

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

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THEME

Evaluation de l'activité antioxydante de six huiles essentielles extraites de plantes locales

Présenté et par :

**M^{lle} Chekhoum Ola Ikhlass
M^{lle} Djoudi Maria Said**

Devant le jury composé de :

M SIFI Ibrahim	MCB (Université Amar Télidji, Laghouat)	Président
Mlle ZAKHROUF Zohra	MAA (Université Amar Télidji, Laghouat)	Examinatrice
Mlle BENABED Houda	MCB (Ecole Normale Supérieure, Laghouat)	Rapporteur
Mme ELHOUITI Fatiha	MCB (Université Amar Télidji, Laghouat)	Co-Rapporteur

Soutenu publiquement le 30 Juin 2019

Résumé

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles extraites de quatre plantes locales appartenant à la famille des Lamiacées : *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, *Mentha piperita*, *Mentha pulegium* et deux plantes appartenant à la famille des Astéracées : *Artemisia herba alba*, *Artemisia compestris*.

Les huiles essentielles de ces plantes ont été obtenues par hydrodistillation à l'aide d'un appareil Clevenger. L'activité antioxydante de ces extraits a été évalué *in vitro* en utilisant le test du DPPH• et celui de blanchissement de β -carotène. Les résultats obtenus pour ces deux tests, ressortent que les huiles essentielles de nos extraits ont montrés un faible pouvoir antioxydant par rapport aux antioxydants synthétiques (BHT, VIT E, VIT C) avec des IC₅₀ varie entre 1,41 et 50,61 mg/ml pour le test de DPPH•, et de 0,5 jusqu'à 30,1 mg/ml pour le test de blanchissement de β -carotène.

Les mots clés : Activité antioxydante, huiles essentielles, test DPPH, test beta-carotène, *Thymus*, *Mentha*, *Artemisia*.

Abstract

The objective of this study is the evaluation of antioxidant activity of essential oils from four local plants belonging to the *Lamiaceae* family: *Thymus vulgaris*; *Thymus algeriensis*; *Mentha piperita*; *Mentha pulegium* and two plants from the family of *Asteraceae*: *Artemisia herba alba* and *Artemisia compestris*. The essential oils are obtained through hydrodistillation method by Clevenger apparatus.

The antioxidant activity has been evaluated *in vitro* using the DPPH test and the β carotene bleaching method. The obtained results for these two tests show that the essential oils of our extracts show a weak antioxidant ability compared to synthetic antioxidants (BHT, VIT E, VIT C) with IC₅₀ values between 1.41 to 50.61 mg/ml for the DPPH test, and from 0.5 to 30.1 mg/ml for The B carotene Bleaching test.

Key word: essential oils, antioxidant activity, DPPH test, beta-carotene test. *Thymus*, *Mentha*, *Artemisia*,

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة للزيوت العطرية المستخلصة من أربع نباتات محلية من العائلة الشفوية *Thymus*; *Thymus algeriensis*; *Mentha piperita*; *Mentha pulegium* و *Artemisia vulgaris* ونبتتان من العائلة المركبة: *Artemisia herba alba* و *Artemisia compestris*.

تم الحصول على الزيوت العطرية لهذه النباتات من خلال تقنية التقطير المائي بواسطة جهاز Clevenger. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لهذه المستخلصات مخبريا باستخدام اختبار DPPH واختبار تبييض β -carotène. كشفت النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيوت العطرية لمستخلصاتنا أظهرت قدرة منخفضة على تثبيط الجذور الحرة مقارنة بمضادات الأكسدة المرجعية (BHT, VIT E, VIT C) مع قيم IC_{50} تتراوح ما بين 1.41 و 50,61 ملغ / مل لاختبار DPPH، ومن 0,5 إلى 30,1 ملغ / مل لاختبار تبييض β -carotène.

الكلمات المفتاحية: الزيوت العطرية، النشاط المضاد للأكسدة، اختبار DPPH، اختبار تبييض β -carotène

Thymus, Mentha, Artemisia,

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents

Mon seul frère Ahmed Ramy

Mes chères sœurs kaouthar et Loubna

Ola

Dédicace

Je dédie cette mémoire :

- *À l'âme de mon très cher père.*
- *À ma très chère mère ; Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut pour vous remercier, Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance et la fierté que vous avez me les donner.*

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous. Vous m'avez comblé avec vous tendresse et affection tout au long de mon parcours. Vous n'avez cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, vous avez toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour vous, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant vous donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour.

À ma seule sœur « Hayat ».

À mes frères : Nadir, Bachir, Adel.

À mes nièce et neveux

À toutes ma famille.

Maria

Remerciement

Avant tout nous remercions ALLAH Miséricordieux le tout puissant de nous a accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail. Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans la volonté de **DIEU**, qui nous avons offert santé, force, et volonté jusqu'au dernier moment.

Alors, Il ne me serait pas possible de présenter ce mémoire sans témoigner de notre profonde gratitude et mes sincères remerciements à notre promotrice **Dr. Benabed Houda Kadidja** pour sa gentillesse, pour son grand aide durant la réalisation de ce travail, surtout coté matériels et besoins. Elle n'a pas cessé de nous encourager tout au long de cette épreuve. Elle nous a orientées vers le succès avec ses connaissances.

Nos sincères remerciements vont aussi à la Co-promotrice **Dr. El Houiti Fatiha** pour ses encadrements, ses conseils et ses précieuses orientations qu'elle n'a cessé de nous apporter tout au long de ce travail, et elle a été présente à tout moment surtout pendant le travail pratique.

Nous remercions également le **Pr Yousfi.Mouhamed**, de nous accepter dans son laboratoire de recherche durant la réalisation de notre projet de fin d'étude.

Nous remercions **M.Harrath.Mouhamed** pour son aide durant le travail ; et ainsi pour sa gentillesse.

Nous tenons à remercier les membres de jury, chacun a son nom, d'accepter de juger, et d'évaluer ce travail.

Les enseignants du département de Biologie, et toutes personnes qui nous aidé de proche ou loin lors de la réalisation de cette initiation à la recherche.

Table de matière

Abréviations	V
Liste des Tableaux	VI
Liste des figures	VII
Introduction	2
PARTIE I : Etudes bibliographiques	5
I.1 Les huiles essentielles	5
I.1.1 Historique.....	5
I.1.2 Définition des huiles essentielles	5
I.1.3 Répartition et localisation	6
I.1.3.1 Répartition des huiles essentielles.....	6
I.1.3.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante	6
I.1.4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles	6
I.1.4.1 La distillation	6
I.1.4.1.1 Hydrodistillation simple.....	7
I.1.4.1.2 Entraînement à la vapeur d'eau (distillation à la vapeur saturée)	7
I.1.4.1.3 Hydrodiffusion.....	7
I.1.4.1.4 Hydrodistillation par micro-ondes, sous vide	7
I.1.5 Conservation des huiles essentielles	7
I.1.6 La composition chimique des huiles essentielles.....	8
I.2 Les radicaux libres	8
I.3 le stress oxydant	9
PARTIE II : Matériels et Méthodes.....	11
II.1 Matériel végétal	11
II.1.1 Les plantes étudiées	11
II.1.2 Séchage, broyage et conservation du matériel végétal	12
II.1.3 Les familles	12

II.1.3.1 La famille des Lamiacées	12
II.1.3.2 La famille des Astéracées	13
II.1.4 La description botanique des espèces étudiées	14
II.1.5 la classification botanique	18
II.1.6 Les caractéristiques médicinales et utilisations	19
II.2 Méthodes expérimentales.....	21
II.2.3 Evaluation de l'activité antioxydante	21
II.2.3.1 Test de blanchissement de β -carotène	21
II.2.3.1.1 Principe.....	21
II-2-3-1-2 Le Mode opératoire	21
II.2.3.2 Test de DPPH	22
II-2-3-2-1 Principe du DPPH	22
II-2-3-2-2 Le Mode opératoire	23
Partie III : Résultats et Discussion.....	26
III.1 la composition chimique	26
III .2 Estimation du pouvoir antioxydant	29
III .2.1 Test de Blanchissement	29
III .2.1.1. Détermination d'IC ₅₀	30
III.2.2 Test de DPPH.....	33
III .2.2.1 Détermination d'IC ₅₀ :	35
Conclusion	40
Références Bibliographiques	43

Abréviations

°C	Degré Celsius
A	Absorbance.
AAC	Coefficient d'activité anioxydante.
AAR	Coefficients d'activité anti-radicalaire.
ADN	Acide désoxy rybo nucléique.
BHA	Butylhydroxyanisole.
BHT	Butylhydroxytoluene.
CPG	Chromatographie phase Gazeuse.
DPPH	2.2- diphényl-1-picrylhydrazyl.
EAO	Espèce oxygénée activée.
FID	Détecteur à ionisation de flamme.
HE	Huile essentielle.
I(%)	Pourcentage d'inhibition.
IC50	Concentration inhibitrice à 50 %.
IRL	Indice de rétention linéaire
J.C	Jésus Christ.
MAP	Microwave assisted process
Nm	Nanomètre.
SM	Spectroscopie de Masse.
Vit C	Vitamine C.
Vit E	Vitamine E.
β-carotène	Beta carotène

Liste des Tableaux

Tableau 1 : les plantes étudiées, leurs noms scientifiques vernaculaire et communs ainsi que des informations sur la collecte.....	11
Tableau 2 : la systématique des quatre espèces de la famille des Lamiacées.	18
Tableau 3 : la systématique des deux espèces de la famille des Astéracées.	19
Tableau 4 :valeurs d'IC ₅₀ de quelques espèces du <i>Mentha</i> du Test de β -carotène.....	33
Tableau 5 : Composition chimique des huiles essentielles de <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Thymus algeriensis</i> , <i>Mentha piperita</i> , <i>Mentha pulegium</i> (Bengana,2018).	52
Tableau 6 : Composition chimique des huiles essentielles d'Artemisia herba alba Asso et d'Artemisia campestris (Sonne et bey,2018).	53

Liste des figures

Figure 1: Origines des différents radicaux libres oxygénés et espèce réactive de l'oxygène impliqué en biologie (Favier ,2003).....	9
Figure 2 : <i>Thymus vulgaris</i> (Zaâtar Djebel) (Google image).....	14
Figure 3 : <i>Thymus algeriensis</i> (Djertil) (Google image).	15
Figure 4 : <i>Mentha piperita</i> (Naanaa) (originale).	16
Figure 5 : <i>Mentha pulegium</i> (Flio) (originale).	16
Figure 6 : <i>Artemisia herba-alba</i> (chih) (Google image).....	17
Figure 7 : <i>Artemisia compestris</i> (Dgouft) (Google image).....	18
Figure 8 : la solution préparée du β -carotène.....	22
Figure 9 : Forme oxydée et réduite du DPPH.....	23
Figure 10 : la solution préparée du DPPH (200 μ M).....	24
Figure 11 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre espèces de la famille des lamiacées, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β - carotène.	29
Figure 12 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de deux espèces de la famille des Astéracées, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β --carotène.	30
Figure 13 : L'activité antioxydante du standard BHT, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β -carotène.....	30
Figure 14: les valeurs d'IC50 des huiles essentielles étudiés en utilisant le test de β -carotène	31
Figure 15 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre espèces de la famille des Lamiacées, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'huiles essentielles en mg/ml.	34
Figure 16 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de deux espèces de la famille des Astéracées, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'huiles essentielles en mg/ml.	34
Figure 17 : L'activité antioxydante des standards, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration des standards en mg/ml.	35
Figure 18: les valeurs d'IC50 des huiles essentielles étudiés en utilisant le test de DPPH.	36

Introduction

Introduction

Les plantes ont, toujours, fait partie de la vie quotidienne de l'homme, puisqu'il s'en sert pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses rites religieux. Les extraits des plantes étaient, déjà, connus et utilisés par les égyptiens, les romains et les grecs, pour leurs propriétés odorantes et médicinales, ils sont utilisés comme des remèdes pour les maladies humaines grâce à leurs richesses en composants de valeur thérapeutiques. Le pouvoir de guérison des plantes provient des effets de leurs métabolites secondaires. On distingue plusieurs groupes de métabolites notamment les huiles essentielles. La valorisation de ces ressources naturelles peut avoir des retombées économiques considérables pour notre pays. En effet, différentes plantes contiennent des huiles essentielles composées des molécules ayant une activité olfactive et à fortes valeurs ajoutées (Fellah, 2006 ; Khadhri, 2013)

Il est bien connu que les huiles essentielles extraites des plantes possèdent des propriétés pharmacologiques tant sur le plan humain qu'industriel. De nombreuses propriétés leurs sont conférées : anti-infectieuses, antispasmodiques, antalgiques, toniques, digestives, cicatrisantes...Les huiles essentielles par la diversité des constituants qui les composent, sont des substances très actives (Hilan *et al*, 2006)

L'un des problèmes les plus abondants dans le monde biologique et médicale est le stress oxydatif, c'est une situation où la cellule ne peut plus résister la production d'une manière exhaustive des radicaux libre toxique ce qui mène à plusieurs maladies dangereuses tels que le cancer. Les radicaux libres sont toujours présents dans notre organisme, car l'oxydation est une partie de la vie aérobie de notre métabolisme, mais tous à des limites, car une superproduction de ces espèces peut être néfaste pour l'organisme (Kamkara *et al.*, 2010).

Le présent travail a pour l'objectif de démontrer la composition chimique et l'activité antioxydante de quatre huiles essentielles de la famille des Lamiacées, et deux de la famille des Astéracées avec le test de blanchissement de β -carotène et la méthode du radical DPPH.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante :

- La partie I : la synthèse bibliographique sur les huiles essentielles, leurs méthodes d'extraction, leur composition chimique, ainsi qu'une généralité sur le Stress oxydant.
- La partie II : la description des plantes étudiées, l'étude expérimentale et les méthodes analytiques de notre travail ; nous avons évalué le pouvoir antioxydant des huiles essentielles par la méthode du piégeage du radical libre DPPH', et le test de blanchissement : β -carotène.
- La partie III : la présentation des résultats obtenus ainsi que leurs interprétations et discussion.

Enfin, on conclut ce document par une conclusion, suivie de perspectives de recherche.

Etude
Bibliographique

PARTIE I : Etudes bibliographiques

I.1 Les huiles essentielles

I.1.1 Historique

L'histoire des plantes aromatiques est souvent liée à celle de l'humanité. Déjà, depuis l'Egypte antique (environ quatre mille cinq cents ans avant Jésus Christ), l'homme utilise largement les huiles balsamiques, les onguents parfumés en thérapeutique, en alimentation ainsi que dans les pratiques de la vie courante. La distillation des huiles essentielles commence en Orient, les premières bases de préparation des huiles essentielles ont été développées en Inde, en Perse et en Egypte (Ntezurubanza, 1984).

Déjà, En Chine, l'Empereur Chen Nong (2800 av. J.-C.), médecin érudit, consigne son savoir relatif aux plantes médicinales dans un livre, le Pen Ts'ao, qui recense plus de 1000 plantes médicinales utiles (Lardy & Haberkorn, 2007).

En 1929, Sevelinge un pharmacien en France, étudia les H.Es en médecine vétérinaire et confirma le potentiel antimicrobien élevé de ces substances aromatiques.

En 1975, Franchomme en France, aromologue mis en évidence l'importance du chémotype (ou race chimique de l'espèce) (Fouche et al., 2000).

Il existe aujourd'hui approximativement 3000 huiles dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l'industrie des arômes et des parfums. Mais la tendance actuelle des consommateurs à rechercher une alimentation plus naturelle a entraîné un regain d'intérêt des scientifiques pour ces substances. Depuis deux décennies des études ont été menées sur le développement de nouvelles applications et l'exploitation des propriétés naturelles des H.Es dans différents domaines (Zhiri, 2006).

I.1.2 Définition des huiles essentielles

Les H.Es sont définies comme étant des extraits volatils et odorants, que l'on extrait de certains végétaux par distillation à la vapeur d'eau, pressage ou incision des végétaux qu'ils les contiennent. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous-produits du métabolisme secondaire. Les H.Es ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie (Bruneton, 1999)

La 8ème édition de la pharmacopée française (1965) a défini une huile essentielle comme étant un produit de composition généralement assez complexe, renfermant les

principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de l'extraction. Depuis la 9^{ème} édition en 1972, la pharmacopée n'utilise plus que le terme : huile essentielle. (Chanegriha *et al* ,1994 ; Benchikha, 2010)

I.1.3 Répartition et localisation

I.1.3.1 Répartition des huiles essentielles

Les HE n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent et en particulier les Labiées (Thym, Menthe, Lavande, Origan Saugé, etc.), les Ombellifères (Anis, Fenouil, Angélique, Cumin, Coriandre, Persil, etc.), les Myrtacées (Myrthe, Eucalyptus), les Lauracées (Camphrier, Laurier-sauce, Cannelle) (Werker *et al* ,1993)

I.1.3.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont alors stockées dans tous les organes végétaux (fleurs, feuille). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de ce dernier peut varier selon la localisation. En outre, cette composition peut varier dans une même espèce selon les conditions climatiques et édaphiques du lieu de récolte. Le plus souvent, en climat chaud, la teneur en huile essentielle est plus élevée (Bruneton, 1999, Mahmoud, 1992)

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux. On en trouve dans les fleurs (bergamotier et tubéreuse), les feuilles (citronnelle, eucalyptus et laurier noble) et, plus rarement, dans l'écorce (cannelier), le bois (bois de rose, santal), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma et gingembre), les fruits (toute-épice, anis et badiane) et les graines (muscade) (Bruneton, 2009).

I.1.4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

La majorité des huiles essentielles sont extraites, à partir des plantes, par différents types de distillation.

I.1.4.1 La distillation

Selon Piochon (2008), il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

I.1.4.1.1 Hydrodistillation simple

C'est la méthode la plus utilisée pour l'extraction des huiles essentielles, à partir des plantes.

Il s'agit de la méthode la plus simple et, de ce fait la plus anciennement utilisée. La matière végétale est immergée directement dans un alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et le HE se sépare de l'hydrolysate par simple différence de densité. L'H.E étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysate. (Bruneton, 2009 ; Lucchesi, 2005)

I.1.4.1.2 Entraînement à la vapeur d'eau (distillation à la vapeur saturée)

c'est une technique plus utilisée à l'industrie et un procédé rigoureux d'obtention des huiles essentielles. La plante peut être mise directement en contact avec de l'eau qui est chauffée ou placée sur la grille perforée d'un alambic et épuisée à la vapeur (Dubey, 2003 ; Lamarti., 1994).

I.1.4.1.3 Hydrodiffusion

Elle consiste à propulser de la vapeur d'eau à très faible pression (entre 0,02-0,15 Bar) à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Les composés obtenus par cette méthode sont qualitativement différents de ceux obtenus par la méthode classique. Ce procédé permet un gain de temps et d'énergie (Bruneton, 2009 ; Figueredo, 2007).

I.1.4.1.4 Hydrodistillation par micro-ondes, sous vide

L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation (ramenée à quelques minutes) et incrémente le rendement d'extrait. Il semble que les problèmes technologiques concernent la mise en œuvre d'un générateur de rayonnement haute fréquence susceptible d'irradier un volume important (Wang et al, 2004).

I .1.5 Conservation des huiles essentielles

La conservation des huiles essentielles se fait à une température variante entre 5°C à 35°C. Dans ces conditions, les huiles essentielles pures et naturelles se conserveront pendant, au moins, 5 ans. Certaines huiles, telles que les essences de Citrus, se conservent un peu moins (3 ans) (Bruneton, 2009 ; Zhiri et Baudoux, 2005 in Abdi et Moulai ,2018)

I.1.6 La composition chimique des huiles essentielles

Ce sont des mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: le groupe des terpénoïdes d'une part se compose principalement de monoterpènes et de sesquiterpènes, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquent d'autre part. On retrouve également des composés en (C6-C1) comme la vanilline ou comme l'antramilate de méthyle. Le poids moléculaire des composés est assez faible, généralement compris entre 150 et 200 g/mol (Bruneton, 2009).

I.2 Les radicaux libres

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui le rend extrêmement réactif (Vansant, 2004), ils sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable. 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).

L'appellation dérivés réactif de l'oxygène n'est pas restrictive elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), peroxyde d'azote ($ONOO$) (Noveilli, 1997). Toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule. Ces radicaux primaires dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tels l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ et le radical hydroxyle OH^{\cdot} , ou de l'azote tel le monoxyde d'azote NO^{\cdot} (Yoshikawa 2000 in Favier 2003).

D'autres espèces dérivées de l'oxygène dites espèces actives de l'oxygène, comme l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le nitroperoxyde ($ONOOH$), ne sont pas des radicaux libres, mais sont aussi réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux. L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (figure 1) (Favier 2003).

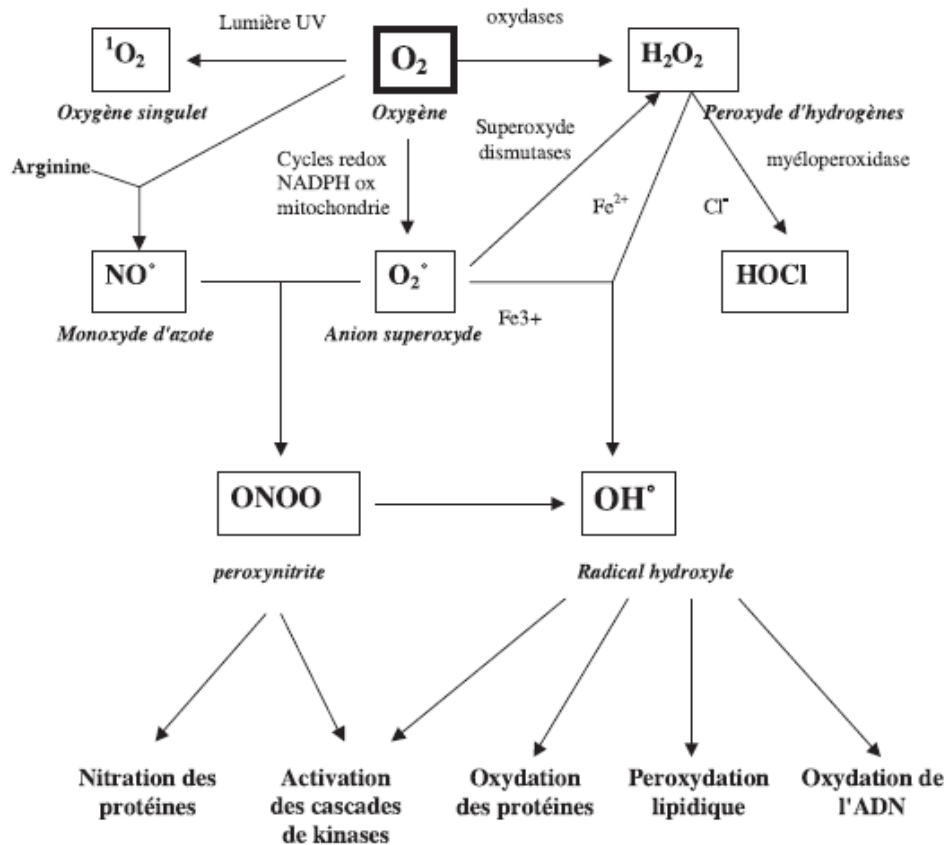


Figure 1: Origines des différents radicaux libres oxygénés et espèce réactive de l'oxygène impliqué en biologie (Favier, 2003).

I.3 le stress oxydant

Le stress oxydant est défini par Halliwell comme l'incapacité pour l'organisme de se défendre contre les agressions des espèces réactives de l'oxygène (ROS : Reactive Oxygen Species) (Halliwell, 1999).

L'oxygène est un élément essentiel pour les organismes multicellulaires parce qu'il permet de produire de l'énergie en oxydant de la matière organique. Mais nos cellules convertissent une partie de cet oxygène en métabolites toxiques : les radicaux libres organiques (Lesgards, 2000).

Les conséquences pathologiques du stress oxydant sont aussi nombreuses que variées. Le seul facteur commun favorisant le stress oxydant est l'âge, dans la mesure où le vieillissement affaiblit les réponses antioxydantes et perturbe la respiration mitochondriale. Il y a des maladies dont le stress oxydant est la cause principale comme les rhumatismes, l'arthrite, l'arthrose, la cataracte, le syndrome de détresse respiratoire aigu (SDRA), l'œdème pulmonaire, le vieillissement accéléré de tissus comme la peau, le diabète, la maladie d'Alzheimer, les cancers et les maladies cardiovasculaires (Sohal *et al.*, 2002).

Matériels et Méthodes

PARTIE II : Matériels et Méthodes

II.1 Matériel végétal

II.1.1 Les plantes étudiées

Dans ce travail, nous avons étudié quatre espèces de plantes (la menthe, le thym) appartenant à la famille des Lamiacées, et deux espèces de plantes (l'armoise) appartenant à la famille des astéracées. Les informations (noms des plantes, régions et mois de collecte) sont indiquées dans le tableau 1.

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

Nom botanique	Nom commun	Nom vernaculaire			Région	Mois de récolte
		Arabe	Français	Anglais		
<i>Thymus vulgaris</i>	Zaâtar Djebel	زَعْتَر شَائِع	Thym, thym des jardins, thym commun	Thyme, Linden, Lime tree.	Aflou (Laghouat)	2017
<i>Thymus algeriensis</i>	Djertil	/	/	/		
<i>Mentha piperita</i>	Naanaa	أَوْ النَّعْنَاع النَّعْنَاع أَوْ النُّعْنَاع	Menthe poivrée menthe anglaise	Peppermint, white mint.	El Hadjeb- Tadjmout (Laghouat)	
<i>Mentha pulegium</i>	fliou	النَّعْنَاع الأوروبي الفَلْيَةِ	Pouliot	Pennyroyal.	Aflou (Laghouat)	
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	chih	الشَّيْح، الشَّيْح الخرساني	Armoise blanche	Santonica, White Wormwood		
<i>Artemisia campestris</i> L	dgoufet	تَجُوق دكوفت,	Armoise rouge	Red Wormwood		

II.1.2 Séchage, broyage et conservation du matériel végétal

Après chaque récolte, le matériel végétal est nettoyé pour se débarrasser les impuretés, après il est séché, étalé sur papier et séché à température ambiante, dans une pièce aérée, à l'abri de l'humidité et de la lumière. Cette étape dure environ une ou deux semaines. Une fois séché, les échantillons obtenus sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine après il a été conservé dans des sacs en papier jusqu'au moment de l'extraction (Bengana,2018).

II.1.3 Les familles

II.1.3.1 La famille des Lamiacées

Les Lamiacées (Thyms, Lavandes, Romarins ...etc.) comprennent environ 5000 espèces. Leur aire de répartition est extrêmement étendue, avec une prépondérance dans les régions méditerranéennes. Cependant, les Lamiacées sont rares dans les régions arctiques et en haute montagne. C'est une famille exceptionnellement homogène : une Lamiacée est très facile à reconnaître (Guignard , 2001).

Ce sont des plantes herbacées, constituant des buissons ou des arbres ; tiges souvent quadrangulaires, en coupe transversale. Poils glanduleux à huiles essentielles et poils simples, non glanduleux. Ces derniers sont pluricellulaires ou en mélange de pluricellulaires et d'unicellulaires. Les feuilles sont généralement opposées, parfois verticillées, simples, parfois lobées ou découpées, composées pennées ou palmées, entières à dentées-serrées. Les inflorescences sont à axe principal indéterminé et à rameaux latéraux déterminés (ramifiés en cymes), terminales ou axillaires. Les fleurs sont hermaphrodites et généralement zygomorphes. Le calice actinomorphe à zygomorphe est composé de 5 sépales soudés. Cinq pétales soudés forment une corolle bilabée, à lobes imbriqués. L'androcée est composé de 4 Etamines, didynames \pm égales, parfois réduites à deux avec filets insérés sur la corolle. Les carpelles (deux) sont soudés ; ovaire supère, style généralement bifurqué au sommet, terminal à gynobasique ; Les deux stigmates portés à l'extrémité des branches du style sont minuscules ; Deux ovules par carpelle et disque nectarifère toujours présent. Le fruit est une drupe à 1 à 4 noyaux, une gousse indéhiscente séminée, ou un fruit schizocarpe (tétrakène) se séparant en 4 drupéoles ; l'albumen est fugace ou absent (Judd *et al.*, 2002).

De nombreuses espèces de cette famille sont économiquement importantes, soit par leurs huiles essentielles, soit pour leur usage condimentaire. Elles appartiennent au genres *Mentha* (la menthe), *Lavendula* (la lavande), *Marrubium*, *Nepata* (l'herbe aux chat), *Ocimum* (le basilic), *Origanum* (l'origan), *Rosmarinus* (le romarin), *Salvia* (la sauge), *Satureja* (la sariette) et *Thymus* (le thym). Les tubercules de quelques espèces de *Stachys* sont comestibles. *Tectona* (le teck) fournit un bois d'oeuvre important. De nombreux genres contiennent des espèces ornementales : on peut citer parmi eux *Ajuga* (le bugle), *Callicarpa*, *Clerodendrum*, *Plectranthus*, *Holmskioldia*, *Leonotis*, *Monarda*, *Pycnanthemum*, *Salvia*, *Scutellaria* et *Vitex* (Judd *et al.*, 2002).

II.1.3.2 La famille des Astéracées

Les astéracées, appelées aussi composées, sont principalement des plantes herbacées, buissonnantes ou arbustives, riches en oligosaccharides telle que l'inuline ; sont caractérisées par la présence de canaux résinifères et/ou laticifères ; avec, généralement, la présence de poly acétylène et d'huiles essentielles terpéniques ; sont généralement à lactones sesquiterpènes.

C'est une famille comptant plus de 1535 genres et 23 000 espèces ; sont typiquement cosmopolites et, surtout, fréquentes sur les montagnes des zones tempérées et tropicales, dans les habitats ouverts et secs (Walter *et al.*, 2002).

Parmi les genres comprenant des plantes à huiles essentielle, *Tagetes*, *Achillea* et *Matricaria*. Plusieurs espèces ont été étudiées pour l'effet anti-inflammatoire de leurs huiles essentielles (*Eremanthus erythropappus*) et l'activité cytotoxique contre la croissance de certaines lignées de cellules humaines (*Senecio mikanioides*). Par ailleurs, l'activité antivirale d'*Artemisia arborescens* a été étudiée par Sinico *et al.* (Baser et Buchbauer, 2010).

Les plantes appartenant à la famille des astéracées présentent un intérêt économique important. Il peut s'agir de plantes alimentaires (l'artichaut, la chicorée, le tournesol, la laitue...etc.), de plantes aromatiques (l'armoise, l'estragon ...etc.) ou d'espèces ornementales des genres *Calendula* (le souci), *Leucanthemum* (la marguerite), *Senecio* (le séneçon), *Helianthus* (le tournesol) et beaucoup d'autres (Walter *et al.*, 2002).

II.1.4 La description botanique des espèces étudiées

- *Thymus vulgaris*

Sous-arbrisseau de 10-30 cm., d'un vert blanchâtre ou grisâtre, très aromatique ; tiges ligneuses, dressées ou ascendantes, non radicales, tortueuses, formant un petit buisson très serré ; rameaux tomenteux-blanchâtres tout autour ; feuilles petites, lancéolées-rhomboidales ou linéaires, obtuses, enroulées par les bords, non ciliées à la base, couvertes en dessous d'un tomentum dense et court ; fleurs rosées ou blanchâtres, en têtes globuleuses ou en épis à verticilles inférieurs écartés ; calice velu, à tube un peu bossu en avant à la base (Figure 2) (Baba Aissa ,2011).

Le thym est un arbuste odorant qui pousse spontanément dans la région méditerranéenne et c'est une plante qui a une longue tradition (Padrini et Lucheroni, 1996.), il préfère un sol légèrement acide, bien drainé et rocailleux (calcaire), en plein soleil et au sec, mais la plante se développe également sur un sol alcalin filtrant, léger ou compact (d'argile et de limon) ou très poreux (sableux), un peu humide et frais. La capacité de cette plante à résister à de très forte chaleur provient de son huile essentielle qui est produite la nuit et s'évapore la journée c'est par cette action que la chaleur sera consommée.



Figure 2 : *Thymus vulgaris* (Zaatar Djebel) (Google image).

- *Thymus algeriensis*

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

de 5 à 6 mm à 2 lèvres égales. Corolle dépassant de très peu le calice, bilabée, à lobe médian plus grand (Figure 3) (Beloued, 2014).

C'est une espèce endémique de l'Afrique du Nord. Au Maroc, elle est rencontrée dans le Moyen Atlas, le Haut Atlas, l'Anti Atlas occidental, le Rif et l'Oriental (Forêt de Béni Snassen) (Beloued, 2014).



Figure 3 : *Thymus algeriensis* (Djertil) (Google image).

- ***Mentha piperita***

La menthe poivrée est une plante indigène cultivée de la famille des labiées herbacées à végétation vigoureuse, son odeur pénétrante spéciale et une saveur aromatique, brûlante mais laisse une sensation de fraîcheur (Hammami Et Abdesslem, 2005).

Elle est caractérisée par des tiges quadrangulaires le plus souvent violacées, par des feuilles ovales ou lancéolées et crénelées en scie, opposées par paires longues de 4 à 8 cm courtement pétiolées, de couleur vert pâle souvent teintées de rouges, pas de stipules, ovales-aigues, dentées, et par des inflorescences de fleurs faiblement bilabées de couleur pourpre groupées en épis très serrés. (Bruneton, 2009), regroupées en épis terminaux, allongés à cylindriques, très denses, généralement interrompus à la base (Figure 4) (Teuscher *et al*, 2005).

Elle se reproduisant à partir de nombreux stolons, traçants, rampant, chevelu, aériens ou souterrains, à racine adventives (Baba aissa, 1999)

La floraison a lieu de juillet à septembre. Et le fruit est un tétrakène ovoïde et arrondi au sommet, renfermant 4 graines d'environ 2 mm de long et de couleur brun marron (Teuscher *et al*, 2005).



Figure 4 : *Mentha piperita* (Naanaa) (originale).

- ***Mentha pulegium***

C'est une plante vivace, velue à presque glabre, haute de 10 à 40 cm, à forte odeur mentholée. Tige ascendante rameuse. Les feuilles sont opposées, brièvement pétiolées, étroitement elliptiques, de 8 à 30 mm de long et de 4 à 12 mm de large, entières ou dentées. Les fleurs sont en faux verticilles globuleux, très fournis et écartés les uns des autres. Calice bilabié de 2,5 à 3 mm de long, à dents ciliées. Corolle tubuleuse presque régulière de 5 à 7 mm de long, blanche ou mauve, à 4 lobes égaux (Figure 5) (Lippert et Podlech, 2008).

Le pouliot est une des menthes les plus populaires ; son emploi remonte à l'antiquité. L'odeur agréable du pouliot semble déplaire à certains parasites, et son pouvoir insecticide est bien établi.

Autrefois on en brûlait dans des locaux infectés par les puces ; on l'utilisait aussi sous forme de lotion sur le pelage des animaux domestiques pour les débarrasser de leurs nuisibles parasites (Baba Aissa, 2011).



Figure 5 : *Mentha pulegium* (Flio) (originale).

- ***Artemisia herba-alba***

Sous-arbrisseau tomenteux blanchâtre, de 30 à 50 cm, à nombreuses tiges dressées, ligneuses à la base. Les feuilles sont pubescentes vert argenté, avec une inflorescence en

très petits capitules jaunâtres, sessiles, groupés par 2 à 12 (suivant la variété) ; bractées de l'involucre glanduleuses. Caractérisée par une odeur aromatique (Figure 6) (Baba Aïssa,2000).

C'est l'armoise la plus connue en Algérie. Le chih est un remède très populaire auquel on a souvent recours : pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains malaises du foie, malgré les recommandations des spécialistes qui signalent sa toxicité à forte dose. Elle est présente en Espagne, en Afrique du Nord et en Asie occidentale (polymorphe), elle est très commune sur les hauts plateaux et dans le sahara septentrionale ; se raréfiant plus au sud : Hoggar et Tassili (Baba Aïssa, 2000).



Figure 6 : *Artemisia herba-alba* (chih) (Google image).

- ***Artemisia compestris***

Arbrisseau de 0,3 à 1,5 m, peu aromatique, à tiges dressées ligneuses à la base, striées, à rameaux rougeâtres. Les feuilles sont découpées pennatiséquées, à lobes aigus, vert foncé, glabres dessus et plus claires dessous avec une inflorescence en capitules plus ou moins allongés, à corolle jaune, disposés en grappes au sommet et à l'aisselle des feuilles supérieures (Baba Aïssa,2000). Espèce de l'hémisphère nord commune sur les hauts plateaux et dans l'atlas (Figure 7) (Baba Aïssa,2000).



Figure 7 : *Artemisia compestris* (Dgouft) (Google image).

II-1-5 la classification botanique

Tableau 2: la systématique des quatre espèces de la famille des Lamiacées.

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

Tableau 3: la systématique des deux espèces de la famille des Astéracées.

	<i>Artemisia</i>	
Règne	<i>Plantae</i>	
Embranchement	<i>Phanérogames</i>	
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>	
Classe	<i>Dicotylédones</i>	
Ordre	<i>Astérales</i>	
Famille	<i>Astéracées</i>	
Genre	<i>Artemisia</i>	
Espèce	<i>Artemisia herba alba</i> Asso	<i>Artemisia compestris</i>

II.1.6 Les caractéristiques médicinales et utilisations

- *Thymus vulgaris*

Le *thymus vulgaris* est utilisé comme un Antiseptique, désinfectant dermique et un spasmolytique bronchique dont il est indiqué pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures (Bazytko et Strzelecka ,2007).

Le *thymus vulgaris* a des Propriétés vermifuges et vermicides, antivirales, antifongiques, anti inflammatoires, et antibactériennes dont une étude récente a montré que les extraits méthanoïques et hexadiques des parties aériennes de *Thymus vulgaris* inhibent la croissance de *Mycobacterium tuberculosis* (bactérie qui cause la tuberculose) (Jiménez-Arellanes *et al* 2006), aussi Propriétés anthelminthiques (Al-Bayati ,2008) et antioxydantes. (Takeuchi *et al*, 2004 ; Golmakani et Rezaei,2008).

En raison de ces propriétés, le thym est utilisé comme un conservateur afin de prolonger la durée de conservation des poissons *Thunnus thymnus* durant leur stockage. (Selmi et Sadok, 2008).

- *Thymus algeriensis*

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

Le thym d'Algérie est un amer astringent, stomachique, diaphorétique, antispasmodique et stimulant. On utilise les sommités et les jeunes rameaux fleuris. L'infusion est utile contre toutes les maladies infectieuses, comme la grippe, la pneumonie

et les affections de l'appareil respiratoire. La distillation des tiges fraîches donne une essence riche en thymol (Beloued, 2005).

- ***Mentha piperita***

La menthe est riche en vitamine C, en fer, en manganèse, en antioxydants, elle a des vertus digestives, antiseptiques, stimulantes, antispasmodiques (Baratta *et al*, 1998) .En thérapeutique, la menthe est utilisé contre la fièvre, la toux, la faiblesse, les nausées, les maux de l'estomac, la mélancolie, l'hystérie, les Douleurs, les infections, les troubles de la vue, elle représente aussi des propriétés médicales on cite à titre d'exemple: stimulante du système nerveux, tonique stomachique, antiseptique analgésique et vermifuge.(Baratta *et al*, 1998; Benayad ,2008)

On l'utilise aussi contre les parasites, les tiges et les fleurs de la menthe sont brulés pour chasser les puces des matelas et les animaux domestiques, on peut aussi placer les sachets de la menthe auprès de sac de grains et de fromage pour chasser les rongeurs.

Dans le domaine alimentaire on peut citer les besoins d'agrément, les crèmes, les chocolats les bonbons, les pâtes à mâcher, les desserts... etc. (Baratta *et al*, 1998 ; Benayad ,2008).

- ***Mentha pulegium***

La menthe pouliot, connue sous le nom vernaculaire arabe de « fliyou », est largement utilisée en médecine populaire dans de nombreuses cultures (Agnihotri *et al.*, 2005 ; DiazMaroto *et al.*, 2007)

Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques (Zargari, 1990 ; Delille, 2007),diaphorétique, sédatif, stimulant, diurétique, antitussif, tonique, cholagogue, expectorant, antiseptique et digestif (Mkaddem *et al.*, 2007; Zargari, 1990) Elle a été utilisée encore pour promouvoir la menstruation, guérir les maux de tête, soigner la bronchite, soulager les piqûres des scorpions et des serpents et aider à lutter contre les vomissements et les affections rénales (Salhi *et al.*, 2010; Zargari, 1990).

- ***Artemisia herba alba et Artemisia campestris***

L'armoise blanche et rouge possèdent des vertus calmantes (calme les troubles digestifs, maux d'estomac, nausées...), antispasmodiques, digestives, anti-gastrique,

emménagogue, stomachique, vermifuge (ascaris, oxyures), vulnérable et anti-diarrhéiques (Djerroumi et Nacef, 2004).

II.2 Méthodes expérimentales

L'extraction et l'analyse chromatographique des huiles essentielles, Calcul du rendement ont été déterminé l'année précédente par Bengana ,2018 et Bey et Sonne ,2018.

II.2.3 Evaluation de l'activité antioxydante

II.2.3.1 Test de blanchissement de β -carotène

II.2.3.1.1 Principe

Le β -carotène subit une décoloration rapide en l'absence d'antioxydant. L'acide linoléique qui est dans un système d'émulsion aqueuse génère des radicaux peroxydes qui vont par la suite oxyder le β -carotène hautement insaturé entraînant ainsi la disparition de sa couleur orange. La présence des antioxydants réduit l'intensité de la destruction d'un β -carotène en neutralisant les radicaux libres dérivés et permet donc de prévenir l'oxydation et le blanchissement du β -carotène (Unten *et al.*, 1997).

II-2-3-1-2 Le Mode opératoire

Le protocole expérimental a été basé des travaux de Marco (1968), Miller (1971) et Silvia Taga *et al.* (1984) avec modifications. Une quantité de 1mg de β -carotène est dissoute dans 1 ml de chloroforme. 1 ml de cette solution (1mg/ml) est mélangé avec 200 mg de tween 20 et 20 mg d'acide linoléique. Le chloroforme est ensuite évaporé sous vide à 45°C pendant 3 minutes, puis 75ml d'eau distillée a été ajouté à l'émulsion pour former le réactif final.

Pour chaque expérience une solution fraîche du réactif a été préparée. Un volume 0,2 ml de chaque extrait et de l'antioxydant de synthèse BHT (à différentes concentrations) est ajouté à un volume de 2 ml de l'émulsion du β -carotène/acide linoléique. L'absorbance des extraits est mesurée à 470 nm après une incubation à 50°C pendant 120 min.

Un control a été préparé dans les mêmes conditions en remplaçant les extraits par le solvant éthanol.

L'activité antioxydante (%) en termes de blanchissement de β -carotène des extraits a été évaluée en utilisant le pourcentage d'inhibition calculé comme suit :

$$I(\%) = \left(\frac{A_{E(120)} - A_{C(120)}}{A_{C(0)} - A_{C(120)}} \right) \times 100 \quad \text{Où :}$$

$A_{E(120)}$ est l'absorbance de la solution en présence de l'huile essentielle à $t = 120\text{min}$.

$A_{c(120)}$ est l'absorbance du control à $t = 120\text{min}$.

$A_{c(0)}$ est l'absorbance du control à $t = 0\text{ min}$.



Figure 8 : la solution préparée du β -carotène.

II.2.3.2 Test de DPPH

II-2-3-2-1 Principe du DPPH

Nous avons utilisé la méthode du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) pour déterminer le pouvoir antioxydant de nos six extraits.

Le 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl (DPPH•) est un radical organique stable, coloré et centré sur l'azote. Le maximum de son absorption se situe vers 517 nm dans le méthanol et l'éthanol (Porte,2008), Les antioxydants donneurs d'atome H (RH) sont capables de réduire le DPPH ce qui conduit au 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH-H) et au radical R•.

Le DPPH a une couleur violette mais cette couleur disparaît lorsqu'il est réduit par un capteur de radicaux et devient jaune. (Hatano *et al.*,1988).

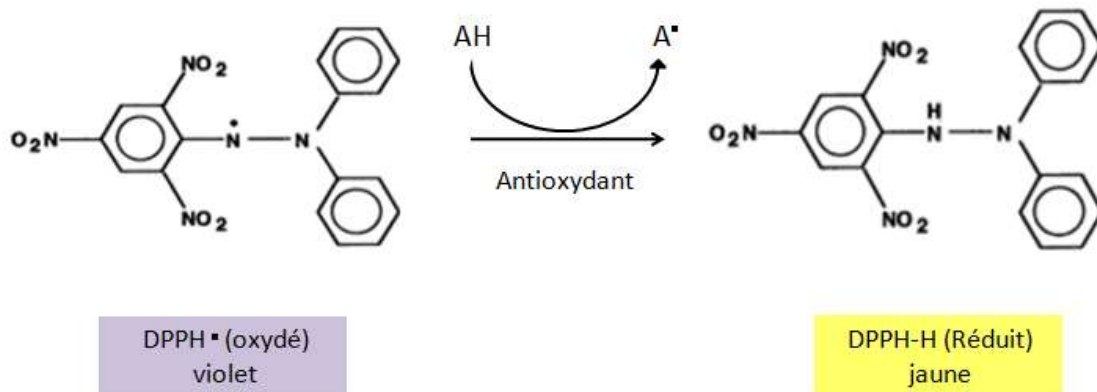


Figure 9 : Forme oxydée et réduite du DPPH.

II-2-3-2-2 Le Mode opératoire

Afin de tester leur pouvoir antioxydant, les dilutions des huiles essentielles ont été préparées dans de l'éthanol absolu. Un volume de 1ml de la solution éthanolique de DPPH (200 μ M) est ajoutés à 1ml des solutions d'extraits ou de l'antioxydant standard (BHT, Vit E, Vit C) à différentes concentrations, le mélange est vigoureusement agité. Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, les absorbances sont lues à 517 nm par un spectrophotomètre UV Visible de type Shimadzu 1601 contre un blanc. (Sebgag,2018)

Chaque absorbance correspond à un pourcentage d'inhibition calculé par la relation suivante :

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

Où :

A₀ est l'absorbance de la solution de DPPH sans huile essentielle.

A est l'absorbance de la solution de DPPH en présence de l'huile essentielle



Figure 10 : la solution préparée du DPPH ($200\mu\text{M}$).

Résultats et discussions

Partie III : Résultats et Discussion

III.1 la composition chimique

D'après le travail de (Bengana., 2018) et (Bey et Sonne.,2018) :

La composition chimique des huiles essentielles étudiées, leurs indices de rétentionsur DB-5, et leur composition en pourcentage sont listés dans le Tableau 8 et 9. (annexes)

L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*, a permis d'identifier 26 composés représentant 96,44% à 100% de l'huile. Les monoterpènes oxygénés (70,96%) sont la classe la plus abondante des composés identifiés que les sesquiterpènes oxygénés (0,33%) avec la dominance des phénols (63,42%). Les composés majoritaires sont : le carvacrol(63,42%), γ -terpinène(9,102%) et le p-Cymène (6,73%). Pour le *Thymus vulgaris* du Maroc, les principaux composants quantifiés étaient le Camphre (38,54%) lecamphène (17,19%) et le α -Pinène (9,35%)(Imelouane *et al.*,2009). Le Thymol (57,7%), p-Cymene (18,7%) sont les composés majoritairesdu*Thymus vulgaris* de l'Espagne rapporterpar Rota *et al.*,2007.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Benabed.,2018, qui montre que les composés majoritaires sont : le carvacrol (62,55%), γ -terpinène (10,34%) et le p-Cymene (9,09%) avec la dominance des monoterpènes oxygènes (66,39%).

L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus algeriensis*, a permis d'identifier 37 composés à 94,59% de la totalité de l'huile essentielle. Les composés majoritaires sont : Carvacrol acétate (14,16 %), Limonène (11,49 %), α -Terpinylacétate (10,79 %), α -Pinène (9,26 %) et le Camphre (9,26 %).Amartiet *al.*,2010ontidentifié 48 composés (98,87 %) pour le *Thymus algeriensis* du Maroc, composé majoritairement du camphre (27,7 %) et l' α -pinène (20,5 %).

Ces résultats ne confirment pas ceux rapportés par Dob *et al.*,2006qui ont montré que l'huile essentielle de*Thymus algeriensis* (Alger)contient 34 composés et que les composés majoritaires sont des monoterpènes oxygènes :linalol (47,3%), thymol (29,2%), carvacrol (1,7%).

Les analyses chromatographiques des huiles essentielles ont permis d'identifier 25 composés qui représentent environ 94,35 % pour *Mentha piperita*, contre 29 composés (93,16 %) pour *Mentha pulegium*.

L'huile essentielle de *Menthapiperita* est composée principalement de Pipéritone (57,51%) limonène (28,29%). En effet Soković et al., 2009 ont montré que le profil chimique de *Mentha piperita* du Serbie est très variable. La teneur et la nature des composés majoritaires varient considérablement en fonction de l'origine des plantes : Menthol (37%), Menthylacétate (17,4%), et Menthone (12,7%). C'est le cas aussi pour *Mentha piperita* de l'Iran, pour lequel Saharkhiz et al., 2012 ont montré que l'huile essentielle de cette espèce est dominée aussi par le Menthol (53,28 %) et le Menthyl acétate (15,10%).

Un seul constituant chimique domine l'huile essentielle de *Mentha pulegium* : le Pulégone (70,8%), il existe d'autres composés, mais à des teneurs moins importantes : Menthone (6,81), Pipéritone (4,95) avec La prédominance des monoterpènes oxygénés (88,85%) et les cétones (82,81%). Cette composition chimique est similaire de celle de l'huile essentielle étudiée par Boukhebtiet al., 2011 qui contient comme principaux composants le Pulégone (38,81%) suivi par le Menthone (19,24%) et le Pipéritone (16,52%). L'huile essentielle de *Mentha pulegium* originaire de Djelfa présente les mêmes composés majoritaires, Isopulégone (31,55%) pulégone (23,37%) (Benabed., 2018).

Les analyses chromatographiques des huiles essentielles ont permis d'identifier 33 composés qui représentent environ 94,25 % pour *Artemisia herba alba* contre 29 composés (78,36 %) pour *Artemisia campestris*.

L'huile essentielle de l'*Artemisia herba alba* est composée majoritairement de Camphre (36,48 %) et Chrysanthone (13,99%). Il apparaît que, les composants prédominants sont des composés monoterpènes (92,76%) spécifiquement les monoterpènes oxygénés qui représente (70,01%) la totalité des constituants identifiés.

L'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* originaire de la Tunisie, était riche aussi en Camphre (17,81%), Chrysanthone (17,37%) et en monoterpènes oxygénés (82,89%) (Mohsen et Ali., 2009). Le Camphre (19,4%) est le composé principal de l'HE de l'*Artemisia herba alba* de Mssila suivis par le trans-pinocarveol (16,9%) et le chrysanthone (15,8%) avec la dominance aussi des monoterpènes oxygénés (82,6%) (Dab et Benabdelkader, 2014).

L'huile essentielle de l'*Artemisia campestris* est composée majoritairement de (Z)-3-Hexenyl benzoate (25,72%) et Bicyclogermacrène (16,8%). D'autres composés sont également présents, mais à des teneurs moins importantes : α -Pinène

(5,77%), Sabinène(5,71%) , γ -Muuroolène(5.08%) , Cubenol(3,19%). Dob *et al.*, 2005 ont montrés que l'*Artemisia compestris* de Djelfa est riche en (Z, E) -Farnesol (10,3%) suivis par : Cedrol (5,4%) Verbenone(3,8%). La provenance géographique et les facteurs de l'environnement avec la nature du sol causent des variations considérables dans la composition chimique.

Le β -pinène (36,45%), le p-cymène (13,17%), l' α -pinène (12,53%), le β -Myrcène (9,38%) et le 1,8-Cinéole (7,07%) sont les constituants principaux de l'*Artemisia compestris* de la région de Djelfa avec une teneur importante des Hydrocarbures monoterpéniques(75,04%) (Aouissi ,2011).

Plusieurs facteurs peuvent être rencontrés dans la composition chimique des huiles essentielles : L'emplacement géo-climatique ; la nature du sol, le stade de développement de la plante (pré ou post floraison), le moment de la cueillette et le temps de récolte ou bien des conditions environnementales différents (Bowles, 2003 ; Biondi *et al.*, 2006).

III.2 Estimation du pouvoir antioxydant

III.2.1 Test de Blanchissement

Les résultats d'inhibition de décoloration de la solution de β -carotène des différents extraits de *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, *Mentha pépirta*, *Mentha pulegium*, *Artimisia herba alba* et *Artimisia compestris* ainsi que celle de l'antioxydant synthétique (BHT) sont représentés ci-dessous (figure 11,12 et 13).

Ils sont obtenus grâce à Microsoft office Excel et le logiciel Curve Expert Professionnal.

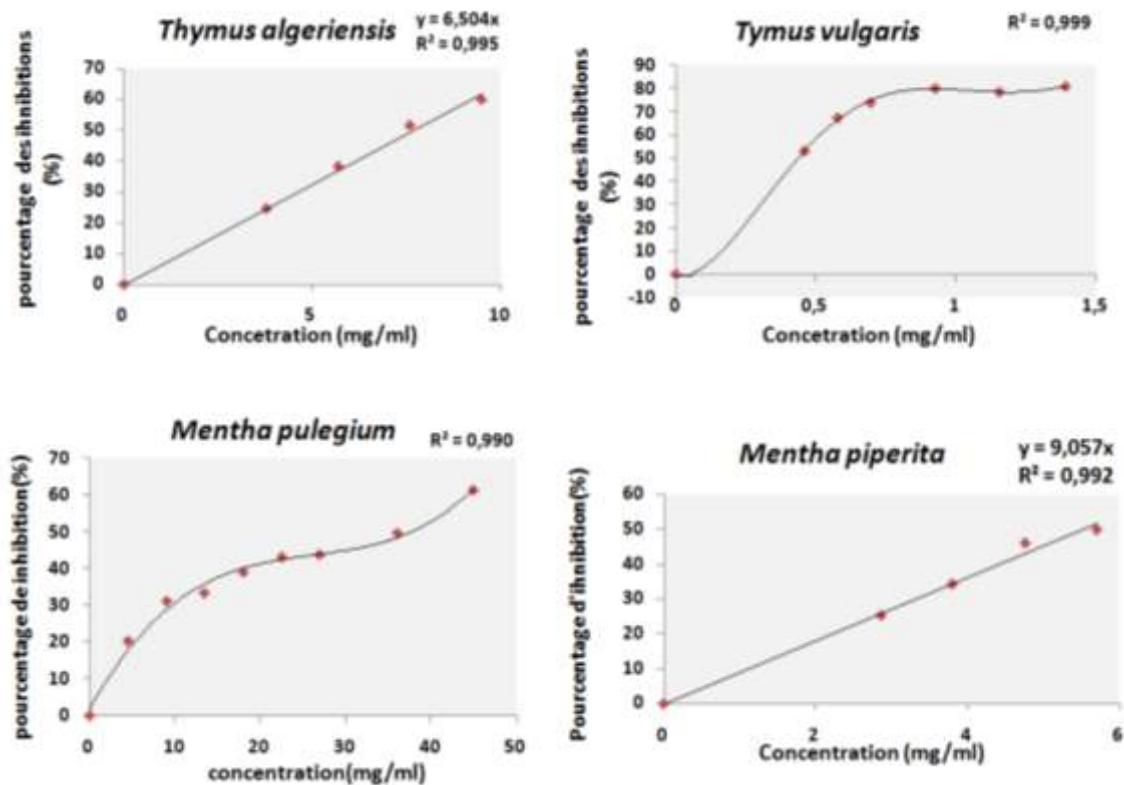


Figure 11 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre espèces de la famille des lamiacées, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β - carotène.

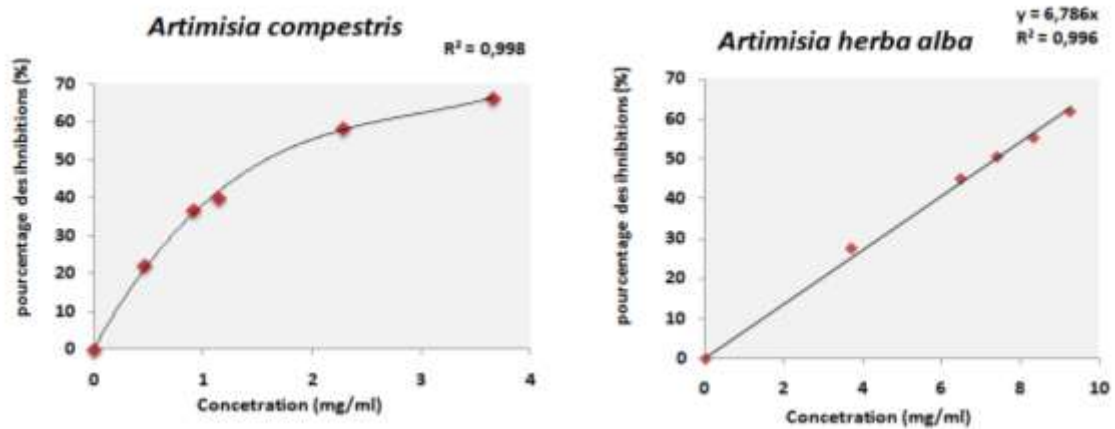


Figure 12 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de deux espèces de la famille des Astéracées, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β -carotène.

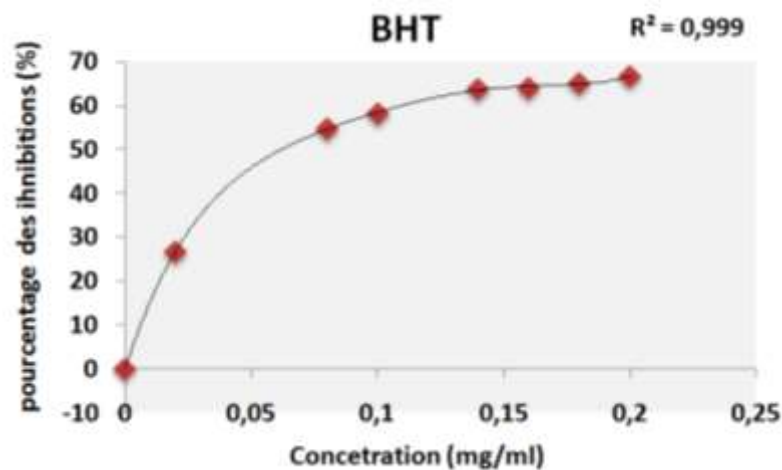


Figure 13 : L'activité antioxydante du standard BHT, graphe représentant le Pourcentage d'inhibition de radical libre (acide linoléique/ β -carotène) à différentes concentrations pour le test de blanchissement de β -carotène.

III. 2.1.1. Détermination d'IC₅₀

L'activité antioxydante des différents échantillons d'huiles essentielles et d'antioxydants synthétiques est exprimée par le facteur IC₅₀ qui exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre (acide linoléique/ β -carotène) de 50%. Plus la valeur d'IC₅₀ est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande.

Les IC₅₀ des extraits huileux et de l'antioxydants synthétique (BHT) sont déterminés graphiquement : l'abscisse (axe des X) représentant la concentration des HE ou bien l'antioxydant synthétique (BHT), l'ordonné (axe des Y) représente l'inhibition du radical libre (acide linoléique/ β -carotène). Les résultats obtenus d'IC₅₀ sont représentées dans la Figure 14.

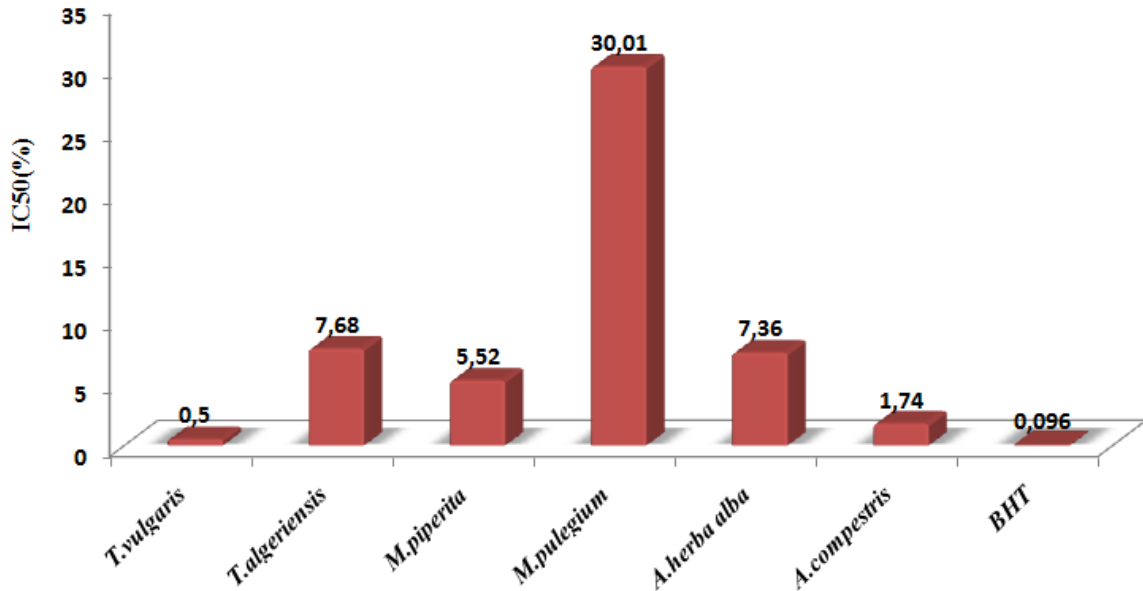


Figure 14: les valeurs d'IC₅₀ des huiles essentielles étudiés en utilisant le test de β -carotène

Les résultats indiquent que les extraits huileux de nos plantes ainsi que le BHT inhibent l'oxydation couplée de l'acide linoléique β - carotène et que le pourcentage d'inhibition est proportionnel aux concentrations testées, et que le BHT inhibent d'une manière efficace l'oxydation couplée de l'acide linoléique et du β -carotène.

Les huiles essentielles étudiées dans ce travail ont montré des IC₅₀ supérieures à celles de l'antioxydant de référence (BHT), ce qui signifie une activité antioxydante faible. A partir des résultats obtenus, on note que :

L'huile essentielle le plus active a été celle de l'espèce de *Thymus vulgaris* avec une valeur d'IC₅₀ égale à 0,5 mg/ml et le plus faible est le *Mentha pulegium* avec une valeur d'IC₅₀ de 30,01 mg/ml.

Le genre *Thymus* présente le potentiel antioxydant le plus élevé avec un IC₅₀ égale à 0,5 suivi par le genre *Artemisia* avec un IC₅₀ égale à 1,74, et le plus faible potentiel est mentionné pour le genre *Mentha* avec un IC₅₀ égale à 5,52.

En comparant les deux familles entre eux, on constate que les espèces de la famille des Lamiacées possèdent l'activité antioxydante la plus forte et la plus faible au même temps avec un IC_{50} égale à 0,5 pour le *Thymus vulgaris* et 30,01 pour le *Mentha piperita*. Les espèces de la famille des Astéracées sont moyennement actif avec un IC_{50} égale à 1,74 pour l'*Artemisia compestris*.

Le *Thymus vulgaris* présente une activité antioxydante supérieure à celle de *Thymus algeriensis* avec des IC_{50} égale à 0,5 et 7,68 mg/ml respectivement.

Le *Thymus vulgaris* (carvcrol 63,42%) est riche en phénols ce qui explique son forte pouvoir antioxydant ; contrairement au *Thymus algeriensis* (le Thymol 2.93%)

Benabed (2018) a rapporté que le *Thymus vulgaris* de Djelfa et Tairret ont des IC_{50} égales à 1,51 mg/ml et 0,79 mg/ml respectivement. Ces huiles ont une activité antioxydante faible par rapport à l'huile de notre étude. Kulisic., *et al* (2005) ont évalué l'activité antioxydante d'huile essentielle de *Thymus vulgaris L* du Croatia exprimée en coefficient d'activité antioxydante (AAC), la concentration 0,2 mg/ml a présenté un pourcentage d'inhibition égale à 65,7 % pour ce dernier et 20 % pour note extrait qui a un IC_{50} =0,5mg/ml et 4% pour le *Thymus algereinsis* de notre étude. Donc on conclut que le *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* présentent un potentiel antioxydant inferieure par rapport au *Thymus* du Croatia.

L'étude réalisée par Benomari (2018) pour l'espèce de *Mentha piperita* montre qu'il a trouvé une valeur d' IC_{50} égale à 0,03338 mg /ml, alors que Sousa Barros *et al.* 2015 ont rapporté que les différentes variétés du *Mentha piperita* de Brasil ont des IC_{50} égales à : 1,82 – 1,52 et 3,57 mg/ml. Donc ces huiles ont une activité antioxydante largement forte par rapport au *Mentha piperita* de notre région.ce faibe activité est due au faible teneurs en phénols :0.071% pour le *Mentha piperita* ; 0.107% pour le *Mentha pulegium*.

Sousa Barros.,*et al.*, (2015) ont aussi trouvé des valeurs de concentration avec ses IC_{50} pour plusieurs espèces du genre *Mentha* représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4: valeurs d'IC₅₀ de quelques espèces du *Mentha* du Test de β-carotène.

Espèces	IC ₅₀ (mg/ml)
<i>M.spicata</i> (menthe maison)	0,23 ± 0,01
<i>M. arvensis</i> (menthe au gingembre)	0,33 ± 0,03
<i>M. longifolia</i> (menthe de l'Himalaya)	0,64 ± 0,02
<i>M. spicata</i> (menthe verte à grande feuille)	0,96 ± 0,06

Nos huiles essentielles de *Mentha piperita* et *Mentha pulegium* nous ont donné les valeurs d'IC₅₀ suivante : 5,16 mg/ml et 30,01 mg/ml.

On remarque que les IC₅₀ des deux espèces *Mentha piperita* et *Mentha pulegium* sont supérieurs à celles montrés au tableau 4 ce qui signifie que nos HE ont une faible activité antioxydante par rapport aux travaux de Sousa Barros.,*et al.*, (2015).

Mighri *et al.*, (2010) ont travaillé sur l'activité antioxydante d'*Artemisia herba alba* du sud de la Tunisie. Ils ont trouvé pour les quatre chemotypes d'*Artemisia herba alba*: (b-Thujone ;a-Thujone ;Thujones (a and b) et 1,8-Cineole ;camphor and thujones (a and b) des pourcentages d'inhibition égale à : 12,5% ;7,4% ;5 % et 6% respectivement pour une concentration de 2 mg/ml, alors que la même concentration a montré un pourcentage d'inhibition égale a :8,21% pour l'espèce de notre étude. Donc notre HE d'*Artemisia herba alba* possède une forte activité antioxydante par rapport au chemotype :a-Thujone ;Thujones (a and b) et 1,8-Cineole ;camphor and thujones (a and b) , et faible par rapport au chemotype b-Thujone.

III.2.2 Test de DPPH

Les résultats du test de mesure du pourcentage d'inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles des différentes familles (Figure 14 et 15) et par les antioxydants synthétiques (BHT, vitE, vitC) (Figure 16) qui illustrent les pourcentages d'inhibition(I%) en fonction de la concentration(mg/ml) sont obtenus à l'aide de Microsoft office Excel et le logiciel Curve Expert Professionnal.

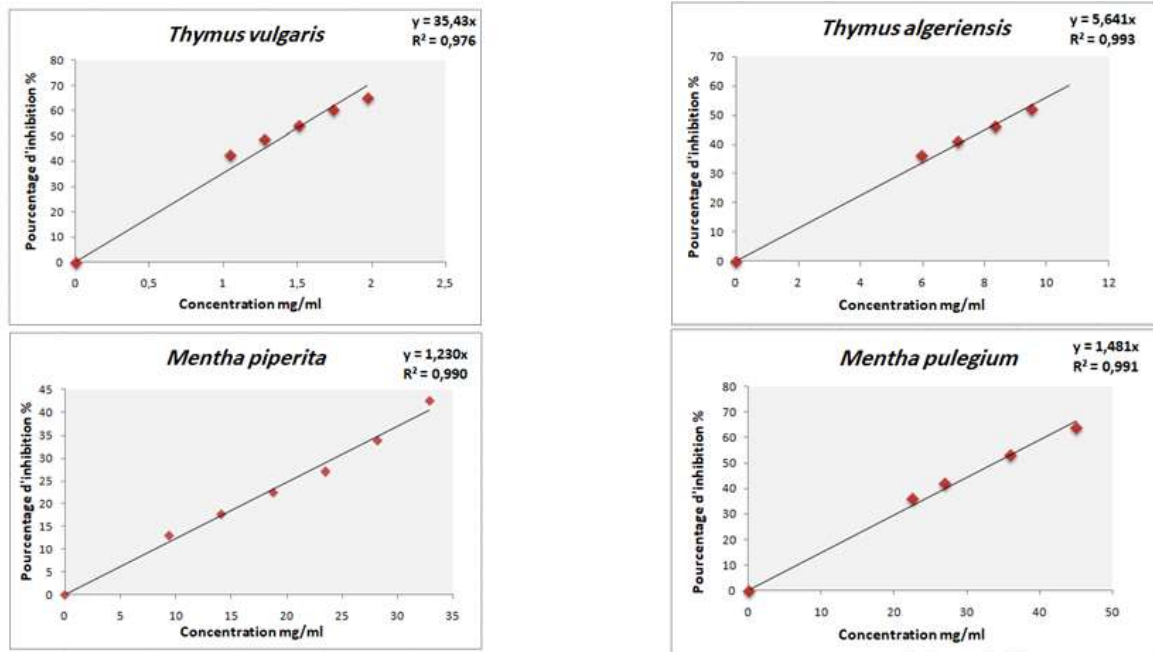


Figure 15 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de quatre espèces de la famille des Lamiacées, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'huiles essentielles en mg/ml.

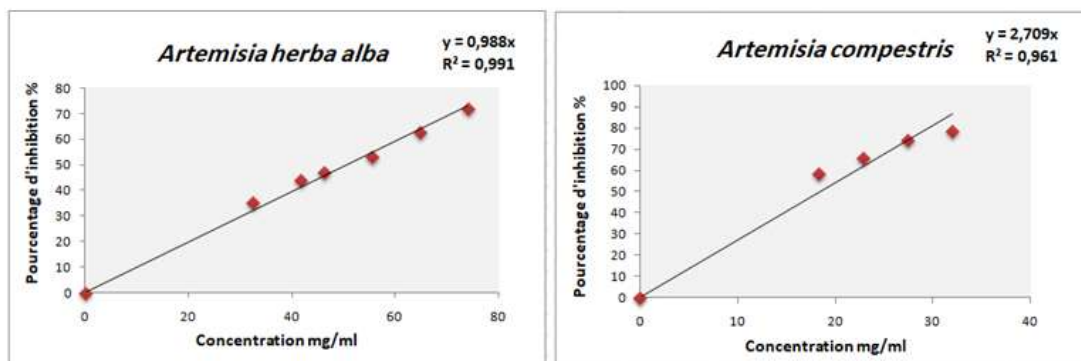


Figure 16 : L'activité antioxydante des huiles essentielles de deux espèces de la famille des Astéracées, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration d'huiles essentielles en mg/ml.

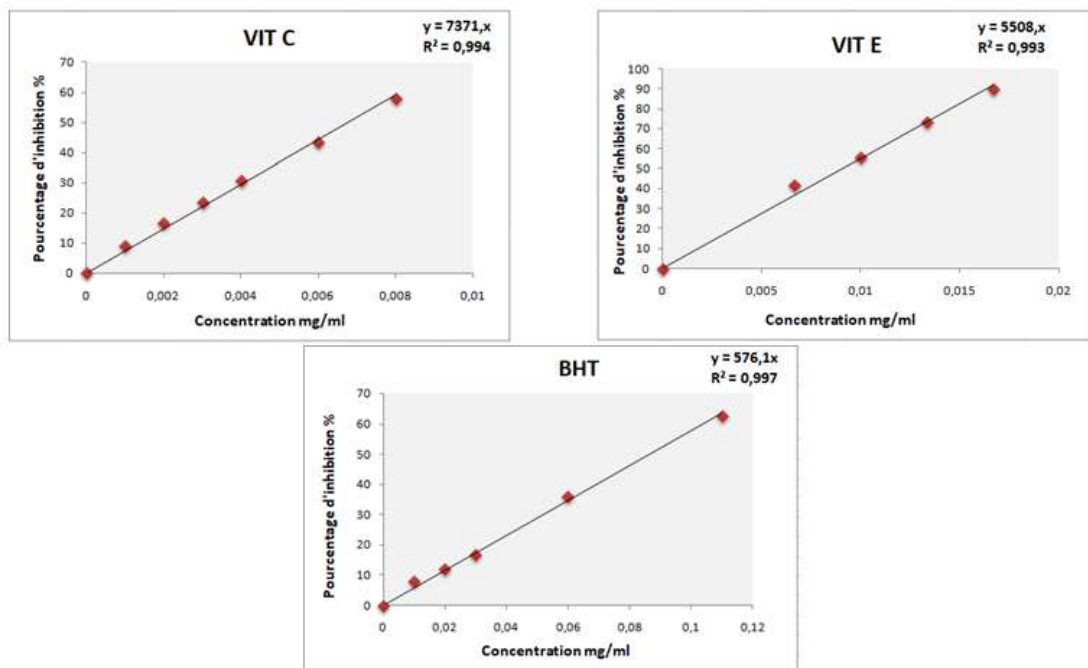


Figure 17 : L'activité antioxydante des standards, graphes représentant le pourcentage d'inhibition de radical libre (DPPH) en fonction de la concentration des standards en mg/ml.

III .2.2.1 Détermination d'IC₅₀ :

L'activité antioxydante des différents échantillons d'huiles essentielles et d'antioxydants synthétiques est exprimée par le facteur IC₅₀ qui exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC₅₀ est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande.

Les IC₅₀ de nos HE et les antioxydants synthétiques sont déterminés graphiquement : l'abscisse représentant la concentration des HE ou bien les antioxydants synthétiques, l'ordonnée représente l'inhibition du DPPH.

Afin de comparer l'activité antioxydante des huiles essentielles avec celle des antioxydants synthétique, un histogramme réalisé par les IC₅₀ des huiles essentielles de *T.vulgaris*, *T.algeriensis*, *M.piperita*, *M.pulegium*, *A.herba alba* et *A.compestris* ainsi que du BHT, VIT C, VIT E est montré dans la figure18.

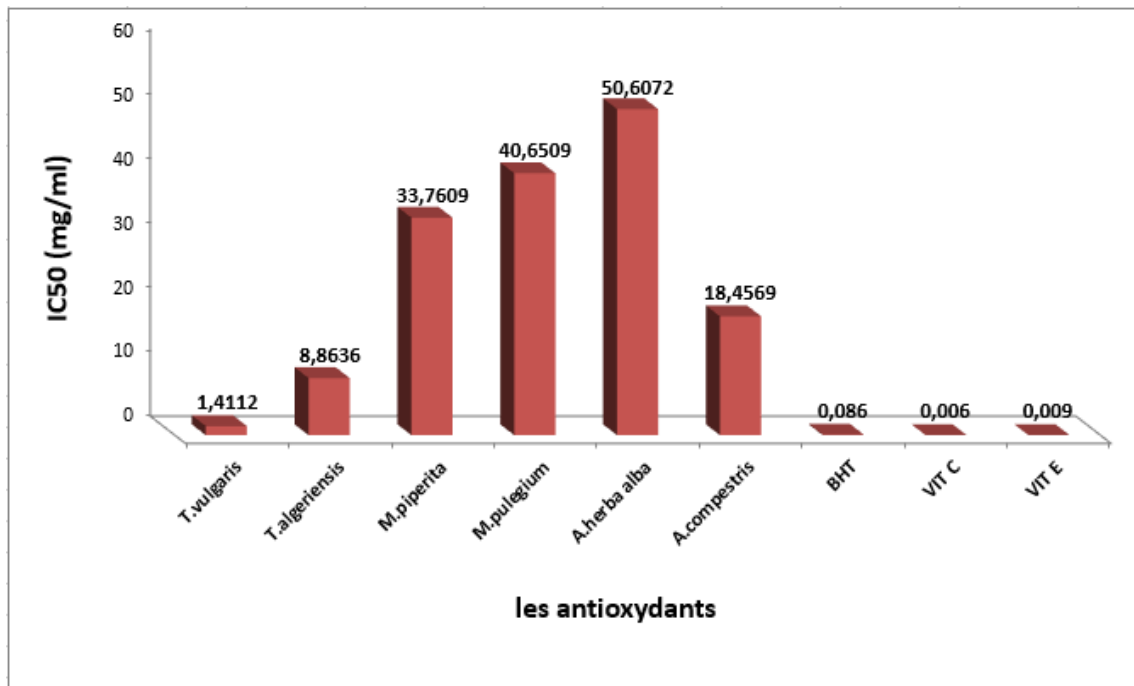


Figure 18: les valeurs d'IC₅₀ des huiles essentielles étudiés en utilisant le test de DPPH.

Malgré que l'activité antioxydante des huiles essentielles testés est faible devant celle de BHT, VITC, VIT E, mais elle reste considérable.

Le BHT (hydroxytoluène butylé), la VITC (acide ascorbique), et la VIT E (α -tocophérol) sont des antioxydants standards utilisés à des fins comparatives. Ils ont montré une activité antiradicalaire très puissante. En comparant les valeurs d'IC₅₀ des différents standards utilisés entre eux ; nous concluons que la VIT C est l'antioxydant le plus efficace avec une IC₅₀ de 0,006 mg/ml par rapport aux deux standards utilisés. L'IC₅₀ de la VIT E est égale à 0,009 mg/ml alors que l'IC₅₀ du BHT était de 0,086 mg/ml.

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris*, ayant l'activité la plus importante avec une valeur d'IC₅₀ égale à 1,4112 mg/ml, par contre l'huile essentielle de l'*Artemisia herba alba* présente la plus faible activité parmi les autres huiles avec une valeur d'IC₅₀ égale à 50,6072 mg/ml.

Le genre *Thymus* montre l'activité la plus forte avec une valeur d'IC₅₀ égale à 1,4112 mg/ml pour *Thymus vulgaris*, suivit par le genre *Artemisia* avec une valeur d'IC₅₀ égale à 18,4569 mg/ml après *Mentha* avec une valeur d'IC₅₀ égale à 33,76 mg/ml.

Les espèces de La famille des lamiacées présentent une activité antioxydante plus forte que celle des espèces de la famille des astéracées, ou l'espèce *Thymus vulgaris*

présente la plus forte activité, par contre l'activité la plus faible a caractérisé l'espèce *Artemisia herba alba* de la famille des Astéracées.

Les études faites par Dauqan *et al.*,2017 et Ismaili *et al.*,2017 ont montrés des IC₅₀ égales à 0,00421 mg/ml et 4,57 mg/ml pour *Thymus vulgaris* du sud de la France et de Tafilelt (Maroc) respectivement. L'activité antioxydante de notre extrait est forte par rapport à l'activité antioxydante de *Thymus vulgaris* de Tafilelt (Maroc) et faible par rapport au *Thymus vulgaris* de sud de la France.

Amarti *et al.*,2013 a déterminé une valeur d'IC₅₀ égale à 0,745 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de Rchida (Maroc), alors que Hazzit *et al.*,2009 ont déterminé une valeur d'IC₅₀ de 0,0033 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de El-Asnam, 0,0085 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de Chéra National Park (800m) -blida et 0,0022 mg/ml pour *Thymus algeriensis* de Chéra national park(1500m) -blida. Ces activités sont largement fortes par rapport à celle de l'huile essentielle de notre étude.

Nous remarquons que l'activité antioxydante de *Thymus vulgaris* est forte par rapport à celle du *Thymus algeriensis*.

L'huile essentielle de *Mentha piperita* a montré une activité antioxydante supérieure à celle de *Mentha pulegium*. Bereksireguig.,2016 a rapporté que l'huile essentielle de *Mentha piperita* de Tlemcen inhibe les radicaux libres avec une IC₅₀ égale à 0,1032 mg/ml, alors que Kizel *et al.*,2010 ont déterminé une valeur d'IC₅₀ égale à 0,06041 mg/ml pour *Mentha piperita* de Turquie, donc l'extrait de notre étude représente une activité antiradicalaire faible par rapport aux deux extraits des différentes régions.

D'après les travaux de Ouakouak *et al.*,2015, les résultats montraient que l'huile essentielle de *Mentha pulegium* de la région de Reguiba-El-Oued a une IC₅₀ égale à 1,75 mg/ml, tandis que Hajlaoui *et al.*,2009 ont trouvé une IC₅₀ égale à 0,11 mg/ml pour *Mentha pulegium* de Mahdia (Tunisie). Les deux huiles essentielles ont montré une activité antioxydante largement inférieure due à une baisse teneur en phénols : 0,071% de Thymol pour *Mentha piperita* et 0,082% de Carvacrol pour *M. pulegium* (Bengana.,2018).

Les résultats trouvés par Aouissi, 2011 montrent une IC₅₀ de 11,45 mg/ml pour *Artemisia herba alba*, 7,39 mg/ml pour *Artemisia campestris* de Djelfaet 28,52 mg/ml pour *Artemisia campestris* de Laghouat. De plus les résultats menés par Younsiet *et al.*,2016 concernant l'*Artemisia herba alba* de EL-Kairouan (Tunisie) montrent un IC₅₀ égale à 5,03 mg/ml.

En comparant les valeurs d'IC₅₀ des différentes régions, nous remarquons que l'*Artemisia herba alba* possède une faible activité antioxydante, et l'*Artemisia compestris* une forte activité, cette activité antioxydante des deux huiles essentielles est liée à la présence des composés phénoliques dans l'huile essentielle, ces composés ont le rôle principal dans la réduction des radicaux libres.

En comparant les résultats des deux tests, nous remarquons que le test de DPPH montre que l'espèce *Thymus vulgaris* avec une valeur d'IC₅₀ égale à 1,41 possède la plus forte activité antioxydante suivi par le *Thymus algeriensis* (8,86), et la plus faible activité est pour l'*Artemisia herba alba* (50,6). Alors que le test de β-carotène montre que l'espèce *Thymus vulgaris* qui a une IC₅₀ égale à 0,5 possède la plus forte activité antioxydante suivi par le l'*Artemisia compestris* (1,74) et le *Mentha pulegium* (30,1).

On conclut que les deux tests montrent que l'espèce qui possèdent la plus forte activité antioxydante est le *thymus vulgaris* ; avec des valeurs d'IC₅₀ varie entre 0,5 mg/ml pour le test de β-carotène, et de 1,41 mg/ml pour le test de DPPH.

Conclusion

Conclusion

Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation des antioxydants naturels, tel que les huiles essentielles des plantes, vu le rôle qu'ils peuvent jouer dans beaucoup d'applications.

Les travaux de recherche entrepris dans le cadre de ce projet de mémoire ont permis d'évaluer le pouvoir antioxydant des huiles essentielles de quelques plantes aromatique de la famille des Lamiacées : *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, *Mentha piperita*, *Mentha pulegium* ainsi que d'Astéracées : *Artemisia herba alba*, *Artemisia compestris* très fréquemment employées en Algérie.

Le potentiel antioxydant des plantes isolées a été déterminé *in vitro* par la méthode de blanchissement de β -carotène et le test DPPH dont les résultats montrent que ces plantes possèdent une activité relativement faible, par rapport aux antioxydants synthétiques (BHT, VIT C, VIT E) et variable d'une plante à une autre.

Les résultats obtenus pour le test de β -carotène ont montré des valeurs D'IC₅₀ comprises entre (0,5 et 30,1mg/ml), où l'huile essentielle la plus active est celle de *Thymus vulgaris* (IC₅₀=05mg/ml) suivi par huile essentielle de l'*Artemisia compestris* (IC₅₀=1,74 mg/ml) et l'huile essentielle la moins active est celle de l'espèce *Mentha pulegium* (IC₅₀= 30.01 mg/ml).

Ainsi, Le test DPPH a montré des valeurs d'IC₅₀ comprises entre (1,4112 et 50,6072 mg/ml), l'huile essentielle le plus active est celle de l'espèce *Thymus vulgaris* (IC₅₀=1,4112 mg/ml) suivi par l'huile de *Mentha piperita* (33,7609 mg/ml) et la moins active est celle d'*Artemisia herba alba* (50.6 mg/ml).

Sachant que chaque plante se caractérise par un réservoir assez important de métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques particulières qui demandent d'être exploitées par les recherches, de cet effet, et comme perspectives on propose de :

- Développer des médicaments antiradicalaires à base de ces plantes.
- Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies et complémentaires de l'activité antioxydante des huiles essentielles étudiés.

- Faire des recherches détaillées sur les activités biologiques de ces six huiles pour montrer leur importance et la possibilité de leur exploitation comme agent de conservation des aliments.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abdi K et Moulai H** (2018). Evaluation du pouvoir antifongique et études de la composition chimique de quatre huiles essentielles de plantes locales. Mémoire DE Master. Université Amar Telidji, Laghouat.
- Agnihotri, S. A., & Aminabhavi, T. M.** (2005). Development of novel interpenetrating network gellan gum-poly (vinyl alcohol) hydrogel microspheres for the controlled release of carvedilol. *Drug development and industrial pharmacy*, 31(6), 491-503.
- Amiri, H.** (2012). Essential oils composition and antioxidant properties of three thymus species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.
- AOUISSI H.** (2011). Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de trois espèces végétales du genre Artemisia : Artemisia absinthium, A. herba alba et A. campestris. Mémoire de magister. UNIVERSITÉ AMAR TÉLIDJI, LAGHOUAT.
- Baba Aïssa F.** (2011). Encyclopédie des plantes utiles. Flore Méditerranéenne (Magreb et Europe méridionale), substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Editions el Maarifa, P .358.
- Baba Aïssa, F.** (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore méditerranéenne (Maghreb et Europe Méridionale), substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition. El Maarifa
- BABA AISSA. F;** (1999). Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb). Ed Librairiemoderne. ROUIBA. p 172
- Babushok, V. I., Linstrom, P. J., & Zenkevich, I. G.** (2011). Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40(4), 043101.
- Baratta, M. T., Dorman, H. D., Deans, S. G., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Ruberto, G.** (1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and fragrance journal*, 13(4), 235-244.
- Bazylo A. et Strzelecka H.** (2007). A HPTLC densitometric determination of luteolin in thymus Al-Bayati F. A. 2008. Synergistic antibacterial activity between Thymus

vulgaris and Pimpinella anisum essential oils and methanol extracts. Journal of Ethnopharmacology., 166(3):403-406

Beloued A. (2005). Plantes médicinales d'Algerie ; Office des publications universitaires, Algerie, p.206.

Beloued, A. (2014). Plantes médicinales d'Algérie. (pp. 3, 206). Constantine (Alger): l'office des publications universitaires.

Benabed, K. H. (2018) Composition chimique et activité antioxydante des huiles essentielles et extraits phénoliques de deux espèces de la famille des Lamiaceae. Thèse de Doctorat.Universite kasdi merbah- ouargla.

Benayad N. (2008) .Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. projet de recherche, unversité Mohammed V – Agdal,Maroc.

Benchikha, N. (2010). Etude approfondie de quelques huiles essentielles en vue de leur utilisation dans l'industrie pharmaceutique(Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).

Bengana K. (2018),Etude de l'activite antioxydante et de la composition chimique des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des lamiacees. Mémoire de Master.Universite amar telidji, Laghouat.

Benjilali B. (2004) : Extraction des plantes aromatiques et médicinales cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Manuel pratique. Huiles essentielles de la plante à la commercialisation. P 17-59.

Benomari, F. Z., Andreu, V., Kotarba, J., Dib, M. E. A., Bertrand, C., Muselli, A., ... &Djabou, N. (2018). Essential oils from Algerian species of Mentha as new bio-control agents against phytopathogen strains. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 29889-29900.

BereksiReguig, Y. L. Interactions entre l'huile essentielle de Thymus capitatus, Menthapiperita et Carthamuscaeruleus, et de leurs composants majoritaires : Effet du synergisme ou d'antagonisme sur l'activité antioxydante (Doctoral dissertation, 04/01/2017).

- Bey K et Sonne D.** (2018). Composition chimique, activités antioxydante et antifongique des huiles essentielles de deux espèces végétales du genre *Artimisia* : *A. herba alba* et *A. campestris*. Université Amar Telidji Laghouat.
- Bouhdid, S.,** Idaomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Skali, N. S., & Abrini, J. (2006). Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. *Congrès international de biochimie*, 324, 327.
- Boukhebt, H., Chaker, A. N., Belhadj, H., Sahli, F., Ramdhani, M., Laouer, H., & Harzallah, D.** (2011). Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium* L. and *Mentha spicata* L. essential oils. *Der Pharmacia Lettre*, 3(4), 267-275.
- Bowles, E. J.** (2003). *The chemistry of aromatherapeutic oils* (Vol. 174114051). Crown's Nest NSW, Australia: Allen & Unwin.
- Bruneton J.** (1999). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Edition Technique et documentation, 3^{ème} Edition Lavoisier, Paris. 1120.
- Bruneton J.** (2009). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. Techniques et Documentation, 4^e édition, Lavoisier, Paris, P. 567-647. Padrini F., et Lucheroni M.T. 1996. Le grand livre des huiles essentielles, édition de VECCHI S.A, P. 111.
- Chanegriha, N., Sabaou, N., Baaliouamer, A., & Meklati, B. Y.** (1994). Activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle du cypress d'Algérie. *Rivista Italiana Epposs*, 12, 5-12.
- Dauqan, E., Thamer, F., Naji, K., Alshaibi, Y.** (2017). Different extraction methods and antioxidant properties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) herb. *International Journal of Chemical Science*, 110-116.
- De Sousa Barros, A., de Moraes, S. M., Ferreira, P. A. T., Vieira, Í. G. P., Craveiro, A. A., dos Santos Fontenelle, R. O., ... & de Sousa, H. A.** (2015). Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. *Industrial Crops and Products*, 76, 557-564.
- Delille, B., Jourdain, B., Borges, A. V., Tison, J. L., & Delille, D.** (2007). Biogas (CO₂, O₂, dimethylsulfide) dynamics in spring Antarctic fast ice. *Limnology and oceanography*, 52(4), 1367-1379.
- Djerroumi, A., & Nacef, M.** (2004). 100 Plantes Médicinales d'Algérie. Palais de livre, pp. pp 45–110). (Baba Aïssa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore

- méditerranéenne (Maghreb et Europe Méridionale), substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition. El Maarifa.
- Dob, T., & Benabdelkader, T. (2006).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso grown in Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 18(6), 685-690.
- Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., & Chelghoum, C. (2006).** Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. *International Journal of Aromatherapy*, 16(2), 95-100.
- Dob, T., Dahmane, D., Berramdane, T., & Chelghoum, C. (2005).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia campestris* L. from Algeria. *Pharmaceutical biology*, 43(6), 512-514.
- Dubey, V. S., Bhalla, R., & Luthra, R. (2003).** An overview of the non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. *Journal of biosciences*, 28(5), 637-646.
- El-Houiti, F. (2010).** Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de *Rhanterium adpressum*. Mémoire de Magister, Université Amar Telidji. Département de Biologie.
- Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108.
- Fellah, S., Romdhane, M., & Abderraba, M. (2006).** Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*. 1 cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal-Société Algérienne De Chimie*, 16(2), 193.
- Figueredo, G. (2007).** *Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne* (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II). P. 20.
- Fouche J.G., Marquet A. & Hambuckers A. (2000).** Les plantes Médicinales, de la plante au médicament. Observatoire du monde des plantes Sart-Tilman.
- Golmakani M. T. et Rezaei K. (2008).** Comparaison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food chemistry*, 109 : 925-930.
- Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., & Bakhrouf, A. (2009).** Biological activities of the essential oils and methanol extract of tow

- cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(12), 2227-2238.
- Halliwell BaG, JMC.** Free Radicals in Biology and Medicine: Oxford University Press, 1999.
- Hammami.S Et Abdesselem M ; (2005).** Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla. Thèse IngUniv Blida P69.
- Hatano, T., Aota, K., Ikeda, S., Nakamura, K., & Ogawa, K. (1988).** Growth of the 2223 phase in leaded Bi-Sr-Ca-Cu-O system. *Japanese journal of applied physics*, 27(11A), L2055.
- Hazzit, M., Baaliouamer, A., Veríssimo, A. R., Faleiro, M. L., & Miguel, M. G. (2009).** Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry*, 116(3), 714-721.
- Hilan, C., Sfeir, R., Jawish, D., & Aitour, S. (2006).** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales Libanaises de la famille des Lamiaceae. *Lebanese Science Journal*, 7(2), 13-22.
- Imelouane, B., Amhamdi, H., Wathelet, J. P., Ankit, M., Khedid, K., & El Bachiri, A. (2009).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. *Int. J. Agric. Biol*, 11(2), 205-208.
- Ismaili, R., Houbairi, S., Sanâa, L., Khadija, M., & Abdeslam, L. (2017).** Etude De L'Activité Antioxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques Et Médicinales Marocaines. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(12), 323.
- Jiménez-Arellanes A., Martínez R., García R., León-Díaz R., Aluna-Herrera J.; Molina –Salinas G. et Said-Fernández S. (2006).** *Thymus vulgaris* as a potential source of antituberculosis compounds. *Pharmacologyonline.*, 3 : 569-574.
- Judd W. S., Campbell C. S., Kellogg E. A., Stevens P.(2002).** Botanique systématique, une perspective phylogénétique, De Boeck Université, 1ère édition, Paris, 467p.
- Kamkara A, Javana AJ, Asadib F, Kamalinejad M. (2010) :** The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food and Chemical Toxicology*, 48(7), 1796–1800

- Khadhri A., El mokni R & Smiti S. (2013).** Composes phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon a glu: *Atractylis gummifera*. *Revue Social Science National*, 39 : 44-52.
- Kizil, S., Hasimi, N., Tolan, V., Kilinc, E., &Yuksel, U. (2010).** Mineral content, essential oil components and biological activity of two mentha species (*M. piperita* L., *M. spicata* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 15(2), 148-153.
- Kulisc, T., Radonic, A., & Milos, M. (2005).** Antioxidant properties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) essential oils. *Italian journal of food science*, 17(3), 315.
- Lamarti A., Badoc A., Deffieux G. et Carde J. P.(1994).** Biogénèse des Monoterpènes. *Bulletin de la Société de Pharmacologie de Bordeaux*. 133, 69-118
- Lardy J-M. & Haberkorn V. (2007).** L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Revue de Kinésithérapie*, 61, 14-17.
- Lesgards, J.F. (2000).** Contribution à l'étude du statut antioxydant de l'homme ; aspect
- Lippert W., Podlech D. (2008).** Gros plan sur les plantes de méditerranée. Editions Nathan, Paris, France, P.198.
- Lucchesi M.E. (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences, discipline : Chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies.
- Mahmout Y., 1992.** Contribution à l'étude de quelques aromates et condiments utilisés au Tchad. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II.
- Marco, G. J. (1968).** A rapid method for evaluation of antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45(9), 594-598.
- Mighri, H., Hajlaoui, H., Akrou, A., Najjaa, H., & Neffati, M. (2010).** Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *Comptes Rendus Chimie*, 13(3), 380-386.
- Miller H.E., (1971).** A Simplified Method for the Evaluation of Antioxidants, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48 (2) : 91–91.
- Mohsen, H., & Ali, F. (2009).** Essential oil composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia. *Molecules*, 14(4), 1585-1594.
- Noveilli G. P,(1997)** Role of free radicals in septic shock. *J PhysiolPharmacol*. 48,

- Ntezurubanza, L. J. J. C., Scheffer, J. J. C., Looman, A., & Svendsen, A. B.** (1984). Composition of Essential Oil of *Ocimum kilimandscharicum* Grown in Rwanda. *Planta medica*, 50(05), 385-388.
- Teisseire P. J.**, 1991. Chimie des substances odorantes, Ed Lavoisier, Paris.
- Ouakouak, H., Chohra, M., & Denane, M.** (2015). Chemical composition, antioxidant activities of the essential oil of *Mentha pulegium* L, South East of Algeria. *International Letters of Natural Sciences*, 39.
- Piochon M.** (2008). Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire, Université du Québec à Chicoutimi, Canada.
- Rota, M. C., Herrera, A., Martínez, R. M., Sotomayor, J. A., & Jordán, M. J.** (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food control*, 19(7), 681-687.
- Saharkhiz, M. J., Motamedi, M., Zomorodian, K., Pakshir, K., Miri, R., & Hemyari, K.** (2012). Chemical composition, antifungal and antibiofilm activities of the essential oil of *Mentha piperita* L. *ISRN pharmaceutics*, 2012.
- Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., & Douira, A.** (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31, 133.
- Sohal, R. S., Mockett, R. J., Orr, W. C.** Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis. *Free Radical Biology & Medicine*, 2002, vol. 33, n° 5, pp. 575-586
- Sebgag, K.** (2018). Étude des activités biologiques de la plante *Artemisia campestris*. MEMOIRE DE FIN D'ETUDES, Université L'arbi ben Mhidi, Oum El bouaghi).
- Selmi S. et Sadok S.** (2008). The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus* Linnaeus) during chilled storage. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3 (1) : 36-45).
- Silvia Taga M., Miller E.E., Pratt D.E., (1984). Chia Seeds as a Source of Natural Lipid Antioxidants, *JAACS*, vol. 61, no. 5 : 928-931.

- Soković, M., Vukojević, J., Marin, P., Brkić, D., Vajs, V., & Van Griensven, L. (2009).** Chemical composition of essential oil of thymus and mentha species and their antifungal activities. *Molecules*, 14(1), 238-249.
- Takeuchi, H., Lu, Z. G., & Fujita, T. (2004).** New monoterpene glucoside from the aerial parts of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 68(5), 1131-1134.
- Teuscher, E., Anton, R., et Lobstein, A. (2005).** Plantes aromatiques. Epices. aromates, condiments et huiles essentielles. (pp. 314-315). Paris- France: Technologie et document
- Unten L., Koketsu M & Kim M. (1997).** Antidiscoloring activity of green tea polyphenols
- Vansant G., 2004.** Radicaux libres et antioxydants : Principes de base. Symposium « Antioxydant et alimentation » Institut Danone.
- Walter S.J., Campbell C.S., Kellogg E.A., Sevens P., (2002).** Botanique systématique : une perspective phylogénétique. 1^{ière} édition, DeBoeck Université. Paris
- Walter S.J., Campbell C.S., Kellogg E.A., Sevens P., (2002).** Botanique systématique : une perspective phylogénétique. 1^{ière} édition, DeBoeck Université. Paris
- Wang B.J., Lien Y.H. and Yu Z.R., 2004 –** Supercritical fluid extractive fractionation-study of the antioxidant activities of propolis. *Food chemistry* 86, 237- 243.
- Werker E. et al., (1993).** Glandular Hairs and Essential Oil in Developing Leaves of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), *Annals of botany*, 71 (1) : 43-50.
- Yoshikawa T., Yamamoto Y., Naito Y.,** Free radicals in chemistry, *Biology and Medicine*, Ed. Oica International, Londres, 2000. In Favier 2003.
- Younsi, F., Trimech, R., Boulila, A., Ezzine, O., Dhahri, S., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2016).** Essential oil and phenolic compounds of *Artemisia herba-alba* (Asso.): Composition, antioxidant, antiacetylcholinesterase, and antibacterial activities. *International journal of food properties*, 19(7), 1425-1438.
- Zhiri A. (2006).** Les huiles essentielles un pouvoir antimicrobien avéré. *Nutra News*. Science, Nutrition, Prévention et santé. Edité par la Fondation pour le libre choix, 12, 8.
- Zhiri A., et Baudoux D. 2005.** Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Edition Inspir Developement. Luxembourg, P : 8,9 et 2

Annexes

Tableau 5 : Composition chimique des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, *Mentha piperita*, *Mentha pulegium* (Bengana, 2018).

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

Tableau 6 : Composition chimique des huiles essentielles d'Artemisia herba alba Asso et d'Artemisia campestris (Sonne et bey,2018).

Aires des pics(%) ^b				
N°	Constituants	<i>A. herba alba</i>	<i>A. campestris</i>	IRL ^a
1	Tricyclène	0,42	-	920
2	α -Pinène	1,54	5,77	930
3	Camphène	5,80	0,20	944
4	α -Fenchène	0,36	0,36	949
5	Sabinène	0,31	5,71	974
6	Yomogi alcohol	1,37	1,22	996
7	α -Phellandrène	0,15	-	1005
8	α -Terpinène	0,17	-	1015
9	m-Cymène	0,41	2,16	1022
10	p-Cymène	1,17	1,22	1025
11	Limonène	10,44	-	1030
12	Cis- β -Ocimène	-	0,51	1037
13	Trans- β -Ocimène	-	0,26	1048
14	γ -terpinène	0,21	-	1056
15	Cis- Sabinène hydrate	0,15	-	1068
16	Cis-Linalool oxide, (furanoid),	0,10	-	1071
17	Trans-Linalool oxide	0,11	-	1079
18	Terpinolène	0,35	-	1089
19	Cis-thujone	7,87	1,42	1106
20	β -Thujone	3,82	-	1115
21	cis-p-Menth-2-en-1-ol	-	0,38	1123
22	Chrysanthenone	13,99	-	1125
23	Allo-Ocimène	-	0,58	1134
24	Trans-Limonène oxide	-	0,32	1137

25	Camphre	36,48	0,30	1144
26	Isoborneol	1,49	0,38	1155
27	Menthofurane	2,77	0,17	1164
28	Neo-Menthol	0,68	0,20	1168
29	Terpinen-4-ol	0,69	0,81	1174
30	Myrtenol	-	2,22	1191
31	P-Cymen-8-ol	0,13	0,41	1197
32	Verbenone	0,54	0,16	1208
33	Cis-carvéol	0,18	0,66	1235
34	Carvone	0,27	0,50	1241
35	Thymol	0,545	-	1282
36	1, 2-Epoxy Menthyl acétate	-	1,44	1467
37	γ -muurolène	-	5,08	1478
38	Bicyclogermacrène	-	16,8	1496
39	Oxyde de Caryophyllène	1,05	-	1565
40	(Z)-3-Hexenyl benzoate	-	25,72	1569
41	Spathulenol	0,25	0,24	1575
42	Cubenol	0,18	3,19	1636
Total identifié		94,25	78,36	
Hydrocarbures monoterpéniques		22,39	17,88	
Monoterpènes oxygénés		70,01	7,98	
Total monoterpènes		9,40	25,87	
Hydrocarbures sesquiterpéniques		-	21,88	
Sesquiterpènes oxygénés		1,48	3,44	
Total sesquiterpènes		1,48	25,33	
Autres		-	27,16	
^a Indices de rétention linéaires obtenus sur colonne HP-5, calculés par rapport à une série homologue de n-alcanes C8-C20				
^b Pourcentages obtenus par normalisation des aires des pics FID.				

