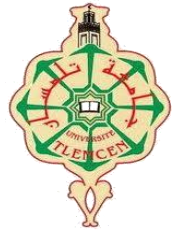




République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Aboubekr Belkaïd-Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences
de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Option :

Biochimie appliquée

Thème :

Activité antioxydante de quelques plantes médicinales dans la région de Tlemcen

Présenté par : Mlle Benabdallah Sara
Mlle Hassi Asmaa

Soutenu le : 01 /07/2022

Devant le jury composé de :

Mlle Benariba Nabila	MCA	Présidente
Mlle Mezouar Dounia	MCA	Examinatrice
Mme Merghache-Bouhafsi D.	MCA	Promotrice

Année universitaire : 2022 – 2023

Remerciements

Avant tout propos, nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la capacité et la volonté jusqu'au bout pour réaliser ce travail.

Nous remercions notre encadreur **Mme Merghache Djamila**, Maître de Conférences classe A au département de biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté de nous encadrer et pour sa disponibilité, responsabilité, ses conseils, ses remarques et les suggestions, qui nous a fait pour compléter ce travail.

Nous remercions, **Mlle Benariba Nabila**, Maître de Conférences classe A au département de biologie, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

Nous remercions également, **Mlle Mezouar Dounia**, Maître de conférences classe A au département de biologie, université Aboubekr Belkaid Tlemcen, faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Un grand merci particulier à nos collègues et nos amies pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble, nous les remercions pour leur confiance, leur disponibilité et leur fidélité.

Enfin, nous tenons à remercier nos familles pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

*À mes chers parents ma mère et mon père
Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs
encouragements.*

*À mes frères : Walid, Mohamed, Younes
Et à ma sœur Imen.*

À mes amies et mes camarades.

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du
Moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.*

Benabdallah Sara

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de ma chère maman qui nous a quittés très tôt et qui est toujours présente dans nos cœurs. Je ne t'oublierai jamais, je t'aime infiniment.

À mon très cher père qui m'a soutenu dans la vie et pour tous ces encouragements.

À mes sœurs : Soundousse, Aicha , Chaima , Romaiassa.

À mes grands-parents, mes oncles, mes tantes.

À mes amies, à toi Rahil ma meilleure pour toujours.

À tous ceux qui m'ont soutenu, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Hassi Asmaa

Résumé :

Cette étude a porté sur une étude bibliographique concernant l'activité antioxydante des extraits des graines d'*Opuntia ficus-indica*, des bourgeons de *Populus nigra*, des racines et des parties aériennes de *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* et des feuilles de *Satureja calamintha ssp. Nepet*.

Les différentes parties des espèces végétales étudiées ont fait l'objet de criblage phytochimique pour déterminer le taux de composés phénoliques et d'évaluée l'activité antioxydante des extraits végétaux obtenus des quatre espèces par plusieurs techniques, à savoir la méthode du piégeage du radical libre DPPH, le pouvoir de réduction du fer (FRAP) et la méthode du β -carotène.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait de tanin, obtenu des graines d'*Opuntia ficus-indica*, exerce l'activité antioxydante la plus puissante de tous les extraits étudiés ($IC_{50} = 0,01 \pm 0,008$ mg/mL). Ensuite, l'extrait hydroalcoolique des bourgeons de *Populus nigra* a révélé une activité remarquable avec une IC_{50} de 0,220 mg/ml. Les résultats de l'activité antioxydante de la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne de *Thymus ciliatus ssp coloratus* montre une capacité de piégeage du radical libre DPPH, avec une IC_{50} de 0,85 mg/mL. En plus, les extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepet* sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, leur EC_{50} respective est de 1,876 mg/ml et 2,075 mg/ml.

Mots clés : Activité antioxydante, composés phénoliques, *Opuntia ficus-indica*, *Populus nigra*, *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*, *Satureja calamintha ssp. Nepet*.

Abstract:

This study focused on the antioxidant activity of extracts from *Opuntia ficus-indica* seeds, *Populus nigra* buds, roots and aerial parts of *Thymus Ciliatus* ssp. *Coloratus* and *Satureja calamintha* ssp. *Nepet* leaves.

The different parts of the studied plant species were phytochemically screened to determine the phenolic compounds content, in a first step. Subsequently, evaluated the antioxidant activity of the plant extracts obtained from the four species by several techniques, namely the DPPH free radical scavenging method, the iron reducing power (FRAP) and the β -carotene method.

The results obtained show that the tannin extract, obtained from the seeds of *Opuntia ficus-indica*, exerts the most potent antioxidant activity of all the extracts studied ($IC_{50} = 0.01 \pm 0.008$ mg/mL). Then, the hydroalcoholic extract of *Populus nigra* buds revealed a remarkable activity with an IC_{50} of 0.220 mg/mL. The results of antioxidant activity of ethyl acetate fraction of *Thymus ciliatus* ssp *coloratus* aerial part shows DPPH free radical scavenging capacity with IC_{50} of 0.85 mg/mL. In addition, the aqueous and methanolic extracts of *Satureja calamintha* ssp. *Nepet* have moderate antioxidant capacity, their respective EC_{50} is 1.876 mg/mL and 2.075 mg/mL.

Keywords: Antioxidant activity, phenolic compounds, *Opuntia ficus-indica*, *Populus nigra*, *Thymus ciliatus* ssp *coloratus*, *Satureja calamintha* ssp. *Nepet*.

الملخص:

ركزت هذه الدراسة على النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات بذور *Populus* و براعم *Opuntia ficus-indica* و الجذور والأجزاء الهوائية من *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* وأوراق *Satureja calamintha ssp.*

خضعت الأجزاء المختلفة من الأنواع النباتية المدروسة للفحص الكيميائي النباتي لتحديد مستوى المركبات الفينولية في البداية. بعد ذلك ، تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات النباتية التي تم الحصول عليها من الأنواع الأربعة من خلال عدة تقنيات ، وهي طريقة تثبيط الجذور الحرة DPPH ، وقوة ارجاع الحديد FRAP و طريقة بيتا كاروتين. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مستخلص التانين المأخوذ من بذور *Opuntia ficus-indica* يمارس أقوى نشاط مضاد للأكسدة من بين جميع المستخلصات المدروسة ($IC_{50} = 0.01 \pm 0.008$ مجم / مل). بعد ذلك ، أظهر المستخلص المائي الكحولي لبراعم *Populus nigra* نشاطاً ملحوظاً مع تركيز IC_{50} بمقدار 0.220 مجم / مل. تُظهر نتائج النشاط المضاد للأكسدة لجزء أسيتات الإيثيل في الجزء الهوائي لبراعم *Thymus ciliatus ssp coloratus* قدرة مسح الجذور الحرة DPPH مع IC_{50} بمقدار 0.85 مجم / مل. بالإضافة إلى ذلك ، المستخلصات المائية والميثانية من *Satureja calamintha ssp nepet* لها قوة معتدلة من مضادات الأكسدة ، التركيز الفعال EC_{50} لكل منها هو 1.876 مجم / مل و 2.075 مجم / مل.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للأكسدة، المركبات الفينولية، *Populus nigra* ، *Opuntia ficus-indica* ، *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* ، *Satureja calamintha ssp. Nepet*

Liste des abréviations

ABTS: Méthode Acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique

β –carotène : Test de blanchiment bêta-carotène

BHA : Butylhydroxyanisol

CAT : Catalase

DPPH: Méthode 2,2-DiPhényl-1-PicrylHydrazyle

EAG/g : Equivalent acide gallique

EC/g: Equivalent catéchine

EC₅₀: Concentration efficace

ERO : Espèces radicalaires de l'oxygène

FRAP: Method Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter

Fe²⁺: Ion ferreux

GPX : Glutathion peroxydase

GSH : Glutathion

GSSG: Glutathion disulfure

GR: Glutathion réductase

H₂O₂: Peroxyde d'hydrogène

IC₅₀: Concentration inhibitrice à 50%

OH : Hydroxyde

O₂⁻: Superoxyde

ORAC: Méthode Oxygène Radical Absorbance Capacity

OFIS : *opuntia ficus- indica*

SOD : Superoxyde dismutase

TRAP: Méthode Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter

Liste des figures

Figure N° 01 : Les réactions d'élimination des radicaux libres par voie enzymatique

Figure N° 02 : Mécanisme de réduction du radical libre DPPH par un antioxydant

Figure N° 03 : Mécanisme de réaction du pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP)

Figure N° 04 : Mécanisme de réaction du test de blanchiment du β -carotène

Figure N° 05 : Les fruits d'*Opuntia ficus-indica*

Figure N°06 : *Thymus ciliatus ssp coloratus*

Figure N°07 : Les feuilles de *Populus nigra*

Figure N°08 : Les feuilles et les fleurs de *Satureja calamintha ssp.Nepet*

Sommaire

Introduction.....	1
Synthèse bibliographique	
I. Activité antioxydant :.....	3
I.1. le stress oxydatif.....	3
I.2. Les radicaux libres.....	3
I.3. Les Antioxydants.....	5
I.4. Classification des antioxydants	5
I.4.1. Antioxydants endogènes.....	5
I.4.2. Antioxydants exogènes	6
II. les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydants.....	7
II.1. Évaluation de l'activité antioxydants par le test DPPH.....	7
II.2. Évaluation de l'activité antioxydants par le test FRAP.....	9
II.3. Évaluation de l'activité antioxydants par le test de blanchiment β carotène	10
III. Plantes médicinales.....	11
III.2. Les plantes médicinales dans la région de Tlemcen.....	12
Synthèse des travaux scientifiques	
1. <i>Opuntia ficus indica</i>	13
2. <i>Thymus ciliates ssp coloratus</i>	14
3. <i>Populus nigra</i>	16
4. <i>Satureja calamintha ssp Nepeta</i>	18
Discussion.....	20
Conclusion.....	22
Références bibliographiques	24

Introduction

Introduction :

Grâce à sa situation géographique particulière, l'Algérie bénéficie d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une flore riche et diversifiée (**Ghezlaoui et coll., 2017**).

La région de Tlemcen est l'un des paysages d'Afrique du nord qui s'étend du littoral jusqu'à la steppe. Elle présente une énorme diversité végétale, notamment liée avec le climat particulièrement variable (**Babali et Bouazza, 2018**).

On trouve plusieurs espèces aromatiques tels que : le romarin, le thym, le marrubium et les feuilles de sauge (**Damerdji, 2012**).

Les plantes ont toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme, au travers des âges, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base : nourriture, abris, vêtements (**Gurib-Fakim, 2006**). Le monde des végétaux est plein de ressources et de vertus d'où l'homme puise non seulement sa nourriture mais aussi des substances actives qui procurent souvent un bienfait à son organisme parfois affecté de troubles insidieux (**Baba-Aissa, 2000**). L'utilisation thérapeutique des extraordinaires vertus des plantes pour le traitement de toutes les maladies de l'homme est très ancienne et évolue avec l'histoire de l'humanité (**Gurib-Fakim, 2006**).

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Maurice, 1997**). Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie; Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes (**Bahorun et al., 1996**).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, on trouve assez des espèces de la famille des Asclepiadeaceae qui sont également largement distribuées dans les régions méditerranéennes, parmi les espèces de cette famille, *Pergularia tomentosa* est une plante utilisée en médecine traditionnelle contre les dermatoses et les angines (**Ould El Hadj et al., 2003**), les spasmes et les diarrhées (**Al-Qura'n, 2005**) ainsi que le diabète (**Kemas-si et al., 2014**).

Le stress oxydant est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications, la plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge car le vieillissement diminue les défenses antioxydantes augmente la multiplication mitochondriale de radicaux (**Girodon et al.,2010**). Parmi les activités biologiques des plantes médicinales, ces dernières années l'attention s'est portée sur l'activité antioxydante en raison du rôle qu'elle joue dans la prévention des maladies chroniques telles que les pathologies du coeur, le cancer, le diabète, l'hypertension, et la maladie d'alzheimer en combattant le stress oxydant (**Meddour et al., 2013**).

Dans le présent travail, on propose de citer quelques travaux effectués sur la composition chimique de certaines espèces endémiques de la région de Tlemcen et de faire une synthèse sur les principaux résultats obtenus sur leurs activités antioxydantes, à savoir *Opuntia ficus-indica*, *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*, *Populus nigra* et *Satureja calamintha ssp.Nepet*.

Pour répondre à l'objectif fixé de ce travail, nous l'avons mené comme suit :

- ❖ Une étude bibliographique portant sur les différentes connaissances et conceptions sur les plantes médicinales et les antioxydants ;
- ❖ Une synthèse de quelques travaux scientifiques effectués sur le pouvoir antioxydant de certaines espèces endémiques de Tlemcen par différentes méthodes spectrométriques ;
- ❖ Une discussion générale sur l'activité antioxydante des quatre espèces végétales choisis pour cette étude.

Synthèse bibliographique

I. Activité antioxydante :

L'activité antioxydante est la capacité à piéger les radicaux libres, comme les radicaux hydroxyles (OH) et superoxydes (O_2) (**Saykova, 2009**).

I.1. Stress oxydatif :

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre la production d'espèces radicalaires de l'oxygène (ERO) et les défenses antioxydantes de l'organisme. Dans des conditions normales, les ERO sont produites en faible quantité et agissent comme un messager secondaire (**Beaudeau et coll., 2011**).

Ce phénomène peut être une cause primordiale de quelques pathologies sérieuses telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires, les maladies dégénératives ainsi que le vieillissement prématuré. Une des principales fonctions déclenchées par le stress oxydatif est la mort cellulaire programmée ou l'apoptose (**Belaïch et coll., 2016**).

I.2. Les radicaux libres :

Un radical libre est une substance chimique instable qui possède un électron non appariés sur leur orbitale externe. Il s'agit d'espèces chimiques très réactives qui cherchent dans leurs environnements un électron pour s'apparier formant une liaison chimique (**Ahmadinejad et coll., 2017**).

Les radicaux libres sont électriquement neutres ou chargés (ioniques) et comprennent dans les milieux biologiques l'atome d'hydrogène, le radical hydroxyle, l'anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée), etc. Ils proviennent de l'action de rayonnements producteurs d'énergie (lumière, rayons X) et de réactions biochimiques sur l'oxygène. Ils seraient très toxiques pour les cellules s'il n'existait des substances chargées de les neutraliser (catalase, glutathion, etc.) (**Barati et coll., 2006**).

I.2.1. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

L'appellation « dérivés réactifs de l'oxygène » n'est pas restrictive. Elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit (radical superoxyde (O_2), radical hydroxyle (OH), monoxyde d'azote (NO) et certains dérivées oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante (peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)). Ce déséquilibre n'est que transitoire et est comblé soit par l'acceptation d'un autre électron soit par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule. La

probabilité entre ces deux possibilités dépend essentiellement de l'instabilité du radical libre considéré. Si cette instabilité est modérée, la probabilité d'accepter un second électron est grande et, dans ce cas, le radical libre ne présente qu'une étape transitoire dans une réaction d'oxydoréduction classique. L'oxygène est indispensable au fonctionnement cellulaire mais est la source d'espèces réactives qui peuvent oxyder des macromolécules telles que l'ADN, les protéines et les lipides. Cependant, ces espèces réactives sont également des produits essentiels au fonctionnement cellulaire.

I.2.2. Production endogène des radicaux libres

➤ Le radical anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$

L'anion superoxyde est formé par la réduction monoélectronique de l'oxygène. Dans la cellule, le superoxyde est produit majoritairement au niveau de la chaîne respiratoire, chez les bactéries (**Messner et coll., 1999**) comme chez les organismes supérieurs (**Babcock, 1999**). Plusieurs éléments de la chaîne respiratoire peuvent laisser échapper des électrons qui vont réduire partiellement l'oxygène et produire du superoxyde. Il s'agit notamment des cytochromes de types b et du coenzyme Q (**Messner et coll., 1999**).

➤ Le peroxyde d'hydrogène H_2O_2

Le peroxyde d'hydrogène est formé par la réduction à deux électrons de l'oxygène. Il est formé essentiellement par dismutation du superoxyde, réaction qui peut être Introduction générale - 9 - catalysée par des ions métalliques ou par les superoxydes dismutases (SOD) [(**McCord et coll., 1969** ; **Fridovich, 1986**)]. H_2O_2 peut être aussi directement produit au niveau de la chaîne respiratoire, essentiellement par autooxydation de la NADH déhydrogénase II [(**Gonzalez-Flecha et coll., 1995** ; **Messner et coll., 1999**)].

➤ Le radical hydroxyle HO

$HO\cdot$ est donc généré essentiellement à partir de H_2O_2 via la réaction de Fenton (**Wink et coll., 1994**). Cependant, les rayonnements UV (rupture homolytique de H_2O_2), les ultrasons (cassures des liaisons de l'eau) et les radiations ionisantes (radiolyse de l'eau) sont également capables de générer $HO\cdot$ (**Von Sonntag, 2008**).

I.3. Les Antioxydants:

Les antioxydants sont des substances naturellement présentes dans de nombreux aliments ou dans le corps humain, et qui ont pour fonction d'inhiber ou de retarder l'oxydation d'une molécule cible (**Shahidi et coll., 2015**).

I.4. Classification des antioxydants :

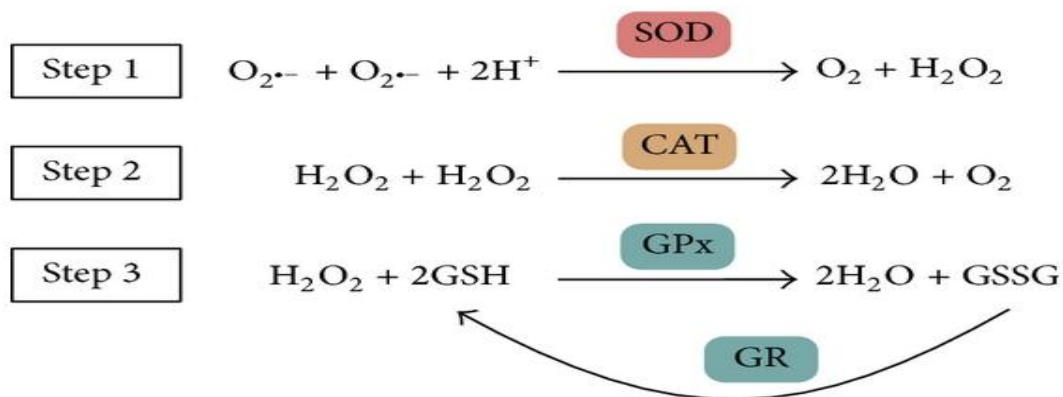
Au niveau des cellules, on distingue deux lignes de défense inégalement puissantes pour détoxifier la cellule : les antioxydants endogènes et les antioxydants exogènes.

I.4.1. Antioxydants endogènes (enzymatique) :

L'organisme humain possède un système enzymatique, constitué principalement de trois enzymes: la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion

peroxydase (GPx).

Ces enzymes antioxydantes permettent l'élimination des radicaux libres primaires, selon les réactions suivantes (figure N° 01) :



GSH : glutathion.

GSSG : glutathion disulfure.

GR : glutathion réductase.

Figure N° 01 : les réactions d'élimination des radicaux libres par voie enzymatique
(Cheng et coll., 2014).

a) Superoxyde dismutase (SOD) : c'est une enzyme produite par les cellules des organismes vivants. Elle catalyse la conversion du superoxyde en oxygène et en peroxyde d'hydrogène.

L'activité enzymatique de la SOD a un rôle important dans le système de défense de l'organisme (figure N°01, étape 1) (Ying et coll., 2018) .

b) Catalase (CAT) : C'est une enzyme tétramérique qui se trouve dans la plupart des organismes aérobies, et qui catalyse le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et en oxygène(figure N°01, étape 2) [(Lobo, 2010) ;(Rani, 2015)].

c) Glutathion peroxydase (GPx) : C'est une enzyme qui se présente sous deux formes : sélénium dépendante et sélénium indépendante et qui contient plusieurs sous-unités et sites actifs (Alejandro, 2016).

I.4.2. Antioxydants exogènes :

Il s'agit de molécules proviennent de l'alimentation, à savoir les vitamines A, C, E et

des polyphénols, des flavonoïdes, ainsi que les composés synthétiques, comme le butylhydroxyanisole, le butylhydroxytoluène (**Litescu et coll., 2011**).

➤ **L'acide ascorbique (vitamine C)**

L'acide ascorbique est une vitamine hydrosoluble connue par ses propriétés réductrices et pour son utilisation à grande échelle en tant qu'agent antioxydant dans les aliments et les boissons; il est également important à des fins thérapeutiques. L'acide ascorbique joue un rôle important dans l'activation de la réponse immunitaire, dans la cicatrisation, l'absorption du fer, la biosynthèse du collagène, la prévention de la coagulation des vaisseaux sanguins et beaucoup d'autres processus métaboliques (**Kamiloglu et coll., 2016**).

➤ **La vitamine E ou α -tocophérol**

La vitamine E est un antioxydant liposoluble protecteur des structures membranaires et des lipoprotéines. Elle se localise entre les chaînes d'acides gras des phospholipides qui constituent les membranes et les lipoprotéines (**Pisoschi et coll., 2015**).

II. Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydantes :

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer, *in vivo* et *in vitro*, l'activité antioxydante des molécules. Il s'agit, notamment, du piégeage de radicaux libres, comme la méthode Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), la méthode Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter (FRAP) ; Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter (TRAP) ou la méthode d'acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS•); ainsi que la méthode utilisant le radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH•) (**Saykova et coll., 2009**).

II.1. Évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazil) :

Le DPPH c'est un radical libre stable violet en solution, ayant une absorbance caractéristique dans l'intervalle de 512 et 517 nm . Cette couleur disparaît rapidement lorsque qu'il est réduit en diphenylpicryl hydrazine ayant une couleur jaune (figure N°02) (**Hara et coll., 2018**).

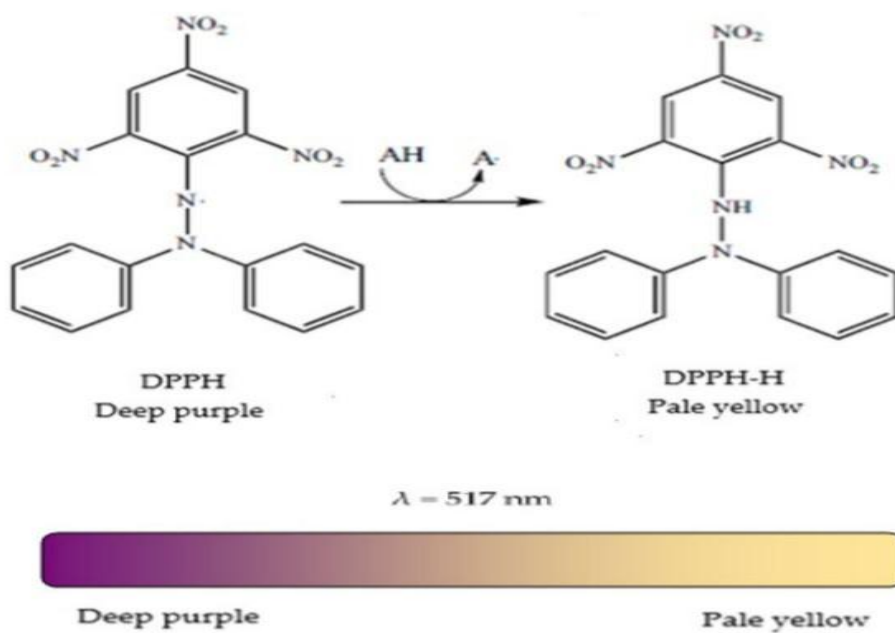


Figure N° 02 : Mécanisme de réduction du radical libre DPPH par un antioxydant (Sadeer et coll., 2020).

II.2. Évaluation de l'activité antioxydante par le test FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter) :

Le FRAP est un test rapide, peu coûteux avec une préparation simple des réactifs, les résultats obtenus sont hautement reproductibles. À faible pH, lorsque le complexe de fer est réduit à la forme ferreux (Fe^{2+}), une couleur bleue intense se développe avec une absorption maximal à 593 nm (figure N° 03) [(Pellegrini et coll., 2003) ; (Li et coll., 2017)].

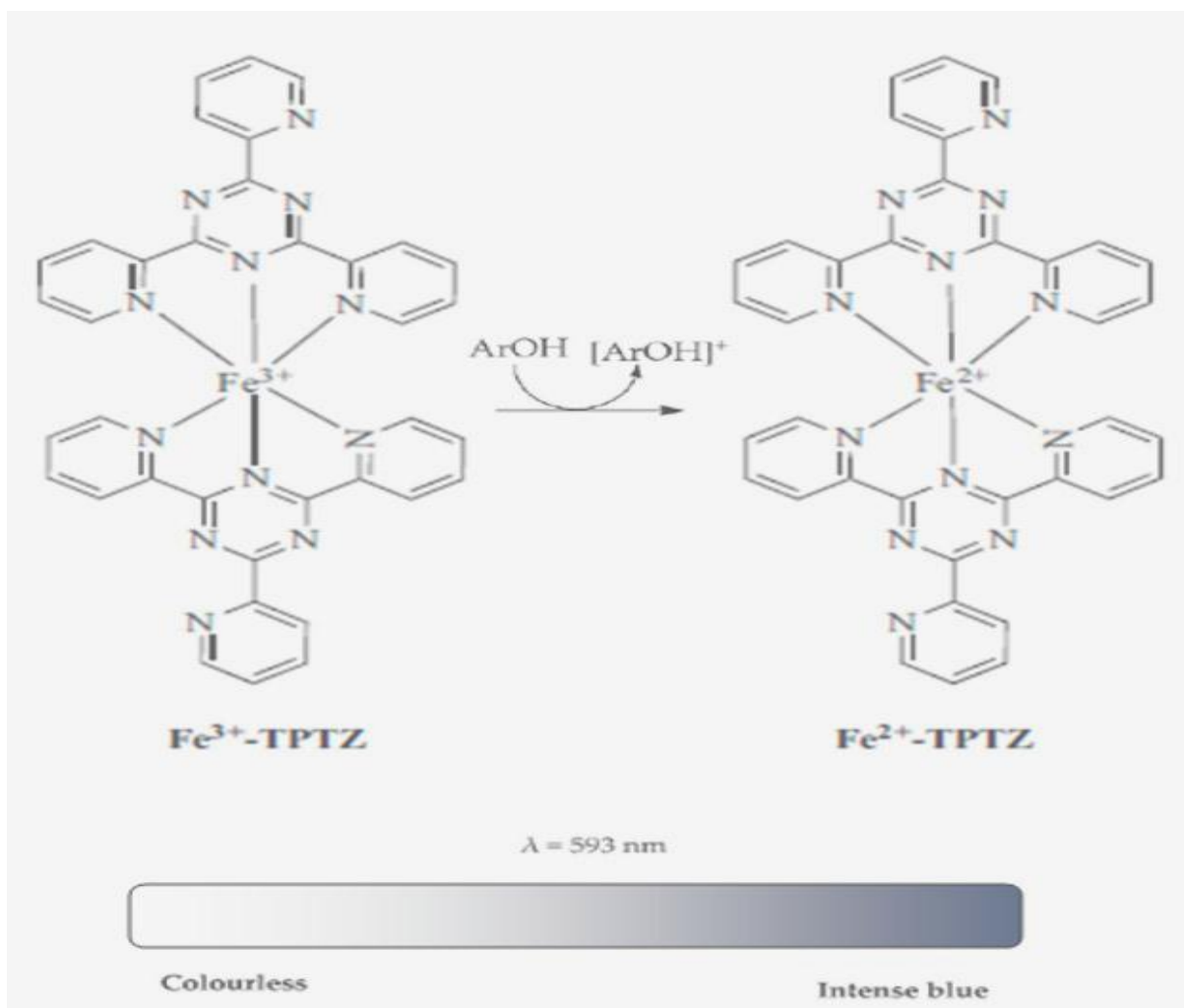


Figure N° 03 : Mécanisme de réaction du pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP) (Sadeer et coll., 2009).

II.3. Évaluation de l'activité antioxydants par le test de blanchiment β carotène

Les caroténoïdes sont des pigments responsable de la coloration (orange, jaune et rouge) des fruits des feuilles et des fleurs [(Fraser et coll., 2004) ; (Saini et coll., 2015)]. Ce sont des isopréoiindes de C40 appartient à la famille des tétra terpènes [(Tapiero et coll., 2004) ; (Namitha et coll., 2010)]. Ces derniers sont divisés en deux classes: la pro-vitamine A (par exemple, le β -carotène, l' α -carotène et la β -cryptoxanthine) et les composés non pro-vitamine A (Stahl et coll., 2003).

En l'absence d'un antioxydant, le modèle β -carotène subit une décoloration rapide, ce qui entraîne une réduction de l'absorbance de la solution d'essai avec le temps de réaction. La présence d'un antioxydant évite la destruction du système conjugué β -carotène et la couleur orange est maintenue (Figure N°04) (Akanbi et coll., 2018).

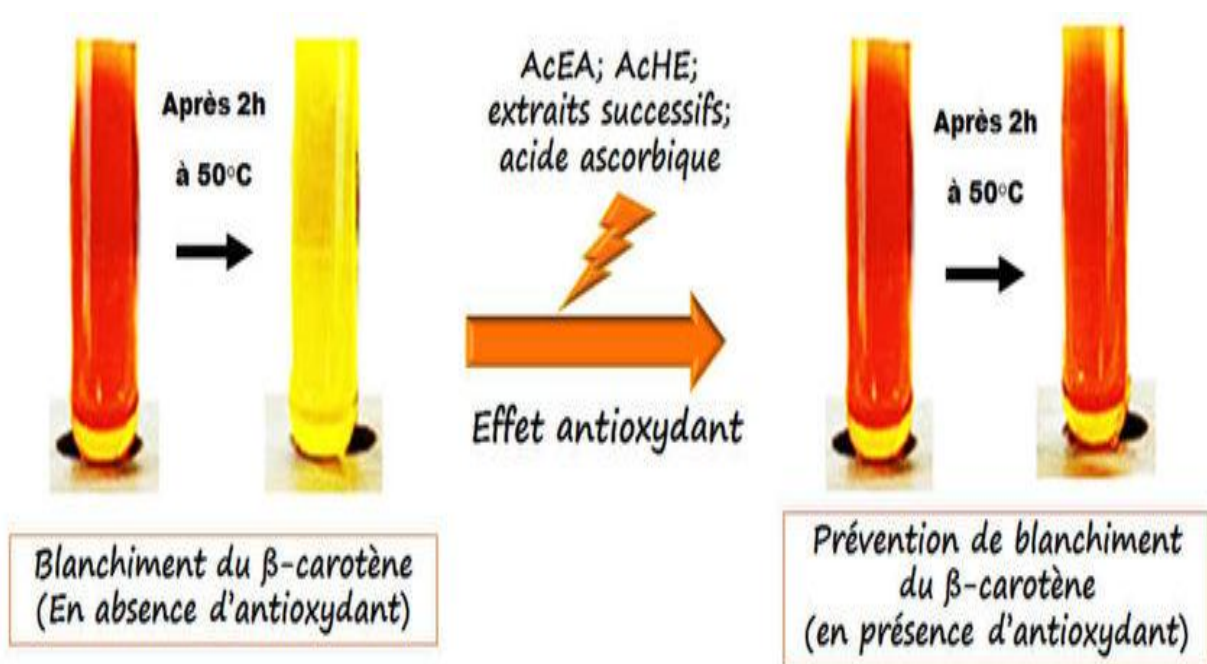


Figure N°04 : Mécanisme de réaction du test de blanchiment du β -carotène
(Dib ,2017)

III. Les plantes médicinales :

Les plantes médicinales possèdent des propriétés thérapeutiques et exercent un effet pharmacologique bénéfique pour la santé humaine. Elles sont rarement utilisées à l'état frais donc, doivent être conservées dans des bonnes conditions. Un certain nombre de plantes sont utilisées sous plusieurs formes : décoction, macération et infusions mais la plupart d'entre elles sont essentielles pour la synthèse des produits pharmaceutiques. La valeur des plantes médicinales dépend de leur richesse en un ou plusieurs principes actifs (**Dillemann, 2014**). Ces derniers sont des substances chimiques naturellement contenues dans toutes les parties de la plante. Ils présentent une activité thérapeutique curative ou préventive pour l'homme ou l'animale (**Herbinet, 2004**). Ils se divisent en deux groupes : les métabolites primaires qui sont des produits issus directement lors de la photosynthèse tels que les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques (**Hopkins, 2003**), et les métabolites secondaires qui sont classés en trois grands groupes: les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes (**Lucienne 2010**).

Les alcaloïdes : sont des molécules renferment un atome d'azote dans la structure. Ils sont synthétisés à partir d'acides aminés. On citera la nicotine, l'atropine, la codéine et la lupinine.

Les terpènes : sont des dérivés de l'isoprène (C_5H_8) et ont pour formule de base des multiples de celle-ci $(C_5H_8)_n$. En fonction du nombre n , on peut distinguer les monoterpènes ($n = 2$), les sesquiterpènes ($n = 3$), les diterpènes ($n = 4$), les sesterpènes ($n = 5$), les triterpènes ($n = 6$) et les tétraterpènes ($n = 8$). Parmi les terpènes les plus importants, on trouve: l' α -pinène, le β pinène, le δ -3-carène, le limonène, le carotène.

Les composés phénoliques : regroupent plusieurs classes chimiques qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH). Il existe de nombreuses classes de ces composés : acides phénols, flavonoïdes, coumarines et tanins. Ces structures peuvent également être acylées, glycosylées, ce qui donne une grande variété de structures.

D'un point de vue biosynthèse, les composés phénoliques peuvent être engendrés par deux voies métaboliques : la voie du shikimate, la plus courante, qui conduit entre autre à la formation des acides phénoliques, des flavonoïdes et des lignanes; et la voie des polyacétates qui est à l'origine de composés polycycliques tels que les coumarines, les xanthones et les quinones (**Bruneton, 2009**).

III.1. Les plantes médicinales dans la région de Tlemcen

La région de Tlemcen est située dans le Nord-ouest algérien. Elle est reconnue par sa diversité et sa richesse en plantes médicinales et aromatiques, ainsi que leurs utilisations populaires (**Damerdji, 2012**). Il s'agit notamment d'*Urtica dioica* (connue par leur pouvoir antioxydant, antimicrobien et antiinflammatoire) (**Joshi et coll., 2016**), *Tetraclinis articulata* (activité antimicrobienne, antifongique et antioxydante) (**Zahir et coll., 2020**), *Salvia officinalis* (activité antioxydante et antibactérienne) (**Ghorbani et coll., 2017**) et *Rosmarinus officinalis* (activité antinfectieuse, anticancéreuse, antioxydante et antiinflammatoire) (**Kompelly et coll., 2019**).

C'est la raison pour laquelle, nous avons jugé intéressant de citer quelques travaux effectués sur certaines espèces endémiques de la région de Tlemcen et qui sont connues pour leur effet antioxydant. Pour cela, nous avons choisi quatre espèces de la région de Tlemcen, qui font l'objet de quelques travaux scientifiques, à savoir *Opuntia ficus-indica*, *Thymus Ciliatus* ssp. *Coloratus*, *Populus nigra* et *Satureja calamintha* ssp. *Nepet*.

Synthèse des travaux scientifiques

1. *Opuntia ficus-indica*

En 2021, Dib et son équipe ont édité une étude dans la revue *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* sous l'intitulé *Phytochemical screening and Antioxidant activity of Opuntia ficus-indica seeds from Algeria*. Le genre *Opuntia* contient environ 1500 espèces appartenant à la famille des cactaceae qui est très répandue en Mexique, au sud-ouest des États-Unis, en Afrique et dans certaines régions méditerranéennes, notamment l'Algérie.

Cette plante connue par ses fruits sucrés dont la partie comestible contient un nombre important de grains qui sont riches en acides gras polyinsaturés et en vitamine (figure N°05).



Figure N°05 : Les fruits d'*Opuntia ficus-indica*

(<https://cibercactus.com/fr/opuntia-ficus-indica/amp/>)

Les espèces d'*Opuntia* sont utilisées pour traiter des maladies chroniques telles que le diabète, le cancer et les maladies cardiovasculaires. Elles possèdent

aussi un large éventail d'activités biologiques, notamment des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-allergiques et anticancéreuses.

L'objectif principal de ce travail, c'est de déterminer le contenu phénolique des extraits hydro-méthanolique et d'éther di éthylique obtenus par macération des graines d'*Opuntia ficus-indica* (OFIS) et à évaluer leurs capacités antioxydantes par les méthodes DPPH, FRAP et le test de blanchiment du β -carotène. La détermination des teneurs totales en phénols, en tanins et en flavonoïdes sont réalisées par les méthodes spectrométriques de Folin-Ciocalteu, du poly-vinyl polypyrrolidone et du trichlorure d'aluminium, respectivement.

Les résultats obtenus ont montré que les graines sont riches en phénols, en flavonoïdes et en tanins, avec des proportions respectives de $38,99 \pm 0,10$ mg GAE/g MS, $31,58 \pm 2,00$ mg CE/g MS et $2,8 \pm 0,01$ mg CAE/g MS.

Par la suite, ces auteurs ont évalué l'activité antioxydante des différents extraits d'OFIS où ils ont utilisé l'acide ascorbique et le trolex comme des contrôles positifs.

Les résultats obtenus ont montré que tous les extraits obtenus de l'espèce OFIS exercent des activités antioxydantes plus puissantes par rapport aux antioxydants de référence. L'extrait des tanins est le plus actif avec une IC_{50} de $0,01 \pm 0,008$ mg/mL. Les extraits bruts, du n-butanol (pour les flavonoïdes) et d'acétate d'éthyle (pour les composés phénoliques totaux) présentent des IC_{50} de $0,06 \pm 0,004$, $0,09 \pm 0,008$ et $0,04 \pm 0,007$ mg/mL, respectivement. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles obtenues avec le trolex ($0,159 \pm 0,04$ mg/ml) et l'acide ascorbique ($IC_{50} = 0,18 \pm 0,08$ mg/ml).

Les résultats relatifs au test FRAP, montrent que l'extrait des tanins exerce la meilleure capacité de réduction du fer à une concentration de 5 mg/ml.

Les résultats obtenus par le test de blanchiment du β -carotène montrent que l'extrait de tanins a une forte activité antioxydante avec une IC_{50} de $0,46 \pm 0,04$ mg/mL. Cette valeur est plus proche à celle de l'acide gallique, témoin positif $0,43 \pm 0,008$ mg/mL mais inférieure à celle du trolex dont la IC_{50} est de $0,24 \pm 0,003$ mg/mL.

2. *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*

En 2013, **KHOLKHAL** et son équipe ont publié un article intitulé : Étude

Synthèse des travaux scientifiques

phytochimique et évaluation de l'activité anti-oxydante de *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* dans le journal *Afrique science*. Au sein duquel, ces auteurs ont présenté une description complète de cette espèce aromatique qui fait partie de la famille des Lamiacées. Il s'agit d'une plante qui pousse dans les régions méditerranéennes, ainsi que dans le nord algérien et connue sous le nom vernaculaire de Thym.

Cette espèce pousse à l'état spontané sous forme d'un sous-arbrisseau très ramifié et caractérisé par une hauteur de 40 centimètres. Les feuilles sont de petites tailles florales plus ou moins tachées de pourpre au moins à la base. Ces dernières sont opposées et peu dilatée, courtement pétiolées et sans stipules. La tige est généralement tétra-angulaire et ligneuse en sa partie inférieure (figure N°06)



Figure N°06 : *Thymus ciliatus ssp coloratus*

(<http://www.florabeilles.org/terme/thymus-ciliatus>)

L'objectif principal de ce travail, c'est de déterminer la composition chimique des extraits alcooliques obtenus par macérations des racines et de la partie aérienne de *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*, par les tests phytochimiques. L'étude phytochimique révèle la présence de métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins cathéchiques, les stéroïdes et les hétérosides. En effet, ces auteurs ont déterminé le contenu phénolique des extraits alcooliques des racines et de la partie aérienne.

Les résultats obtenus ont montré que la partie aérienne de *Thymus Ciliatus*

ssp. Coloratus renferme un taux de polyphénols et de flavonoïdes de 64,23 mg EAG/g et 298,2 mg EC/g, respectivement. Tandis que, les racines de cette même espèce contiennent un taux plus faible en polyphénols (16,36 mg EAG/mg) et en flavonoïdes (90,75 mg EC/g).

Par la suite, l'activité antioxydante des fractions d'acétate d'éthyle et du *n*-butanol, obtenues par fractionnement des extraits alcooliques des racines et de la partie aérienne de *Thymus ciliatus ssp coloratus*, est testée par la technique de réduction du fer « FRAP » (ferric reducing antioxydant power) et le test DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl).

Les résultats de l'activité antioxydante par la méthode DPPH, montrent que la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne de l'espèce étudiée est plus importante ($IC_{50}=0,85$ mg/mL) que celles obtenues pour les racines ($IC_{50}=4,5$ mg/ml) et aussi pour les antioxydants standards, l'acide ascorbique ($IC_{50}=1,12$ mg/ml) et le BHA ($IC_{50}=1,61$ mg/ml).

Thymus ciliatus ssp coloratus est considérée comme plante médicinale qui possède une activité antioxydante, riche en métabolites secondaires telles que les flavonoïdes et les polyphénols. Elle est utilisée en médecine traditionnelle comme antibactérienne, antivirale et antifongique.

3. *Populus nigra*

Selon **Merghache** et son équipe de recherche algérienne, *Populus nigra* est connu sous l'appellation du peuple en grec et black poplar en anglais. Cette espèce fait partie de la famille des Salicaceae, présente dans l'Afrique du Nord, en particulier dans le nord de l'Algérie et plus précisément à El kala, en Kabylie et à Tlemcen. Le peuplier noir peut vivre jusqu'à 150 ans, il est très exigeant en eau et en lumière (figure

N°07)

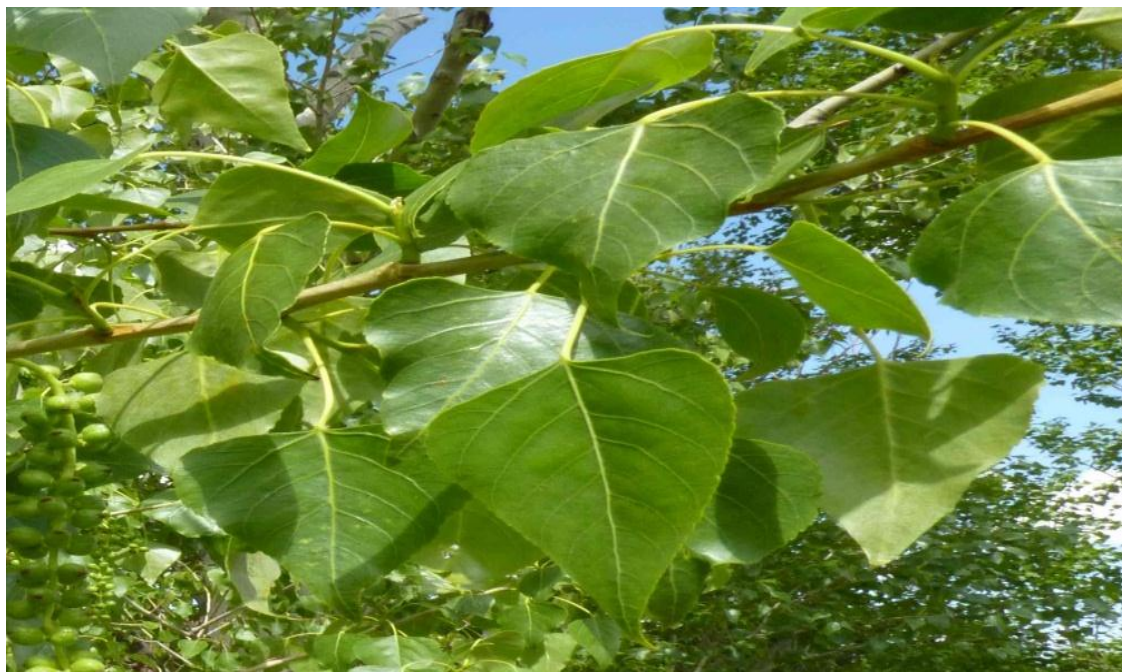


Figure N°07 : Les feuilles de *Populus nigra*

(<https://www.teline.fr/fr/photos/salicaceae/populus-nigra#photo-2>).

Il est à mentionner que, cette description est apportée par l'article intitulé : Antioxydant and antimicrobial activities of algerian *Populus nigra* L . Buds extracts, publié dans International Journal of Bioscience & Engineering (BIOEJ), en 2016.

L'objectif principal de ce travail, c'est de déterminer les principaux métabolites secondaires contenus dans l'extrait hydroalcoolique obtenus par macérations des bourgeons de *Populus nigra* L, et par la suite évaluer leur activité antioxydante en utilisant les méthodes DPPH et FRAP. Le criblage phytochimique a révélé la présence des tanins, des flavonoïdes, des coumarines, des alcaloïdes et des terpénoïdes. Les résultats de activité antioxydante testées par la méthode du piégeage du radical libre DPPH, montre que l'extrait hydroalcoolique a une activité remarquable avec une IC_{50} de 220 $\mu\text{g/ml}$, comparable à celle de BHA ($IC_{50}=230$ $\mu\text{g/ml}$) et de l'acide ascorbique ($IC_{50}=210$ $\mu\text{g/ml}$). En outre, les résultats obtenus par le test FRAP montre que l'extrait hydroalcoolique de cette plante dévoile une

capacité modérée à réduire le fer par rapport à l'acide ascorbique et le BHA.

4. *Satureja calamintha ssp.Nepet*

En 2012, **Bougandoura** et son équipe ont édité une étude dans la revue Nature & Technologie, sous l'intitulé : Évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp.Nepeta* (L.). Le genre *Satureja* appartenant à la famille des Lamiacées, connue dans les régions méditerranéennes (Algérie, Maroc, ...), Sud -ouest de l'Asie et d'Amérique.

Les auteurs de cet article ont énoncé que cette espèce est une plante vivace qui ne dépasse pas 40 cm d'hauteur. Il contient des feuilles opposées, légèrement dentées avec des tiges molles. La floraison s'effectue entre les mois de juillet et octobre et les fleurs sont de couleur rose ou violette (figure N°08).



Figure N°08 : Les feuilles et les fleurs de *Satureja calamintha ssp.Nepet* .

(<https://herb-healthy.web.app/2127-la-nepeta-benefits-detail-with-uhd-wallpaper.html>)

L'objectif principal de cet article est de déterminer la composition chimique des extraits méthanolique et aqueux en utilisant les méthodes colorimétriques (Folin-Ciocalteu et trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$)). Selon la méthode de Folin-Ciocalteu, l'extrait aqueux est le plus riche en phénols totaux avec un taux de $12,6 \pm 0,775$

Synthèse des travaux scientifiques

mgEAG/g) par rapport à l'extrait méthanolique qui renferme une quantité de $2,968 \pm 0,809$ mgEAG/g). Les résultats obtenus de la méthode du trichlorure d'aluminium montrent que l'extrait aqueux renferme la plus forte teneur en flavonoïdes ($3,131 \pm 0,154$ mg EC/g) par rapport à celle obtenus avec l'extrait méthanolique ($1,280 \pm 0,077$ mgEC/g).

Pour évaluer l'activité antioxydante du contenu de *Satureja calamintha ssp. Nepeta* deux méthodes sont utilisées: la technique de FRAP et du DPPH.

Les résultats enregistrés ont indiqué que les extraits aqueux et méthanoliques sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, leur EC50 respective est de 1,876 mg/ml et 2,075 mg/ml. Tandis que, l'acide ascorbique montre une valeur de l'ordre de 0,134 mg/ml.

D'autre part, à la concentration de 2,5 mg/ml, l'extrait méthanolique présente une capacité de réduction de fer remarquable par rapport à l'extrait aqueux.

Discussion

Discussion :

L'objectif de notre travail est de citer quelques études scientifiques effectuées sur la composition chimique de certaines espèces endémiques de la région de Tlemcen et de faire une synthèse sur les principaux résultats obtenus sur leurs activités antioxydantes, à savoir *Opuntia ficus-indica*, *Thymus Ciliatus ssp. coloratus*, *Populus nigra* et *Satureja calamintha ssp nepet*.

Durant cette étude, nous avons remarqué que l'extrait des graines d'*Opuntia ficus-indica* exerce une activité antioxydante remarquable. Cette constatation est en accord avec celles de **Cardador** et **Morales**, qui ont montré que les graines de cette espèce sont riches en polyphénols, flavonoïdes et tanins. En effet, ces auteurs ont révélé que les graine d'*Opuntia ficus-indica* renferment des concentrations élevées en contenue phénolique par rapport à la pulpe de cette espèce [(**Cardador et coll., 2011**) ; (**Morales et coll., 2012**)].

En 2017, **Franco** et ses collaborateurs ont montré que les extraits des graines de cette même espèce, contiennent diverses molécules bioactives, notamment, les tannins, les phénols, les flavonoïdes, Ces métabolites sont responsables de l'activité antioxydante constatée (**Franco et coll., 2017**).

Pour la seconde publication scientifique réalisée par **Merghache** et son équipe de recherche, nous avons constaté que l'extrait hydroalcoolique des bourgeons de *Populus nigra* exerce une bonne activité antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, avec une IC₅₀ comparables à celles des antioxydants de référence. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de **Jug** et ses collaborateurs. Ces derniers ont testé l'activité antioxydante de plusieurs échantillons de propolis obtenus des fleurs et des bourgeons du peuplier noir, par les méthodes DPPH, FRAP et le blanchiment du β-carotène. Ces chercheurs ont révélé que les IC₅₀ calculées varient de 29 à 114,4 µg/ml, en fonction des échantillons de propolis. De plus, ces derniers renferment des teneurs variables en polyphénols et en flavonoïdes avec un maximum de 353 mg/g et 123,3mg/g respectivement. (**Jug et coll., 2014**).

Durant cette même année, **Debbache** et ses collaborateurs ont évalué l'effet anti-inflammatoire, antimicrobien et déterminé le taux de composés phénoliques à partir de bourgeons de peuplier noir de la région Est de l'Algérie.

Ils ont aperçu que l'extrait obtenu après deux extractions successives à l'eau et au chloroforme, présente une bonne capacité de piégeage du radical libre DPPH avec

Discussion

un IC₅₀ de 187,90 µg/ml. (**Debbache et coll., 2014**).

Le travail réalisé sur *Thymus ciliatus ssp coloratus*, par **Kholkhal** et son équipe de recherche, en 2013, a montré que la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne exerce une activité antioxydante remarquable avec une IC₅₀ de 0,85 mg/mL, une valeur qui reste nettement inférieure à celles de l'acide ascorbique (IC₅₀ = 1,12mg/ml) et du BHA (IC₅₀=1,61mg/ml).

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bertouche** et ses collaborateurs, qui ont indiqué que les espèces appartenant à la famille des lamiacées sont douées d'activité antioxydante (**Bertouche et coll., 2012**).

En effet, l'article publié en 2022 par **Souadia** a montré que l'huile essentielle de *Thymus ciliatus* exerce une bonne activité antioxydante par la méthode DPPH avec des pourcentages d'inhibition qui peut y aller jusqu'à 97,7%. Selon ce même auteur, cette activité est probablement liée à la présence de myrcène, p-cymène et au bornéol (**Souadia, 2022**).

La dernière plante étudiée durant ce travail est *Satureja calaminta*. Les résultats obtenus révèlent que cette espèce renferme des polyphénols avec des teneurs de 12,6 ± 0,775 mg EAG/g et 2,968 ± 0,809 mg EAG/g, pour les extraits aqueux et méthanoliques, respectivement. En effet, cette espèce exerce une activité antioxydante modérée par rapport à l'acide ascorbique. L'étude menée par **Ćetković** et son équipe de recherche, a montré que *S. montana L. subsp. Kitaibelii* est une espèce riche en composés phénoliques qui peuvent être responsables de plusieurs activités biologiques à savoir l'activité antioxydante (**Ćetković et coll., 2007**).

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

L'utilisation des plantes dans la médecine traditionnelle reste une pratique majeure du système de soins de la santé en Algérie. L'évaluation des activités biologiques des extraits préparés à partir des plantes est indispensable afin de garantir leur efficacité et leur sécurité.

Le présent travail a pour but de faire une synthèse des travaux scientifiques réalisés sur l'activité antioxydante des extraits des graines d'*Opuntia ficus-indica*, des bourgeons de *Populus nigra*, de la partie aérienne et des racines de *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* et des feuilles de *Satureja calamintha ssp. Nepet*.

Un criblage phytochimique du contenu phénolique a été effectué. La nature des composants mis en évidence dans le matériel végétal des plantes étudiées, laisse prévoir des activités biologiques importantes. Il s'agit principalement de phénols, de flavonoïdes et de tanins. *Populus nigra* contient en plus de ces métabolites, les coumarines, les alcaloïdes et les terpénoïdes.

L'estimation de l'activité antioxydante des extraits des plantes a été réalisée par le biais de trois méthodes à savoir, le pouvoir piégeur vis-à-vis du radical DPPH, le pouvoir réducteur du fer et le blanchiment du β -carotène.

Les résultats de l'activité antioxydante révèlent que :

- l'extrait de tanin, obtenu des graines d'*Opuntia ficus-indica* montre une capacité puissante pour piéger le DPPH, par rapport aux autres extraits étudiés avec une IC_{50} de $0,01 \pm 0,008$ mg/mL.
- l'extrait hydroalcoolique des bourgeons de *Populus nigra* exerce une activité remarquable avec une IC_{50} de 0,220 mg/ml.
- la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne de *Thymus ciliatus ssp coloratus* présente une capacité de piégeage du radical libre DPPH, avec une IC_{50} de 0,85 mg/mL.
- les extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepet* sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, leur EC_{50} respective est de 1,876 mg/m et 2, 075mg/ml

Conclusion

Pour compléter ce travail, il sera souhaité de :

- Faire une étude qualitative par le biais du (HPLC) pour cibler les polyphénols responsable de l'activité antioxydante constatée ;
- Etudier l'effet synergique entre les extraits des plantes douées de bonne activité antioxydante avec les antioxydants de référence (Acide ascorbique, BHA....) ;
- Tester l'activité antioxydante par d'autres méthodes plus récente, notamment les méthodes ABTS, ORAC...

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Al-Qura'n, S. (2005). Ethnobotanical survey of folk toxic plants in southern part of Jordan. *Toxicon*. 46(2); 119-129.
- Ahmadinejad F., Geir Møller S., Hashemzadeh-Chaleshtori M., Bidkhorji G., Jami M.S., (2017). Molecular mechanisms behind free radical scavengers function against oxidative stress. *Antioxidants*, 6 : 3, 51.
- Akanbi T.O et Barrow C.J.(2018). Lipase-produced hydroxytyrosyl eicosapentaenoate is an excellent antioxidant for the stabilization of omega-3 bulk oils, emulsions and microcapsules. *Molécules*, 23 : 2 : 275.
- Alejandro T., Aguilar F., Hernández Navarro B. et Mendoza Pérez J.A (2016). Endogenous Antioxidants: *A Review of their Role in Oxidative Stress*, DOI: 10.5772/65715.
- Babcock G. T. (1999). How oxygen is activated and reduced in respiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96, 12971-12973
- Babali B. et Bouazza M. (2018). Contribution à l'étude de la flore de la région de Tlemcen (Algérie occidentale); *Taureau. Soc. linn. Provence*, 96 : 77-85.
- . Baba-Aissa, F., (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Ed. EDAS, Alger. Algérie, 368p
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., luyckx, M., Vasseur, J., Cazin, M., Cazin, J. C. et Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung*, Vol. (46); 1086-1089.
- Beaudoux J-L. et Durand G. (2011). Biochimie médicale - Marqueurs actuels et perspectives (2e ed.) ; Médecine Sciences Publications / Lavoisier.
- Belaich R. et Boujraf S. (2016). Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques* 10 :1 : 38-42.
- Bhuwan C.J., Mukhija M. et Ajudhia N.K. (2016). Department of Pharmacognosy Indo-Soviet-Friendship College of Pharmacy Moga, Punjab, India. *Pharmacognostical review of Urtica dioica*. *P* 201-209.

- Bertouche S., Sahraoui N., Boutekedjiret C. et Essent J. (2012). Extraction of Thyme (*Thymus pallezens* de Noé) Essential Oil by Steam-Distillation, Steam-Diffusion and Hydro-Distillation Processes: Optimization of Operating Conditions and Antioxidant Activity. *Oil Bearing Plants* .15 : 336- 347
- Cardador- Martínez A., Jiménez-Martínez C. et Sandoval G. (2011). Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(3): 782–788. Doi:10.1590/S0101-20612011000300036.
- Cheng P., Xiaobo W., Jingnan C., Rui J., Lijun W., Yuk M.L., Yuanyuan Z., Yuwei L. , Lin L., Ka Ying M., Yu H. et Zhen Y.C. (2014). *Biology of Ageing and Role of Dietary Antioxidants*. <https://doi.org/10.1155/2014/831841>.
- Clayden J. (2004) .*Organic Chemistry* O.U.P. *Oxford*
- Ćetković G.S., Čanadanović-Brunet J., Djilas S.M., Tumbas V.T., Markov S.L. et Ćetković D.D. (2007). Antioxidant Potential Lipid Peroxidation Inhibition and Antimicrobial Activities of *Satureja Montana* L. subsp. *Kitaibelii* Extracts. *International Journal of Molecular Sciences*. 8 :10 :, 1013-1027. - Damerdji A. (2012) La faune malacologique sur différentes plantes médicinales dans la région de Tlemcen (Algérie nord-occidentale), *Afrique SCIENCE* 08(1) : 79 – 87.
- Debbache N., Atmani D et Atmani D. (2014). Chemical analysis and biological activities of *Populus nigra*, flower buds extracts as source of propolis in Algeria, *Industrial Crops and Products* 53, 85–92.
- Dillemann G. (2014). Plantes médicinales et principes actifs .*Bulletin de la Société Botanique de France*.30-38, DOI: 10.1080/00378941.1961.10838059.
- Franco R.R., Carvalho D.S. , DeMoura, F.B.R., Justino A.B., Silva H.C.G, Peixoto, LG. Et al. (2017). Antioxidant and anti-glycation capacities of some medicinal plants and their potential inhibitory against digestive enzymes related to type 2 diabetes mellitus. *Journal of Ethno-pharmacology*,215:140–146. Doi10.1016/j.jep.2017.12.032
- Fraser P et Bramley P. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Prog. Lipid Res* ;43:228–265. doi: 10.1016/j.plipres.2003.10.002.
- Fridovich I. (1986). Superoxide dismutases. *Advances in enzymology and related*

Références bibliographiques

areas of molecular biology 58, 61-97.

-Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*. Vol. (27); 1-93.

-Ghezlaoui S.M.B et Benabadji N.(2017).La végétation des monts de Telmcen (Algérie) .*Aspect phytoécologique.Botanica Complutensis* .42 :101-124.

- Hara K., Someya T., Sano K., Sagane Y., Watanabe T et Wijesekara R.G.S. (2018). Antioxidant activities of traditional plants in Sri Lanka by DPPH free radical-scavenging assay. *Data in Brief*. 17: 870-875.

- Hopkins W.G. (2003). *Physiologie végétale*. Edition De Boeck & Larcier. p 515.

- Herbinet C. (2004).Les compléments alimentaires en phytothérapie . *Saint-Julien-en-Genevois, Suisse*.p33.

-Jug M., Zovko Konci M et Kosalec I. (2014). Modulation of antioxidant, chelating and antimicrobial activity of poplar chemo-type propolis by extraction procures. *LWT - Food Science and Technology*.57: 530-53

- Kemassi, A., Darem, S., Cherif, R., Boual, Z., Sadine, S. E., Aggoune, M. S., Ould el Hadj-Khelil, A. et Ould El hadj, M. D. (2014). Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 1(1); 1-5.

- Kompelly A., Kompelly S., Bakshi V et Boggula N. (2019) . *Rosmarinus officinalis* L an update review of its phytochemistry and biological activity , *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 9:1:323-330.

- Lobo V.L., Patil A., Pathak N et Chandra D.(2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Review article. *Pharmacognosy Review*, 8 :4: 118-126.

- Litescu S.C., Sandra A.V., Eremia S.A.V., Diaconu M et Tache A (2011) .Biosensors Applications on Assessment of Reactive Oxygen Species and Antioxidant. *Environmental Biosensors*.p37. DOI: 10.5772/16250.

Références bibliographiques

- Li D., Li B., Ma Y., Sun X., Lin Y et Meng X. (2017). Polyphenols, anthocyanins, and flavonoids contents and the antioxidant capacity of various cultivars of highbush and half-high blueberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, **62**, 84– 93.
- Lucienne A.D. (2010). les plantes médicinales d'Algérie. Ed. *Berti*. p 239.
- Maurice, N. (1997). L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXIe siècle. Ed. Tec et Doc, Paris. France, pp : 12-14.
- Messner K. R. et Imlay J. A. (1999). The identification of primary sites of superoxide and hydrogen peroxide formation in the aerobic respiratory chain and sulfite reductase complex of *Escherichia coli*. *Journal of Biological Chemistry* 274, 10119-10128.
- McCORD J. M et Fridovich I. (1969). Superoxide dismutase, An enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein), *The Journal of biological chemistry* 244, 6049-6055.
- Meddour, A., Yahia, M., Benkiki, N., Ayachi, A., (2013). Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du *Capparis Spinosa* L. *Lebanese Science Journal*. Vol. (14): 49-60
- Namitha K.K et Negi P.S.(2010) Chemistry and biotechnology of carotenoids. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr* .50:728–760. doi: 10.1080/10408398.2010.499811.
- Ould, EL., Hadj, M.D., Hadj-Mahammed, M. et Zabeirou, H. (2003). Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional est). *Courrier du Savoir*. 3 ; 47-51.
- Pisoschi A.M., Pop A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European journal of medicinal chemistry*. 97, 55-74.
- Pellegrini N., Serafini M et Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M et Brighenti F.(2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of Nutrition*. **133** :9, 2812– 2819
- Rani V. UCS et Yadav.(2015). Free Radicals and Human Health and Disease. *Springers*.p430. doi.org/10.1007/978-81-322-2035-0
- Saykova I., Popovici C et Tylkowski B .(2009).Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industriel*,4,25-39.

Références bibliographiques

- Sadeer N B-D., Montesano D., Albrizio S., Gokhan Z et Mahomoodally M. (2020). The versatility of antioxidant assays in food science and safety-chemistry; Applications; Strengths and Limitations. *Antioxydants*. 9:8 : 709. doi.org/10.3390/antiox908070
- Souadia A. (2022). Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Essential Oils of Algeria ; *Natural Product Communications* 17 :2 : 1–7. DOI: 10.1177/1934578X221080337.
- Shahidi F et Zhong Y.(2015). Measurement of antioxidant activity”, in: *J. Funct. Foods* .18, 757-781.
- Saini R.K., Nile S.H et Park S.W. (2015) Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food research international* . 76:735–750. doi: 10.1016/j.foodres.2015.07.047.
- Stahl W et Sies H. (2005) Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochim. Biophys.* 1740:101–107. doi: 10.1016/j.bbadis.2004.12.006.
- Tapiero H., Townsend D.M et Tew K.D.(2014). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomed.Pharm.*58:100–110. doi: 10.1016/j.biopha.2003.12.006
- Von S.C. (2008). Advanced oxidation processes: mechanistic aspects. *Water Science and Technology* , 58, 1015-1021
- Wink D. A., Nims R. W., Saavedra J. E., Utermahlen W. E et Ford P. C. (1994). The Fenton oxidation mechanism: reactivities of biologically relevant substrates with two oxidizing intermediates differ from those predicted for the hydroxyl radical. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91, 6604-6608.

Références bibliographiques

- Ying W., Branicky R., Alycia N et Siegfried H.(2018). Superoxyde dismutases : double rôle dans le contrôle des dommages ROS et la régulation de la signalisation ROS. *J Cell Biol.* (2018) ; 217 :6 : 1915-1928. doi : 10.1083/jcb.201708007.
- Zahir I .,Rahmany A.E.R , Sadouny R.E.S et EL Hadri I.(2020), Activités biologiques de *Tetraclinis articulata* : revue de synthèse . *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège.* 89, articles, p. 91 – 114

الملخص:

ركزت هذه الدراسة على النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات بذور *Opuntia ficus-indica* و براعم *Populus nigra* و الجذور والأجزاء الهوائية من *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* وأوراق *Satureja calamintha ssp. Nepet* خضعت الأجزاء المختلفة من الأنواع النباتية المدروسة للفحص الكيميائي النباتي لتحديد مستوى المركبات الفينولية في البداية. بعد ذلك ، تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات النباتية التي تم الحصول عليها من الأنواع الأربعة من خلال عدة تقنيات ، وهي طريقة تثبيط الجذور الحرة DPPH ، وقوة ارجاع الحديد FRAP و طريقة بيتا كاروتين. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مستخلص التانين المأخوذ من بذور *Opuntia ficus-indica* يمارس أقوى نشاط مضاد للأكسدة من بين جميع المستخلصات المدروسة ($IC_{50} = 0.01 \pm 0.008$ مجم / مل). بعد ذلك ، أظهر المستخلص المائي الكحولي لبراعم *Populus nigra* نشاطاً ملحوظاً مع تركيز IC_{50} بمقدار 0.220 مجم / مل. تُظهر نتائج النشاط المضاد للأكسدة لجزء أسيتات الإيثيل في الجزء الهوائي لبراعم *Thymus ciliatus ssp coloratus* قدرة مسح الجذور الحرة DPPH مع IC_{50} بمقدار 000.85 مجم / مل. بالإضافة إلى ذلك ، المستخلصات المائية والميثانولية من *Satureja calamintha ssp nepet* لها قوة معتدلة من مضادات الأكسدة ، التركيز الفعال EC_{50} لكل منها هو 1.876 مجم / مل و 2.075 مجم / مل.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للأكسدة, *Satureja calamintha ssp. Nepet*, *Opuntia ficus-indica*, *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*, *Populus nigra*.

Résumé :

Cette étude a porté sur une étude bibliographique sur l'activité antioxydante des extraits des graines d'*Opuntia ficus-indica*, des bourgeons de *Populus nigra*, des racines et des parties aériennes de *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* et des feuilles de *Satureja calamintha ssp. Nepet*. Les différentes parties des espèces végétales étudiées ont fait l'objet de criblage phytochimique pour déterminer le taux de composés phénoliques et d'évaluée l'activité antioxydante des extraits végétaux obtenus des quatre espèces par plusieurs techniques, à savoir la méthode du piégeage du radical libre DPPH, le pouvoir de réduction du fer (FRAP) et la méthode du β -carotène.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait de tanin, obtenu des graines de *Opuntia ficus-indica*, exerce l'activité antioxydante la plus puissante de tous les extraits étudiés ($IC_{50} = 0,01 \pm 0,008$ mg/mL). Ensuite, l'extrait hydroalcoolique des bourgeons de *Populus nigra* a révélé une activité remarquable avec une IC_{50} de 0,220 mg/ml. Les résultats de l'activité antioxydante de la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne de *Thymus ciliatus ssp coloratus* montre une capacité de piégeage du radical libre DPPH, avec une IC_{50} de 0,85 mg/mL. En plus, les extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepet* sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, leur EC_{50} respective est de 1,876 mg/ml et 2,075 mg/ml.

Mots clés : Activité antioxydante, *Opuntia ficus-indica*, *Populus nigra*, *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus*, *Satureja calamintha ssp. Nepet*.

Abstract:

This study focused on the antioxidant activity of extracts from *Opuntia ficus-indica* seeds, *Populus nigra* buds, roots and aerial parts of *Thymus Ciliatus ssp. Coloratus* and *Satureja calamintha ssp. Nepet* leaves.

The different parts of the studied plant species were phytochemically screened to determine the phenolic compounds content, in a first step. Subsequently, evaluated the antioxidant activity of the plant extracts obtained from the four species by several techniques, namely the DPPH free radical scavenging method, the iron reducing power (FRAP) and the β -carotene method. The results obtained show that the tannin extract, obtained from the seeds of *Opuntia ficus-indica*, exerts the most potent antioxidant activity of all the extracts studied ($IC_{50} = 0.01 \pm 0.008$ mg/mL). Then, the hydroalcoholic extract of *Populus nigra* buds revealed a remarkable activity with an IC_{50} of 0.220 mg/mL. The results of antioxidant activity of ethyl acetate fraction of *Thymus ciliatus ssp coloratus* aerial part shows DPPH free radical scavenging capacity with IC_{50} of 000.85 mg/mL. In addition, the aqueous and methanolic extracts of *Satureja calamintha ssp. Nepet* have moderate antioxidant capacity, their respective EC_{50} is 1.876 mg/mL and 2.075 mg/mL.

Keywords: Antioxidant activity, *Opuntia ficus-indica*, *Populus nigra*, *Thymus ciliatus ssp coloratus*, *Satureja calamintha ssp. Nepet*.