

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : S.N.V

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THEME

**Evaluation *in vitro* de l'effet antioxydant de quelques
huiles essentielles commerciales**

Présenté par :

Sadat Celia

Seghier Bouchra Fatima Zohra

Takhi Amira Hind

Devant le jury composé de :

Mme. Nia Samira

Présidente

Mme. Mahfoudi Rokaya

Examinatrice

Mme. Khacheba Ihcen

Rapporteur

Mme. Boussoussa Hadjer

Co-Rapporteur

Soutenu publiquement le : 28. 09. 2020

Dédicaces

*Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de **mon père**. J'espère que du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*

*A ma très **chère mère** affable, honorable, aimable. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours Pour mener à bien mes études.*

*A mon frère et mes sœurs : **Saïd, Lyna, Romaïssa, Melissa.***

*Enfin à mes chères amies : **Khaoula, Mayssoune, Hadjer, feriel, Maroua, Nour.***

Celia

*Je dédie ce travail à mes **chers parents***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel
et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour
mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez
depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne
toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés,
le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en
acquitterai jamais assez.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie
et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

*À mes chers frères : **Sami** et **Mohammed***

*À ma chère sœur: **Sirine***

*À **Zaki** et à toute ma belle-famille*

Bouchra. F.Z

*A ma très chère **maman**, une amie et une confidente qui m'a soutenu dans mes choix et a su toujours m'encourager quelques que soient les difficultés que j'ai pu rencontrer tout au long de mon cursus, ainsi qu'à mon cher **papa***

*A mes sœurs, **Halima, Rym et Fella Yasmine***

*A tous les membres du groupe « **El Afami** »*

*A mes amies, celles de toujours : **Rabia, Khaoula et Nada.***

*Je ne manque pas l'occasion de remercier particulièrement ma très chère amie **Nouai Nour El Imane** de m'avoir procuré l'aide quand j'en avais besoin*

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui ont contribué de près et de loin pour que je réussisse dans mes études.

Amira. H

Remerciements

Avant toute chose, on remercie ***le Dieu*** tout puissant source de toute connaissance pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail

En tête de nos remerciements, On voudrait tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice ***Mme. Khacheba Ihcen*** pour son encouragement, ses conseils précieux, sa disponibilité, ses suggestions pertinentes, ses critiques constructifs et surtout pour sa patience tout au long de ce travail.

On désire remercier aussi notre Co-promotrice, ***Mme Boussoussa Hadjer*** pour son esprit scientifique, son écoute et ses généreux secours au cours de nos moments difficiles ont été d'immense réconfort.

On remercie vivement les membres de ce respectueux jury :

- Mme. ***Nia Samira***

On est très honoré que vous ayez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements et soyez assuré de notre profonde gratitude.

- Mme. ***Mahfoudi Roukaya***, votre venue en tant qu'examineur nous honore. On est très reconnaissant et on vous adresse nos vifs remerciements.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Table de matière

Liste de figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Abréviations.....	III
Résumé	IV
Introduction générale	1
Partie Théorique	4
I. Aperçu sur les plantes aromatiques	5
I.1. Définition.....	5
I.2. Principes actifs	5
II. Les huiles essentielles	5
II.1. Définition	5
II.2. Activité biologiques	6
III. Activité antioxydante.....	7
III.1. Les radicaux libres.....	7
III.2. Le stress oxydatif	8
III.3. Les antioxydants	8
III.3.1. Les antioxydants endogènes.....	9
III.3.2. Les antioxydants exogènes	9
Partie Expérimentale	10
II.1. Matière végétale	11
II.2. Evaluation de l'activité antioxydante	18
II.2.1. Test DPPH	18
II.2.1.1. Principe du DPPH	18
II.2.1.2. Protocol	19
II.2.2. Test FRAP	19
II.2.2.1. Principe	19
II.2.2.2. Protocol	20
Résultats et discussions	22
III.1. Test DPPH	23
III.2. Test FRAP.....	28
Conclusion.....	29
Références Bibliographiques	29

Liste de figures

Figure 1 : Origines des différents radicaux libres oxygénés et espèce réactive de l'oxygène impliqué en biologie.....	08
Figure 2 : Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant.....	09
Figure 3 : Principe du test de capacité de piégeage des radicaux DPPH.....	19
Figure 4 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP (Ferric reducing antioxidant power) entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)- TPTZ et un antioxydant (AH).....	20
Figure 5. Courbes de la variation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration en huiles essentielles du test DPPH.....	24
Figure 6. Courbes de la variation du pourcentage d'inhibition (%) en fonction de la concentration en antioxydants standards choisis pour l'étude du test DPPH.....	24
Figure 7 : Courbes de la variation des absorbances en fonction de la concentration en huiles essentielles du test FRAP.....	29
Figure 8 : Courbes de la variation des absorbances en fonction de la concentration en vitamine C du test FRAP.....	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux composés des huiles essentielles et leurs activités biologiques.....	06
Tableau 2 : Les huiles essentielles utilisées dans cette étude.	11
Tableau 3 : Systématique, description, utilisation et principes actifs des plantes utilisées pour extraire les huiles essentielles investiguées.....	12
Tableau 4 : Les valeurs d'EC50 ($\mu\text{g} / \text{ml}$) des différentes huiles essentielles étudiées et des antioxydants standards.....	25
Tableau 5 : Les valeurs des capacités abtioxydante equivalente à la vitamine E (Équivalent vitamine E/g de matière sèche) de différentes huiles essentielles étudiées et des antioxydants standards.....	30

Abréviations

HE : huile essentielle

ERO : espèces réactives de l'oxygène

O₂• : radical superoxyde

OH• : le radical hydroxyle

ROO• : radical peroxyde

BHA : butylhydroxyanisole

BHT : butylhydroxytoluène

NO• : radical oxyde nitrique

DPPH: 1,1-diphenyl-2- picrylhydrazyl

FRAP: Ferric reducing antioxidant power

Fe(III)- TPTZ: tripyridyltriazine ferrique

Résumé

التقييم المختبري لنشاط المضاد للأكسدة لبعض الزيوت العطرية التجارية

ملخص تمثل الزيوت العطرية المستخرجة من النباتات العطرية، فئة مهمة من المنتجات الطبيعية التي تساهم في مختلف مجالات النشاط البشري. الغرض من هذا العمل هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة لبعض الزيوت العطرية التجارية: للبرتقال، للليمون، لإكليل الجبل، للخرامة وللنعناع

تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة باستعمال تقنية DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) وتقنية Ferric FRAP (Reducing Antioxidant Power). أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الزيوت العطرية الخمسة تملك فعالية معتدلة لتنشيط نشاط الجذر الحر DPPH مقارنة بمضادات الأكسدة المرجعية المستخدمة (فيتامين E و C). تشير نتائجنا إلى أن الزيت العطري للبرتقال أظهر أعلى فعالية لتنشيط نشاط الجذر الحر DPPH، يليه على التوالي الزيوت العطرية، للخرامة، لإكليل الجبل والنعناع باستثناء الليمون، مع قيم EC تراوحت ما بين $2,68 \cdot 10^3$ ميكروغرام / مل و $52,69 \cdot 10^3$ ميكروغرام / مل. حسب تقنية FRAP، تراوحت قيم النشاط مكافئ لفيتامين E بين $4,15 \cdot 10^2 \pm 0,01$ و $9,30 \cdot 10^{-1} \pm 0,00$ ميكرومول مكافئ فيتامين E / غرام من المادة الجافة، حيث أظهر الزيت العطري لإكليل الجبل أهم نشاط.

الكلمات المفتاحية: زيوت عطرية، نشاط مضاد للأكسدة، اختبار DPPH، اختبار FRAP

Evaluation *in vitro* de l'effet antioxydant de quelques huiles

essentielles commerciales

Résumé : Les huiles essentielles extraites de plantes aromatiques représentent une classe importante de produits naturels qui contribuent à divers domaines des activités humaines. Le but de ce travail est l'évaluation de l'activité antioxydante de quelques huiles essentielles commerciales à partir : de l'orange, du citron, du romarin, de la lavande et de la menthe poivrée.

L'activité antioxydante a été évaluée par les tests de réduction du DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) et de FRAP (Ferric Reducing antioxidant Power). D'après les résultats, les cinq huiles sont dotées d'un potentiel antioxydant modéré par rapport aux antioxydants standards employés (Vit C, Vit E). Nos résultats indiquent que l'HE de l'Orange a montré la plus forte activité antiradicalaire contre le radical DPPH, suivi respectivement par la Lavande, le Romarin et la Menthe Poivrée à l'exception du Citron, avec des valeurs d'EC₅₀ qui ont varié entre $2,68 \cdot 10^3$ et $52,69 \cdot 10^3$ µg/ml. Concernant le test FRAP, les valeurs de l'activité en équivalence à la vitamine E ont varié entre $4,15 \cdot 10^2 \pm 0,01$ et $9,30 \cdot 10^{-1} \pm 0,00$ µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche dont l'huile essentielle de Romarin a présente l'activité réductrice la plus importante.

Les mots clés : huiles essentielles, Activité antioxydante, Test DPPH, Test FRAP

In vitro evaluation of the antioxidant effect of some commercial

essential oils

Summary: Essential oils extracted from aromatic plants represent an important class of natural products that contribute to various areas of human activities. The aim of this work is to evaluate the

antioxidant activity of some commercial essential oils from: Orange, Lemon, Rosemary, Lavender, and Peppermint.

The antioxidant activity was evaluated by the DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) reduction tests. According to the results, the five oils showed a moderate antioxidant potential compared to the standard antioxidants used (Vit C, Vit E). Our results indicate that Orange essential oil showed the highest antiradical activity against the DPPH radical, followed respectively by Lavender, Rosemary and Peppermint with the exception of Lemon, with IC_{50} values that vary between $2,68 \cdot 10^3 \mu\text{g/ml}$ and $52,69 \cdot 10^3 \mu\text{g/ml}$. Regarding FRAP test, the activity values in equivalence to vitamin E varied between $4,15 \cdot 10^2 \pm 0,01$ and $9,30 \cdot 10^{-1} \pm 0,00 \mu\text{mole equivalent vitamin E/g dry matter}$ which the essential oil of Rosemary has the most important reducing activity.

Key words: Essential oils, Antioxidant activity, DPPH Test, FRAP Test

Introduction générale

Les plantes aromatiques et médicinales ont toujours été utilisées par l'homme qui, au fil du temps, a développé son expérience et son savoir-faire en matière de cosmétique et de pharmacopée traditionnelles. Pendant très longtemps, ces besoins sont restés équitables, mais récemment, la pression sur les ressources continue de s'accroître pour répondre à la demande locale et internationale en forte croissance. (Fennane, 2016). Avec une superficie de 2 381 741 km², l'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, ainsi que leurs diverses utilisations populaires dans l'ensemble des terroirs du pays. (Sahi ,2016). Ce fait a mis en évidence la diversité des huiles essentielles des plantes.

Au cours de ces dernières années, le secteur des huiles essentielles a bénéficié d'une croissance rapide, soutenue en particulier par l'étendue et la diversité des secteurs d'application de ces extraits naturels (Bulut ,2009). Les huiles essentielles isolées des plantes aromatiques ont récemment gagné en popularité et en importance scientifique. Plusieurs plantes sont utilisées pour différents objectifs industriels tels que la fabrication d'aliments, de médicaments et de parfums, elles ont également un large spectre d'actions pharmacologiques et aussi renforcent la "résistance aux antibiotiques ». (Hassan et *al*, 2019)

L'utilisation des huiles essentielles dans différentes pathologies (digestive, infectieuse...) fait appel à leurs propriétés: anti-infectieuse, antalgique, anti-inflammatoire, sédatrice, antimicrobienne, antispasmodique et antioxydante (Steflitsch ,2008). L'activité antioxydante des huiles essentielles est exploitée dans la lutte contre le stress oxydatif qui est défini comme un déséquilibre entre la production excessive de molécules oxydantes et/ou une diminution du taux d'antioxydants dans l'organisme (Bessah ,2015). En gros, c'est une situation où la cellule ne peut plus résister à la production d'une manière exhaustive des radicaux libres toxiques qui seraient à l'origine de plusieurs pathologies parmi lesquelles nous pouvons citer les arthroses, l'asthme, le cancer, le diabète, les maladies cardiaques, l'athérosclérose (Bakhsha et *al*,2014)

D'autre part, les différents antioxydants synthétiques utilisés dans l'alimentation, ont été soupçonnés d'avoir des effets négatifs sur la santé. C'est pour cette raison que l'intérêt pour l'étude des produits naturels tels que les antioxydants sont de plus en plus importants, (Benabed, 2017) Car actuellement, il existe un intérêt mondial pour la découverte de nouveaux antioxydants sûrs de sources naturelles, afin de prévenir la détérioration oxydative des aliments et de minimiser les dommages oxydatifs des cellules vivantes. (Smail, 2011)

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est l'évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante de cinq huiles essentielles commerciales provenant de cinq sources à savoir (la Lavande, le Romarin, la Menthe Poivrée, l'Orange et le Citron), par deux tests chimique.

Ce mémoire se structure comme suit :

- La première partie est consacrée aux concepts généraux regroupant : un aperçu sur les plantes aromatiques, des généralités sur les huiles essentielles, leur classification et leurs activités biologique. Ainsi que l'activité antioxydante.
- La deuxième partie, la deuxième, décrit la démarche expérimentale. Elle est constituée d'un aperçu sur le matériel végétal ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante.
- La troisième partie est consacrée à la présentation de l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions.
- Nous terminerons ce mémoire par une conclusion et des perspectives.

Partie Théorique

I. Aperçu sur les plantes aromatiques

I.1. Définition

Les plantes aromatiques également appelées herbes et épices, sont un ensemble de plantes très spéciale qui renferment un ou plusieurs principes actifs capable de prévenir, soulager contre les maladies (Ajoy,2019). Elles renferment également des principes odorants utilisées dans le domaine culinaire telle que (Basilic, menthe, ail, coriandre, anis romarin ... etc.) qui rendent nos cuisine savoureuse et agréable et en phytothérapie pour les arômes qu'elles dégagent, ainsi que leurs HE que l'on peut extraire. Ces plantes sont cultivées selon les besoins pour leurs feuilles, tiges, racines, graines, fleurs, écorce (Christaki ,2012)

I.2. Principes actifs

Les plantes aromatiques représentent une source immense de molécules chimiques complexes exploitées par l'homme dans l'industrie des parfums, agro-alimentaire, cosmétique, et elles sont exclusivement utilisées à des fins médicinales en aromathérapie ainsi que dans d'autres systèmes de médecine. (Abderrahim, 2011)

Les plantes aromatiques appartiennent généralement à diverses classes de molécules organiques, en fonction de leurs voies de biosynthèse. Il ne s'agit pas de composés isolés, mais plutôt de mélanges dont les principaux sont les huiles essentielles, les polyphénols, les quinine, les flavonols/flavonoïdes, les alcaloïdes, les polypeptides ou leurs dérivés substitués par l'oxygène (Perillaud ,2018). Certains composés bioactifs des plantes aromatiques révèlent des propriétés thérapeutiques considérables (Antimicrobiennes, antivirales, antifongiques, antioxydantes, anti-inflammatoires et immunostimulantes). Ils peuvent réduire le risque de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives, le métabolisme des os, le cancer et peuvent trouver une application dans le traitement des troubles respiratoires et inflammatoires, des allergies et du diabète. (Christaki, 2012).

II. Les huiles essentielles

II.1. Définition

Une huile essentielle est définie selon la norme AFNOR NF T 75-006 comme « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale (Bouزيد, 2018). C'est un extrait provenant des plantes aromatiques contenu dans leurs feuilles, fruits, graines, écorces, ou racines (Aibet, 2016)

Ce sont des produits de composition généralement assez complexe renferment les principaux odorant volatil contenu dans les végétaux, elle diffère des huiles fixes (huile d'olive) et des graisses végétales par leur caractère volatil et ainsi que leur composition (Chouitah,2012)

Les huiles essentielles sont généralement des terpénoïdes, responsable de l'arôme et de la saveur associés avec des herbes, des épices et des parfums, aussi appelées huiles volatiles car ils se répandent facilement dans l'air (Bouزيد, 2018)

Ces substances ont une des fonctions importantes dans le domaine écologique pour leur rôle de protection contre les prédateurs (insecte et champignon), ou dans les interactions végétales (agents allélopatique), dans le domaine cosmétique comme arôme et en médecine pour leurs effets thérapeutiques (Dridi, 2018)

II.2. Activité biologiques

Les huiles essentielles ont des activités biologiques variés qui dépend de leur composition chimique est présenter ci-dessous :

Tableau 1 : Principaux composés des huiles essentielles et leurs activités biologiques

Nom de l'élément biochimique	Activités biologiques	Exemples d'huile essentielles
Les acides	Anti-inflammatoires très puissants, agissent en calmant le système nerveux	Ylang-ylang, Géranium, Néroli
Les aldéhydes	Anti- inflammatoires, calmants du système nerveux, anti- infectieux et peuvent irriter les muqueuses et la peau	cannelle de Ceylan et cannelle de chine cumin ,Néral ,mélisse eucalyptus citronné
Les cétones	Anti-inflammatoires, anti-infectieux, stimulent le système immunitaire à faibles doses, cicatrisantes, calmantes et peuvent être neurotoxiques à forte dose. Les huiles essentielles, riches en cétones, ne doivent pas être employées seules	Sauge officinale, Menthe poivrée Carvi , jasmin ,fenouil ,thuya
Les éthers	Effets antalgiques, rééquilibrant nerveux (antidépresseurs psychiques) et à inversion des effets si les doses sont trop élevées.	Graine de persil, élémi muscadier, estragon
Les esters	Rééquilibrant nerveux.	Sauge sclérée

		géranium, laurier noble
Les monoterpènes	Stimulants du système immunitaire et ont des propriétés antiseptiques et antalgiques. Peuvent occasionner des brûlures importantes sur la peau, donc leur action doit être limitée dans le temps.	Thym Vulgaire, Commun, Lédon du Groenland
Les phénols	Anti-infectieux et à action contre les microbes, les champignons, les virus et les bactéries, irritants pour la peau et les muqueuses (peuvent entraîner des brûlures). Peuvent (en grande quantité) endommager le foie en détruisant les cellules hépatiques.	Piment couronné, Giroflier, cannelle
Les sesquiterpènes	Anti-inflammatoires, anti-allergiques et ayant un emploi important en cosmétologie car ont une bonne tolérance avec la peau et ont des propriétés thérapeutiques	Camomille allemande, Genièvre

(Attou,2017) (Fettah,2019)

III. Activité antioxydante

III.1. Les radicaux libres

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui augmente considérablement sa réactivité par nécessité de se combiner avec un autre électron pour atteindre la stabilité selon un phénomène d'oxydation ce qui le rend extrêmement réactif (Pham-Huy et al.,2008). Ils 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 (Favier, 2003)

On peut distinguer les radicaux primaires, qui ont un rôle physiologique particulier et les radicaux secondaires, issus de la réaction des radicaux primaires avec des entités biochimiques cellulaires (lipides, protéines, glucides...) (Belkheiri,2010)

Lorsque la molécule attaquée perd son électron, elle devient elle-même un radical libre, commençant une réaction en chaîne. Plusieurs de ces radicaux libres sont sous forme des (ERO) telles que : ($O_2^{\bullet-}$), ($OH^{\bullet}$), ($ROO^{\bullet}$) et de l'azote : tels que ($NO^{\bullet}$), ceux-ci peuvent se produire,

en raison du stress oxydatif provoqué par un déséquilibre du système de défense antioxydant corporel.

III.2. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif est un déséquilibre de la balance entre la formation des espèces réactives de l'oxygène à caractère pro-oxydant et les antioxydants qui régulent leur production, en faveur des premières (Belkhiri, 2017). Il peut avoir diverses origines (figure 1), telles que la surproduction endogène d'agents pro oxydants d'origine inflammatoire, un déficit nutritionnel en antioxydants ou même une exposition environnementale à des facteurs pro oxydants (Tabac, alcool, médicaments, rayons ultraviolets, pesticides, ozone, amiante, métaux toxiques) (Baraka-vidot, 2014).

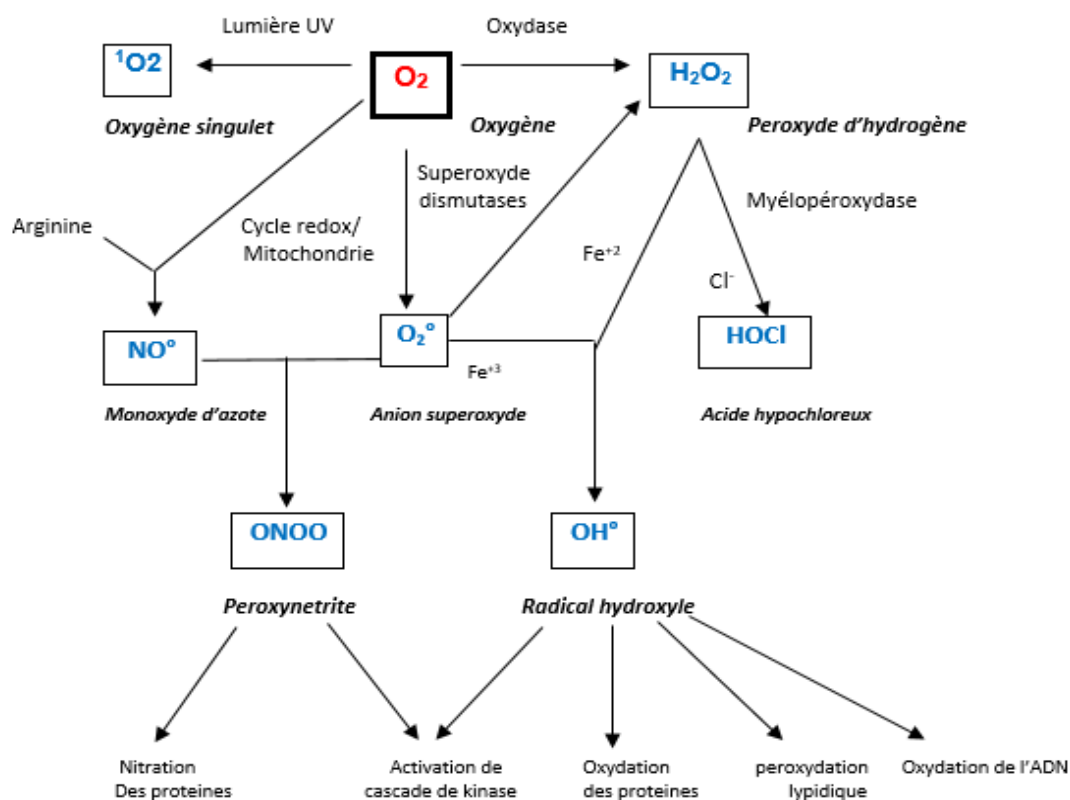


Figure 1. Origines des différents radicaux libres oxygénés et espèce réactive de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003).

III.3. Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui inhibent ou ralentissent l'oxydation d'un substrat (figure 2) (Guillouty, 2016). Il existe de très nombreuses sources d'antioxydants (tant ceux fabriqués par l'organisme que ceux qui sont fournis par les aliments) et que ces derniers réagissent constamment avec d'autres molécules et tissus (Desmier, 2016).

III.3.1. Les antioxydants endogènes

Sont des enzymes ou protéines antioxydants (Superoxyde dismutase, Catalase, et Glutathion peroxydase) élaborés par notre organisme avec l'aide de certains minéraux. Elles sont présentes en permanence dans l'organisme mais leur quantité diminue avec l'âge (Desmier, 2016).

Ces enzymes ont une action complémentaire sur la cascade radicalaire au niveau du superoxyde et du peroxyde d'hydrogène conduisant finalement à la formation d'eau et d'oxygène moléculaire (Kholkhal, 2014).

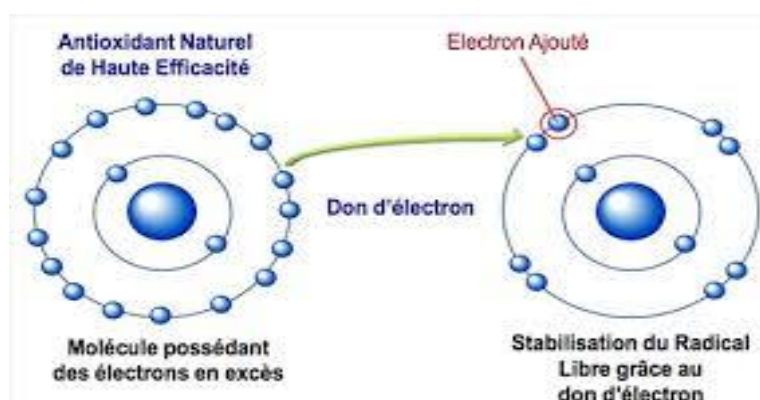


Figure 2. Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant (Hocine *et al*, 2017)

III.3.2. Les antioxydants exogènes

La plupart des fruits et légumes contiennent une variété d'antioxydants et, avec les antioxydants endogènes, les antioxydants exogènes sont nécessaires pour prévenir la formation et s'opposer aux dommages causés par les radicaux libres aux biomolécules. (Guerra-Araiza *et al*, 2013).

Les principaux antioxydants alimentaires comprennent la vitamine E (tocophérols et tocotriénols), la vitamine C (acide ascorbique), les caroténoïdes par exemple, le β -carotène), les flavonoïdes, l'acide alpha-lipoïque et plusieurs Oligo-minéraux comme le zinc (Desmier, 2016).

A cause de l'instabilité inhérente des antioxydants naturels, plusieurs antioxydants synthétiques sont utilisés pour stabiliser les matières grasses et les huiles et aussi comme des conservateurs comme BHA et le BHT (Desmier, 2016).

Partie *Expérimentale*

II.1. Matière végétale

La recherche d'antioxydants naturels avec la vertu d'être non toxique a donné lieu à un grand nombre d'études sur le potentiel antioxydant des HE. Ces derniers possèdent une propriété antioxydante très importante, cette propriété est notamment attribuée à la présence de nombreux métabolites telle que composés phénolique et les terpènes...

Dans cette optique, nous avons choisis cinq huiles essentielles commerciales (Tableau 2), utilisées à des fins thérapeutiques et ayant peu d'études sur leur potentiel d'activité antioxydante.

Tableau 2. Les huiles essentielles utilisées dans cette étude.

Source des huiles essentielles	La région de récolte	La partie de la plante utilisée pour l'extraction	La période et l'année de récolte	Caractéristiques organoleptiques
Menthe Poivrée	France	Fleurs + feuille	Durant toutes l'année 2019	Incolore à jaune pâle, très fluide, a une odeur forte, très rafraîchissante (Huete, 2013)
Romarin	Pépinières de Médéa et de Djelfa	Tige + fleurs	Printemps 2019	Aspect liquide, couleur jaune-pale, parfum pénétrant, floral, fin, avec une forte note herbacée (Huete, 2013)
Lavande	Pépinières de Médéa et de Djelfa	Fleurs	Été 2019	Presque incolore a jaune-pale, a une odeur douce, florale rafraîchissante, avec une agréable note balsamique de bois (Lis-Balchin, 2002)
Citron	Pépinières de Médéa et de Djelfa	Zeste +feuille	Automne 2019	Couleur va du jaune au vert, Parfum intense, frais et agréable (Huete, 2013)
Orange	Pépinières de Médéa et de Djelfa	Zeste +feuille	Automne 2019	Liquide jaune brun, odeur caractéristique de l'écorce du fruit, avec une saveur acidulée, aromatique, dénuée d'amertume. (Bardeau, 2009)

Les huiles essentielles étudiées ont été obtenue par hydrodistillation à partir de deux genres d'agrumes (*Citrus sinensis* et le *Citrus limon*) et de trois plantes (*Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula angustifolia*) dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3. Systématique, description, utilisation et principes actifs des plantes utilisées pour extraire les huiles essentielles investiguées.

La menthe poivrée (<i>Mentha x piperita</i>)	
Systématique	Photo
(Goudji, 2016)	
Règne: Planteae	
Division: Magnoliophyta	
Classe : Magnoliopsida	
Ordre : Lamiales	
Famille : Lamiaceae	
Genre : Mentha	
Espèce : <i>Mentha x piperita</i>	
Nom vernaculaire: نعناع	(Benayad.,2013)
Description botanique	
La menthe poivrée est une plante herbacée appartenant à la famille des lamiacées et du groupe systématique dicotylédones (Benayad ,2013). Cette menthe est issue d’une hybridation entre la menthe aquatique (<i>Mentha aquatica</i>) et la menthe verte (<i>Mentha spicata</i>) C’est une plante vivace généralement de 60cm de haut feuille simple de couleur vert foncé elles sont recouvertes de gros poils sécréteurs arrondis dans lesquels s'accumulent les substances volatiles odorantes. Les fleurs sont roses violacé et regroupées en épis au sommet de la plante, elle est caractérisée par son odeur fraîche (Benabdellah ,2017)	

Utilisation en médecine traditionnelle
La menthe poivrée sert au traitement de la nausée, de la diarrhée et du syndrome du côlon irritable. Elle est souvent combinée à d'autres substances végétales employées pour le traitement des problèmes digestifs (Benayad ,2013)
Principes actifs
Acides phénolique, flavonoïdes, terpènes et huile essentielle (Kizil et al.,2010)
Activités biologiques de son huile essentielle
Antimicrobien, Antispasmodique , Antioxydants et Antifongique (Ferhat.,2016 , Gholmreza et al.,2019 et Ljiljana et al ., 2019).

Le romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L)	
Systématique (Ouibraim.,2015)	Photo
Régne : Plantes	
Embranchement: Spermaphytes	
Classe : Dicotylédones	
Sous classe : Gamopétales	
Ordre : Lamiales	
Famille : Lamiaceae	
Genre : Rosmarinus	
Espèce: <i>Rosmarinus officinalis</i> L	
Nom français : Romarin	
Nom vernaculaire: اكليل الجبل	(Perillaud ,2018)
Description botanique	
Le romarin se présente sous forme d’arbuste, sous arbrisseau ou herbacé, mesurant environ de 0.8 à 2m de hauteur.	

(Perillaud ,2018)

La tige est ligneuse et carrée. Les feuilles sessiles et opposées, sont persistantes et vivaces. Elles sont enroulées sur les bords, vertes à la face supérieure , et des fleurs dont la couleur varie du bleu pâle au violet Elles possèdent des poils sécréteurs qui lui confèrent une odeur aromatique et son parfum est pénétrant et rafraîchissant (Ouibrahim , 2015)
Utilisation en médecine traditionnelle
Renferme des flavonoïdes aux vertus stimulantes qui augmentent les sécrétions de bile, ce qui détoxifie le foie et relance son bon fonctionnement, rinçage des cheveux contre les pellicules, migraine, goutte, grippe, faiblesse, évanouissement. (Huete, 2013)
Principes actifs
Flavones, stéroïdes, diterpènes et triterpènes. Le carnosol et l'acide carnosique (Serpil et al.,2017)
Activités biologiques de son huile essentielle
Antifongique , antihyperglycémiant ,Antimicrobienne ,Antioxydant ,anti inflammatoires (Lamara ,2017, Makhoulfi ,2014)

La lavande (<i>Lavandula angustifolia</i>)	
Systématique (Bointeau.,2010)	Photo
Régne : Plantae	
Embranchement:	
Classe : Magnoliopsida	
Sous classe : Asteridae	
Ordre : Lamiales	
Famille : Lamiaceae	
Genre : Lavandula	
Espèce: <i>Lavandula angustifolia</i> sp	

Nom français : Lavande vraie	
Nom vernaculaire : الخزامى	
(Gainard., 2016)	
Description botanique	
La lavande <i>Lavandula angustifolia</i> est un petit arbrisseau dicotylédone de la famille de Lamiacées mesure de 30 à 60 cm de hauteur ; ses branches sont fines et ligneuses et on retrouve des feuilles étroites et pointues à sa base seulement. Les fleurs de la lavande, d'un bleu tendre ou violacé et en forme de petites corolles, sont regroupées en épis terminaux et dégagent un parfum très agréable La lavande pousse sur des sols secs, calcaires et ensoleillés hérités et elle est spontanée (Monge ,2013)	
Utilisation en médecine traditionnelle	
Elle est recommandée aux personnes qui souffre de troubles nerveux ou d’insomnie Soulage certaines affections de la peau : eczéma, acné, brûlures légères, piqûres d’insectes, Cicatrise et assainit les plaies et les ulcères. Utiliser aussi pour les douleurs articulaires : entorses, foulures, contusions et rhumatismes. Action antivenimeuse sur la morsure de vipère abcès, alopecie cir- brûlures, calculs biliaires, céphalée, charbon, colique, conjonctivite, convulsions, grippe, halitose, hématomes, herpès, hypertension, hystérie, infections de la gorge, insolation, laryngite, leucorrhée, ménopause, migraine, nausées, neurasthénie, œdème, oligurie (miction faible), otite (Huete,2013)	
Principes actifs	
Acides phénols – alcools terpéniques – linalol – géraniol – alcool périllique – coumarine ombelliférone – tanins – esters – oxydes – cétones – aldéhydes (Kıvrak,2018)	
Activités biologiques de son huile essentielle	
Activité Antiparasitaire (poux) et vermifuge, antifongique, Antispasmodique Cicatrisant Antistress Antidépresseur Antimicrobien Antioxydants Antalgique et anti-inflammatoires (Audrey,2016 et Laib, 2011)	

L'Orange (<i>Citrus sinensis</i>)	
Systématique (Belkacem.,2017)	Photo
Régne : Plantae	
Embranchement: Spermaphytes	
Classe : Magnoliopsida	
Sous classe : Mangnoliidae	
Ordre : Sapindales	
Famille : Rutaceae	
Genre : Citrus	
Espèce: <i>Citrus sinensis</i>	
Nom français : Orange	
Nom vernaculaire : برتقال	(Belkacem.,2017)
Description botanique	
L'oranger est un arbre ou arbuste fruitier, pouvant atteindre 10 à 15 m de hauteur environ, doté de feuilles persistantes vert sombre et de branches épineuses. Son fruit est une baie, ronde ou allongée, souvent pourvue d'un mamelon proéminent du côté opposé au pédoncule fructifère. Son fruit est appelé orange douce pour le distinguer de celui du bigaradier, nommé orange amère. (Hama,2017)	
Utilisation en médecine traditionnelle	
Anxiété, aphtes buccaux, bronchite, constipation, eczéma, grippe, rhume, stress, tension nerveuse. (Huete, 2013)	
Principes actifs	
HE, fibres, flavonoïdes, caroténoïdes, vitamine C, composés phénoliques (agit aux niveau cardio-vasculaire cholestérol ,tension artérielle) (Lagha,2016)	
Activités biologiques de son huile essentielle	

Activité anti-microbienne, anti-inflammatoire, anti-oxydante, anticancéreuse,
Antispasmodique (Hellal,2011)

Le Citron (<i>Citrus limon</i>)	
Systématique (Kehal, 2013)	Photo
Règne : Plantae	
Embranchement: Spermaphytes	
Classe : Eudicotylédones	
Ordre : Sapindales	
Famille : Rutaceae	
Genre : Citrus	
Espèce: <i>Citrus limon</i>	
Nom français : Citron	
Nom vernaculaire : ليمون	(Lobstein.,2016)
Description botanique	
Le citronnier est un arbre fruitier au feuillage vert claire. Les feuilles composées, unifoliolées, de formes variables, de taille très variable de 5 à 10 cm. Les fleurs sont blanches violacé et odorantes. Le fruit est de forme ovale, avec un mamelon plus au moins apparent à leur extrémité. La peau fine est colorée en jaune vif à la maturité du fruit ; elle est pourvue de nombreuses glandes oléifères renfermant des essences au parfum acide pénétrant. La pulpe, de coloration jaune ou verdâtre, est généralement riche en acide citrique, ce qu'il lui donne sa saveur acide. (Kehal, 2013)	
Utilisation en médecine traditionnelle	

Utilisé contre l'anémie, anxiété, digestion lente, hypertension, fièvre, dépression, conjonctivite, stimulateur des défenses immunitaires, toux... (Huete, 2013)
Principes actifs
Composés phénoliques, Flavonoïdes, Coumarines, Vitamine C, Pectines. (Bousbia,2011)
Activités biologiques de son huile essentielle
Activité anti-microbienne, anti-inflammatoire, anti-oxydante, anticancéreuse (Hama,2017)

II.2. Evaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes sont utilisées afin de mesurer l'activité antioxydante d'un matériel biologique. Les plus couramment utilisées sont celles faisant intervenir des composés chromogènes, des radicaux naturels qui stimulent les espèces réductrices d'oxygène. Ces méthodes sont répandues en raison de leur facilité, leur rapidité et leur sensibilité. La présence d'antioxydants conduit à la disparition de ces chromogènes radicalaires.

La mise en évidence du pouvoir antioxydant de nos huiles essentielles, a été réalisée par deux tests chimiques *in vitro* le test du DPPH et le test FRAP.

II.2.1. Test DPPH

Dans ce test chimique, on s'intéresse à mesurer l'activité de balayage du radical libre par les fractions antioxydantes de nos huiles essentielles en employant le radical stable 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH')

II.2.1.1. Principe du DPPH

Cette méthode est basée sur la réduction d'un radical libre très stable : le 2,2'- Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) en présence d'un antioxydant donneur (figure 3). Ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radical) en acceptant un atome d'hydrogène.

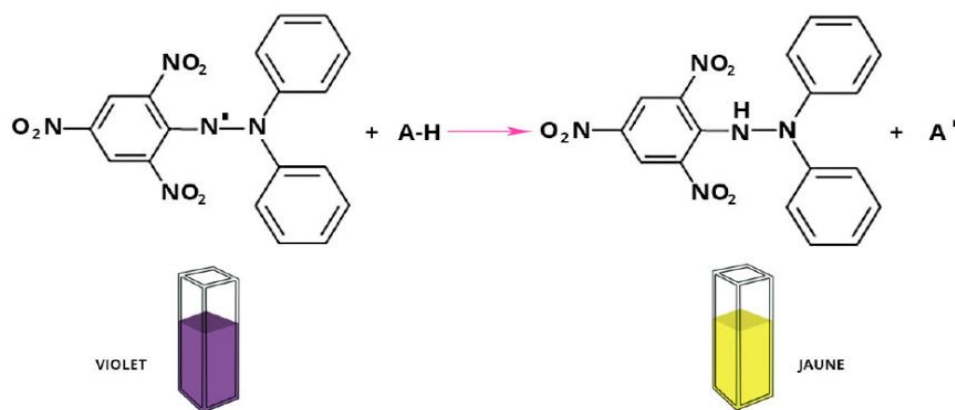


Figure 3. Principe du test de capacité de piégeage des radicaux DPPH.

La réduction du radical libre (DPPH) par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par la présence d'un donneur d'hydrogène. Le DPPH qui était initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie et devient jaune (Labiod, 2016)

II.2.1.2. Protocol

Pour effectuer le test DPPH, 500 µl de l'échantillon dilué ont été ajoutés à 500 µl de la solution de DPPH. Après une incubation de 30 min, l'absorbance a été mesurée à 517 nm. Trois essais ont été réalisés pour chaque extrait.

Nous avons également, mesuré le pouvoir antioxydant par la même procédure pour la Vitamine C et la Vitamine E pris comme antioxydants de référence afin de référencer l'activité de nos extraits.

L'efficacité antioxydante des HE est déterminée ensuite par le calcul du paramètre EC_{50} « efficient concentration » qui représente la concentration d'inhibiteur (antioxydant) nécessaire pour diminuer 50% du taux des radicaux libres où Une faible valeur d' EC_{50} indique une forte capacité de l'extrait à agir comme piègeur du DPPH. (Bouhaddouda, 2016)

II.2.2. Test FRAP

II.2.2.1. Principe

Dans cette partie de notre étude, l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide de la méthode FRAP (qui détermine la capacité antioxydante totale. Ce test est basé sur la réduction de l'ion

ferrique (Fe^{3+}), présent dans le complexe $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$, en ion ferreux (Fe^{2+}), ce qui provoque la transformation de la couleur jaune du ferricyanure de potassium en une couleur bleue dans un milieu réactionnel dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de l'HE (Goudjil, 2016).

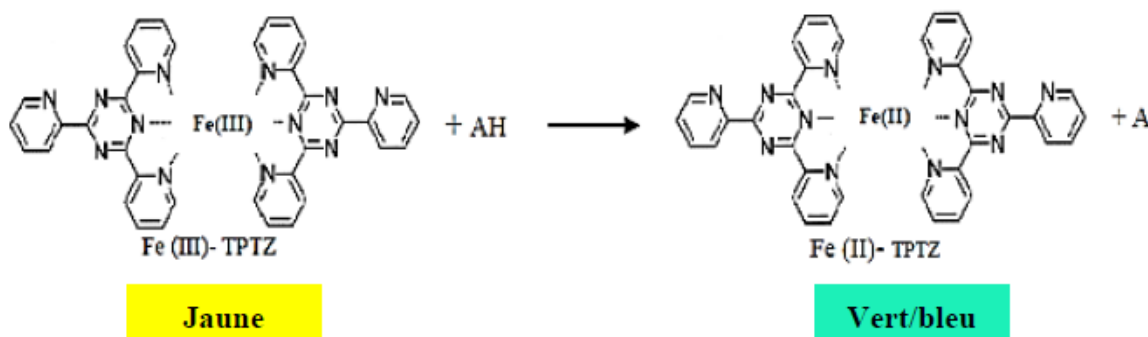


Figure 4. Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe Fe (III)-TPTZ et un antioxydant.

II.2.2.2. Protocol

Pour réaliser le test FRAP, 100 μl de l'échantillon dilué ont été mélangé à 1 ml de la solution de FRAP. Après 5 min d'incubation, l'absorbance a été mesurée à 593 nm. Trois essais ont été réalisés pour chaque extrait.

Nous avons également, mesuré le pouvoir antioxydant par la même procédure pour la Vitamine E pris comme antioxydant de référence afin de référer l'activité de nos extraits.

L'efficacité antioxydante des huiles essentielles est déterminée par équivalence à la vitamine C. La vitamine C est communément reconnue comme un antioxydant naturel majeur dans notre alimentation et se trouve possédant une activité anti-cancérigènes. Sur ces fins, une plus grande attention a été concentrée sur la détermination de la capacité antioxydante totale par la capacité antioxydante équivalente à la vitamine C.

Ce dosage est un dosage très populaire et la valeur est affectée par la comparaison de la capacité anti-oxydante ou de la capacité de piégeage des radicaux d'un antioxydant à celui de la vitamine C. Ce paramètre, est défini donc comme étant la concentration de la solution standard de la vitamine C possédant la capacité antioxydante équivalente à une solution de 1 mM de la substance étudiée (extrait). Plus la valeur est importante, plus le pouvoir antioxydant des extraits est important.

Résultats et Discussions

III.1. Test DPPH

Les mesures de densités optiques de chaque solution d'HE à différentes dilutions nous ont permis de calculer le pourcentage d'inhibition du DPPH (Bouhaddouda, 2016) suivant la formule :

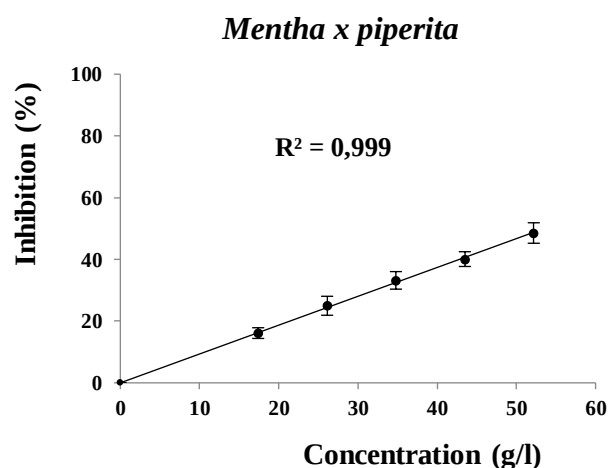
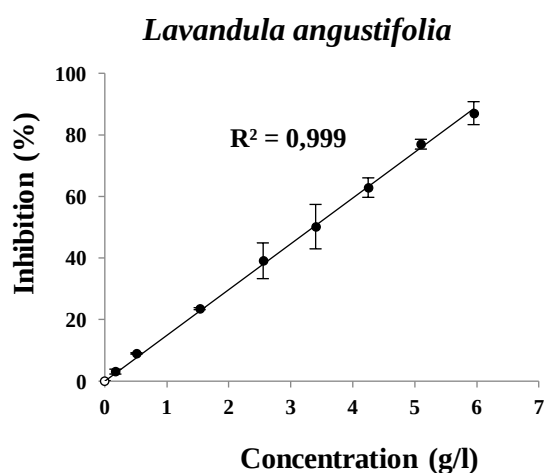
$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{A_{517}^{\text{Contrôle}} - A_{517}^{\text{Extrait}}}{A_{517}^{\text{Contrôle}}} \times 100$$

Où :

$A_{517}^{\text{Contrôle}}$: Désigne l'absorbance de la solution de DPPH[•] seul à 517 nm;

$A_{517}^{\text{Contrôle}}$: Désigne l'absorbance du DPPH[•] en présence de l'extrait testé à 517 nm.

Les figures qui suivent représentent les tracés du pourcentage d'inhibition (%) en fonction de la concentration en antioxydants (HE) (Figure 5) ainsi que la Figure 6 qui représente la variation des pourcentages d'inhibition (%) en fonction des concentrations en g/l des deux antioxydants standards choisis pour cette étude à savoir la Vitamine C et la vitamine E, développant une gamme de concentrations qui donne des taux d'inhibition compris entre 20 et 80 % qui chez les HE dépendra de la capacité anti radicalaire de ces dernières, qui représente une meilleure approche pour interpréter les données.



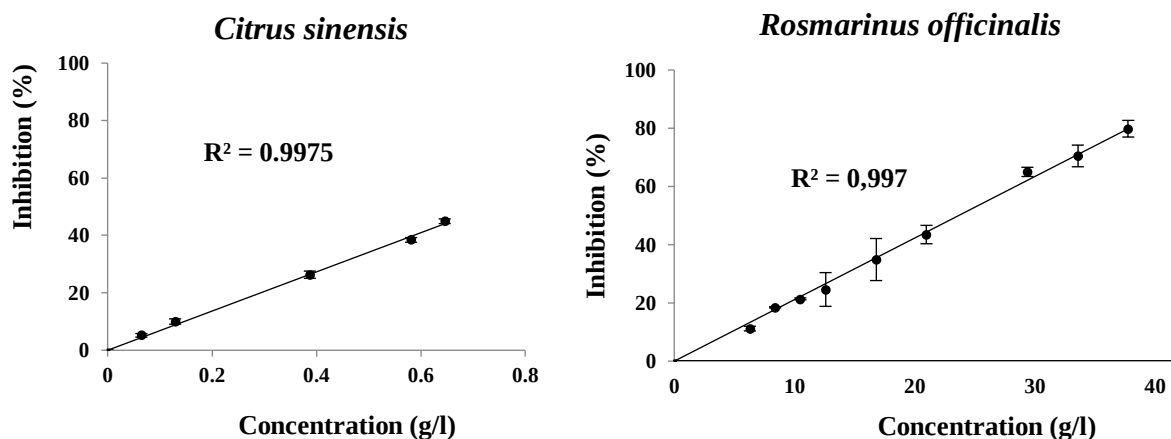


Figure 5. Courbes de la variation du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration en huiles essentielles du test DPPH.

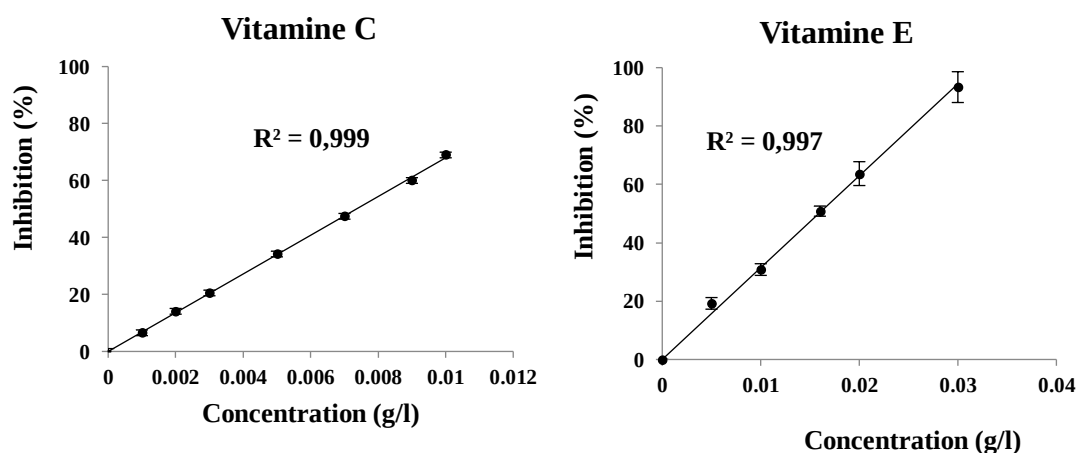


Figure 6. Courbes de la variation du pourcentage d'inhibition (%) en fonction de la concentration en antioxydants standards choisis pour l'étude du test DPPH.

Les pourcentages d'inhibition ainsi déterminés à partir des tracés précédents, nous ont permis de déterminer la concentration d'inhibition à 50% (EC_{50}) des antioxydants présents dans les HE exprimés en $\mu\text{g/ml}$ qui représentent la concentration de l'inhibiteur nécessaire pour diminuer 50% des radicaux libres dans le milieu réactionnel. De même, nous avons calculé les EC_{50} de la Vitamine C et la vitamine E afin de les comparer avec ceux des HE. Les valeurs d' EC_{50} obtenues sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4. Les valeurs d'EC₅₀ (µg /ml) des différentes huiles essentielles étudiées et des antioxydants standards.

Les huiles essentielles	EC ₅₀ (µg/ml)
<i>Mentha piperita</i>	52,69 .10 ³ ± 0.00
<i>Rosmarinus officinalis</i>	19,98 .10 ³ ± 0.00
<i>Lavandula austifolia</i>	3,29 .10 ³ ± 0.00
<i>Citrus sinensis</i>	2,68 .10 ³ ± 0.00
<i>Citrus limon</i>	
Antioxydant standards	
Vitamine C	0,01 ± 0,00
Vitamine E	0,1 ± 0 ,09

D'après les résultats résumés dans le tableau 4. Les valeurs d'EC₅₀ des HE varient globalement entre 52,69 .10³ et 2,68 .10³± µg/ml. La plus forte valeur a été enregistrée pour l'HE de *Mentha piperita*, (52,69 .10³ µg/ml) par contre la valeur la plus faible a été enregistrée pour l'HE de *Citrus sinensis* (2,68 .10³ µg/ml)

Puisque les valeurs d'EC₅₀ sont inversement proportionnelles à l'activité antioxydante. La valeur d'EC₅₀ la plus faible correspond à l'efficacité la plus élevée.

Si on compare les valeurs d'EC₅₀ entre les HE des plantes (*Lavandula austifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Mentha piperita*), on remarque que la *Lavandula austifolia* présente la plus forte activité entre eux avec un EC₅₀ de 3,29 .10³ µg/ml, et comparativement au agrume on s'aperçoit que le *Citrus sinensis* (fruit) est le plus fort antioxydant par rapports aux plantes avec un EC₅₀ de 2,68 .10³ µg/ml.

Nous avons remarqué, que l'HE du *Citrus limon* n'a présenté aucune activité et que les HE des plantes se sont révélées moins actifs vis - à - vis du DPPH[•] comparativement aux HE d'agrumes.

De nombreux travaux de recherche ont fait appel à certains antioxydants standards connus pour leurs propriétés antioxydantes puissantes comme contrôles positifs. Nous avons donc étudié la capacité antioxydante de la Vitamine C et la vitamine E afin de comparer les valeurs de leur EC₅₀ à celles de nos HE.

D'après les valeurs obtenues d'EC₅₀ tableau 4, on s'aperçoit que tous nos HE testées ont dévoilé des activités antiradicalaires nettement inférieure à celles déterminées pour les antioxydants standards. On peut dire que la variation de la capacité antioxydante de nos HE comparativement à celle des antioxydants standards choisis pour l'étude pourrait être due à la teneur et/ou la présence de certaines molécules à activités modéré à piéger les radicaux libres DPPH.

Une étude faites par (Kizil *et al.*, 2010) sur l'HE de *Mentha piperita* a enregistré une valeur d'EC₅₀ de 60,41 µg/ml, cette valeur été largement inférieure à celle dans notre étude. D'un autre côté, des études de (Ijljana *et al.*, 2019) et (Zhaohai *et al.*, 2019) sur la même espèce ont enregistré des valeurs d'EC₅₀ plus importantes que la nôtre de l'ordre de 5,84.10⁴ et 7,029.10⁴ µg/ml respectivement. Cette différence d'activité est probablement due à sa composition et à l'existence et/ou l'absence de molécules bioactive qui selon (Kizil *et al.*, 2010) seront le (+) menthol (38,06%), le menthol (35,64%), le néomenthol (6,73%) et le cinéole (3,62%). Et Tandis que (Benzaid *et al.*, 2019) indique que c'est le (+) menthole (32,93%), menthone (24,94), cis-carane (8,08%) et 1,8-cinéole (7,98%)

Selon (Ijljana 2019) dont la valeur EC₅₀ est de 5,84.10⁴ µg/ml, un résultat un peu supérieur que le nôtre, est due au temps d'incubation et la concentration en HE.

Une autre étude faite par (Zhaohai *et al.*, 2019) ont montré contribution du menthol, du 1,8 cinéole, de la menthone et du néomenthole avec un de 7,029.10⁴ µg/ml.

D'autre études réalisées sur le romarin (Kadri *et al.* ,2011) et (Momir *et al.*, 2014) ont trouvé des valeurs de 300 et 77,6 µl/ml respectivement, ces valeurs sont faibles par rapport à celles que nous avons trouvée 1,99.10⁴ µg/ml. Ceci peut être expliquer par les différentes compositions chimiques de l'HE ainsi à la présence de composés majeurs (43,77%), 1,8 cinéole, (12,53%) de camphre, (11,51%) alpha pinène, (6,71%) beta pinène Selon (Lepat.,2017). Du 1,8-cinéole (35,32%), du trans-caryophyllène (14,47%), α-pinène (7,90%), bornéol (9,37%), le camphre (8,97%) et α-thujène (6,42%) (Kadri *et al.*, 2011).

D'autres études indiquent qu'en plus des composants volatils qui existent dans les HE, les extraits de *Rosmarinus officinalis* contiennent également plusieurs antioxydants qui

appartiennent principalement aux classes des acides phénoliques, des flavonoïdes et des diterpénoïdes. L'acide rosmarinique et l'acide hydroxyhydrocaféique, présentent également une activité antioxydante complémentaire (Gema *et al.*, 2018). L'étude de (Serpil *et al.*, 2017) a montré que les principaux composés responsables de sa capacité antioxydante sont les flavones, stéroïdes, les diterpènes, les triterpènes, le carnosol et l'acide carnosique.

Une étude réalisée par (Messaoud *et al.*, 2012) ont trouver une valeur d'EC₅₀ égale à 15000 µg/ml pour *Lavandula coronopifolia* et 19300 µg/ml pour *Lavandula multifida*. Qui représentent des valeurs supérieures à celle reconcentré dans notre étude EC₅₀ = 3,29 .10³ ug/ml Cette différence est due à la variations qualitatives et quantitatives de la composition des huiles qui est caractérisée par des proportions élevées de trans-ocimène de carvacrol de -bisabolène et de myrcène.

Alors que (Alizadeh *et al.*, 2016), (Laib *et al.*, 2012) et (Haris *et al.*, 2017) ont trouvés des valeurs d'EC₅₀ égale à 420 µg/ml, 584± 0.58 µg/ml et 421 µg/ml respectivement, qui de toute évidence, sont bien plus faible à celle qu'on a obtenue EC₅₀ = 3,29 .10³ µg/ml. Ces études supposent que cette propriété antioxydante observés à une relation avec le niveau d'alcools et d'esters monoterpènes.

Des études sur l'HE de *Citrus sinensis* ont montré une variation de composition : selon (Teneva. 2018) le limonène étant le principal constituant (77,49%) de l'HE de *Citrus sinensis*, suivi par le myrcène (6,27%), l'α-farnesène (3,64%) et du γ-terpinène (3,34%). Et les résultats démontrer par (Yang *et al.*, 2017) les principaux constituants étaient le limonène (74,6 %), le limonène 1,2-époxyde (3,5 %), le cis-p-mentha-2,8-diène-1-ol (3,2 %) et le (E) carveol (2,4 %). Dans une troisième étude faite par (Tundis *et al.*, 2012), le limonène (65,8 %) était le principal hydrocarbure monoterpénique, suivi par β myrcène (2,9 %), α-pinène (1,8 %), tandis que le linalol (1,8 %) et l'acétate de linalyle (1,8 %) représentent les monoterpènes oxygénés les plus représentatifs.

L'activité antioxydante de l'HE du *Citrus sinensis* est exprimée en EC₅₀. Les résultats de (Yang *et al.*, 2017) ont démontré que la valeur de l'EC₅₀ est égale à 2,19.10⁶ µg/ml, Tandis que celle de (Tundis *et al.*, 2012) ont trouvé une valeur de 188.9 µg/ml. Une autre étude de (Aazza *et al.*, 2011) ont trouvé une valeur de l'EC₅₀ = 4.786.10⁶ µg/ml. Par conséquent nos résultats sont avérés d'être plus inférieur que ceux retrouvés dans les autres études avec une valeur d'EC₅₀ = 2,68 .10³ µg/ml.

Après ces comparaisons entre des études antécédentes, il est avéré que la composition chimique de l'HE du *Citrus sinensis* varie selon la méthode d'extraction, aux caractéristiques génétiques des espèces et aux conditions environnementales dans lesquelles elles ont été cultivées. Ce qui implique la différence entre les résultats obtenus dans notre étude et celles des autres chercheurs.

Des études réalisées par (Himed *et al*, 2016) et (Aazza *et al*, 2011) sur l'HE de *Citrus limon* ont montré une capacité de neutralisation du DPPH avec des valeurs d'EC₅₀ = 0,09 et 16.145.10³ µg/ml respectivement.

Alors qu'aucune activité de neutralisation du DPPH n'a été enregistrée dans notre étude, ceci est peut-être due à l'absence d'un composant majeur de l'HE du *Citrus limon* qui est présent dans les HE des études précédentes. Selon l'analyse chimique établie par l'étude de (Djenane, 2015) sur l'HE de *Citrus limon* a identifié comme principaux composés le limonène, β-pinène et γ-terpinène avec des pourcentages de 51,40, 17,04 et 13,46%, respectivement. Cela révèle que le limonène est sans aucun doute le composé manquant.

L'activité antioxydante totale d'une HE d'une espèce varie en fonction des organes, le moment de la récolte et les méthodes d'extraction des HE. (Rebey *et al*, 2017 ; Loziene *et al*, 2005) ainsi que la concentration de leurs composés (Alizadeh *et al*, 2016)

III.2. Test FRAP

Le pouvoir chélateur du fer nous renseigne sur la capacité des HE à piéger le fer du complexe ferrozine-fer. À partir des mesures des absorbances de chaque HE à différentes concentrations (dilutions), nous avons tracé les courbes exprimant la variation de l'absorbance en fonction de la concentration en HE obtenue par hydrodistillation à partir de deux genres d'agrumes (*Citrus sinensis* et *Citrus limon*) et de trois plantes (*Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis* et *Lavandula austifolia*) (figures 7). De plus, nous avons tracé les courbes d'un antioxydant de synthèse et la vitamine C et la vitamine E (figure 8), afin de référer le pouvoir antioxydant de nos extraits à celui de la vitamine E.

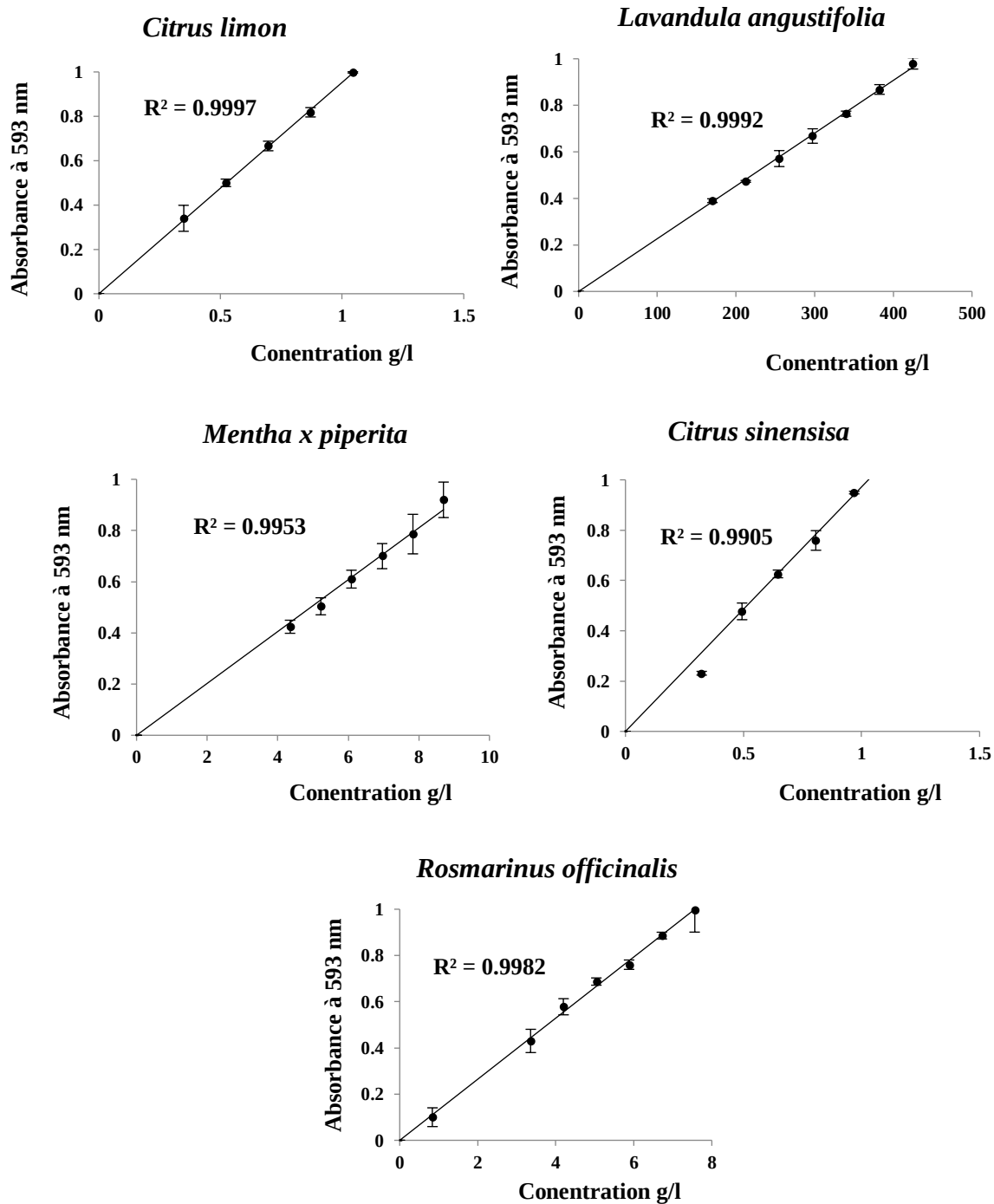


Figure 7. Courbes de la variation des absorbances en fonction de la concentration en huiles essentielles du test FRAP.

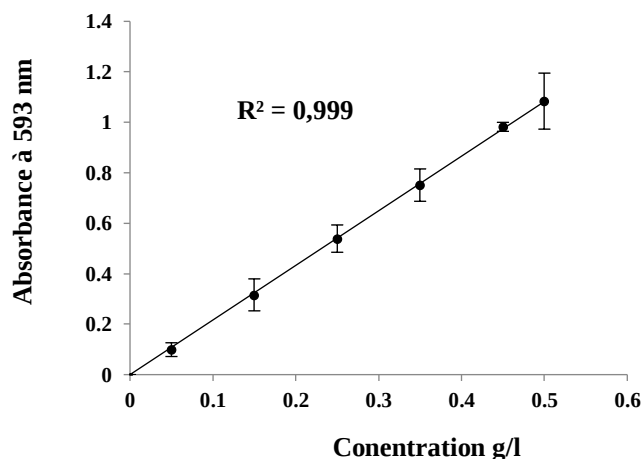


Figure 8. Courbes de la variation des absorbances en fonction de la concentration en vitamine C du test FRAP.

La vitamine E est communément reconnue comme un antioxydant naturel majeur dans notre alimentation et se trouve possédant une activité anti-cancérigènes. Sur ces fins, une plus grande attention a été concentrée sur la détermination de la capacité antioxydante totale par la capacité antioxydante équivalente à la vitamine E. Ce dosage est un dosage très populaire et la valeur est affectée par la comparaison de la capacité anti-oxydante ou de la capacité de piégeage des radicaux d'un antioxydant à celui de la vitamine E. Ce paramètre, est défini donc comme étant la concentration de la solution standard de la vitamine E possédant la capacité antioxydante équivalente à une solution de 1 mM de la substance étudiée. Plus la valeur est importante, plus le pouvoir antioxydant est important. De ce fait de nos HE a été référée à celle de la vitamine E en termes d'équivalence. À partir des pentes tirées des graphes ci-dessus, nous avons calculé μmole équivalent vitamine E/g de matière sèche pour chaque HE et les résultats sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5. Les valeurs des capacités abtioxydante equivalente à la vitamine E (équivalent vitamine E/g de matière sèche) de différentes huiles essentielles étudiées et des antioxydants standards.

Les huiles essentielles	µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche
<i>Mentha piperita</i>	$4.23.10^1 \pm 0.01$
<i>Rosmarinus officinalis</i>	$5.40.10^1 \pm 0.00$
<i>Lavandula austifolia</i>	$9.30.10^{-1} \pm 0.00$
<i>Citrus sinensis</i>	$4.15.10^2 \pm 0.01$
<i>Citrus limon</i>	$3.86.10^2 \pm 0.00$
Antioxydant standards	
Vitamine C	$9.12.10^2 \pm 0,00$

Au regard du tableau précédent, nous remarquons que les valeurs de la capacité abtioxydante équivalant à la vitamine E varient globalement entre $4.23.10^1 \pm 0.01$ et $4.15.10^2 \pm 0.01$ µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche. Tous nos extraits ont montré une activité antioxydante vis-à-vis de ce test.

L'HE de *Rosmarinus officinalis* possède un pouvoir antioxydant plus remarquable avec une valeur de $5.40.10^1$ µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche suivi par celui de *Mentha piperita* avec $4.23.10^1$ µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche tandis que HE de *Lavandula austifolia* a présenté la plus faible activité antioxydante avec une valeur de 0.93 µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche

En comparant entre les agrumes, on a constaté que *Citrus sinensis* à présenter l'activité la plus élever avec une valeur de $4.149.10^2$ µmole équivalent vitamine E/g de matière séché alors que le *Citrus limon* son activité est comparativement plus faible avec une valeur de $3.86.10^2$ µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche et Comparativement aux plantes les agrumes se sont montré plus actif.

Compte aux plantes le *Rosmarinus officinalis* est le plus actif suivis de *Mentha piperita* et enfin, la *Lavandula austifolia*.

Les études de (Adel *et al*,2011) et (Ouibrahim,2015) sur l'HE de *Rosmarinus officinalis*, considèrent que l'activité à réduire le fer est liée à la présence des principaux composés donneur d'électron qui va donner un électron et qui va réduire le Fe^{+3} en Fe^{+2} et surtout à la présence des mono terpènes et qu'il faut négliger la présence d'autres constituants en petits quantité ou en synergie entre eux.

(Adel *et al*,2011) et (Benyoucef *et al*, 2018) révèlent qu'il semble que les monoterpénoïdes (c'est-à-dire le thymol et p-cymène) associés à des monoterpènes oxygénés tels que le 1,8-cinéol, la chrysanthénone, le camphre, le bornéol jouent un rôle central dans cette activité et produit un effet synergique plus fort. Tandis que les études de (Ouibrahim, 2015) montrent que l'activité antioxydante est attribuée à la composition chimique des HE. Cependant, elle peut être due à l'un des constituants majoritaires ou à d'autres constituants minoritaires ou également à une synergie entre eux. Et que l'activité est également liée à la teneur de monoterpènes oxygénés.

Pour HE de *Mentha piperita* (Cherrak, 2017) attribue l'activité aux composés de ces HE car la menthe est riche en flavonoïdes qui représentent les meilleures donneur d'électrons qui peuvent réduire les ions ferriques de Fe^{+3} en Fe^{+2} .

En ce qui concerne l'HE de *Lavandula austifolia* les résultats de (Mendez-Tovar *et al*, 2014) suppose que l'activité antioxydants est due à la présence d'acide rosmarinique ainsi que l'apigénine. Tandis que les études de (Bouyahya *et al*, 2017) ont montré que cette activité est liée principalement aux composés phénoliques comme fenchone et camphre.

L'étude de (Majnooni *et al*, 2012) sur l'HE de *Citrus sinensis* ont supposé que ces résultats sont dû à quelques composées de monoterpènes ; les hydrocarbures tels que le limonène et le linalol.

Et selon une étude réalisée par (Himed, 2018) sur l'HE de *Citrus limon* a montré que la différence des résultats est dû à la technique d'extraction, Elle a aussi démontré que certains constituants tel que : les hydrocarbures monoterpènes, le limonène, c-terpinène, b-pinène, le sesquiterpénoïde jouent un rôle central dans cette activité ils *peuvent produire un effet synergique plus fort.*

(Goudjil,2016) estime que le pouvoir réducteur des HE de MP augmente avec la concentration en échantillons et que les composés minoritaires également contribue à l'activité anti oxydantes.

Au final, selon une étude faite par (Himed, 2018) elle a déduit que la variété et le mode d'extraction ont une influence sur l'activité antioxydante. Cette constatation concorde avec nos résultats vus qu'on a obtenu une activité antioxydante très élevée par le test FRAP par rapport à celle obtenue par le test DPPH, bien que ces résultats représentent une moyenne de plusieurs essais, mais cela n'a abouti à aucun changement visible.

(Himed, 2018) a aussi signalé que les activités biologiques des HE sont reliées à leur composition chimique, par conséquent, aux facteurs de variabilité de celle-ci (la variété, le climat, la zone géographique, le degré de fraîcheur et le mode d'extraction). Ce qui explique que dans notre cas, le manque d'activité est peut-être dû à un manque d'un de ces principaux composés chimiques ou bien sa présence en très faible quantité.

Ou comme (Aazza et al,2011) l'ont interprété, la faible activité des HE peut être attribuée à la faible capacité de leurs principaux composants à piéger les radicaux libres DPPH. Selon (Himed, 2018) cette différence pourrait être attribué aux constituants majeurs de ces HE, qui ne sont pas capable de former un complexe avec le Fe^{2+} dans le cas du test FRAP.

Conclusion

Le secteur des HE est un créneau potentiellement lucratif, il dispose de réelles perspectives de développement car les HE contiennent une variété de composés bioactifs fonctionnels, qui ont des applications possibles dans l'industrie alimentaire, la pharmacie et les cosmétiques.

L'évaluation des propriétés antioxydantes est une tâche intéressante et utile, en particulier pour trouver de nouvelles sources d'agents antioxydant naturels avec moins d'effet secondaires et faible coup. Dans ce contexte, nous avons évalué l'activité antioxydante de cinq HE commerciales (*Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula austifolia*, *Citrus sinensis* et le *Citrus limon*) et de deux antioxydants commerciaux pris comme références (la Vitamine C et la Vitamine E) par deux tests chimiques *in vitro* : le test du DPPH, le test de FRAP.

Les résultats, ont décelé des activités antioxydantes modérés chez les cinq HE comparativement aux antioxydants standards avec des valeurs d'EC₅₀ comprises entre 2,68 .10³ µg/ml et 52,69 .10³ µg/ml pour le test DPPH et de 3.86.10²± 0.00 et 9.30.10⁻¹± 0.00 µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche pour le test FRAP.

L'activité antiradicalaire des HE contre le radical DPPH varie d'un échantillon à un autre. Toutes les HE étudiées ont montré des aptitudes distinctes à piéger le radical DPPH excepté l'HE du *Citrus limon* qui, n'a montré aucune activité. L'HE de l'*Citrus sinensis* est la plus active à piéger le radical DPPH, avec une capacité antioxydante de l'ordre de 2,68 .10³ µg/ml.

Concernant les résultats obtenus par le test FRAP, et encore une fois c'est l'HE du *Citrus sinensis* qui a montré la plus forte activité avec une valeur de 4.15.10²± 0.01 µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche en comparaison avec les autres HE et les standards, tandis que l'HE de *Lavandula austifolia* avait la plus faible activité 9.30.10⁻¹± 0.00 µmole équivalent vitamine E/g de matière sèche.

Cette étude a permis de mettre en évidence la propriété antioxydante de cette classe prometteuse de métabolites, cependant, il est essentiel de considérer que l'activité antioxydante de ces HE dépend de la nature des extraits, du mode d'extraction, de la présence d'un effet synergique avec d'autres composants et de la concentration des composants actifs de l'extrait.

En perspective à ce travail il est envisageable :

- D'élargir le panel de tests antioxydants par d'autres méthodes, notamment suite à l'existence d'une bonne capacité antioxydante totale.

- D'approfondir les études sur les constituants des HE commerciales en caractérisant la ou les molécules responsables de l'activité antioxydante par la combinaison des techniques chromatographiques et spectroscopiques et d'étudier leur mode d'action moléculaire.
- D'élargir l'échantillonnage sur d'autres HE commerciales.
- L'évaluation d'éventuelles activités biologiques pour ces HE.

***Références
Bibliographiques***

A Hassan.H., Kabbashi.A., Abedallah.A., Wagh.V.D., Abdalla.O., Hamdi.A. (8 August 2019). Chemical Composition, Antioxidant Activity and Cytotoxicity of Essential Oil of *Mentha viridis*, ACTA SCIENTIFIC MEDICAL SCIENCES, Volume 3,6

Abrini.J., Bakri.Y., Bouyahya.A., Dakka.N., Et-Touys. A., Fellah.H., Talbaoui.A.(2017). *Lavandula stoechas* essential oil from Morocco as novel source of antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, p12-15.

Aghaee . Zahra., Alizadeh .Ardalan. (2016).Essential oil constituents, phenolic content and antioxidant activity of *Lavandula stricta* Delile growing wild in southern Iran, Natural Product Research 30(19),p2-4.

Ajoy .saha., Basak . biraj .(2019). Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants, Industrial Crops & Products Elsevier, p 2

Asensio-S.-Manzanera.M. (2014). By-product of *Lavandula latifolia* essential oil distillation as source of antioxidants, journal of food and drug analysis, p3-5.

Attou . Amina .(2017). Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, thèse de doctorat , p 24

Bakhsha.F., Mazandarani.M., Aryaei.M., Jafari.Y.S., Bayate.H.(2014). Phytochemical and Anti-Oxidant Activity of *Lavandula Angustifolia* Mill. Essential oil on Preoperative Anxiety in Patients undergoing Diagnostic Curettage, International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences, Vol. 2, No. 4, 268–271

Baraka-vidot.Jennifer. (2014). Stress oxydant et pathologie diabétique à l'île de La Réunion - Identification et caractérisation des propriétés structurales et fonctionnelles de l'albumine glyquée, Université de La Réunion, thèse de doctorat, p35-45.

Belkacem . Imane. (2017). Stratégies de lutte contre les biofilms bactériens responsables d'intoxications alimentaires : polyphénols naturels, Université abdelhamid ibn -badis mostaganem ,these de doctorat ,p 22 – 25

Belkheiri. Nadji. (2010). *Dérivés phénoliques à activités antiathérogènes*, Université Toulouse III - Paul Sabatier,these de doctorat ,p7.

- Belkhiri. Farida .(2017).** Plantes medicinales Activites antioxydantes et antibacteriennes, Université européenne, p4.
- Benabdellah .A. (2017).** Etude écophysiological, développement et importance des plantes médicinales du genre Mentha dans le Parc National d'El-Kala (Nord-Est Algérie) ,thèse de doctorat ,p 14
- Benabed.K.H., Gourine.N., Ouinten.M., Bombarda.I.,Yousfi.M.(2017).** Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Essential Oils of Three Algerian Lamiaceae Species, Current Nutrition and Food Science, Bentham Science Publishers, 13 (2), 97 - 109.
- Benayad . Nisrin .(2013).** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines , université Mohammed V–agdal faculté des sciences Rbat, ,p 31
- Benyoucef . Fatima., Dib. mohammed el amine., Arrar. zoheir . , Costa. Jean ., musseli . alain . (2018).** synergistic antioxidant activity and chemical composition of essential oils from thymus fontanseii Artemisia herba –alba and rosmarinus officinalis , Applied Biotechnology Reports , p 5
- Benzaid . C., Tichati .T ., Djeribi. R., Rouabhia. Mahmoud. (2019).** Evaluation of the Chemical Composition, the Antioxidant and Antimicrobial Activities of Mentha × piperita Essential Oil against Microbial Growth and Biofilm Formation, Journal of Essential Oil Bearing Plants, p 339
- Bessah.R., Benyoussef.E. (2015).** La filière des huiles essentielles Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 18 N°3, 513 – 528.
- Bointeau. Michel. (2010).** Botanique systématique et appliqué des plantes a fleurs. TEC and Doc. P 1024
- Bouhaddouda . Nabila. (2016).** Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : Origanum vulgare et Mentha pulegium . Université badji mokhtar annaba , thèse de doctorat ,p 65
- Bousbia . Nabil . (2011) .**Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires , université d'avignone france , thèse de doctorat , p39

- Boussaid.M., Chograni.H., Messaoud.M.(2011).**Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild Lavandula L. species,Natural Product research ,26(21),p1979-1980.
- Bouزيد. Djihane. (2018).** Evaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle d'une plante endémique Hélichrysum italicum (Roth) G. DON, Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Thèse de doctorat, p 6
- Bulut.Ç., Altiok.E., Bayraktar.O., Ülkü.S. (2009).** Antioxidative and Antimicrobial Screening of 19 Commercial Essential Oils in Turkey, Ist IC on Culinary Herbs, 826.
- Cerdangne.isabelle .(2004) .**L'oranger amer ,université limoges, thèse de doctorat, p 85
- Cherrak. Ahmed sabri. (2017).** Etude *in vitro*.de l'effet antioxydant des complexes Flavonoïdes –Métaux : Relation structure activité, Université de Tlemcen (University Abu Bekr Belkaid) ,Thèse de doctorat , p 85
- Chirstaki.E., Giannenas.i ., Bonos. E ., Flourou-p .(2012).** Innovative uses of aromatic plants as natural supplements in nutrition, journal agriculture Mdpi , p 20,21
- Chouittah.ourdia.(2012) .** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de glycyrrhiza glabra, université Ahmed ben Bella Oran 1, Thèse de Doctorat, p 17
- Christaki.E., Bonos.E., Giannenas.I., Florou-Paneri.P. (2012).** Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds, Agriculture, 2, 228-243.
- Christaki.E., Giannenas.Ilias., Eleftherios.Bonos.,Florou-Paneri.P.(2020).**Innovative uses of aromatic plants as natural supplements in nutrition
- Denkova-Kostova. R., Denkova. Z., Goranov.B., Hristova-Ivanova.Y., Kostov. G., A. Slavchev., Teneva. D. (2018).** Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial activity of essential oil from Citrus aurantium L zest against some pathogenic microorganisms, Zeitschrift für Naturforschung C ,74, p3-4.
- Desmier. Thomas. (2016).** Les antioxydants de nos jours : définition et applications, Université de Limoges, thèse de doctorat, p29- 66
- Dridi. Amina. (2018).** Etude phytochimique et activité biologique des deux espèces : Teucrium polium L. et Pituranthos chloranthus Coss et Dur, Université Badji Mokhtar – Annaba, Thèse de doctorat, page 3

ELhaib. Abderrahim. (2011). Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformation catalytiques, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, Thèse de doctorat, p1

Favier. A. (2003). Le stress oxydant, L'actualité chimique, p108

Fennane.M., Rejdali.M. (2016). Aromatic and medicinal plants of Morocco : Richness, diversity and threats, Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n° 38, 27-42.

Ferhat. Maria. (2016). Étude phytochimique et evaluation des activités biologiques des espèces : *Mentha aquatica*, *Stachys guyoniana* et *Thymus dreatensis* (lamiacées), Université des frères Mentouri-Constantine, Thèse de doctorat , p 49

Fettah . Asma . (2019). Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydante - antibactérienne) des extraits de la plante *Teucrium polium* L. sous espèce Thymoïdes de la région Beni Souik, Biskra, université Mohamed khider biskra ,thèse de doctorat, p 28

François. Nsemi muanda .(2010). Identification de poly phénols évaluation de leur activité antioxydant et étude de leur propriétés Biologique ,l'Université Paul Verlaine-Metz,these de doctorat,p186

Gainard .Audrey .(2016). Lavandes et lavandin, utilisation en aromathérapie : enquête auprès des pharmaciens d'officine, Université de Bordeaux, Thèse de doctorat, p 32 – 44

Gema. Nieto., Ros. Gaspar., Castillo. Julián. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.) , MDPI journal ,p 3

Gholivand.M., Majnooni.M., Mansouri.K., Mostafaie.A.(2012).Chemical composition, cytotoxicity and antioxidant activities of the essential oil from the leaves of *Citrus aurantium* L, African Journal of Biotechnology, 11(2), p500-502.

Goudjil . Mohamed Bilal .(2016). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques, Université kasdi merbah- ourgla ,these de doctorat ,p 9

Guerra-Araiza.C., Ivarez-Mejí.A., Sánchez-Torres.S., Farfan-Garcí.E., Mondragón-Lozano.R., Pinto-Almazán.R., Salgado-Ceballos.H.(2013). Effect of Natural Exogenous Antioxidants on Aging and on Neurodegenerative Diseases, Free Radical Research,47(6-7), p5-8.

Guillouty.Amandine. **(2016).** *Plantes médicinales et antioxydants*. Thèse de doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, p26

Hama. Fayza. (2017). Effet d'association d'extrait de pulpe d'orange et citron sur l'activité Antioxydante, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Thèse de doctorat, p119

Hellal .zohra.(2011) .Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*) . Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, Mémoire de Magister, p34

Hocine. Farah Meriem., Gorine Mohammed Amine. (2017). Evaluation de l'exposition du plomb et cadmium et impact sur quelque paramètre du statut oxydant/antioxydant chez les ouvriers exposés aux fumées de soudage, thèse de master, p8.

Huete.A. (2013). Huiles essentielles pour tout les jours, Artémis éditions, p 225

Jouault . Solène. (2012) La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité, université de lorraine France, thèse de doctorat, p 95

Kadri . Adel ., Békir. Ahmed., Néji .Gharsallah ., Damak. Mohamed., (2011). Chemical constituents and antioxidant properties of the essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. cultivated from the South-Western of Tunisia, Journal of Medicinal Plants Research, Vol5, p 6

Kholkhal.Fatima. (2014). Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* ssp *coloratus* et ssp *euciliatus*, université aboubekr belkaid tlemcen,these de doctorat,p41-43.

Kizil .S ., hasimi. N., Tolan . V., kilinc . E. , Yuksel . U.(2010) . Mineral content essential oil compounds and biological activity of two menthe species (*M.piperitan* L ., *M. spicata* L.) , Turkish Journal of Field Crops , p 150-151

Labiod. Ryma . (2016). Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta* : activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide , Université Badji Mokhtar Annaba , Thèse de doctorat ,p50

Lagha –benamrouche .S ., Addar ; L., boudersham .H ., Tani . S ., Madani .K . (2016) , Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles , nature et technologie ,p7

Laib .Imen. (2012). Étude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : application aux moisissures des légumes secs, Nature & Technologie, p46-49.

Laib .Imen .(2016) . Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* : application aux moisissures des légumes secs , nature et technologie , p 47

Lamara . Mebarka . (2017). Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag , Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , these de doctorat , p 56

Lamara . Mebarka . (2017). Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag , Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , these de doctorat , p 56

Lepat . Marion.(2017). Le Romarin, *Rosmarinus officinalis* L., une Lamiacée médicinale de lagarrigue provençale ,université Aix-Marseille ,thèse de doctorat ,p 737

Ljiljana. S ., Jelena .S., Vesna. S ., Dragan . C ., Ana . K ., Zeljka .M ., Ljubisa. B .(2019) . Peppermint and Basil Essential Oils: Chemical Composition, *in vitro* Antioxidant Activity and *in vivo* Estimation of Skin Irritation ,journal of essential oil bearing plants , volume 22,2019 , p 12

LOBSTEIN. Annelise. MARINIER. Françoise (2016). Huile essentielle de Citron, Actualités pharmaceutiques Elsevier Masson SAS, n° 561, p4

Makhloufi . Ahmed. (2014) . Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru, université aboubaker belkaid telemcen , these de doctorat , p48

Mendez-Tovar.I., Herrero.B., Perez-Magarino.S, Pereira. J.,Monge. Romain. (2013) . Les Routes de la Lavande : au carrefour du développement culturel et de la valorisation de la ressource, Université de Provence France,these de doctorat ,p141

Niksic. H., Kovac-Besovic. E., Omeragic. E., Muratovic. S., Kusturica. J., Duric. K. (2017). Antiproliferative, antimicrobial, and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill essential oil, *Journal of Health Sciences*,7(1), 35-43

Ouibrahim. Amira. (2015). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis* L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est Algérien, université badji mokhtar –annaba ,these de doctorat ,p5

Perillaud. Martin. (2018). Propriétés thérapeutique des huiles essentielles de plants aromatique du maquis corse, Faculté de Pharmacie de Lille ,p 83

Pham-Huy. Lien Ai., He.Hua.,Pham-Huy Chuong.(2008). Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health, *Int J Biomed Sci*,4(2),p89–94.

Rašković. A ., Milanović .I ., Pavlović. N ., Čebović . T ., Vukmirović . S ., Mikov . M .(2014). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential , *BMC Complementary and Alternative Medicine*,p 7

Sahi L. Ilbert H. (ed.), Hoxha V. (ed.), (ed.), Courivaud A. (ed.), Chailan C. (ed.), (2016) Le marché des plantes aromatiques et médicinales : analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie, *Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches*; n. 73, pages 101-140

Serpil .Tural ., Sadettin .Turhan (2017) . antimicrobial and antioxidant properties of thym (*Thymus vulgaris* L.), ROSEMARY (*Rosmarinus officinalis* L.) And laurel (*Lauris nobilis* L.) essential oil and their mixtures , *journal Gida* (2017) 42 (5): 588-596 ,p 6

Smail.A., Lyoussi.B., Miguel.M.G.(2011). Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Activities of Some Commercial Essential Oils and Their Major Compounds, *Molecules*, 19.

Steflitsch.W., Steflitsch.M.(2008). Clinical Aromatherapy, *Journal of Men's Health*, Vol. 5, 74 – 85

Suraj. R ., Durbba. N ., Prosenjit . P., Supriyo. C .(2020). Computational identification of conserved microRNAs and functional annotation of their target genes in *Citrus limon* Identification of microRNA in *Citrus limon* , Elsevier , p 110

Zaibet . Wafaa .(2016) . Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents

antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD) , Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie , thèse de doctorat ,p 8

Zhaohai. W ., Bie. T ., Yanhong. L ., James. D ., Guerola .P ., Marta .T ., Zhijun. C ., Peng. J . (2019). Chemical Composition and Antioxidant Properties of Essential Oils from Peppermint, Native Spearmint and Scotch Spearmint , journal mdpi ,p 6- 16