** Biologie des huiles essentielles de la famille de lamiaceae. Mémoire en biotechnologie végétale. Université Mohamed Boudiaf -M'sila.p60.

B

10. **Bajpai V. K., Sharma A., Kim S. H., Baek K. H. (2013).** Phenolic content and antioxidant capacity of essential oil obtained from sawdust of *Chamaecyparis obtusa* by microwave-assisted hydrodistillation. *Food Technol Biotechnol.* 51:360–369.
11. **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008).** Biological effects of essential oils. *Rev: Food Chem Toxicol.* 46 : 446–475.
12. **Bassereau M., Chaintreau A., Duperrex S., Joulain D., Leijts H., Loesing G., Owen N., Sherlock A., Schippa C., Thorel P. J. (2007).** GC-MS quantification of suspected volatile allergens in fragrances. Data treatment strategies and method performances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 55 (1): 25-31

13. **Baudoux D., Blanchard J-M., Malotau A.F. (2006).** Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française, Soins palliatifs. Edition Inspir. 4 : 318.
14. **Belhattab R., Amor L., Barroso J.G., Pedro L.G., Cristina Figueiredo A. (2014).** Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso. grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*. 7 (2) :243-251.
15. **Ben-Abid Z, Feki M., Hedhili A-R, Hamdaoui M-H.(2007).** *Artemisia herba-alba* Asso (Asteraceae) Has Equivalent Effects to Green and Black Tea Decoctions on Antioxidant Processes and Some Metabolic Parameters in Rats. *Journal Ann Nutr Metab*. 51 : 216-222.
16. **Bencheqroun H. K., Ghanmi, M., Satrani B., Aafi A., Chaouch A. (2012).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia mesatlantica*, plante endémique du Maroc. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 81 : 4 - 21
17. **Benyoucef F., Dib M. E-A., Arrar Z., Costa J., Muselli A. (2018).** Synergistic Antioxidant Activity and Chemical Composition of Essential Oils From *Thymus fontanesii*, *Artemisia herba- alba* and *Rosmarinus officinalis*. *J Appl Biotechnol Rep*. 5(4):151-156
18. **Bezza L., Mannarino A., Fattarsi K., Mikail C., Abou L., Hadji- Minaglou F., Kaloustian J. (2010).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* issued from the district of Biskra (Algeria). *Phytothérapie*. 8(5) : 277-281.
19. **Bonneval D. P., Dubus F. (2014).** Manuel pratique d'aromathérapie au quotidien. *Editions Désiris*. Paris .p 288
20. **Bouaine A. (2017).** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux plantes aromatiques et médicinales:Lentisque et Myrte .mémoire de Master en sciences et techniques. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fés (Maroc) .p53.
21. **Bouakkaz S. (2013).** Métabolites secondaires du figuier ficus carica L ,isolement, identification, structurale ,dosage par HPLC couplée à la spectrométrie de masse et activités biologiques. Thèse de doctorat en science de la matière .spécialité : science chimique .université 8 mai 1945 de Guelma .p179 .
22. **Bouchra C., Mohamed A., Mina I. H., & Hmamouchi M., (2003).** Antifungal activity of essential oils from several medicinal plants against four postharvest citrus pathogens. *Phytopathologia Mediterranea*. 42 (3) : 251-256.
23. **Bourgou S., Tammar S., Salem N., Mkadmini K., Msaada K. (2016).** Phenolic Composition, Essential Oil, and Antioxidant Activity in the Aerial Part of *ArtemisiaHerba-Alba* from Several Provenances: A Comparative Study, *International Journal of Food Properties*. 19(3) : 549-563.

24. **Bousbia N. (2011)**. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat en sciences. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Spécialité : chimie .p176 .
25. **Bouzidi N., Mederbal K., Raho G. B. (2016)**. Antioxidant Activity of Essential Oil of *Artemisia herba alba*. *J Appl Environ Biol Sci*. 6(5) :59-65
26. **Breckle S. W. (1983)**. Temperate deserts and semi-deserts of Afghanistan and Iran. *Journal Ecosystems of the World - Elsevier*. 5 :271-319.
27. **Brud W.S. (2010)**. Handbook of Essential Oils : Science, Technology, and Applications. *Edition CRC*. Florida (USA). P 843–853.
28. **Bruneton J. (1999)**. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. *3ème édition, TEC et DOC*. Paris. p1120.
29. **Bruneton J. (2008)**. Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. *2ème Edition, Tec & Doc, Lavoisier*. Paris. p 1188.
30. **Bruneton J. (2009)**. Pharmacognosie : Phytochimie : Plantes médicinales. *4eme édition Tec & Doc*. p 1269.
31. **Burt S. (2004)**. Essential oils: Their antibacterial properties and potential application in Foods. A review intern. *J Food Microbiol*. 94 : 223-253.

C

32. **Calsamiglia S., Busquet M., Cardozo P W., Castillejos L., Ferret A. (2007)**. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*. 90 : 2580-2590
33. **Chaintreau A., Joulain D., Marin C., Schmidt C. O., Yey, M. (2003)**. GC-MC.quantitation of fragrance compounds suspected to cause skin reaction. *Journal Agric Food Chem*. 51 : 398-403.
34. **Chalcat J. C., Garry R. P., Menut C., Lamaty G., Malhuret R., Chopineau J. (1997)**. Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African essential oils. *Journal of Essential oil Research*. 9(1): 67-75.
35. **Chami N., Chami F., Bennis S., Trouillas J., and Remmal A. (2004)**. Antifungal treatment with carvacrol and eugenol of oral candidiasis in immunosuppressed rats. *Brazilian Journal of Infectious Disease*. 8(3) : 217-226.

36. **Chang H. C., Huang G. J., Agrawal D. C., Kuo C. L., Wu C. R., Tsay H. S. (2007).** Antioxidant activities and polyphenol contents of six folk medicinal ferns used as “Gusuibu”. *Botanical Studies*. 48: 397–406.
37. **Chemat F. (2009).** Essential Oils and Aromas: Green Extractions and Applications. *Dehradun: Har Krishan Bhalla & Sons*. India. P 311.

D

38. **De Billerbeck V. G. (2007).** Essential oils and antibiotic-resistant bacteria. *Edition Phytothérapie*. 5 : 249–253.
39. **De Pascual J.T., Gonzalez M.S., Muriel M.R and Bellid I.S. (1984).** Phenolic derivatives from *Artemisia campestris* Subsp *Glutinosa*. *journal Phytochemistry*. 23 (8) : 1819-1821.
40. **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P and Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*. 97 (4) :654-660
41. **Dob T., Ben Abdelkader T. (2006).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba asso* grown in Algeria. *J. Essen. Oil Res*. 18 : 685-690.
42. **Donrop A M and Day N.P. (2007).** The treatment of severe malaria. *Trans journal R Soc Trop Med Hyg*. 101 :633-634.
43. **Dumortier D. (2006).** Contribution à l'amélioration de la qualité de l'huile essentielle d'ylang-ylang (*Cananga Odorata* (Lamarck) J.D. Hooker et Thomson, variété Genuina) des Comores. Mémoire d'ingénieur. Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique).p92.

E

44. **El-Haci I.A. (2015).** Etude phytochimique et activités biologiques de quelques plantes médicinales endémique du sud de l'Algérie: *Ammodaucus leucotrichus* Coss. & Dur., *Anabasis aretioides* Moq. & Coss. et *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. These de doctorat en Biologie. spécialité : Biochimie .Université Abou-bekr-belkaid Tlemcen .p188.
45. **El-Haib A. (2011).** Alorisation de terpenes naturels issus de plantes marocaines par transformation catalytiques .thèse de doctorat en Chimie organique .spécialité : Chimie organique et catalyse. Université Toulouse (France).p195.

46. **El Kalamouni C. (2010).** Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de doctorat en Sciences de la Matière .spécialité : Sciences des Agroressources .université de Toulouse (France).p263.
47. **El-Kolli M. (2017).** Structure et activités des substances naturelles : principes et applications. Mémoire de master en écologie microbienne .Université de Ferhat Abbas Sétif.67p.
48. **El-Rhaffari L. (2008).**Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes. Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia, Equipe Environnement et Santé. L'organisation non gouvernementale italienne. P14.
49. **Eyob S., Martinsen B. K., Tsegaye A., Appelgren M., Skrede G. (2008).** Antioxidant and antimicrobial activities of extract and essential oil of korarima (*Aframomum corrorima* ((Braun) P.C.M. Jansen). *African Journal of Biotechnology*. 7: 2585–2592.

F

50. **Fabre N. (2017).** Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine. Thèse de doctorat en sciences pharmaceutiques. Spécialité : pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse III (France). p255.
51. **Faure A. (2013).** L'aromathérapie en Rhone-Alpes : exemples d'utilisation thérapeutique des huiles essentielles en soins palliatifs. Thèse de doctorat en sciences pharmaceutiques et biologiques.Université Claude Bernard (Lyon 1). p184.
52. **Fellah S., Romdhane M., Abderraba M. (2006).** Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal de la Société Algérienne de Chimie J Soc Alger Chin*. 16(2) :193-202.
53. **Ferhat M (2007).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes des huiles essentielles des citrus d'Algérie. Compréhension, application et valorisation .thèse en chimie. Spécialité chimie organique appliquée. Université des sciences de la technologie Houari Boumediene. p156.
54. **Ferreira I. C. F. R., Baptista P., Vilas-Boas M., Barros L. (2007).** Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity. *Food Chemistry*, 100: 1511–1516.

G

55. **Goudjil M. B., Ladjel S., Bencheikh S-E., Zighmi S., and Hamada D. (2015).** Chemical Compounds Profile, Antibacterial and Antioxidant Activities of the Essential Oil Extracted from the *Artemisia herba-alba* of Southern Algeria. *International Journal of Biological Chemistry*. 9 (2): 70-78.
56. **Gomes P. B., Mata V. G., Rodrigues A. E. (2007).** Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*. 41 : 50-60.
57. **Grosso C., Ferraro V., Figueiredo A. C., Barroso J. G., Coelho J. A., Palavra, A.M. (2008).** Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds, *Food chemistry*. 111(1): 197-203.
58. **Guignard. (1996).** *Biochimie végétale. Edition Masson. Paris (France)*. 26 : 255.

H

59. **Harkati B. (2011).** Valorisation et identification structurale de principe actifs de la plante de la famille asteraceae : *scorzonera undulata* .Thèse de Doctorat en science. Spécialité : chimie organique. Université de Constantine. p129.
60. **Hatimi S., Boudouma M., Bichichi M., Chaib N., and Guessous I.N. (2000).** Evaluation in vitro de l'activité antileishmanienne d'*Artemisia herba-alba* Asso Thérapeutique. 94 (1) : 29-31.
61. **Hellal, Z. (2011).** Contribution a l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. application sur la Sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de magister en biologie. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou . *Biochimie Appliquée et Biotechnologies*.120 p.
62. **Hernandez-Ochoa L. R. (2005).** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de Doctorat en Sciences. Institut National Polytechniques de Toulouse. Spécialité: Sciences des Agroressources (France). p225.

I

63. **Inouye S., Takizawa T., Yamaguchi H. (2001).** Antibacterial Activity of Essential Oils and Their Major Constituents Against Respiratory Tract Pathogens by Gaseous Contact. *Journal Antimicrob Chemother*.47 : 565-573.
64. **IPNI. (2014).** The International Plant Name Index.

J

65. **Joseph M.N., Regina A.O., Alexander K.N., Dorothy Y.M., Phyllis G.A. (2015).** Medicinal plants used to treat TB in Ghana. *International Journal of Mycobacteriology*. 4 :116-123.

K

66. **Kadri A., Ben Chobba I., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Mohamed DamaK M., Gdoura R. (2011).** Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* grown in Tunisian semi-arid region. *African Journal of Biotechnology*. 10(15) : 2923-2929.

67. **Kurita K. (1982).** Synergistic antimicrobial effect of sodium chloride and essential oils components. *Agric Biol Chem*. 46 :159-165.

L

68. **Lagunez R. L. (2006).** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières Végétales en réacteur chauffée par induction thermomagnétique directe. Thèse Doctorat en sciences. spécialité : sciences des agroressources .Institut national polytechnique de Toulouse (France).p335.

69. **Lahlou M. (2004).** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of the essential oils. *phytotherapy research*. 18 (6) : 435-448.

70. **Laib I. (2012).** Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : Application aux moisissures des légumes secs. *Nature & Technologie*. p52.

71. **Laouer H. (2004).** Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de sétif, de Béjaia, de M'sila et de Djelfa. Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Ammoi des pusilla (Brot) Breistr. et de Magydaris pastinacea (Lamk) Paol. Thèse de Doctorat en science .spécialité : biologie. Université de Sétif.p 119.

M

72. **Madhavi D. L., Deshpande S. S. et Salunkhe D. K.(1996).** Food Antioxidants, Technological, Toxicological, and Health Perspectives. *1ère Edition Marcel Dekker, Inc.* New York. 2 : 65.

73. **Malecky M. (2008)**. Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse de doctorat en Sciences et Industrie du Vivant et de l'Environnement. Spécialité : Physiologie de la Nutrition Animale biotechnologie. Paris .p207.
74. **Mayer F. (2012)**.L'utilisation thérapeutique des huiles essentielles : Etude de cas en maisons de retraite. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine (France). p 90
75. **Magraoui S., Zahaf D. (2018)**. Etude de l'extraction et l'activité biologique des huiles essentielles d'Artemisia «Chih» en Algérie. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master spécialité Micobiologie appliquée. Université Khemis Miliana.p 102
76. **Memmi A, Sansa G., Rjeibi I., El ayeb M., Srairi-Abid N., Bellasfer Z.,and Fekhih A. (2007)**. Use of medicinal plants against scorpionic and ophidianvenoms.*Arch. Inst. Pasteur.Tunis*. vol 84 .p49-55.
77. **Messai Laid. (2011)**. Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'EST algerien (*ARTEMISIA HERBA ALBA*) .Thèse de doctorat en Chimie Organique.Spécialité :phytochimie. Université mentouri constantine.p104.
78. **Moro B A. (2008)**. Grand guide de l'huile essentielle .*édition hachette pratique*. France .p256.
79. **Moufid A., Eddouks M. (2012)**. Artemisia herba alba : A popular plant with potential medicinal properties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 15 (24) 1152-1159.
80. **Multon J. L. (2002)** .Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries alimentaires. *4eme édition Tec & Doc*. Paris. p743.
81. **Muther L. (2015)**.**utilisation des huiles essentielles chez l'enfant .thèse de doctorat en pharmacie** . spécialité: pharmacie .université d'auvergne (France). P186.

O

82. **Ouis N (2015)**. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat en science. Spécialité : chimie organique .Université d'oran.239p.

P

83. **Paré J. (1997)**. Procédé assisté par micro-onde. Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles. 4 : 4.

84. **Pibiri M. C. (2006)**. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse de doctorat en sciences. Spécialité : architecture. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (suisse).p161.
85. **Pierron C. (2014)**. Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie gérontologie et soins palliatifs .thèse de doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine (France).p257.
86. **Poirot T. (2016)**. bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université de lorraine (France).97p.
87. **Porter N. (2001)**. Essential oils and their production. *Journal Crop Food Research*. 39:32–38.
88. **Pottier G. (1981)**. *Artemisia herba-alba*. Flore de la Tunisie : angiospermes. Dicotylédones. Gamopétales. 1012 p.
89. **Proust B. (2006)**. Petite Géométrie des Parfums. *Éditions du Seuil*. Paris .p 126.

Q

90. **Quezel P., Santa S. (1963)**. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *Edition Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)*. Paris. 2 : 1170.

R

91. **Rahal S. (2004)**. Chimie des produits naturels et des êtres vivants. *Ed. O.P.U* .Algérie. p162
92. **Rauter A.P., Branco I., TostaoZ ., Pais M.S., Gonzalez A.G et Bermejo J.B. (1989)**. Flavonoids from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. *Journal Phytochemistry*. 28 (8) : 2173-2175
93. **Richard H. (1992)**. Epices et aromates. *Edition .Tec & Doc-Lavoisier* .Paris .p 339.
94. **Richard H., Multon J.L. (1992)**. Les arômes alimentaires sciences et techniques agroalimentaires. *Edition Lavoisier*. Paris .p, 438.
95. **Roger G., Youcef, H and Jacques K.(2008)**. Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*. 79 : 199-203.
96. **Romero M.R., Efferth T., Serrano M.A., Castano B., Macias R.I., Briz, O., and Marin, J.(2005)**. Effect of artemisininartesanate as inhibitors of hepatitis B virus production" *in vitro*" system. *Antivir Res*. 68 : 75-83.
97. **Roux-Sitruk D (2008)**. Conseil en aromathérapie.*2ème éditions* .Paris . p 187.

S

98. **Safaralie A., Fatemi S. and Sefidkon F. (2008).** Essential oil composition of valeriana officinalis L. roots cultivated in Iran Comparative analysis between supercritical CO2 extraction & hydrodistillation. *Journal of chromatography A.* 1180 (1-2) :159-164.
99. **Seddiek S.A., Ali M.M., Khater H.F. and El-Shorbagy M.M. (2011).** Anthelmintic activity of the white wormwood, *Artemisia herba-alba* against *Heterakis gallinarum* infecting turkey poult. *Journal of Medicinal Plants Research.* 5 (16) : 3946-3957.
100. **Sefi M., Fetoui H., Makni M., and Najiba Zeghal N. (2010).** Mitigating effects of antioxidant properties of *Artemisia campestris* leaf extract on hyperlipidemia, advanced glycation end products and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *J Food Chem Toxicol.* 48 : 1986–1993.
101. **Seenivasan P. (2006).** In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *Journal of complementary and alternative medicine.* 9 :6-39.
102. **Sell S. (2006).** *The Chemistry of Fragrance. From perfumer to Consumer. 2eme édition,* The Royal Society of Chemistry. Cambridge. p329.
103. **Shaukat, K., Ghazala, H.R., Hina, Y., et al. (2013).** Medicinal importance of *Holoptela integrifolia* (Roxb.) Planch - its biological and pharmacological activities. *Journal Natural Products Chemistry & Research.* 2 (1) :1-4

T

104. **Tantaoui-Elaraki A., Errifi A. (1994).** Antifungal activity of essential oils when associated with sodium chloride or fatty acids. *Journal Grasas y Aceites.* 45 (6) : 363-369.
105. **Tantaoui-Elaraki A., Ferhout H and Errifi, A. (1993).** Inhibition of the fungal asexual reproduction stages by three Moroccan essential oils. *J Essen Oil Res.* 5 (5) :535-545.

V

106. **Valnet J. (1984).** *Aromathérapie Traitement des maladies par les essences des plantes.* Edition Maloine SA, Paris(France). p50-119.
107. **Valnet J. (2001).** *Aromathérapie. 11ème édition.* Paris (France). p485.
108. **Vernin G., Merad O., Vernin G.M.F., Zamkotsian R.M., Parkanyi C. (1995).** GC/MS analysis of *Artemisia herba-alba* Asso essential oils from Algeria. *Edition : Food Flavors : Generation, Analysis and Process Influence.* 147-206.

109. **Vogler B. K., Ernst E. (1999).** Aloe Vera: A Systematic Review of Its Clinical Effectiveness. *Journal of général practice.* 49 : 823-828.

W

110. **Whichello D. B. (2014).** Le guide de l'aromathérapie. *Editions Larousse de poche.* Paris. p132.

Y

111. **Yanishlieva-Maslarova N. (2001).** Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. in antioxidant in food :practical applications. *Edition Woodhead Publishing Limited.* Cambridge (Angleterre).p210-249.

112. **Yen G.C., Duh P .D. (1994).** Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free radical and active-oxygen species. *J Agric Food Chem.* 42 :629-632.

113. **Yen G. C., Duh P. D. (1993).** Antioxidative properties of methanolic extracts from peanut hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 70: 383–386.

Z

114. **Zaim A., El Ghadraoui L., Farah A. (2012).** Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie.* 34 (2) : 127-133.

115. **Zohari M. (1973).** Geobotanical foundations of the Middle East. *Gustav Fisher Verlag.* vol2. Stuggart (Germany).p 231.