

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie physico-chimique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie fondamentale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Activité antioxydants d'extraits éthanoliques de
plantes médicinales combinés à des huiles
essentielles**

Présenté par :

Mammeri Lydia & Abbou Meriama

Soutenu le : 01 Juillet 2024

Devant le jury composé de :

Mr. ZAIDI Hicham

MCB

Président

Mme. BEDJOU F

Pr

Encadreur

Mr. AMIROUCHE Adel

MCA

Examineur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier celui qui nous a protégé, aidé, et soutenu, jusqu'à pouvoir « mener la graine au fruit »

Nous nous inclinons pour dire « Dieu merci »

*Nous adressons nos profonds remerciements à notre promotrice **Mme PR F. Bedjou** pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique.*

*Nous remercions également **Mr. AMIROUCHE Adel** pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir examiné notre travail.*

*Ainsi que **Mr. ZAIDI Hicham** d'avoir accepté de présider le jury.*

*On n'oublie pas de remercier vivement **Mr Bouadam** qui nous a aidé lors de l'identification des plantes.*

On tient à remercier les techniciennes du laboratoire de Biologie Physico-chimique.

*On tient aussi à remercier le personnel du département BPC en particulier le chef de département **Mr Zaidi**.*

Merci à tous ceux et celles qui nous ont soutenu d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents. La lumière de mes yeux, la joie de ma vie, la source de mes efforts, grâce à vos prières je suis ici aujourd'hui, merci pour votre soutien durant mes études, que Dieu vous protège et garde.

A mes sœurs **Lina** et **Millissa**

A mes frères **Rayane** et **Ahmed**

A toute la famille **MAMMERI** et **DECHOUN** sans exception

A ma copine **Meriama** pour son soutien moral, nous avons pu terminer ce travail

A mes collègues et camarades de la promo **M2 biochimie fondamentale 2024**

A toute personne qui connait et aime **Lydia**

Lydia





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma famille **ABBOU** et aux personnes les plus chères au monde.

A mes chers parents

A ma très chère mère Karima

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon très cher père Idir

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mes très chers frères et sœurs ainsi que mes nièces et neveux

A mes très chers grands parents

Que dieu vous protège inchallah

A ma belle-famille Ilten

A La personne le plus proche à mon cœur mon mari **Farouk** aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que je porte pour toi.

A ma jumelle **wissam** et son mari merci d'être toujours avec moi.

A ma copine **Lydia** qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail ainsi que sa famille.

A la promotion de **Master 2 biochimie fondamentale LMD**.

Sans oublier mes amis et à tous ceux qui ont connu **MERIAMA**.

Meriama



Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction	1
Synthèse Bibliographique	2
I. Plantes médicinales :	2
I. 1 L'Origan :	2
I. 1. 1 Généralités :	2
I. 1. 2 Description botanique :	2
I. 1. 3 Classification botanique de la plante :	3
I. 1. 4 Composition chimique :	3
I. 2 <i>Lavandula angustifolia</i> :	3
I. 2. 1 Généralités :	3
I. 2. 2 Description botanique :	4
I. 2. 3 Classification botanique de la plante :	4
I. 2. 4 Composition chimique :	5
I. 3 <i>Salvia officinalis</i> :	5
I. 3. 1 Généralités :	5
I. 3. 2 Description botanique :	5
I. 3. 3 Classification botanique :	6
I. 3. 4 Composition chimique :	6
I. 4 <i>Mentha rotundifolia</i> :	7
I. 4. 1 Généralités :	7
I. 4. 2 Description botanique :	7
I. 4. 3 Classification botanique :	8
I. 4. 4 Composition chimique :	8
II. Polyphénols :	8
II. 1 Définition :	8
II. 2 Classes de polyphénols :	8
III. Activité antioxydants :	9
III. 1 Radicaux libres :	9
III. 1. 1 Définition :	9
III. 2 Stress oxydatif :	9

III . 2 . 1 Définition :	9
III . 3 Antioxydants :	9
III . 3 . 1 Définition :	9
Matériel et méthodes	10
I . Huiles essentielles :	10
II . Matériel végétal :	10
II . 1 Séchage :	10
III . Extraction des polyphénols :	10
III . 1 Rendement d'extraction :	11
IV . Dosage des polyphénols :	12
IV . 1 Principe :	12
IV . 2 Protocole :	12
V . Activités antioxydants :	12
V . 1 Inhibition du radical DPPH :	12
V . 1 . 1 Principe :	12
V . 1 . 2 Protocole :	12
V . 2 Détermination de la concentration inhibitrice 50% :	13
V . 3 Inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles et les extraits éthanoliques associés	13
V . 3 . 1 Protocole :	13
Résultats et discussion	10
II . Dosage des polyphénols :	15
II . 1 Dosage des polyphénols dans les huiles essentielles :	15
II . 2 Dosage des polyphénols dans les extraits éthanoliques :	17
III . Inhibition du radical DPPH :	17
III . 1 Inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles seules :	17
III . 2 Inhibition DPPH par les extraits éthanoliques seuls :	19
IV . Détermination de la concentration inhibitrice 50% :	21
V . Inhibition du radical libre DPPH par les huiles essentielles et les extraits éthanoliques associées :	22
Conclusion	30
Références bibliographiques	31

Liste des figures

Figure 1: <i>Origanum vulgare</i>	2
Figure 2: <i>Lavandula angustifolia</i>	4
Figure 3: <i>Salvia officinalis</i>	6
Figure 4: <i>Mentha rotundifolia</i>	7
Figure 5: Protocole de préparation des extraits éthanoliques.....	11
Figure 6: Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.....	16
Figure 7: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Salvia rosmarinus</i>	18
Figure 8: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Pistacia lentiscus</i>	18
Figure 9: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Thymus algeriensis</i>	18
Figure 10: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Eucalyptus polybracetea</i>	19
Figure 11: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Lavandula angustifolia</i>	20
Figure 12: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Salvia officinalis</i>	20
Figure 13: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Mentha rotundifolia</i>	20
Figure 14: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par <i>Origanum vulgare</i>	21
Figure 15: combinaison de l'HE de <i>Thymus algeriensis</i> et EE de <i>Lavandula angustifolia</i>	23
Figure 16: Combinaison de l'HE de <i>Salvia rosmarinus</i> et EE de <i>Lavandula angustifolia</i>	23
Figure 17: Combinaison de l'HE de <i>Pistacia lentiscus</i> et EE de <i>Lavandula angustifolia</i>	24
Figure 18: Combinaison de l'HE d' <i>Eucalyptus polybracetea</i> et EE de <i>Lavandula angustifolia</i>	24
Figure 19: combinaison de l'HE d' <i>Eucalyptus polybracetea</i> et EE de <i>Salvia officinalis</i>	24
Figure 20: Combinaison de l'HE de <i>Pistacia lentiscus</i> et EE de <i>Salvia officinalis</i>	25
Figure 21: Combinaison de l'HE de <i>Salvia rosmarinus</i> et EE de <i>Salvia officinalis</i>	25
Figure 22: Combinaison de l'HE de <i>Thymus algeriensis</i> et EE de <i>Salvia officinalis</i>	25
Figure 23: Combinaison de l'HE d' <i>Eucalyptus polybracetea</i> et EE d' <i>Origanum vulgare</i>	26
Figure 24: Combinaison de l'HE de <i>Pistacia lentiscus</i> et EE d' <i>Origanum vulgare</i>	26
Figure 25: Combinaison de l'HE de <i>Salvia rosmarinus</i> et EE d' <i>Origanum vulgare</i>	26
Figure 26: Combinaison de l'HE de <i>Thymus algeriensis</i> et EE d' <i>Origanum vulgare</i>	27
Figure 27: Combinaison de l'HE de <i>Thymus algeriensis</i> et EE de <i>Mentha rotundifolia</i>	27
Figure 28: Combinaison de l'HE de <i>Salvia rosmarinus</i> et EE de <i>Mentha rotundifolia</i>	27
Figure 29: Combinaison de l'HE de <i>Pistacia lentiscus</i> et EE de <i>Mentha rotundifolia</i>	28
Figure 30: Combinaison de l'HE d' <i>Eucalyptus polybracetea</i> et EE de <i>Mentha rotundifolia</i>	28

Liste des tableaux

Tableau I: Classification de l' <i>Origanum vulgare</i>	3
Tableau II: Classification de <i>Lavandula angustifolia</i>	4
Tableau III: Classification de <i>Salvia officinalis</i>	6
Tableau IV: Classification de <i>Mentha rotundifolia</i>	8
Tableau V: Rendements d'extraction	15
Tableau VI: Contenu en polyphénols des huiles essentielles.	16
Tableau VII: Teneurs en polyphénols totaux des extraits éthanoliques	17
Tableau VIII: Valeurs de IC 50 pour chaque HE.....	21
Tableau IX: Valeurs de l'IC 50 pour chaque extrait éthanolique	22
Tableau X: Combinaison des extraits éthanoliques (EE) et des huiles essentielles (HE)	22

Liste des abréviations

- **HE** : Huile essentielle.
- **EE** : Extrait éthanolique.
- **ERO** : Espèces réactives de l'oxygène.
- **DPPH** : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle.
- **ABC** : Absorbance.
- **IC50** : la concentration inhibitrice a 50%.
- **EAG** : équivalent acide gallique.
- **Ms** : matière séché.
- ***L. angustifolia*** : *Lavandula angustifolia*.

Introduction

Les plantes médicinales sont une source majeure de métabolites bioactifs naturels et sont largement utilisées dans les systèmes de médecine traditionnelle et moderne à travers le monde. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 80 % de la population mondiale dépend des plantes médicinales pour les soins de santé primaires (**Fabricant, 2001**).

De plus, près de 25 % des médicaments modernes actuellement disponibles sur le marché sont d'origine végétale. Les phytomédicaments forment la base des thérapies modernes, avec de nombreux médicaments tels que la vinblastine, l'ectoposide, le téniposide, le plaunotol, la Z-guggulstérone, l'artémisinine, les ginkgolides, le toptécan, le gomishin, le paclitaxel, la quinine, l'aspirine, la digoxine, l'atropine, et l'éphédrine, synthétisés et commercialisés par diverses sociétés pharmaceutiques. Les propriétés thérapeutiques de ces plantes sont attribuées aux métabolites secondaires qu'elles synthétisent (**Zollman, 1999**).

De nombreuses espèces végétales appartenant à la famille des Lamiaceae sont une source riche de métabolites secondaires variés, tels que les huiles essentielles, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les terpènes phénoliques. Ces composés sont largement reconnus pour leurs activités biologiques, notamment leurs propriétés anti-inflammatoires, antivirales, antitumorales, antipaludiques et analgésiques. Récemment, ils ont également été exploités dans d'autres secteurs importants tels que les industries cosmétiques, alimentaires et des pesticides. Ces molécules constituent des ingrédients prometteurs pour le développement de nouveaux produits en raison de leurs activités biologiques et de leur durabilité écologique (**Trivellini, 2016**).

L'objectif de notre travail est l'étude de l'activité antioxydants d'extraits éthanoliques d'*Origanum vulgare*, *Lavandula angustifolia*, *Salvia officinalis*, *Mentha rotundifolia* et de quatre huiles essentielles à savoir : *Salvia rosmarinus*, *Pistacia lentiscus*, *Thymus algeriensis* et *Eucalyptus polybractea* seuls et de leurs combinaisons.

Ce manuscrit est divisé en quatre parties :

- La première partie est une synthèse bibliographique sur les plantes étudiées.
- La deuxième partie comporte les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail.
- La troisième partie englobe les résultats obtenus et leur discussion.
- Enfin une conclusion générale.

Synthèse Bibliographique

I. Plantes médicinales :

I.1 L'Origan :

I.1.1 Généralités :

Le genre *Origanum* appartient à la famille des lamiacées, utilisées comme plantes culinaires et médicinales. Il comprend environ 49 taxons répartis en 10 sections (Węglarz, 2020). Le mot "Origanum" vient du grec et signifie "ornement des montagnes". Ce genre est connu sous le nom vernaculaire d'origan commun, de zaatar ou mardaquouch en arabe et de zaatar en kabyle (Najem, 2020). Les huiles essentielles de l'Origan sont utilisées pour traiter diverses pathologies, grâce à leurs nombreuses activités biologiques, telles que les propriétés antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires, antivirales, antioxydants et vasodilatatrices (Abdelaali, 2021). Elles sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire comme exhausteurs de goût (Naquvi, 2019).

I.1.2 Description botanique :

L'origan est une plante vivace ayant une base ligneuse et des tiges herbacées pouvant atteindre une hauteur de 20 à 80 cm. Ses feuilles, opposées, sont de forme ovale et mesurent 1 à 4 cm de long. Les fleurs sont relativement petites, de couleur blanche à violette, et se regroupent en inflorescences compactes. Les fruits sont de petites mules (Lombrea, 2020). (Figure 1)



Figure 1: *Origanum vulgare*.

I. 1. 3 Classification botanique de la plante :

La classification botanique de l'origan est montrée dans le tableau I (**Mahfouf, 2018**).

Tableau I: Classification d'*Origanum vulgare*.

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous-famille	Népétoïdées
Genre	Origanum
Espèce	<i>Origanum vulgare</i> L.

I. 1. 4 Composition chimique :

La partie aérienne de la plante est constituée d'huiles, essentielles qui sont les principaux composants chimiques, riches en monoterpènes phénoliques comme le carvacrol et le thymol, ainsi que des monoterpènes acyclique, monocyclique et bicyclique (γ -terpinène, p-cymène, linalol, géraniol, β -myrcène, α -pinène et terpinène-4, p-cymène, linalol...), sesquiterpènes (1,8-cinéole, β -caryophyllène...), et des acides phénoliques comme l'acide rosmarinique.

L'Origan contient une variété d'autres composés, tels que des flavonoïdes (lutéoline, apigénine), des tanins et des terpénoïdes. Le lutéoline-O-glucuronide et la lutéoline-7-O-glucoside sont les principaux dérivés flavonoïdes.

Le taux de ces composés varie en fonction des conditions climatiques, édaphiques et de la maturité de la plante (**Lombrea, 2020; Bora, 2022**).

I. 2 *Lavandula angustifolia* :

I. 2. 1 Généralités :

Le genre *Lavandula* appartient à la famille des lamiacées, originaire des régions méditerranéennes (**Despinasse, 2020**). Il comprend environ 39 espèces (**Crişan, 2023**). Ce genre est connu sous le nom de lavande, de khozama, halhal en arabe et Amezzir en kabyle (**Najem, 2020**). Ses huiles essentielles sont utilisées en aromathérapie, en cosmétique et dans l'industrie alimentaire (**Lis-Balchin, 2002**). La lavande est également utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement des plaies, les infestations par les poux et certains problèmes cardiaques (**Crişan, 2023**).

I . 2 . 2 Description botanique :

Lavandula angustifolia est une plante vivace ou herbacée pouvant atteindre une hauteur de 50 cm (**Lis-Balchin, 2002**). Ses feuilles sont opposées, oblongues-linéaires, vertes ou gris-vert, tombantes. Les fleurs sont rassemblées et forment des inflorescences de couleur généralement bleu-violet. Ses fruits sont constitués de quatre noix à l'intérieur de la coupe (**Fakhriddinova, 2020**). (Figure 2)



Figure 2: *Lavandula angustifolia*.

I . 2 . 3 Classification botanique de la plante :

La classification botanique de la lavande est donnée dans le tableau N°II (**Mahmood, 2020**).

Tableau II: Classification de *Lavandula angustifolia*.

Règne	Plantae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Lavandula
Espèce	<i>L. angustifolia</i> Mill

I . 2 . 4 Composition chimique :

L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* comporte le 1,8-cinéole, le camphre et l'endo-bornéol ainsi que d'autres composants en plus petites quantités comme l' α -pinène, le camphène, l' α -pinène, le β -pinène, le p-cymène, le limonène, le terpinène-4-ol et la cryptone. Cette composition peut varier en fonction de l'origine géographique de la plante, des facteurs environnementaux et du stade de croissance (**Cardia, 2018**). Les fleurs de lavande contiennent également des composés phénoliques tels que les acides hydroxy benzoïques (acide p-hydroxy benzoïque, acide vanillique, acide gallique), acides hydroxy cinnamiques (acide rosmarinique, acide caféique, acide ferulique, acide chlorogénique) et des flavonoïdes (apigénine et lutéoline glycosides, vanilline) (**Dobros, 2022**).

I . 3 *Salvia officinalis* :

I . 3 . 1 Généralités :

Salvia officinalis est une plante appartenant à la famille des labiatae / lamiacées qui comporte près de 900 espèces et représente l'un des plus grands genres de cette famille. La sauge est retrouvée dans la zone méditerranéenne et le Moyen-Orient (**Ghorbani, 2017**). Le terme "Salvia" provient du mot latin "salvere" qui signifie "sauver" (**Lee, 2022**). Elle est très appréciée en cuisine et en médecine traditionnelle pour le traitement de divers troubles tels que la diarrhée, le rhumatisme, l'inflammation et l'hyperglycémie (**Ghorbani, 2017**). La plante est connue sous le nom vernaculaire de sauge, Maryamiyah, Salmiya en arabe, tamejjût en Kabyle (**Najem, 2020**).

I . 3 . 2 Description botanique :

La sauge est une plante herbacée vivace pouvant mesurer entre 20 et 80 cm de hauteur (**Zhumaliyeva, 2023**). Elle se caractérise par ses feuilles opposées et simples, de couleur gris-vert. Elles sont allongées avec des bords dentelés et une surface rugueuse. Les fleurs sont regroupées en pseudoverticillasters qui contiennent de 5 à 10 fleurs de couleur bleu-violet (**Jakovljević, 2019**). (Figure 3)



Figure 3: *Salvia officinalis*.

I . 3 . 3 Classification botanique :

La classification botanique de *Salvia officinalis* est illustrée dans le tableau N°III (Nait Bachir, 2018).

Tableau III: Classification de *Salvia officinalis*.

Règne	Plante
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Lamiales
Famille	Labiacées
Genre	Salvia
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> L

I . 3 . 4 Composition chimique :

Les fleurs et les tiges de la sauge comportent une grande variété de composés chimiques tels que des alcaloïdes, des glucides, des acides gras, des composants phénoliques (flavonoïdes,

tanins), des terpénoïdes (Ghorbani, 2017). Les principaux composants de l'huile sont l' α -pinène, le camphène, le limonène, le 1,8-Cineole, l' α -thujone, le β -thujone, le camphre et l'acétate bornyle (Jažo, 2023).

I.4 *Mentha rotundifolia* :

I.4.1 Généralités :

Mentha rotundifolia est une plante herbacée aromatique de la famille des lamiacées (Ansari, 2015). On peut la retrouver dans les zones subhumides des plaines et des montagnes. Cette plante est largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter la furonculose, les abcès, la bronchite, la toux et pour réduire la fièvre (Sbai, 2020). Ses huiles essentielles possèdent plusieurs activités telles que des propriétés antioxydants, antimicrobiennes, antifongiques et insecticides (Ben Haj Yahia, 2019). Cette plante est connue sous le nom vernaculaire de Mentha a feuilles rondes, de Marsita en arabe et de thimeja en Kabyle (Salhi, 2011; Azzouzi, 2015).

I.4.2 Description botanique :

Mentha rotundifolia est une plante vivace d'une hauteur pouvant atteindre jusqu'à 100 cm. Sa tige est érigée, de forme quadrangulaire. Les feuilles sont opposées, de forme oblongue avec une base arrondie et mesurant de 3 à 4.5 cm de long. Les fleurs sont de couleur blanche à violet se regroupant dans des pointes cylindriques conique, terminales et denses (Ben Haj Yahia, 2019). (Figure 4)



Figure 4: *Mentha rotundifolia*.

I . 4 . 3 Classification botanique :

La classification botanique de *Mentha rotundifolia* est mentionnée dans le tableau N°IV (Khadraoui, 2014).

Tableau IV: Classification de *Mentha rotundifolia*.

Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Gamopétales
Famille	Lamiacées
Espèces	<i>Mentha rotundifolia</i>

I . 4 . 4 Composition chimique :

L'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* est riche en rotundifoline, et d'autres chémotypes avec des composants dominants tels que la pulégone, la méthone et l'époxyde de cis-pipéritone. On retrouve des phénols qui sont représentés par l'acide caféique l'acide salvianolique A et B et l'acide rosmarinique qui sont connus pour leur effets antioxydants (Ben Haj Yahia, 2019).

II . Polyphénols :

II . 1 Définition :

Les polyphénols sont des métabolites secondaires des plantes que l'on retrouve dans différents aliments comme les fruits, les légumes, les céréales (Pandey, 2009). Ils sont connus pour leurs nombreux bienfaits dans la santé humaine notamment leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens, anticancéreux (Guo, 2023).

II . 2 Classes de polyphénols :

Les polyphénols sont divisés en différents groupes selon le nombre d'anneaux phénoliques et les éléments structuraux qui relient ces anneaux (Han, 2007) :

Groupe 1 : Les acides phénoliques, qui comportent des sous-classes telles que les acides hydroxy benzoïques (acide gallique), les acides hydroxy cinnamique (acide caféique, férulique).

Groupe 2 : Les flavonoïdes qui regroupent les flavonols, les anthocyanidines et les flavanols.

Groupe 3 : Les stilbénes qui sont des composés caractérisés par la présence d'un cycle 1,2-diphényléthylamine avec un hydroxyle substitué sur les cycles aromatiques. On le trouve sous forme monomère ou oligomère.

Groupe 4 : Dans ce groupe on trouve Les lignanes qui appartiennent au groupe des composés diphenoliques dérivés de la combinaison de deux unités phénylpropanoïdes C6 – C3 au niveau des carbones β et β' (**Durazzo, 2018**), ainsi que les lignines qui sont des polymères naturels dérivés principalement de trois alcools hydroxycinnamyliques (à savoir l'alcool p-coumarylique, l'alcool coniférylique et l'alcool sinapylique.) (**Ghaffar, 2014**).

III . Activité antioxydants :

III . 1 Radicaux libres :

III . 1 . 1 Définition :

Un radical libre est une espèce moléculaire qui contient un électron non apparié dans une orbitale atomique. Cela lui donne des propriétés particulières et le rend instable et réactif (**Lobo, 2010**).

III . 2 Stress oxydatif :

III . 2 . 1 Définition :

Il s'agit d'un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les capacités de défense antioxydants de l'organisme (**Baudin, 2020**), ce qui entraîne une perturbation de la signalisation et du contrôle redox, et peut causer aussi des dommages moléculaires (**Sies, 2020**). Ces espèces réactives sont présentes à de faibles concentrations dans l'organisme mais elles peuvent être générées par des facteurs externes tels que les rayonnements. Il est important de maintenir un équilibre entre la production de ces espèces et le taux d'antioxydants pour éviter les effets néfastes du stress oxydatif (**Vona, 2021**).

III . 3 Antioxydants :

III . 3 . 1 Définition :

Les antioxydants sont des composés qui peuvent neutraliser les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans la cellule. Ils sont capables aussi de réduire les dommages causés par les espèces radicalaires qui jouent un rôle essentiel dans le développement de nombreuses maladies chroniques notamment les maladies cardiovasculaires, le vieillissement, les maladies cardiaques (**Zehiroglu, 2019; Flieger, 2021**).

Les antioxydants agissent en tant que piégeurs de radicaux, donneurs d'électrons, inhibiteurs d'enzymes, décomposeurs de peroxyde (**Lobo, 2010**).

Matériel et méthodes

I. Huiles essentielles :

Quatre huiles essentielles (HE) à savoir celles de *Thymus algeriensis*, *Pistacia lentiscus*, *Salvia rosmarinus* et *Eucalyptus polybracetea*, ont été achetées sur un site web en ligne.

II. Matériel végétal :

Les parties aériennes de quatre plantes, à savoir *Origanum vulgare*, *Lavandula angustifolia*, *Salvia officinalis*, *Mentha rotundifolia* ont été récoltées entre le mois de février et mars 2024, dans différentes régions de la wilaya de Bouira. L'identification botanique des espèces est confirmée par monsieur Bouadam enseignant à l'université de Bejaia.

II.1 Séchage :

Les plantes collectées ont été nettoyées et lavées, à l'eau de robinet puis séchées sur du papier absorbant. Après séchage les parties aériennes ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre a été conservée dans des boites hermétiques à température ambiante.

III. Extraction des polyphénols :

Une masse de 20g de chaque poudre est mise à macérer dans 400ml d'éthanol à 70%. Le mélange est maintenu sous agitation douce pendant 24h à température ambiante.

Les extraits récupérés sont filtrés à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat est ensuite mis à sécher dans des cristallisoirs en verre pendant 4j dans l'étuve à 40°C. Les extraits sont récupérés et conservés dans des boites hermétiques.

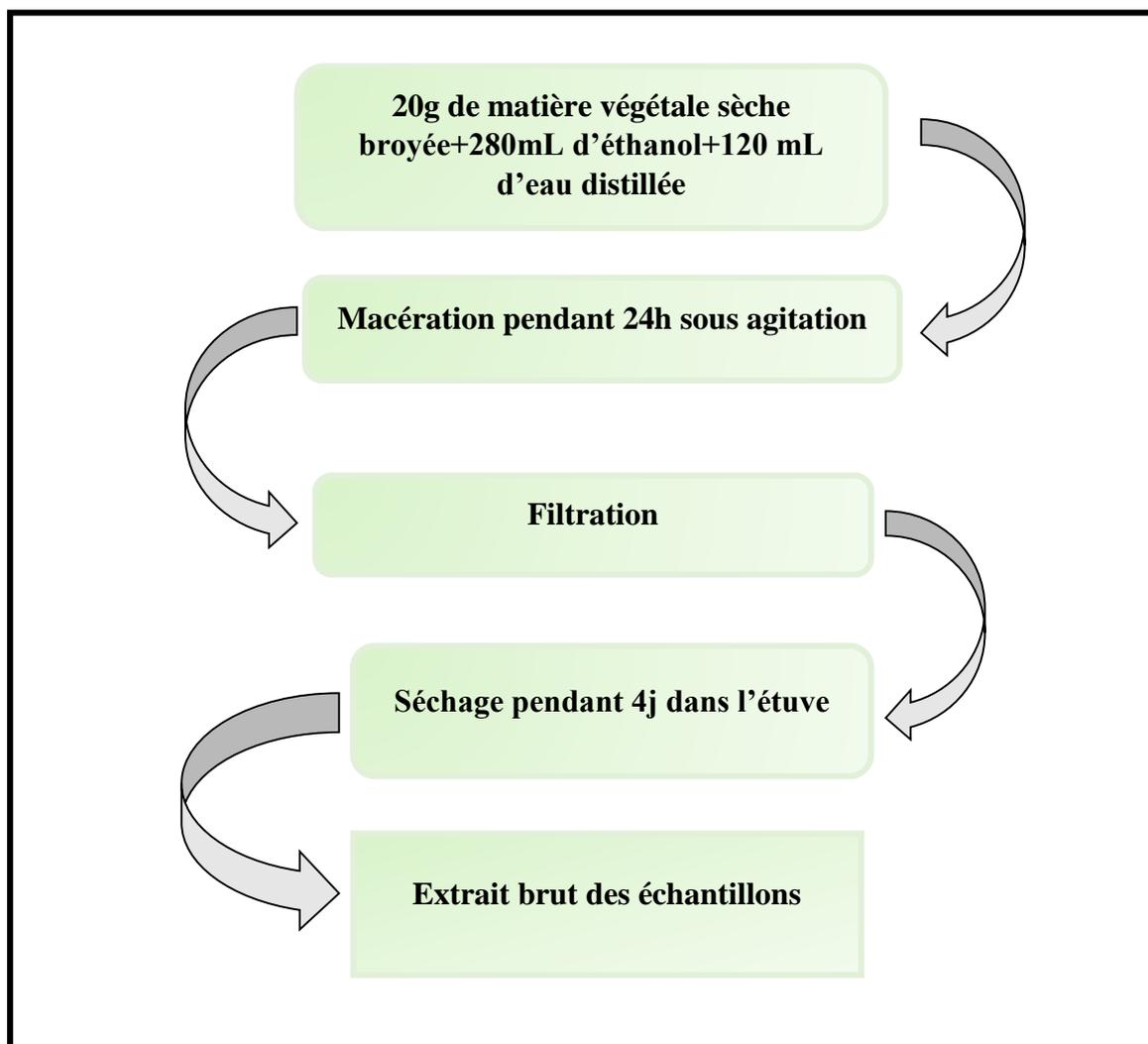


Figure 5: Protocole de préparation des extraits éthanoliques.

III . 1 Rendement d'extraction :

Le rendement est défini comme le rapport entre le poids d'extrait et le poids de la matière végétale sèche (Stanojević, 2009).

Le rendement est calculé à partir de l'équation suivante :

$$R\% = (P1 - P0 / E) \times 100$$

R (%) : rendement en %.

P1 : poids après évaporation du solvant en gramme.

P0 : poids à vide en gramme.

E : masse de la matière utilisée.

IV . Dosage des polyphénols :

IV . 1 Principe :

Le dosage des polyphénols totaux, dans les extraits bruts est basé sur la réduction du réactif de folin-Ciocalteu (**Ali-Rachedi, 2018**). Ce réactif est composé d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation des phénols il est réduit en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène qui est quantifié par spectrophotométrie à 760 nm. L'intensité de la coloration produite est proportionnelle aux taux de composés phénoliques (**Boizot, 2006**). La concentration des polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche (**Hatami, 2014 cité par Moussa, 2022**).

IV . 2 Protocole :

Une quantité de 100 µl d'extrait éthanolique ou d'huile essentielle à différentes concentrations est mise dans un tube à essai puis mélangée avec 400 ul de solution de carbonate de sodium et 500 ul de folin ciocalteu, à 1/10. Pour chaque concentration 3 répétitions sont réalisées. Les tubes sont agités puis gardés à l'obscurité et à température ambiante pendant 1h. Un tube témoin est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait ou l'huile essentielle par l'éthanol à 70%. L'absorbance est lue à une longueur d'onde de 760 nm.

V . Activités antioxydants :

Les extraits éthanoliques et les huiles essentielles sont testés contre le radical synthétique, le 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH).

V . 1 Inhibition du radical DPPH :

V . 1 . 1 Principe :

Cette méthode est basée sur la mesure du piégeage du radical libre DPPH en solution dans le méthanol. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH, de couleur violette, est réduit en 2,2-diphényl-1-picryl hydrazine de couleur jaune. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la capacité antioxydants des extraits testés. Cette coloration peut être suivie par spectrophotométrie à 517nm (**Kedare, 2011; Moussa, 2022**).

V . 1 . 2 Protocole :

Un volume de 1 mL d'extrait éthanolique ou 0.5 mL d'huile essentielle à différentes concentrations sont ajoutés à un volume de 1mL de DPPH 0,1mM. Pour chaque concentration on réalise 3 répétitions. Un tube témoin est préparé avec 1 mL d'éthanol au lieu de l'échantillon.

Les tubes sont gardés à température ambiante et à l'obscurité pendant 30min. La lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 517nm.

L'activité antioxydants est estimée selon l'équation suivante (Gouegoui Serge Pacome, 2018):

$$\% \text{ de l'activité antioxydants} = \frac{\text{ABS C} - \text{ABS E}}{\text{abs C}} \times 100$$

Abs C : absorbance du contrôle.

Abs E : absorbance de l'échantillon.

V . 2 Détermination de la concentration inhibitrice 50% :

La valeur IC50 est définie comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du DPPH (couleur), ou encore, c'est la concentration de l'échantillon exigée pour donner une diminution de 50% de l'absorbance de la solution contrôle constituer de méthanol et de DPPH. Les valeurs IC50 ont été calculées par la régression linéaire où l'abscisse est représentée par la concentration des composés testés et l'ordonnée par le pourcentage d'inhibition (I%) (Mensor , 2001). Plus la valeur de l'IC50 est faible plus l'activité antioxydants du composé est importante (Ismaili, 2017).

V . 3 Inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles et les extraits éthanoliques associés :

L'objectif de ce test est de déterminer le type d'interaction existant entre les huiles essentielles et les extraits éthanoliques combinés deux à deux.

Un total de 16 associations a été réalisé à savoir : *Lavandula angustifolia* & *Thymus algeriensis*, *Lavandula angustifolia* & *Pistacia lentiscus*, *Lavandula angustifolia* & *Salvia rosmarinus*, *Lavandula angustifolia* & *Eucalyptus polybracetea*. *Salvia officinalis* & *Thymus algeriensis*, *Salvia officinalis* & *Pistacia lentiscus*, *Salvia officinalis* & *Salvia rosmarinus*, *Salvia officinalis* & *Eucalyptus polybracetea*. *Origanum vulgare* & *Thymus algeriensis*, *Origanum vulgare* & *Pistacia lentiscus*, *Origanum vulgare* & *Salvia rosmarinus*, *Origanum vulgare* & *Eucalyptus polybracetea*. *Mentha rotundifolia* & *Thymus algeriensis*, *Mentha rotundifolia* & *Pistacia lentiscus*. *Mentha rotundifolia* & *Salvia rosmarinus*, *Mentha rotundifolia* & *Eucalyptus polybracetea*.

V . 3 . 1 Protocole :

Un volume de 0.5mL d'extrait éthanolique et 0.5 mL d'huile essentielle sont ajoutés à 1mL de DPPH 0,1Mm. Les tubes sont mis à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. Un

tube témoin est préparé de la même manière en remplaçant les extraits éthanoliques et les huiles essentielles par 1 mL de méthanol. La lecture de l'absorbance est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde 517 nm. Il faut pris en considération les combinaisons qui donne 50% d'inhibition.

Résultats et discussion

I. Rendement d'extraction :

Les rendements d'extraction sont montrés dans le tableau V :

Tableau V: Rendements d'extraction

Extrait	Rendement
<i>Salvia officinalis</i>	10,995%
<i>Mentha rotundifolia</i>	1%
<i>Origanum vulgare</i>	14,7%
<i>Lavandula angustifolia</i>	12,15%

L'extrait éthanolique de *salvia officinalis* présente un rendement de **10.995%**, Cette valeur est inférieure à celles obtenues par **Sarhan, (2013)** correspondant à **23,41%** pour l'extrait méthanoliques et **18,24 %** pour l'extrait éthanolique, ainsi que celles obtenues par **Jedidi, (2019)** correspondant à **21,39%** pour *Salvia officinalis* récoltée à Tabarka et **17.28%** pour celle de jandouba.

Le rendement d'extraction, obtenu dans notre cas, pour *Origanum vulgare*, est de **14,7%**, nos résultats sont supérieurs à ceux de **Dell, (2002)** et de **Majeed, (2016)** qui sont respectivement de **8.3%** et **5,32%**.

L'étude réalisée par **Riahi, (2019)** sur *Mentha rotundifolia* de la région de Béja et Bizerte, en Tunisie présente un rendement de **9.54%** et **10,86%** respectivement. Ce rendement est significativement supérieur à celui enregistrée dans notre cas **1%**.

Ceci est également le cas concernant le rendement d'extraction de *Lavandula angustifolia* égal à **12,15%** dans notre étude qui est très bas par rapport à celui obtenu par **Slimani, (2022)** évalué à **21,68%**.

La différence entre nos résultats et ceux de la littérature peut être due à l'origine de la plante, la technique d'extraction utilisée, le type de solvant employé, le lieu de la récolte des plantes ainsi que la période de la cueillette (**FELLAH, 2006**).

II. Dosage des polyphénols :

II. 1 Dosage des polyphénols dans les huiles essentielles :

Le contenu total des polyphénols des extraits et des huiles essentielles a été calculé à partir de l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage d'acide gallique ($y=2,855X/ R^2 =$

0,990) les résultats ont été exprimés en mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/ g Ms). (Figure 06)

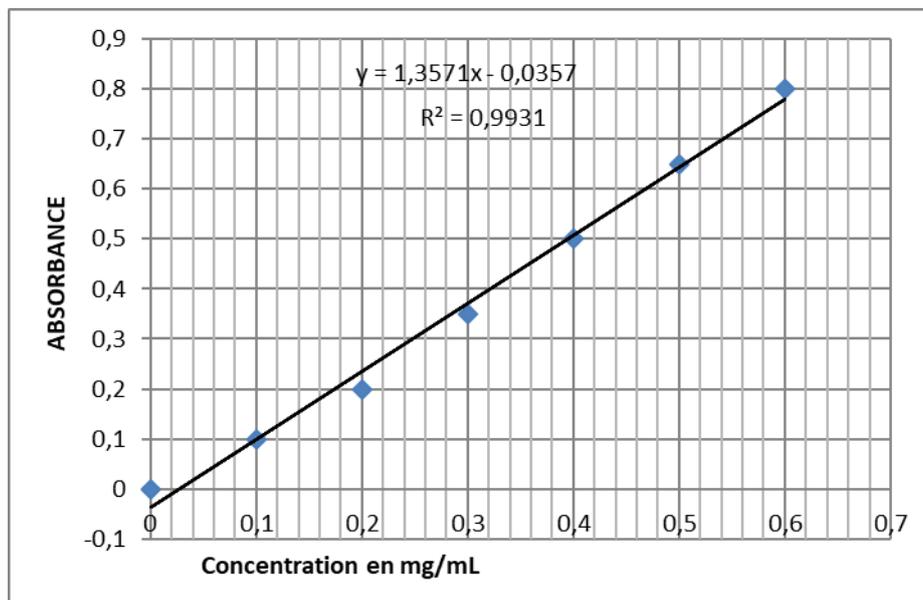


Figure 6: Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux

Le contenu en polyphénols dans les huiles essentielles est présenté dans le tableau VI :

Tableau VI: Contenu en polyphénols des huiles essentielles.

Huile essentielle	<i>Salvia rosmarinus</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Thymus algeriensis</i>	<i>Eucalyptus polybractea</i>
Concentration en polyphénols	236mgEAG/mL	60mgEAG/mL	88mgEAG/mL	28mgEAG/mL

Le taux de polyphénols totaux, calculé a révélé que *salvia rosmarinus* présente une teneur importante en composés phénoliques avec un taux de **236 mg EAG/mL** par rapport aux concentrations retrouvées dans les autres huiles essentielles, utilisées dans cette étude. L'huile essentielle de romarin a été étudiée par plusieurs auteurs et a révélé des compositions diversifiées, cependant celle de l'est Algérien a montré une richesse en composés phénoliques tels que le 1,8 cinéole (jusqu'à 72%), le bornéol (jusqu'à 10%), le terpinène-4 ol (jusqu'à 3,66%), le 1- α terpinéol (jusqu'à 3,32%) (**Boutabia, 2016**).

Cependant les huiles essentielles du genre *Pistacia* sont riches en α pinène (entre 32% et 54%), β pinène (jusqu'à 20%), camphène (10%), germacrène D (11%), mais beaucoup moins riches en phénols tel que l' α terpinéol (9,2%) (**LABED, 2015**).

Les huiles essentielles d'*Eucalyptus polybractea* comportent entre 83% et 92% d'oxydes tel que le 1,8- cinéole et très peu de phénols (1% de 4-terpinéol) (Nathalie, 2015).

L'huile essentielle de *Thymus algeriensis* est composée à 27,7% de camphre (cétone), à 20% d' α pinène (terpène) et seulement de 2,53% de bornéol (phénol) (Ajjouri, 2013).

II. 2 Dosage des polyphénols dans les extraits éthanoliques :

Les résultats du contenu en polyphénols des extraits éthanoliques sont mentionnés dans le tableau VII :

Tableau VII: Teneurs en polyphénols totaux des extraits éthanoliques

Extraits des plantes	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Mentha rotundifolia</i>	<i>Origanum vulgare</i>
Concentration en polyphénols	171mgEAG/g Ms	186mgEAG/g Ms	98mgEAG/g Ms	100mgEAG/g Ms

Les teneurs en polyphénols varient selon les extraits des plantes la concentration la plus élevée est retrouvée dans l'extrait de *Salvia officinalis* avec une teneur de **186 mgEAG/mL**. Cette valeur est supérieure à celles obtenues par Sarhan, (2013) et (Baydar et al., 2009) estimées respectivement à **5,80 mgEAG/mL** et **110,52 mgEAG/mL**.

Les extraits de *Lavandula angustifolia* et *Origanum vulgare* présentent une concentration de **171 mgEAG/mL** et **100 mgEAG/mL** respectivement. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par d'autres auteurs. En effet, Dobros, (2022) ont obtenu **14,88 mgEAG/mL** et **32,82 mgEAG/mL** respectivement pour *Origanum vulgare* et *Lavandula angustifolia*. Cependant, Oniga, (2018) ont eu **94,69 mgEAG/ mL** pour *Origanum vulgare*. L'extrait de *Mentha rotundifolia* est le moins riche en polyphénols avec une concentration de **98 mgEAG/mL**.

Cette différence de teneur en polyphénols, entre les différents échantillons d'une même espèce, peut être due à la variabilité qualitative des composés phénoliques des extraits végétaux et les conditions climatiques de la région (Khiya, 2021).

III. Inhibition du radical DPPH :

III. 1 Inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles seules :

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH par les huiles essentielles selon les différentes concentrations sont présentés dans les figures 07, 08, 09 et 10.

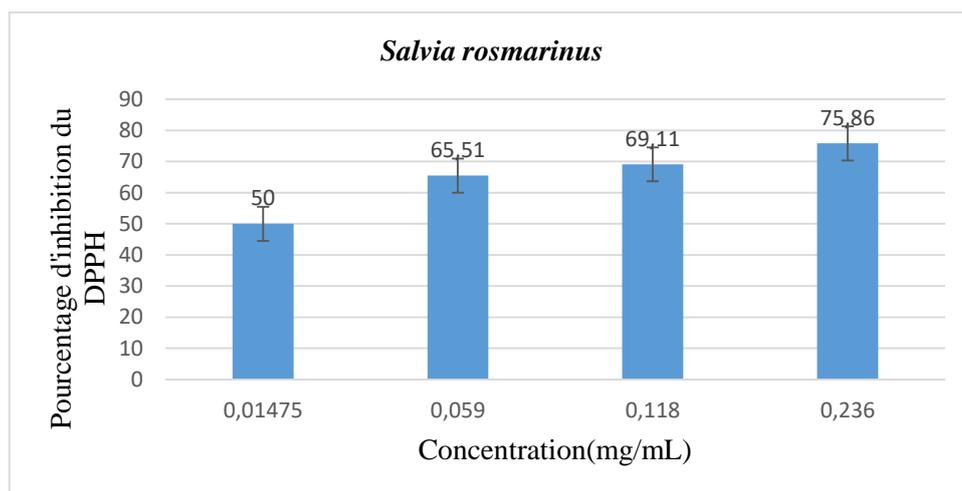


Figure 7: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Salvia rosmarinus*

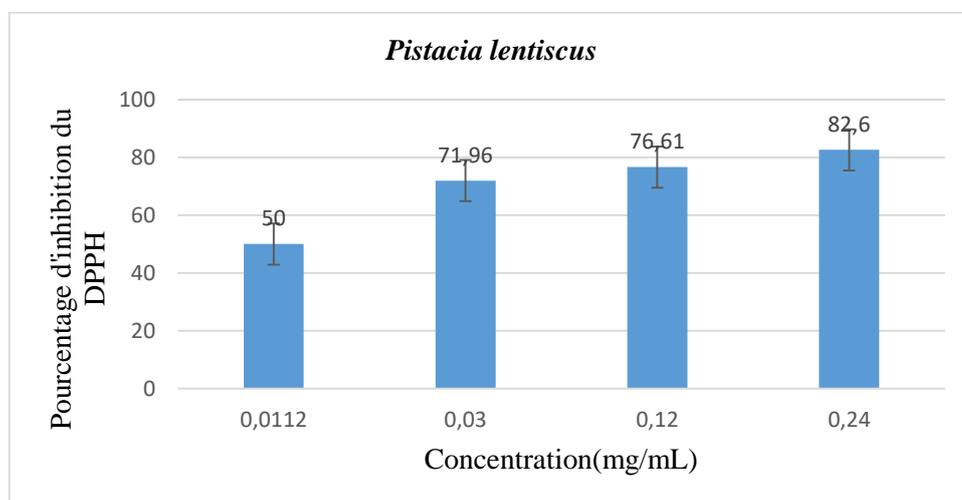


Figure 8: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Pistacia lentiscus*

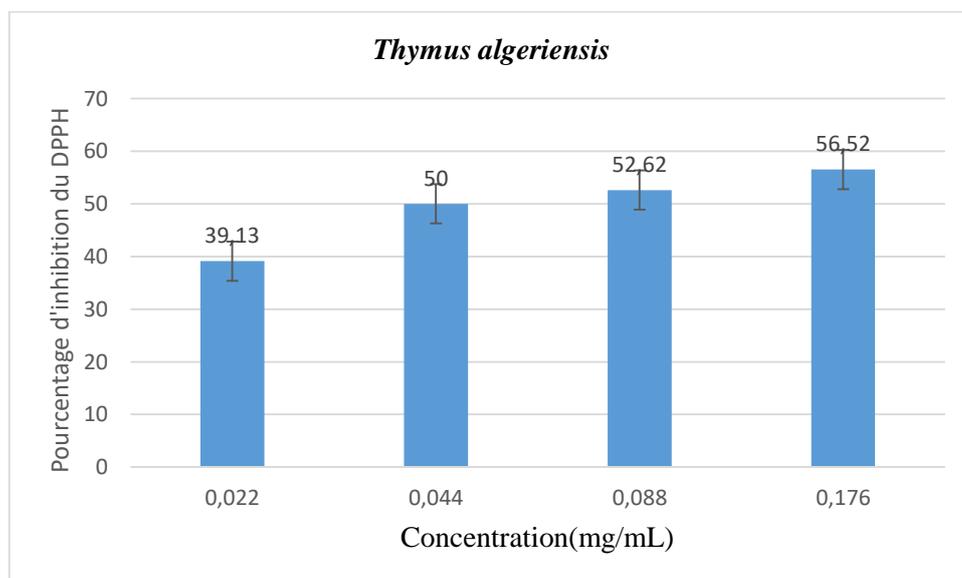


Figure 9: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Thymus algeriensis*

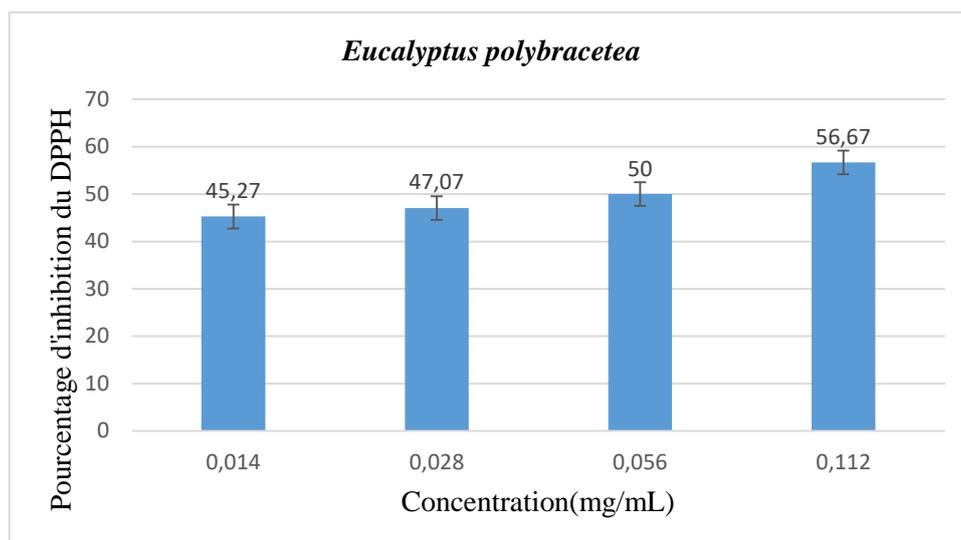


Figure 10: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Eucalyptus polybractea*

Selon ces résultats nous remarquons que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est proportionnel à la concentration en huile essentielle (HE).

L'effet scavenging du DPPH varie de **71,96%** à **82,6%** pour *Pistacia lentiscus*, de **39,13** à **56,52%** pour *Thymus algeriensis*, de **64,41%** à **75,86%** pour *Salvia rosmarinus*, de **45,27%** à **56,67%** pour *Eucalyptus polybractea*. L'inhibition du radical DPPH n'est pas proportionnelle au contenu en polyphénols. En effet selon la littérature cette inhibition dépendrait du type de polyphénols et non pas de la concentration en ces composés. En effet les extraits les plus riches en polyphénols, ayant un grand nombre de groupements hydroxyles, présentent l'activité antioxydants la plus élevée (Fadili, 2015).

III . 2 Inhibition DPPH par les extraits éthanoliques seuls :

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH, par les extraits éthanoliques (EE) selon les différentes concentrations sont présentés dans les figures 11, 12, 13 et 14.

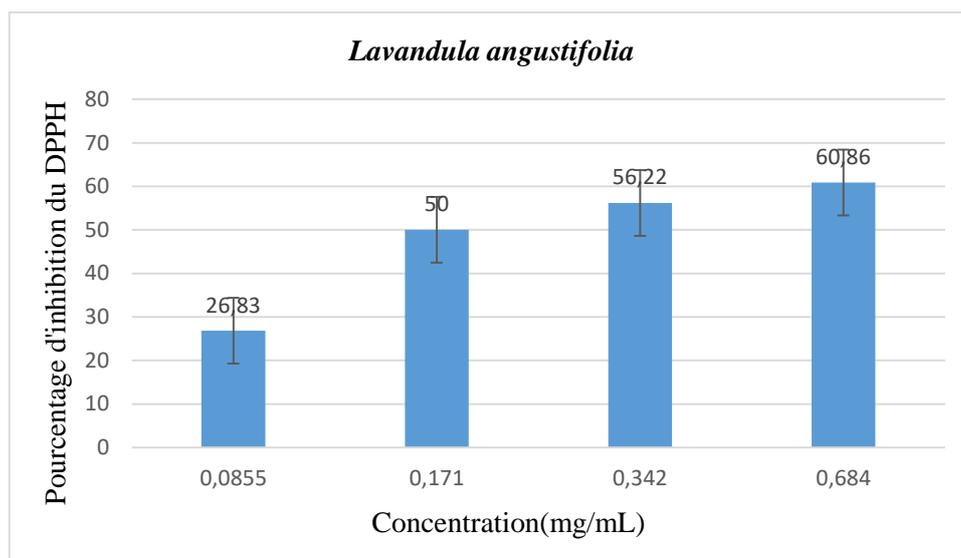


Figure 11: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Lavandula angustifolia*

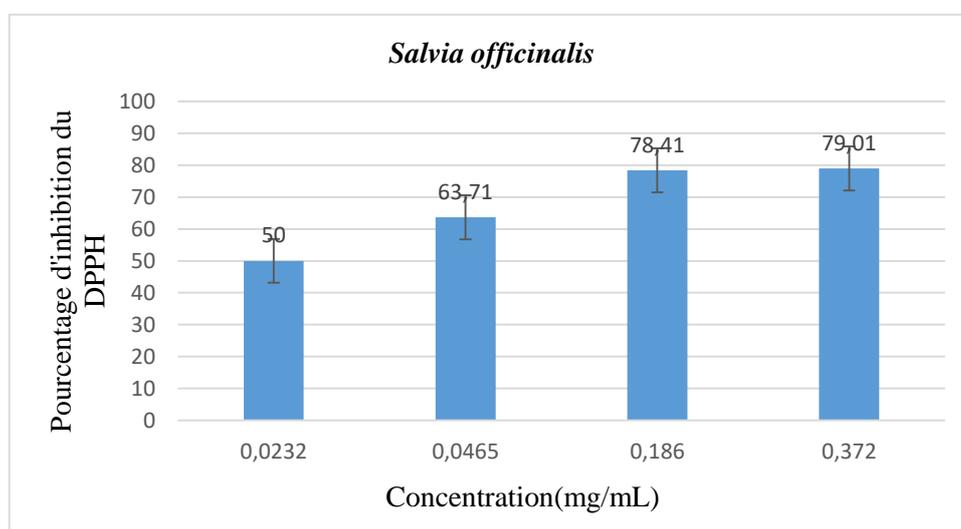


Figure 12: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Salvia officinalis*

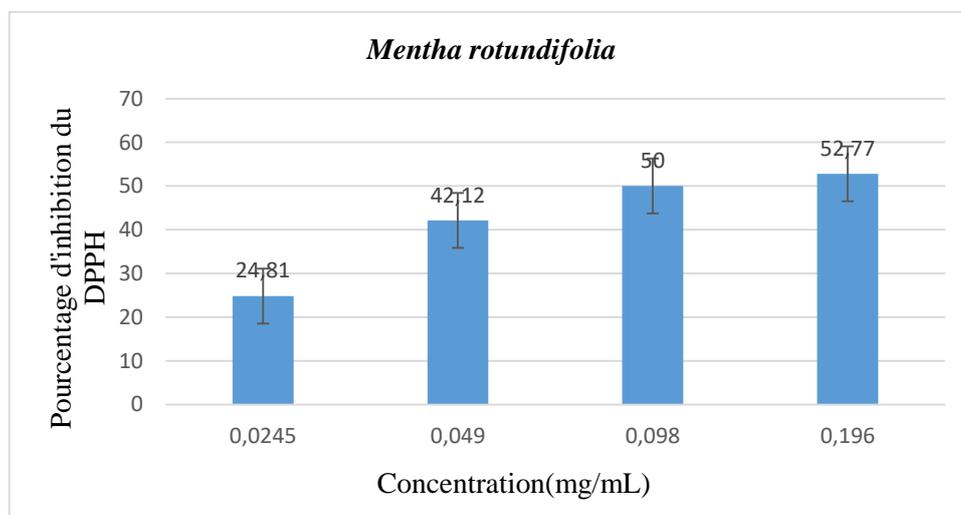


Figure 13: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Mentha rotundifolia*

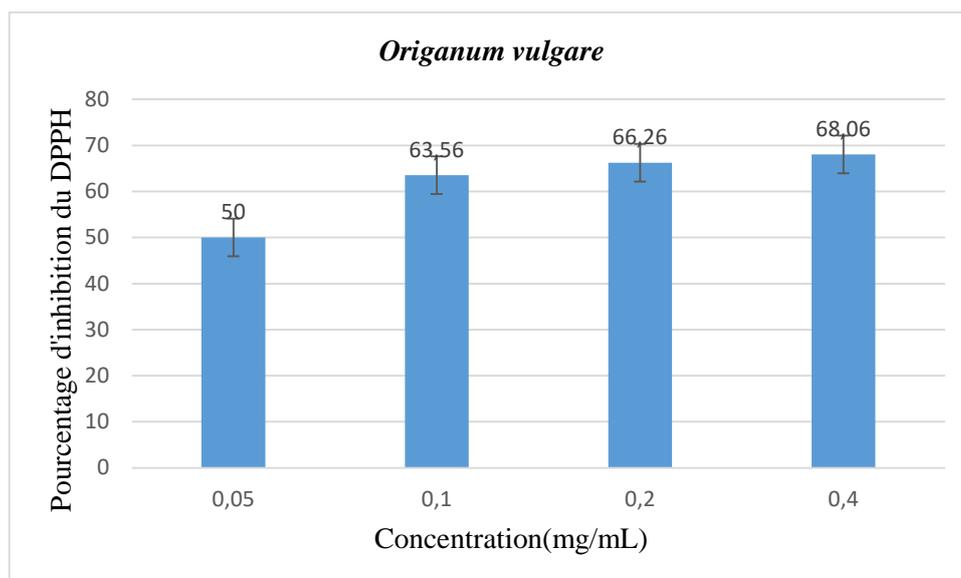


Figure 14: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par *Origanum vulgare*

Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que le pourcentage d'inhibition augmente en fonction des concentrations des extraits éthanoliques.

L'effet scavenging du DPPH des extraits varie de **52,77% à 68,06%** pour *Origanum vulgare*, de **24,81% à 52,77%**, pour *Mentha rotundifolia* de **63,71% à 79,01%** pour *Salvia officinalis*, de **26,83% à 60,86%** pour *Lavandula angustifolia*.

On remarque que *Salvia officinalis* présente le contenu le plus important en polyphénols et également le pourcentage d'inhibition du radical DPPH le plus élevé, suivie par *Origanum vulgare*. Les extraits les plus riches en polyphénols, ayant un grand nombre de groupements hydroxyles, présentent l'activité antioxydants la plus élevée (Fadili, 2015).

IV . Détermination de la concentration inhibitrice 50% :

La concentration inhibitrice 50% (IC50) est définie comme étant la concentration d'extrait de plante responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH, elle est déterminée sur le graphique représentant le pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de chaque extrait (Popovici, 2009).

Les valeurs de la concentration inhibitrice à 50% (IC50) sont présentées dans les tableaux VIII et IX :

Tableau VIII: Valeurs de IC 50 pour chaque HE

Huile essentielle	<i>Salvia rosmarinus</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Thymus algeriensis</i>	<i>Eucalyptus polybractea</i>
IC 50	0,01475 mg/mL	0,0112 mg/mL	0,044 mg/mL	0,056 mg/mL

Plus l'IC50 est faible meilleur est le pouvoir antioxydants. Parmi les quatre HE étudiées celle de *Pistacia lentiscus* est la plus active avec un pouvoir antioxydants fort, suivie de *Salvia rosmarinus* et *Thymus algeriensis* contrairement à *Eucalyptus polybracetea* qui a une activité antioxydants très faible.

En effet, il a été montré que l'activité antioxydants ne dépend pas toujours de la concentration en polyphénols mais également de la nature et la structure des antioxydants constituant l'extrait (Fadili, 2015).

Tableau IX: Valeurs de l'IC 50 pour chaque extrait éthanolique

Extrait éthanolique	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Mentha rotundifolia</i>	<i>Origanum vulgare</i>
IC 50	0,171 mg/mL	0,02325 mg/mL	0,098 mg/mL	0,050 mg/mL

Parmi les quatre extraits celui de *Salvia officinalis* présente le pouvoir antioxydants le plus fort suivi d'*Origanum vulgare* puis de *Mentha rotundifolia* contrairement à *Lavandula angustifolia* qui a une activité antioxydants très faible.

V . Inhibition du radical libre DPPH par les huiles essentielles et les extraits éthanoliques associées :

La combinaison des substances médicamenteuses est la méthode la plus courante et la plus efficace pour le traitement des maladies (Huang, 2019). Le tableau X représente les différentes combinaisons des extraits éthanoliques et des huiles essentielles effectuées :

Tableau X: Combinaison des extraits éthanoliques (EE) et des huiles essentielles (HE)

<i>Lavandula angustifolia & Eucalyptus polybracetea</i>
<i>Lavandula angustifolia & Salvia rosmarinus</i>
<i>Lavandula angustifolia & Thymus algeriensis</i>
<i>Lavandula angustifolia & Pistacia lentiscus</i>
<i>Salvia officinalis & Eucalyptus polybracetea</i>
<i>Salvia officinalis & Salvia rosmarinus</i>
<i>Salvia officinalis & Thymus algeriensis</i>
<i>Salvia officinalis & Pistacia lentiscus</i>
<i>Origanum vulgare & Eucalyptus polybracetea</i>
<i>Origanum vulgare & Salvia rosmarinus</i>
<i>Origanum vulgare & Thymus algeriensis</i>

<i>Origanum vulgare & Pistacia lentiscus</i>
<i>Mentha rotundifolia & Eucalyptus polybracetea</i>
<i>Mentha rotundifolia & Salvia rosmarinus</i>
<i>Mentha rotundifolia & Thymus algeriensis</i>
<i>Mentha rotundifolia & Pistacia lentiscus</i>

L'analyse des isobogrammes a été mathématiquement prouvée et largement utilisée pour évaluer les interactions entre les substances associées (Huang, 2019). Il s'agit d'un graphique en coordonnées cartésiennes dans lequel les axes sont les doses des médicaments respectifs (Tallarida, 2012).

Les figures N°15 à 30 illustrent les isobogrammes obtenus pour chaque combinaison effectuée.

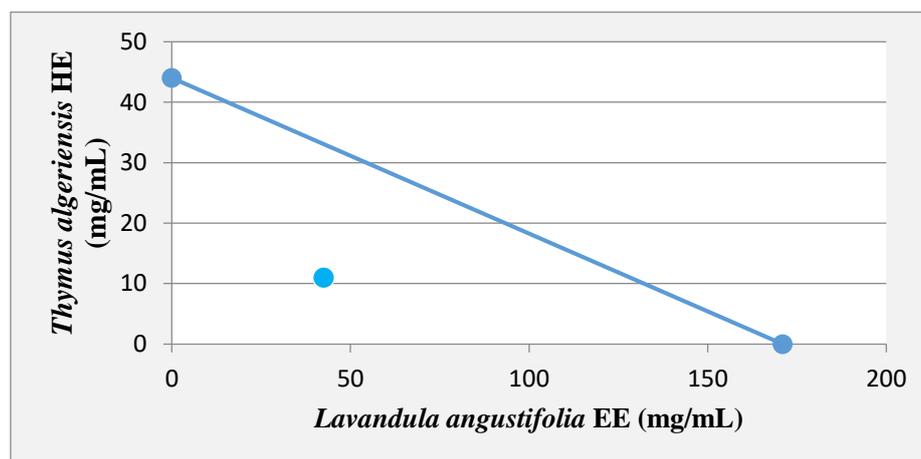


Figure 15: combinaison de l'HE de *Thymus algeriensis* et EE de *Lavandula angustifolia* (synergie)

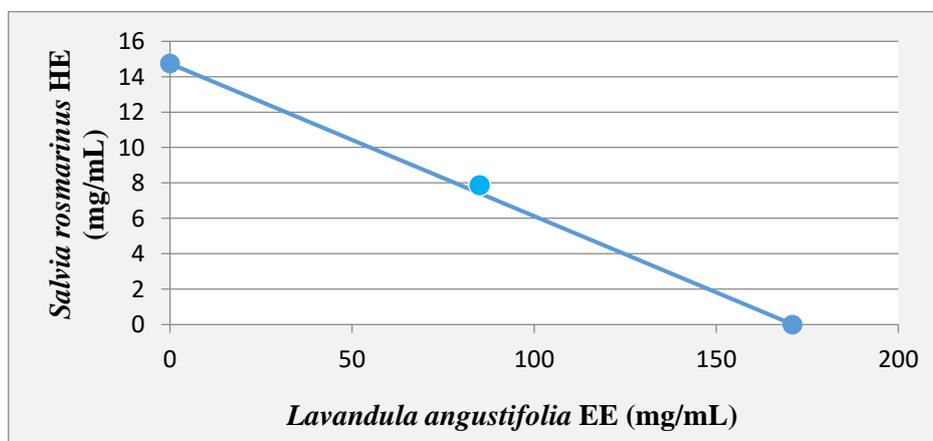


Figure 16: Combinaison de l'HE de *Salvia rosmarinus* et EE de *Lavandula angustifolia* (additivité)

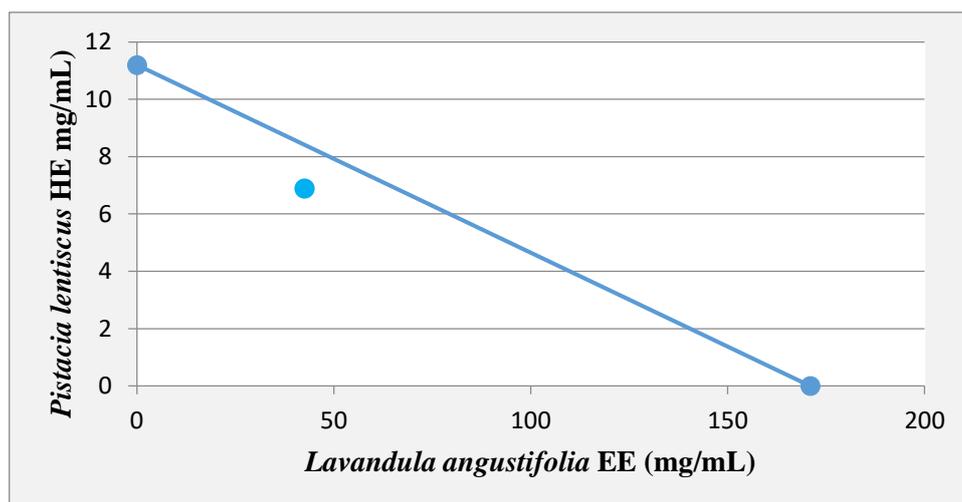


Figure 17: Combinaison de l'HE de *Pistacia lentiscus* et EE de *Lavandula angustifolia* (Synergie)

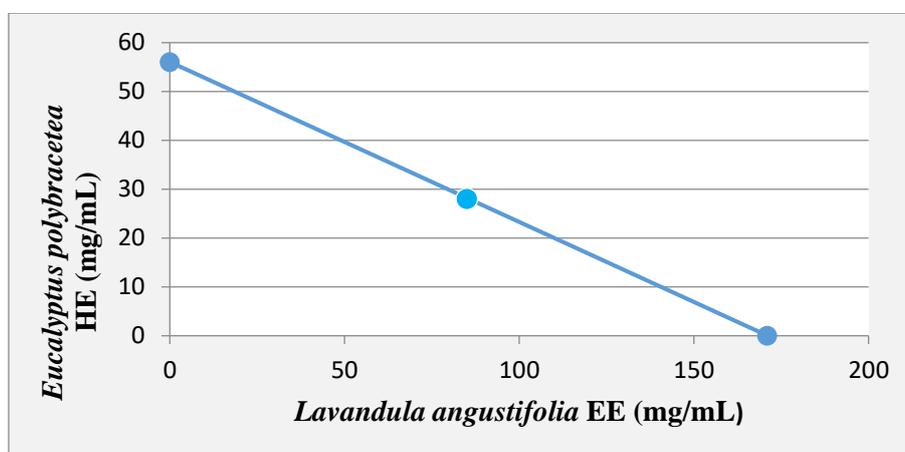


Figure 18: Combinaison de l'HE d'*Eucalyptus polybracetea* et EE de *Lavandula angustifolia* (additivité)

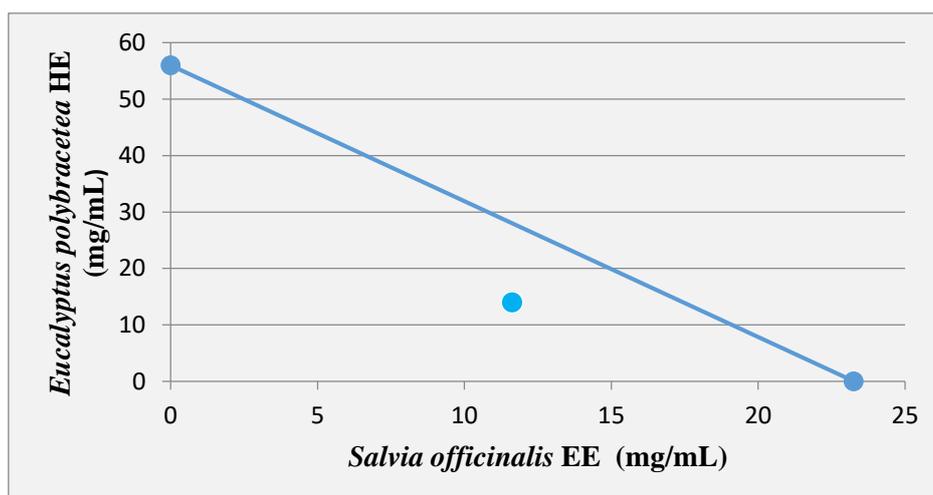


Figure 19: combinaison de l'HE d'*Eucalyptus polybracetea* et EE de *Salvia officinalis* (Synergie)

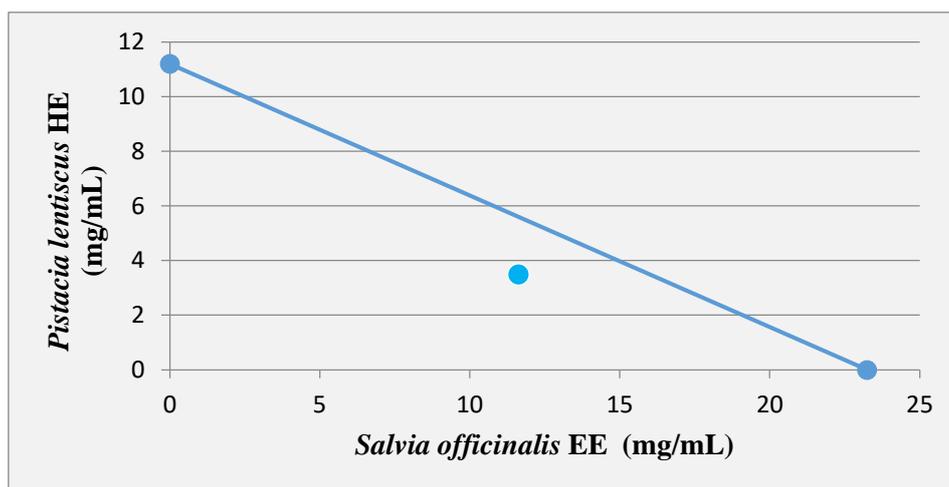


Figure 20: Combinaison de l'HE de *Pistacia lentiscus* et EE de *Salvia officinalis* (Synergie)

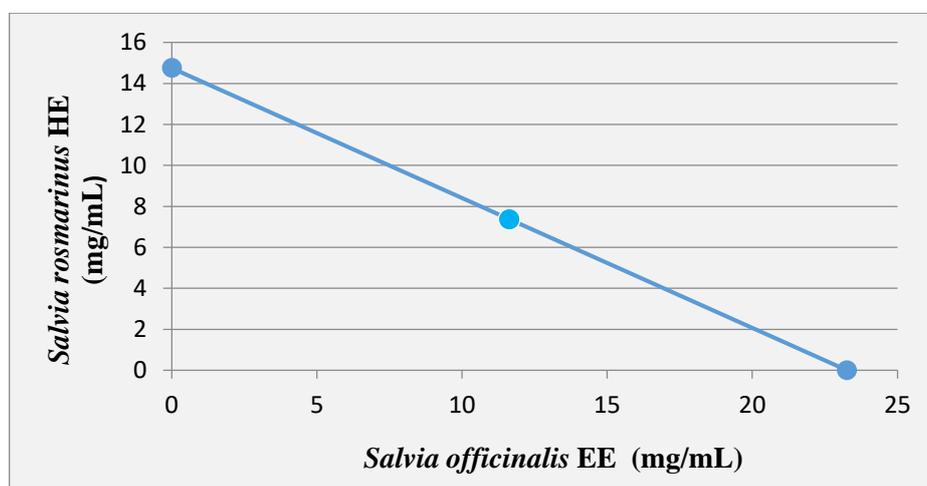


Figure 21: Combinaison de l'HE de *Salvia rosmarinus* et EE de *Salvia officinalis* (additivité)

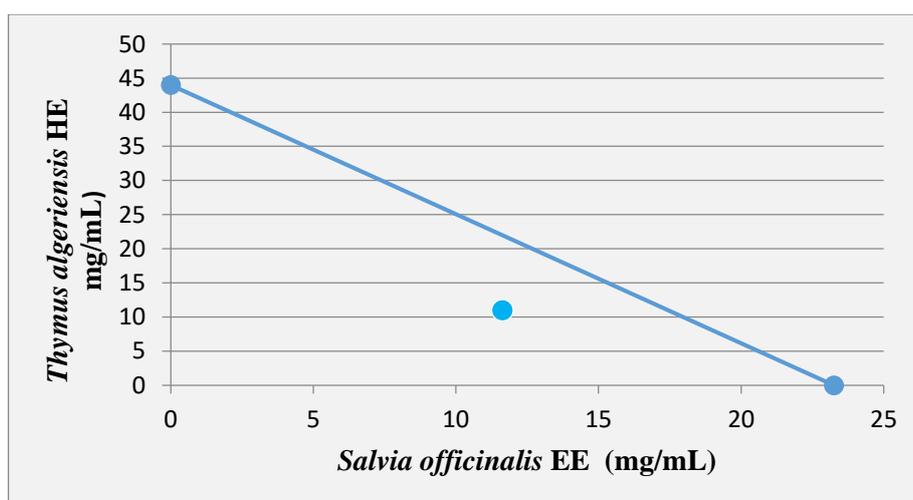


Figure 22: Combinaison de l'HE de *Thymus algeriensis* et EE de *Salvia officinalis* (Synergie)

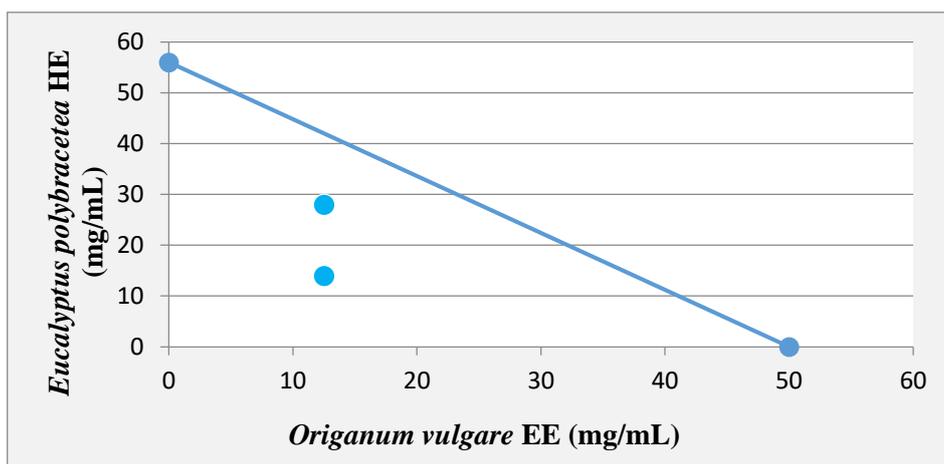


Figure 23: Combinaison de l'HE d'*Eucalyptus polybracetea* et EE d'*Origanum vulgare* (synergie)

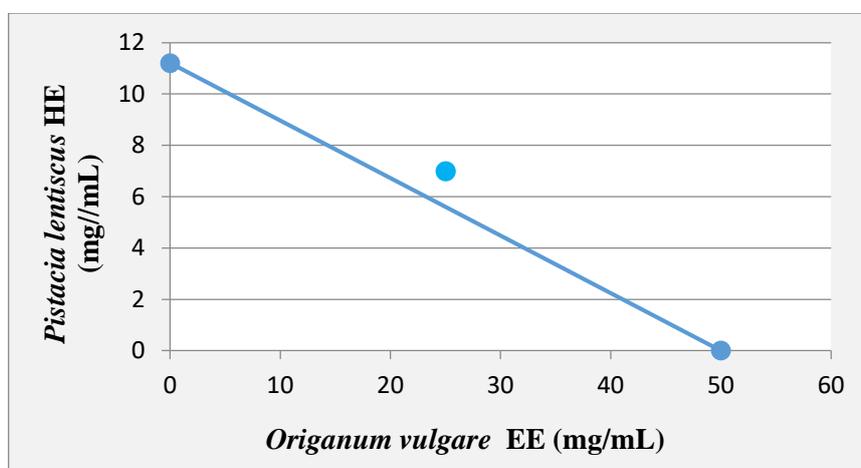


Figure 24: Combinaison de l'HE de *Pistacia lentiscus* et EE d'*Origanum vulgare* (antagonisme)

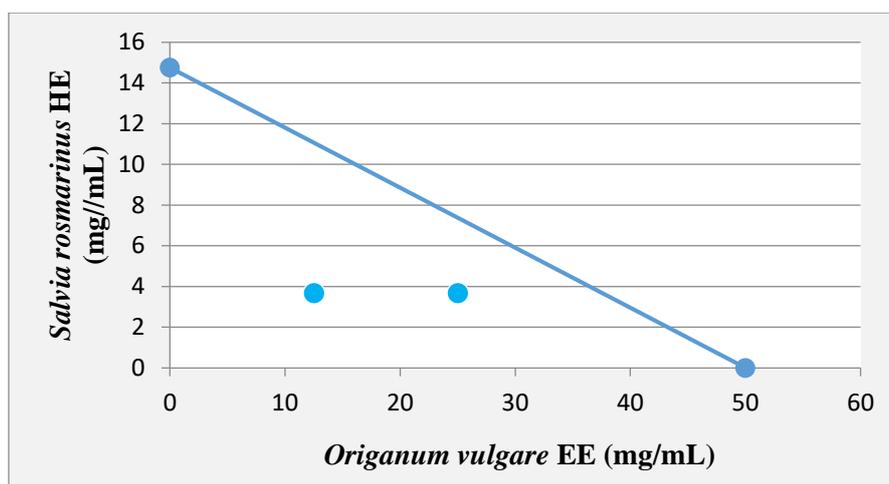


Figure 25: Combinaison de l'HE de *Salvia rosmarinus* et EE d'*Origanum vulgare* (synergie)

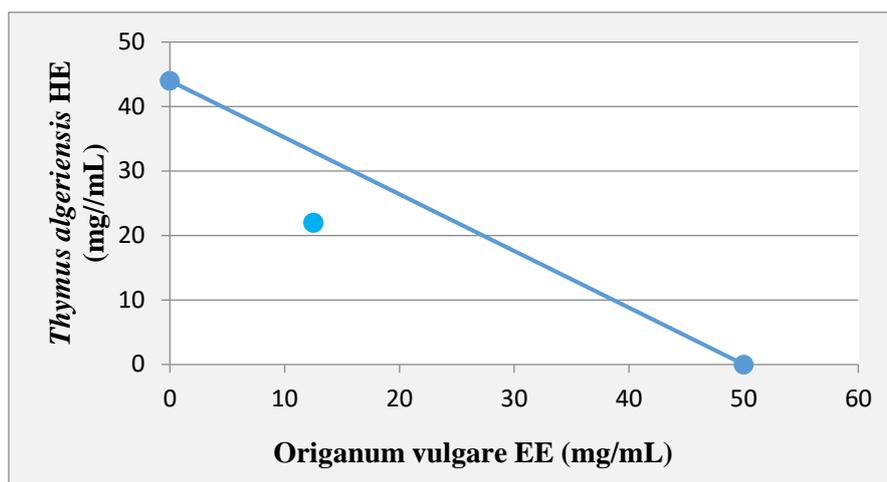


Figure 26: Combinaison de l'HE de *Thymus algeriensis* et EE d'*Origanum vulgare* (synergie)

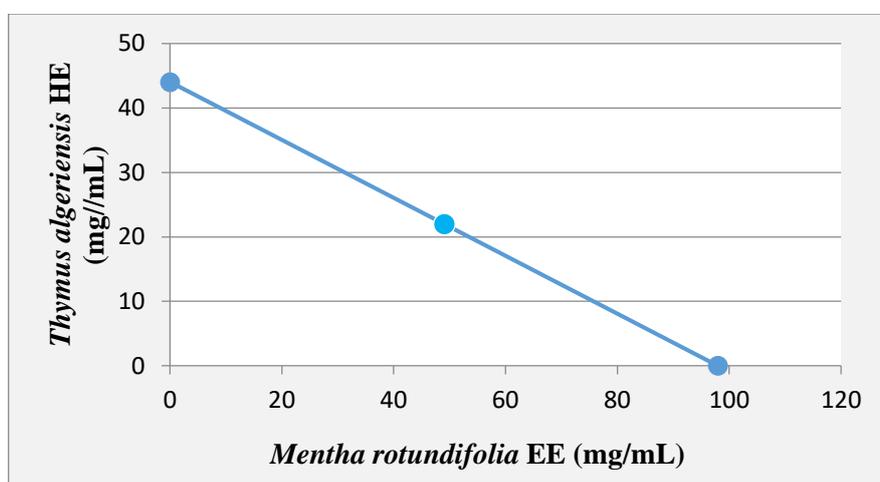


Figure 27: Combinaison de l'HE de *Thymus algeriensis* et EE de *Mentha rotundifolia* (additivité)

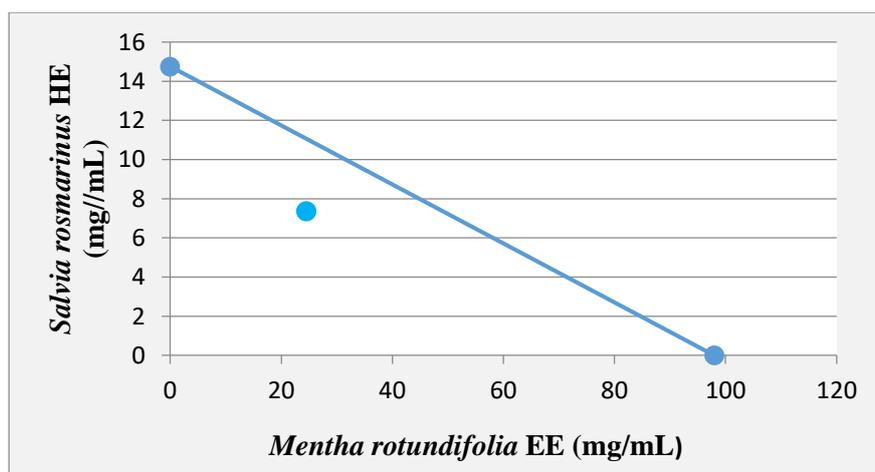


Figure 28: Combinaison de l'HE de *Salvia rosmarinus* et EE de *Mentha rotundifolia* (synergie)

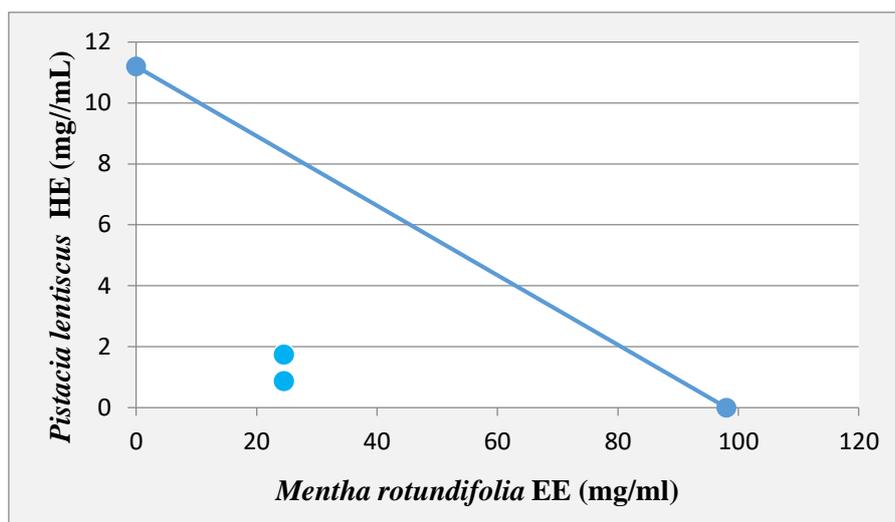


Figure 29: Combinaison de l'HE de *Pistacia lentiscus* et EE de *Mentha rotundifolia* (synergie)

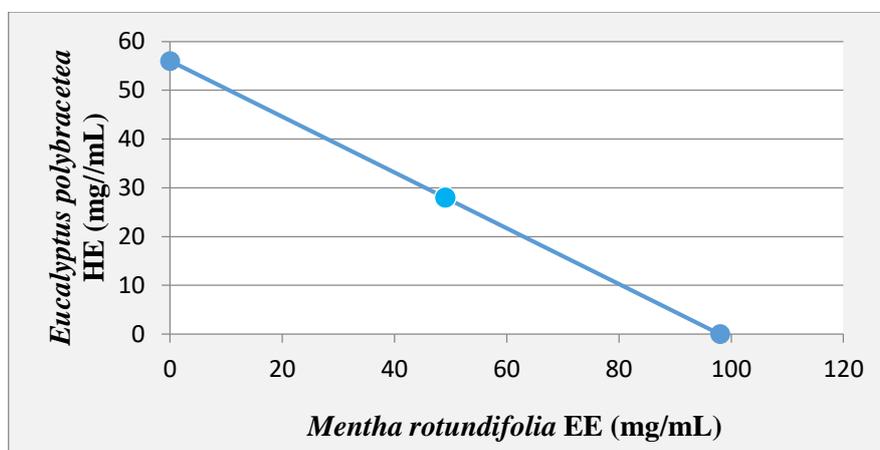


Figure 30: Combinaison de l'HE d'*Eucalyptus polybracetea* et EE de *Mentha rotundifolia* (additivité)

La plupart des combinaisons réalisées dans ce travail ont donné un effet synergique, certaines ont abouti à un effet additif. Une seule combinaison a donné un effet antagoniste. En thérapeutique les effets les plus recherchés sont les effets synergiques, ou additifs il font partie des interactions de type pharmacodynamique (Levêque, 2010).

Dans le cas des combinaisons donnant un effet additif les deux substances ont le même effet pharmacologique, ils agissent sur le même récepteur donc leurs effets s'additionnent.

Dans le cas des associations synergiques les deux substances associées n'agissent pas sur le même récepteur et l'effet obtenu est supérieur à la somme des effets partiels.

Cependant il ne faut pas sous-estimer les bénéfices de certaines combinaisons antagonistes. En effet dans certains cas ces réactions permettent de réduire les effets secondaires de l'une des substances. Même si l'antagonisme est plutôt considéré comme une interaction défavorable, il peut être recherché dans le but de corriger certains effets indésirables (Baxter, 2008).

Les extraits ainsi que les huiles essentielles, combinées ont donné, pour la plupart, des effets synergiques ou additifs. Ils peuvent être intéressants pour lutter contre les effets oxydants par addition ou renforcement de leurs effets partiels. Ceci est d'autant plus intéressant que les doses utilisées sont très faibles en dessous de l'IC50, ce qui pourrait contribuer à la réduction des effets secondaires des deux substances associées.

Le synergisme des antioxydants a connu une certaine attention. Yang et Liu ont rapporté que la combinaison d'un extrait de pomme et de quercétine 3- β -D-glucoside présente une activité antiproliférative synergique vis-à-vis des cellules cancéreuses du sein (Yang, 2009). La combinaison d'extraits de soja, de luzerne phytoestrogène et d'extraits d'acérola de cerise, fonctionne en synergie pour inhiber l'oxydation des LDL in vitro (Hwang, 2001). Liao et Yin ont démontré que les combinaisons d'acide alpha-tocophérol et/ou ascorbique avec l'acide caféique, la catéchine, l'épicatéchine, la myricétine, l'acide gallique, la quercétine et la rutine ont une activité antioxydants plus élevée que chacun de ces composés pris isolément pour l'oxydation des lipides (Liao, 2000). Parker et al. Ont montré des interactions synergiques entre certains mélanges de rutine, d'acide p coumarique, d'acide abscissique, d'acide ascorbique et un mélange de sucre en utilisant la technique ORAC (Parker, 2010). Le synergisme des antioxydants semble se produire entre une grande variété de composés ou d'extraits ; d'où la nécessité d'une recherche supplémentaire pour explorer les endo-interactions au sein d'un aliment spécifique. Aujourd'hui, il y a un intérêt à l'élaboration ou à la découverte des agents de conservation naturels et efficaces (Galal, 2006). Les approches incluent l'utilisation des extraits (Serra, 2008 ; Conte, 2009), des composés phénoliques (Rodríguez Vaquero, 2008), ou des mélanges de composés (de Oliveira, 2010) comme des agents antimicrobiens. Comprendre les mécanismes derrière la fonctionnalité des mélanges d'antioxydants potentiels est important pour leur potentiel de développement en tant que conservateurs. De ce qui précède, on constate que les études de la littérature déjà réalisées ont fait l'approche à partir d'un antioxydant individuel, ce qui n'est pas de nature à accéder aux effets bénéfiques des mélanges d'aliments, puisque les constituants bioactifs dans les plantes, légumes ou fruits comestibles sont toujours ingérés sous forme de mélanges naturels (Winefield, 2009) .

Conclusion

Dans ce travail nous avons évalué l'activité antioxydants des extraits éthanoliques de quatre plantes médicinales et de quatre huiles essentielles seules et en association.

Le dosage des composés phénoliques a été réalisé pour les extraits ainsi que pour les huiles essentielles. La teneur la plus élevée a été retrouvée dans l'extrait éthanolique de *salvia officinalis* avec un taux de 186mg EAG/ g Ms, et la plus faible dans l'extrait de *Mentha rotundifolia* (estimée à 98mg EAG/ g Ms).

La concentration en polyphénols la plus importante, dans les huiles essentielles, a été retrouvée dans l'huile essentielle de *Salvia rosmarinus* (236mg EAG/mL), et la plus faible dans celle d'*Eucalyptus polybracetea* (28mg EAG/mL).

L'activité antioxydants des huiles essentielles et des extraits éthanoliques a été étudiée par le test de réduction du DPPH. Les résultats obtenus ont révélé que l'extrait le plus actif et celui de *Salvia officinalis* et l'huile essentielle la plus active est celle de *Pistacia lentiscus*.

Les résultats des associations entre les extraits éthanoliques des plantes et les huiles essentielles ont montré 10 effets Synergiques, 5 effets additifs et un effet antagoniste.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail sont prometteurs puisqu'ils mettent en évidence des effets importants sur le radical DPPH. Il serait intéressant d'utiliser ces extraits et ces huiles essentielles associés pour évaluer d'autres activités biologiques.

Références bibliographiques

- Abdelaali, B., Menyiy, N. E., Omari, N. E., Benali, T., Guaouguaou, F.-E., Salhi, N., Mrabti, H. N., & Bouyahya, A. (2021). Phytochemistry, Toxicology, and Pharmacological Properties of *Origanum elongatum*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine : eCAM*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6658593>
- Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Amarti, F., Mohamed, R., Aafi, A., Ismaili, M., & Farah, A. (2013). Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Contre les champignons de pourriture du bois. *Acta Botanica Gallica*, 157, 285-294. <https://doi.org/10.1080/12538078.2010.10516206>
- Ali-Rachedi, F., Meraghni, S., Touaibia, N., & Mesbah, S. (2018). Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.7398>
- Ansari, A., Znini, M., Laghchimi, A., Costa, J., Ponthiaux, P., & Majidi, L. (2015). Chemical composition, adsorption proprieties and corrosion inhibition on mild steel of *Mentha rotundifolia* L. essential oil from Morocco. *Der Pharmacia Lettre*, 7, 125-140.
- Azzouzi, F. E., & Zidane, L. (2015). La flore médicinale traditionnelle de la région de Béni-Mellal (Maroc). *Journal of Applied Biosciences*, 91, 8493-8502. <https://doi.org/10.4314/jab.v91i1.8>
- Baudin, B. (2020). Stress oxydant et protections antioxydantes. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2020(522), 22-30. [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(20\)30159-3](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(20)30159-3)
- Baxter et al, K. (2008). *General considerations and an outline survey of some basic interaction mechanisms, in Stokley's Drug Interactions, Eighth Edition. London : Pharmaceutical Press; 2008.*

- Baydar, H., Ozkan, G., Erbaş, S., & Altındal, D. (2009). Yield, Chemical Composition and Antioxidant Properties of Extracts and Essential Oils of Sage and Rosemary Depending on Seasonal Variations. *Acta Horticulturae*, 826. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.54>
- Ben Haj Yahia, I., Jaouadi, R., Trimech, R., Boussaid, M., & Zaouali, Y. (2019). Variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds. (Lamiaceae) collected from different bioclimatic areas of Tunisia. *Biochemical Systematics and Ecology*, 84, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2019.03.001>
- Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). *Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier*.
- Bora, L., Avram, S., Pavel, I. Z., Muntean, D., Liga, S., Buda, V., Gurgus, D., & Danciu, C. (2022). An Up-To-Date Review Regarding Cutaneous Benefits of *Origanum vulgare* L. Essential Oil. *Antibiotics*, 11(5), 549. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11050549>
- Boutabia, L., Telailia, S., Bouguetof, I., Guenadil, F., & Chefrour, A. (2016). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85, 174-189. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.6050>
- Cardia, G. F. E., Silva-Filho, S. E., Silva, E. L., Uchida, N. S., Cavalcante, H. A. O., Cassarotti, L. L., Salvadego, V. E. C., Spironello, R. A., Bersani-Amado, C. A., & Cuman, R. K. N. (2018). Effect of Lavender (*Lavandula angustifolia*) Essential Oil on Acute Inflammatory Response. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM*, 2018, 1413940. <https://doi.org/10.1155/2018/1413940>

- Conte, A., SCROCCO, C., Sinigaglia, M., & NOBILE, M. (2009). Lemon extract as natural preservative in fruit salad. *Journal of Food Safety*, 29, 601-616.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00180.x>
- Crișan, I., Ona, A., Vârban, D., Muntean, L., Vârban, R., Stoie, A., Mihăiescu, T., & Morea, A. (2023). Current Trends for Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Crops and Products with Emphasis on Essential Oil Quality. *Plants*, 12(2).
<https://doi.org/10.3390/plants12020357>
- Dell, V., Antioxiante, A., Foglie, D., Origano, D., Vulgare, O., Bendini, A., Gallina Toschi, T., & Lercker, G. (2002). Antioxidant activity of oregano (*Origanum vulgare* L.) leaves. *Ital. J. Food Sci*, 1, 14-2002.
- de Oliveira, C. E. V., Stamford, T. L. M., Gomes Neto, N. J., & de Souza, E. L. (2010). Inhibition of *Staphylococcus aureus* in broth and meat broth using synergies of phenolics and organic acids. *International Journal of Food Microbiology*, 137(2-3), 312-316. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.019>
- Despinasse, Y., Moja, S., Soler, C., Jullien, F., Pasquier, B., Bessièrè, J.-M., Noûs, C., Baudino, S., & Nicolè, F. (2020). Structure of the Chemical and Genetic Diversity of the True Lavender over Its Natural Range. *Plants*, 9(12), 1640.
<https://doi.org/10.3390/plants9121640>
- Dobros, N., Zawada, K., & Paradowska, K. (2022). Phytochemical Profile and Antioxidant Activity of *Lavandula angustifolia* and *Lavandula x intermedia* Cultivars Extracted with Different Methods. *Antioxidants*, 11(4), 711.
<https://doi.org/10.3390/antiox11040711>
- Durazzo, A., Lucarini, M., Camilli, E., Marconi, S., Gabrielli, P., Lisciani, S., Gambelli, L., Aguzzi, A., Novellino, E., Santini, A., Turrini, A., & Marletta, L. (2018). Dietary

- Lignans : Definition, Description and Research Trends in Databases Development.
Molecules, 23(12), 3251. <https://doi.org/10.3390/molecules23123251>
- Fabricant, D. S., & Farnsworth, N. R. (2001). The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives*, 109(suppl 1), 69-75.
<https://doi.org/10.1289/ehp.01109s169>
- Fadili, K., Amalich, S., N' dedianhoua, S., Bouachrine, M., Mahjoubi, M., Hilali, F., & Zair, T. (2015). *Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc : Rosmarinus Officinalis et Thymus Satureioides [Polyphenols content and antioxidant activity of two species from Moroccan High Atlas: Rosmarinus officinalis and Thymus satureioides]*. 24-33.
- Fakhriddinova, D. K., Rakhimova, T. R., Dusmuratova, F. M., Duschanova, G. M., Abdinazarov, S. H., & Samadov, I. N. (2020). The Anatomical Structure of Vegetative Organs *Lavandula officinalis* Chaix in the Introduction of Tashkent Botanical Garden. *American Journal of Plant Sciences*, 11(4), Article 4.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2020.114043>
- FELLAH, S., Romdhane, M., & Abderrabba, M. (2006). EXTRACTION ET ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE LA SALVIA OFFICINALIS. L CUEILLIE DANS DEUX REGIONS DIFFERENTES DE LA TUNISIE. *J. Soc. Alger. Chim.*, 16.
- Flieger, J., Flieger, W., Baj, J., & Maciejewski, R. (2021). Antioxidants : Classification, Natural Sources, Activity/Capacity Measurements, and Usefulness for the Synthesis of Nanoparticles. *Materials*, 14(15), 4135. <https://doi.org/10.3390/ma14154135>
- Galal, A. (2006). Natural Product-Based Phenolic and Nonphenolic Antimicrobial Food Preservatives and 1,2,3,4-Tetrahydroxybenzene as a Highly Effective Representative : A Review of Patent Literature 2000-2005. *Recent patents on anti-infective drug discovery*, 1, 231-239. <https://doi.org/10.2174/157489106777452610>

- Ghaffar, S. H., & Fan, M. (2014). Lignin in straw and its applications as an adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 48, 92-101.
<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.09.001>
- Ghorbani, A., & Esmailizadeh, M. (2017). Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(4), 433-440. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>
- Gouegoui Serge Pacome, B., Bohui, A., Adima, F., Niamké, J., N'guessan, D., Pacôme, S., Bohui, G., Adima, A., Niamké, F., & Jean David, N. (2018). *Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : Azadirachta indica et Psidium guajava* *Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : Azadirachta indica et Psidium guajava*. 46, 50-58.
- Guo, Y., Li, Z., Chen, F., & Chai, Y. (2023). Polyphenols in Oral Health : Homeostasis Maintenance, Disease Prevention, and Therapeutic Applications. *Nutrients*, 15(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/nu15204384>
- Hatami, T., Emami, S. A., Miraghaee, S. S., & Mojarrab, M. (2014). Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Different Extracts and Fractions from the Aerial Parts of *Artemisia biennis* Willd. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, 13(2), 551-559.
- Huang, R., Pei, L., Liu, Q., Chen, S., Dou, H., Shu, G., Yuan, Z., Lin, J., Peng, G., Zhang, W., & Fu, H. (2019). Isobologram Analysis : A Comprehensive Review of Methodology and Current Research. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1222.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01222>
- Hwang, J., Hodis, H., & Sevanian, A. (2001). Soy and Alfalfa Phytoestrogen Extracts Become Potent Low-Density Lipoprotein Antioxidants in the Presence of Acerola

- Cherry Extract. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49, 308-314.
<https://doi.org/10.1021/jf0007028>
- Jakovljević, M., Jokić, S., Molnar, M., Jašić, M., Babić, J., Jukić, H., & Banjari, I. (2019). Bioactive Profile of Various *Salvia officinalis* L. Preparations. *Plants*, 8(3), 55.
<https://doi.org/10.3390/plants8030055>
- Jažo, Z., Glumac, M., Paštar, V., Bektić, S., Radan, M., & Carev, I. (2023). Chemical Composition and Biological Activity of *Salvia officinalis* L. Essential Oil. *Plants*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/plants12091794>
- Jedidi, S., Selmi, H., Aloui, F., Rtibi, K., Jridi, M., Chaâbane, A., & Sebai, H. (2019). Comparative Studies of Phytochemical Screening, HPLCPDAESI-MS/MSLC-HRESIMS Analysis, Antioxidant Capacity and in vitro Fermentation of Officinal Sage (*Salvia officinalis* L.) Cultivated in Different Biotopes of Northwestern Tunisia. *Chemistry & Biodiversity*, 17. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900394>
- Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of food science and technology*, 48(4), 412-422.
<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>
- Khadraoui, A. (2014). *Extraction et pouvoir bio-inhibiteur de substances naturelles d'origine végétale vis-a-vis de la corrosion acide de l'acier* [Thesis, univ.blida1].
<https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/6661>
- Khiya, Z., Oualcadi, Y., Gamar, A., Berrekhis, F., Zair, T., & Hilali, F. E. (2021). Correlation of Total Polyphenolic Content with Antioxidant Activity of Hydromethanolic Extract and Their Fractions of the *Salvia officinalis* Leaves from Different Regions of Morocco. *Journal of Chemistry*, 2021, e8585313.
<https://doi.org/10.1155/2021/8585313>

- LABED, I. (2015). *COMPOSITION CHIMIQUE ET ÉVALUATION DES ACTIVITES BIOLOGIQUES DES HUILES ESSENTIELLES de Pistacia atlantica Desf. et de Ferula vesceritensis Coss. & Dur. ET SYNTHÈSE CATALYTIQUE DE NOUVEAUX DÉRIVÉS PIPÉRIDINIQUES* [UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI-CONSTANTINE FACULTE DES SCIENCES EXACTES DEPARTEMENT DE CHIMIE].
<file:///C:/Users/Dell/Downloads/Th%C3%A8se%20Pistacia%20lentiscus.pdf>
- Lee, J., Wang, M., Zhao, J., Avula, B., Chittiboyina, A. G., Li, J., Wu, C., & Khan, I. A. (2022). Chemical Authentication and Speciation of Salvia Botanicals : An Investigation Utilizing GC/Q-ToF and Chemometrics. *Foods*, 11(14), 2132.
<https://doi.org/10.3390/foods11142132>
- Levêque, D., Lemachatti, J., Nivoix, Y., Coliat, P., Santucci, R., Ubeaud-Séquier, G., Beretz, L., & Vinzio, S. (2010). Mécanismes des interactions médicamenteuses d'origine pharmacocinétique. *La Revue de Médecine Interne*, 31(2), 170-179.
<https://doi.org/10.1016/j.revmed.2009.07.009>
- Liao, K., & Yin, M. (2000). Individual and Combined Antioxidant Effects of Seven Phenolic Agents in Human Erythrocyte Membrane Ghosts and Phosphatidylcholine Liposome Systems : Importance of the Partition Coefficient. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48, 2266-2270. <https://doi.org/10.1021/jf990946w>
- Lis-Balchin, M. (2002). *Lavender : The Genus Lavandula*. CRC Press.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods : Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118-126.
<https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Lombrea, A., Antal, D., Ardelean, F., Avram, S., Pavel, I. Z., Vlaia, L., Mut, A.-M., Diaconeasa, Z., Dehelean, C. A., Soica, C., & Danciu, C. (2020). A Recent Insight

- Regarding the Phytochemistry and Bioactivity of *Origanum vulgare* L. Essential Oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9653.
<https://doi.org/10.3390/ijms21249653>
- Mahfouf, N. (2018). *Étude de l'espèce Origanum vulgare L.* [Phdthesis, Université Chadli Benjedid - El Tarf (Algérie)]. <https://hal.science/tel-01894678>
- Mahmood, Z., Sami, S., & Ahmed, D. (2020). Reviews A Review about Lavender Importance. *Russian Journal of Biological Research*, 7, 14-20.
<https://doi.org/10.13187/ejbr.2020.1.14>
- Majeed, M., Hussain, A. I., Chatha, S. A. S., Khosa, M. K. K., Kamal, G. M., Kamal, M. A., Zhang, X., & Liu, M. (2016). Optimization protocol for the extraction of antioxidant components from *Origanum vulgare* leaves using response surface methodology. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(3), 389-396.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.04.010>
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Santos, T. C. dos, Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2), 127-130.
<https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- Moussa, B., & Tahar, M. (2022). Dosage des composés phénoliques et détermination de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Brocchia cinerea* VIS dans le Sud-Est algérien. *JOURNAL ALGÉRIEN DE PHARMACIE*, 4(1), 49-59.
- Nait Bachir, Y. (2018). *Évaluation des activités pharmacologiques des molécules bioactives extraites à partir de végétaux en vue de la formulation de nano/microparticules pour la vectorisation des médicaments* [Thesis, univ, blida1]. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/5883>

- Najem, M., Nassiri, L., & Ibjibijen, J. (2020). Appellations vernaculaires des plantes toxiques à usage médicinal dans le Moyen Atlas central- Maroc Vernacular names of toxic plants used as medicine in the central Middle Atlas—Morocco. *Ethnobotany Research and Applications*, 20. <https://doi.org/10.32859/era.20.48.1-30>
- Naquvi, K., Ahamad, J., Salma, A., Ansari, S., & Najmi, A. (2019). A CRITICAL REVIEW ON TRADITIONAL USES, PHYTOCHEMISTRY AND PHARMACOLOGICAL USES OF ORIGANUM VULGARE LINN. *International Research Journal Of Pharmacy*, 10, 7-11. <https://doi.org/10.7897/2230-8407.100370>
- Nathalie, K. (2015). *Huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, d'Eucalyptus radiata et de Corymbia citriodora : Qualité, efficacité et toxicité.*
- Oniga, I., Pușcaș, C., Silaghi-Dumitrescu, R., Olah, N.-K., Sevastre, B., Marica, R., Marcus, I., Sevastre-Berghian, A. C., Benedec, D., Pop, C. E., & Hanganu, D. (2018). *Origanum vulgare ssp. vulgare : Chemical Composition and Biological Studies. Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 23(8). <https://doi.org/10.3390/molecules23082077>
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278.
- Parker, T. L., Miller, S. A., Myers, L. E., Miguez, F. E., & Engeseth, N. J. (2010). Evaluation of synergistic antioxidant potential of complex mixtures using oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and electron paramagnetic resonance (EPR). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 209-217. <https://doi.org/10.1021/jf903080f>
- Popovici, C., Saykova, I., & Tylkowski, B. (2009). Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie IndustrieL*, 4, 25-39.

- Riahi, L., Chakroun, H., Klay, I., Masmoudi, A. S., Cherif, A., & Zoghlami, N. (2019). Metabolomic fingerprint of *Mentha rotundifolia* L. Leaf tissues promotes this species as a potential candidate for sustainable production of biologically active molecules. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 16(2), 20180048. <https://doi.org/10.1515/jcim-2018-0048>
- Rodríguez Vaquero, M. J., & Manca de Nadra, M. C. (2008). Growth parameter and viability modifications of *Escherichia coli* by phenolic compounds and Argentine wine extracts. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 151(2-3), 342-352. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8197-0>
- Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., & Douira, A. (2011). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31. https://doi.org/10.5209/rev_LAZA.2010.v31.9
- Sarhan, M., Selim, K., Ibrihem, Kh., & Roby, M. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827-831. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.029>
- Sbai, A., Ouhssine, M., Chaouch, A., Oubihi, A., E, H., Hartiti, Rhaim, N., & Talbi, F. Z. (2020). Chemical Composition and Antimicrobial Activities of the Oil Essential Oil of *Mentha Rotundifolia*. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(8). <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS080261>
- Serra, A. T., Matias, A. A., Nunes, A. V. M., Leitão, M. C., Brito, D., Bronze, R., Silva, S., Pires, A., Crespo, M. T., Romão, M. V. S., & Duarte, C. M. (2008). In vitro evaluation of olive- and grape-based natural extracts as potential preservatives for food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(9), 311-319. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.07.011>

- Sies, H. (2020). Oxidative Stress : Concept and Some Practical Aspects. *Antioxidants*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/antiox9090852>
- Slimani, C., SQALLI, H., RAIS, C., Farah, A., Lazraq, A., GHADRAOUI, L., Belmalha, S., & ECHCHGADDA, G. (2022). Chemical composition and evaluation of biological effects of essential oil and aqueous extract of *Lavandula angustifolia* L. *Notulae Scientia Biologicae*, 14, 11172. <https://doi.org/10.15835/nsb14111172>
- Tallarida, R. J. (2012). Revisiting the isobole and related quantitative methods for assessing drug synergism. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 342(1), 2-8. <https://doi.org/10.1124/jpet.112.193474>
- Trivellini, A., Lucchesini, M., Maggini, R., Mosadegh, H., Villamarin, T. S. S., Vernieri, P., Mensuali-Sodi, A., & Pardossi, A. (2016). *Lamiaceae* phenols as multifaceted compounds : Bioactivity, industrial prospects and role of “positive-stress”. *Industrial Crops and Products*, 83, 241-254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.039>
- Vona, R., Pallotta, L., Cappelletti, M., Severi, C., & Matarrese, P. (2021). The Impact of Oxidative Stress in Human Pathology : Focus on Gastrointestinal Disorders. *Antioxidants*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/antiox10020201>
- Węglarz, Z., Kosakowska, O., Przybył, Jarosław. L., Pióro-Jabrucka, E., & Bączek, K. (2020). The Quality of Greek Oregano (*O. vulgare* L. subsp. *Hirtum* (Link) Ietswaart) and Common Oregano (*O. vulgare* L. subsp. *Vulgare*) Cultivated in the Temperate Climate of Central Europe. *Foods*, 9(11), 1671. <https://doi.org/10.3390/foods9111671>
- Winefield, C., Davies, K., & Gould, K. (2009). *Anthocyanins : Biosynthesis, Functions, and Applications*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77335-3>
- Yang, J., & Liu, R.-H. (2009). Synergistic Effect of Apple Extracts and Quercetin 3-beta-D-Glucoside Combination on Antiproliferative Activity in MCF-7 Human Breast Cancer

- Cells in Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry - J AGR FOOD CHEM*, 57, 8581-8586. <https://doi.org/10.1021/jf8039796>
- Zehiroglu, C., & Ozturk Sarikaya, S. B. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4757-4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>
- Zhumaliyeva, G., Zhussupova, A., Zhusupova, G. E., Błońska-Sikora, E., Cerreto, A., Omirbekova, N., Zhunusbayeva, Z., Gemejiyeva, N., Ramazanova, M., Wrzosek, M., & Ross, S. A. (2023). Natural Compounds of *Salvia L.* Genus and Molecular Mechanism of Their Biological Activity. *Biomedicines*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11123151>
- Zollman, C., & Vickers, A. (1999). What is complementary medicine? *BMJ*, 319(7211), 693-696. <https://doi.org/10.1136/bmj.319.7211.693>

Résumé

L'objectif de notre travail a été d'évaluer l'activité antioxydants des plantes médicinales de la famille des lamiacées : *Origanum vulgare*, *Lavandula angustifolia*, *Salvia officinalis*, *Mentha rotundifolia* et des huiles essentielles de *Thymus algeriensis*, *Salvia rosmarinus*, *Eucalyptus polybractea*, *Pistacia lentiscus*.

Le dosage des polyphénols total a été déterminé par la méthode de folin-Ciocalteu, les résultats ont montré que l'extrait de *Salvia officinalis* et l'huile essentielle de *Salvia rosmarinus*, sont les plus riches en polyphénols.

L'activité antioxydants a été étudiée par la méthode de réduction du radical libre DPPH, les résultats ont montré une activité antioxydants importante aussi bien pour les huiles essentielles que pour les extraits éthanoliques des plantes.

Plusieurs combinaisons ont été réalisées entre les extraits éthanoliques et les huiles essentielles afin de déterminer les différents types d'interaction, existant entre les substances combinées. Les résultats ont été représentés sous forme d'isobogrammes. La plupart des effets obtenus ont révélé des interactions additive ou synergique. Une seule interaction antagoniste a été observée.

Ces résultats sont intéressants et prometteurs car les interactions synergiques et additives sont les plus recherchées en thérapeutique.

Mots clés : Huile essentielle, Extrait éthanolique, Activité antioxydants, Combinaisons.

Summary

The objective of our work was to evaluate the antioxidant activity of medicinal plants of the Lamiaceae family: *Origanum vulgare*, *Lavandula angustifolia*, *Salvia officinalis*, *Mentha rotundifolia* and essential oils of *Thymus algeriensis*, *Salvia rosmarinus*, *Eucalyptus polybractea*, *Pistacia lentiscus*.

The total polyphenol dosage was determined by the folin-Ciocalteu method, the results showed that the extract of *Salvia officinalis* and the essential oil of *Salvia rosmarinus*, are the richest in polyphenols.

The antioxidant activity was studied by the method of reduction of the free radical DPPH, the results showed an important antioxidant activity both for essential oils and for the ethanolic extracts of plants.

Several combinations have been carried out between the ethanolic extracts and the essential oils in order to determine the different types of interaction existing between the combined substances. The results were represented in the form of isobograms. Most of the effects obtained revealed additive or synergistic interactions. Only one antagonistic interaction was observed.

These results are interesting and promising because synergistic and additive interactions are the most sought after in therapeutics.

Key words : Essential oil, Ethanol extract, Antioxidant activity, Combinations.

ملخص:

كان الهدف من عملنا هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة للنباتات الطبية لعائلة لامياسيا: أوريجانوم فولغار ، لافاندولا أنجستيفوليا ، سالفيا أوفيسيناليس ، مينثا روتونديفوليا والزيت الأساسية من الغدة الصعترية الجزائرية ، سالفيا روزمارينوس ، أوكالبتوس بوليبراسيا ، فستاسيا لينتيسكوس.

تم تحديد الجرعة الكلية للبوليفينول بواسطة طريقة folin-Ciocalteu ، وأظهرت النتائج أن مستخلص سالفيا أوفيسيناليس والزيت العطري من سالفيا روزمارينوس ، هما الأغنى بالبوليفينول

تمت دراسة النشاط المضاد للأكسدة من خلال طريقة الحد من DPPH الجذور الحرة، وأظهرت النتائج نشاط مضادات الأكسدة الهامة على حد سواء للزيوت الأساسية ومستخلصات إيثانوليك من النباتات.

تم إجراء عدة مجموعات بين المستخلصات الإيثانولية والزيوت الأساسية من أجل تحديد الأنواع المختلفة للتفاعل الموجود بين المواد المركبة. تم تمثيل النتائج في شكل متساوي الأبعاد. كشفت معظم التأثيرات التي تم الحصول عليها عن تفاعلات مضافة أو تآزرية. لوحظ تفاعل عدائي واحد فقط.

هذه النتائج مثيرة للاهتمام وواعدة لأن التفاعلات التآزرية والإضافية هي الأكثر طلبا في العلاجات.

الكلمات المفتاحية: زيت عطري، مستخلص إيثانول، نشاط مضاد للأكسدة، تركيبات.