



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abou Bekr Belkaïd -Tlemcen-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences
De la Terre et de l'Univers
Département de Biologie
Laboratoire des produits naturels (LAPRONA)

Mémoire
En vue de l'Obtention du
Diplôme de Master en biologie
Option : Biochimie

Préparé par :
M^{elle} BELLAHCENE Ahlem

Thème

**Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante
des extraits méthanolique d'*Ephedra alata***

Soutenu le 30/06/2020 devant le jury :

Président	M^r CHERRAK Sabri Ahmed	MCB	Université de Tlemcen
Examinatrice	M^{me} BENKALFATE DIDI Amel	MCB	Université de Tlemcen
Encadrant	M^r CHAOUCHE Tarik Mohammed	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

Avant tous, je remercie Dieu, le tout puissant de m'avoir donné la force, la patience et la santé pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens particulièrement à remercier mon encadreur **M^r CHAUCHE Tarik Mohammed**, Maitre de conférences classe A au Département de biologie, Faculté des sciences de la Nature et de la vie et Science de la terre et de l'Univers, Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur de m'encadrer et surtout pour sa confiance, sa patience, son sérieux, et ses conseils hautement précieux.

Me remerciements s'adressent à **M^r CHERRAK Sabri Ahmed**, Maitre de conférences classe B au Département de biologie, Faculté des sciences de la Nature et Science de la terre et de l'Univers, Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens à remercier **M^{me} BENKALFATE DIDI Amel** Maitre de conférences classe B au Département de biologie, Faculté des sciences de la Nature et de la vie et Science de la terre et de l'Univers, Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remerciais chaleureusement **M^{me} CHAUCHE Farah** Maitre de conférences classe A au Département de biologie, Faculté des sciences de la Nature et de la vie et Science de la terre et de l'Univers, Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen, pour son aide au niveau du laboratoire des produits naturels (LAPRONA).

Mes sincères remerciements s'adressent aux doctorantes **M^{me} BOUDJEMAI Wahiba** et **M^{elle} GHELLAI Imane** pour leurs aides.

Mes remerciements sont aussi pour tous ceux qui m'ont aidé de près au de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents qui m'ont encouragé et soutenu durant
toute la période de mes études.*

★ ★ ★

Mes adorables sœurs Fatima-Zohra et Aya

Mon petit prince Sidi-Mohammed Ilyes

La mémoire de mon grand père paternel

*Mon grand-père maternel et mes grands-mères maternelles et paternelles que
Dieu les gardent*

Mes chères tantes Zahira et Sihem

Mes oncles

Toute la famille Bellahcene et Kerd

★ ★ ★

*Ma meilleur amie khaldi Fedwa Hanane, merci énormément ma chère amie et
sœur*

*Mes chères amies : Bouchra, Hafsa, Imane, Samira, Wafa, Sihem et Sarah pour
leurs soutiens et leurs amitiés.*

★ ★ ★

Toute la promotion de Biochimie

Tous ceux qui ont participé de près au de loin a ce travail

المخلص

الموقع الجغرافي للجزائر في حوض البحر الأبيض المتوسط ، يمنحها خزانا نباتيا حقيقيا غنيا ومتنوعا ، وقد عرفت عائلة Ephedraceae اهتماما علميا مهما في السنوات الأخيرة بسبب ثراءها بالمكونات النشطة القيمة.

في هذا العمل ، نحن مهتمون بدراسة الكيمياء النباتية القائمة على البحث عن المركبات الفينولية وتقييم نشاط مضادات الأكسدة ، باستخدام ثلاث طرق: النشاط الكلي لمضادات الاكسدة ، وكسح الجذور الحرة (DPPH) ، والبحث عن القدرة المختزلة للحديد من المستخلصات الميثانولية للأوراق والسيقان الورقية المقطفة من العنقدة التي تم حصادها من منطقة واد العنقدة في ولاية الوادي.

يحتوي المستخلص الميثانولي للسيقان الورقية على أهم البوليفينولات والفلافونويدات والعفص المكثف. حيث قدرت ب 24.18 مجم معادل لحمض الغاليك / مغ من المستخلص الجاف ، 7.29 مجم معادل لحمض الكاتشين / مغ من المستخلص الجاف و 17.05 مجم معادل لحمض الكاتشين / مغ من المستخلص الجاف على التوالي.

تكشف السعة الإجمالية لمضادات الأكسدة أن مستخلص الميثانول من الزهور سجل أفضل النتائج 3.15 ملغم / مل مقارنة بمستخلصات السيقان الورقية . وأظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة طريقة إزالة الجذور الحرة لـ DPPH وتقليل الحديد أن نتائج المستخلصات متقاربة جدا ($CI_{50}=0.026$ ملغم/مل $CE_{50}=0.45$ ملغم/مل بالنسبة لمستخلص الميثانول من الزهور) و ($CI_{50}=0.02$ ملغم/مل $CE_{50}=0.47$ ملغم/مل بالنسبة لمستخلص الميثانول من السيقان الورقية هذه القيم بعيدة عن أن تكون قابلة للمقارنة مع تلك المسجلة بواسطة مضاد الاكسدة الاصطناعي بوتيل هيدروكسيانيزول

الكلمات المفتاحية: العنقدة ، إجمالي البوليفينول ، الفلافونويد ، العفص المكثف ، النشاط للحديد FRAP .

Résumé

La position géographique d'Algérie dans le bassin Méditerranée, lui donne un véritable réservoir végétal riche et diversifié. La famille des Ephedraceae a connue un intérêt scientifique important ces dernières années en raison de sa richesse en principe actif à valoriser.

Dans ce travail, nous sommes intéressés à une étude phytochimique basée sur la recherche des composés phénoliques et sur l'évaluation de l'activité antioxydante, en utilisant trois méthodes : la capacité antioxydante totale, piégeage de radicale libre DPPH, et la recherche du pouvoir réducteur de fer des extraits méthanoliques des fleurs et tiges feuillées d'*Ephedra alata* récolté de la région d'Oued al alenda, la wilaya d'El Oued.

L'extrait méthanolique des tiges feuillées a les teneurs en polyphénols, en flavonoïdes et en tanins condensée les plus importants. Elles sont de 24.18 mg EAG/g Ms, 7.29 mg EC/g Ms et 17.05 mg EC/g Ms, respectivement.

La capacité antioxydante totale révèle que l'extrait méthanolique des fleurs présente le meilleur résultat (3.15 Mg EC/g MS) par rapport à l'extrait des tiges feuillées. L'évaluation de l'activité antioxydante par les méthodes de piégeage de radicale libre DPPH et de la réduction de fer a montré que les résultats des extraits sont très proches ($CI_{50}=0.026$ mg/ml, $CE_{50}=0.45$ mg/ml pour les fleurs) et ($CI_{50}=0.024$ mg/ml, $CE_{50}=0.47$ mg/ml pour les tiges feuillées). C'est valeurs restent loin d'être comparables à celle enregistrées par le standard BHA.

Mots clés : *Ephedra alata*, polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés, activité antioxydante.

Abstract

The geographical position of Algeria in the Mediterranean basin, gives it a real rich and diversified plant reservoir, The Ephedraceae family has known an important scientific interest in recent years because of its wealth of active ingredients to enhance.

In this work, we are interested in a phytochemical study based on the research of phenolic compounds and on the evaluation of antioxidant activity, using three methods: total antioxidant capacity, trapping of free radical DPPH, and the search for the iron reducing power of the methanolic extracts of the flowers and leafy stems of the species *Ephedra alata* harvested from the region of Oued al alenda (El Oued).

The methanolic extract of leafy stems has the most important polyphenols, flavonoids and condensed tannins. They are 24.18 mg EAG / g Ms, 7.29 mg EC / g Ms and 17.05 mg EC /g Ms, respectively.

The total antioxidant capacity reveals that the methanolic extract of the flowers has the best result (3.15 Mg EC / g DM) compared to the extract of the leafy stems. The evaluation of the antioxidant activity by the DPPH free radical trapping and iron reduction methods showed that the results of the extracts are very close ($IC_{50} = 0.026$ mg / ml, $EC_{50} = 0.45$ mg / ml for flowers) and ($IC_{50} = 0.024$ mg / ml, $EC_{50} = 0.47$ mg / ml for leafy stems). These values are far from being comparable to that recorded by the BHA standard.

Keywords: *Ephedra alata*, total polyphenols, flavonoids, condensed tannins, antioxidant activity.

Table de matières

Liste des tableaux

Liste des photos

Liste des figures

Introduction 1

Partie bibliographique

Chapitre I : Activité antioxydante des plantes médicinales

I. Les radicaux libres 3

I.2 Classes des radicaux libres 3

I.3 Principales classes des radicaux libres 3

I.3.1 Origine endogène 3

I.3.2 Origine exogène 4

II. Le stress oxydatif 4

II.1 Les marques biologiques de stress oxydatif 4

II.2 Pathologies liées au stress oxydatif 5

III. Les Antioxydants 6

III.1 Antioxydants enzymatiques 6

III.2 Antioxydants non enzymatiques 6

Chapitre II : Phytothérapie et les plantes médicinales

I. La phytothérapie 8

II. Les plantes médicinales 8

III. Métabolite primaire 8

IV. Métabolite secondaire 9

V. Classification des métabolites secondaires 9

V.1 Les composés phénoliques	9
V.1.1 Les acides phénoliques	10
V.1.2 Les flavonoïdes	10
V.1.3 Les tanins	11
V.1.4 Les coumarines	12
V.1.5 Les stilbènes	12
V.2 Les alcaloïdes (composé phénolique)	12
V.3 Les terpanoïdes (composé terpénique)	1
VI. Activités thérapeutiques des métabolites secondaires	14

Chapitre III : La plante médicinale étudiée « *Ephedra alata* »

I. Généralité sur la plante	15
I.1 Description botanique	15
I.2 Origine et répartition géographique	16
I.3 Noms vernaculaires	16
I.4 Taxonomie	17
I.5 Utilisation thérapeutique	17
I.6 Mode d'utilisation	18
I.7 Composition chimique	18
I.8 Pharmacologie	19
I.9 Toxicologie	19
II. Travaux antérieurs	20

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal	21
I.1 Présentation de site de récolte (séchage et broyage)	21
I.2 Obtention de la poudre végétale.....	21
II. Préparation des extraits végétaux	22
II.1 Extraction par des solvants organiques à polarité croissante	22

III. Quantification de quelques classes phénoliques dans les extraits	23
III.1. Polyphénols totaux	23
III.2 Flavonoïdes totaux	23
III.3 Tanins condensés	24
IV.4 Détermination de l'activité antioxydante, <i>in vitro</i>	24
IV.1. Capacité antioxydante totale	24
IV.2. Piégeage du radical DPPH	25
IV.3. Pouvoir réducteur du fer	26
Résultats et discussions	
I. Rendements en extraits	27
II. Teneurs en composés phénoliques	28
III. Evaluation de l'activité antioxydante	31
III.1 Capacité antioxydante totale	31
III.2 Piégeage de radicale libre (DPPH).....	33
III.3 Pouvoir réducteur du fer (FRAP)	35
<i>Conclusion générale et perspectives</i>	38
<i>Références bibliographiques</i>	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Propriétés biologique de quelques métabolites secondaires	14
Tableau 2 : Rendements (%) obtenus à partir de la partie aérienne <i>d'Ephedra alata</i>	27
Tableau 3 : Valeurs de CI ₅₀ de BHA et des extraits méthanolique <i>d'Ephedra alata</i>	34
Tableau 4 : Valeurs de CE ₅₀ de BHA et des extraits méthanolique <i>d'Ephedra alata</i>	36

Liste des photos

Photo 1 : Partie aérienne <i>d'Ephedra alata</i>	15
Photo 2 : Rameau fleurit et fleur en épanouissement <i>d'Ephedra alata</i>	16
Photo 3 : Poudre des fleurs	22
Photo 4 : Poudre des tiges feuillées	22

Liste des figures

Figure 1 : Déséquilibre de la balance des radicaux libres et des systèmes de défense antioxydants	4
Figure 2 : Classification des polyphénols	9
Figure 3 : Structure chimique des principaux acides phénoliques	10
Figure 4 : Structure générale du noyau des flavonoïdes	11
Figure 5 : Structure des tanins hydrolysable	11
Figure 6 : Structure des tanins condensés.	11
Figure 7 : Structure chimique de stilbène	12
Figure 8 : Structure chimique de quelques alcaloïdes	13
Figure 9 : structure d'isoprène	13

Figure 10 : Réaction de réduction du radical DPPH°	25
Figure 11 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux	28
Figure 12 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes.....	28
Figure 13 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tanins condensés.....	29
Figure 14 : Histogramme exprimant les teneurs en polyphénols totaux des extraits <i>d'Ephedra alata</i>	29
Figure 15 : Histogramme exprimant les teneurs en Flavonoïdes des extraits <i>d'Ephedra alata</i>	30
Figure 16 : Histogramme exprimant les teneurs en tanins condensés des extraits <i>d'Ephedra alata</i>	30
Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la capacité antioxydante totale ..	32
Figure 18 : Histogramme exprimant la capacité antioxydante totale des extraits méthanolique <i>d'Ephedra alata</i>	32
Figure 19 : Pourcentage d'inhibition du radicale libre DPPH en fonction de concentration de BHA.....	33
Figure 20 : Pourcentage d'inhibition du radicale libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits méthanolique <i>d'Ephedra alata</i>	34
Figure 21 : Pouvoir réducteur des extraits méthanolique <i>d'Ephedra alata</i>	35
Figure 22 : Pouvoir réducteur de standard BHA	36

Introduction générale

L'Algérie par sa position géographique, constitue un véritable réservoir phylogénétique , avec environ 4000 espèces et sous-espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Du fait de leurs abondances et leur utilisation par la population locale pour se soigner, certaines plantes sont imposées dans le monde médicinal (**Dobignard et chalatain, 2010**).

Ces dernières années, le recours à la médecine traditionnelle s'est répandu partout dans le monde. Selon l'organisation mondiale de la santé, près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire (**Thomford et al., 2015**).

Les plantes médicinales constituent une source immense de molécules bioactives telle que les terpenoïdes, les alcaloïdes et les polyphénols. Ces derniers et principalement les flavonoïdes sont essentiellement connue pour leur nombreuse activités biologiques parmi lesquelles on cite : leurs actions antioxydants, anti-inflammatoires, antibactériennes , anticancéreuses et leurs effets thérapeutiques contre plusieurs maladies à savoir l'hypertension, le diabète et l'obésité (**Aires et al., 2013**).

D'autre part, les effets nuisibles du stress oxydant sur la santé humaine sont devenus un grave problème. Il est impliqué dans de nombreuses pathologies chroniques tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires, inflammatoires et la dégénérescence du système immunitaire (**Bouyahya, 2017**). En effet, les antioxydants synthétiques (BHT et BHA) peuvent être responsables des dommages au foie et la carcinogénèse (**krishnaiah et al., 2011**). Pour cette raison, des études sur les activités antioxydantes des plantes médicinales ont augmenté de façon remarquable ces derniers années pour leurs avantages d'être utilisé en tant que source d'antioxydant naturelle (**Haddouchi et al., 2018**).

Parmi les plantes médicinales les plus répandus dans le Sahara algérien, *Ephedra alata*, est connue pour leurs nombreux usages en médecine traditionnelle (**Kebili, 2016**). On trouve l'éphédrine, extraite de cette plante, dans nombreuses prescriptions contre le rhume, comme stimulateur de l'automatisme cardiaque et du centre respiratoire bulbaire (**Bruneton, 2009**). Néanmoins, cette plante reste peu étudiée dans la littérature sur le plan local. Dans ce contexte, et dans le but de la valorisation de la flore locale, notre travail est basé sur une

caractérisation phytochimique ainsi que une évaluation de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de la partie aérienne (tige feuillées et fleurs) d'*Ephédra alata* .

Notre travail comporte trois parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur la plante étudiée, la classification et l'intérêt des métabolites secondaire, les oxydants et les antioxydants
- La seconde décrit le matériel et les méthodes utilisés dans notre travail.
- La troisième est consacrée aux résultats expérimentaux trouvés et à la discussion.

Enfin, le manuscrit est ponctué d'une conclusion générale et des perspectives .

Partie bibliographique

Chapitre I : Le stress oxydatif

I. Les radicaux libres

Les radicaux libres (RL) sont des espèces chimiques instables fortement réactives avec des électrons non appariés dans leur orbitale externe. Existe deux classe de molécules, les espèces réactives de l'oxygènes (ERO), les espèces réactives d'azotes (ERA) (**Lobo et al., 2010**).

I.1. Classes des radicaux libres

Les ERA issues du métabolisme de l'azote (via les NO synthèses) sont représentées principalement par l'oxyde nitrique (NO), les oxydes de l'azote (l'anhydride nitreux N_2O_3 et l'ion peroxydinitrite $ONOO^-$) (**Guetens et al., 2002**).

Parmi les ERO, on distingue deux types de radicaux :

- Radicaux primaires : tels que, Ion superoxyde (O_2^-), Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), Radical hydroxyle (OH), Oxygène singulet (1O_2).
- Radicaux secondaires : se forment par réaction des radicaux primaires sur les composées biochimiques de la cellule (**Favier, 2003**).

I.2. Principale source des radicaux libres

Dans notre organisme, on distingue deux origines des radicaux libres

I.2.1 Origine endogène

Plusieurs mécanismes et système responsable de la production des radicaux libres ont été identifiés jusqu'à présent :

- ✓ La chaîne respiratoire et le NADH oxydase sont considérées comme source majeur des ERO (**Beaudeau, 2006**).
- ✓ Le processus d'inflammation produit par les cellules phagocytaires activées (**Favier, 2006**)
- ✓ Des radicaux libres sont produits au cours de la biosynthèse des prostaglandines et des leucotriènes (**Babior et al., 2002**)
- ✓ Plusieurs tissus peuvent les synthétiser durant leur exercice (**power et al., 2011**)
- ✓ Les métaux toxiques (chrome, cuivre, vanadium et le fer libres) génèrent aussi des radicaux libres (**Favier, 2003**).

I.2.2 Origine exogène

L'organisme humain est soumis à l'agression de différents agents extérieurs capables de donner naissance à des ERO : polluants (fumées de cigarette, rayon UV, radiation etc.), le stress et l'ingestion de l'alcool (Afonso et al., 2007).

II. Le stress oxydatif

Le stress oxydant se définit par l'incapacité de l'organisme de se défendre contre les espèces radicalaires en raison de la perturbation d'équilibre endogène entre ces derniers et les agents antioxydants (figure 1), ce qui conduit à des dommages cellulaires irréversibles (dégâts fonctionnels et structuraux) (Bensakhria, 2018).



Figure 1 : Déséquilibre de la balance des radicaux libres et des systèmes de défense antioxydants (Belaich et Boujraf, 2016)

II.1. Les marques biologiques de stress oxydatif

Les radicaux libres sont capables d'entraîner des modifications chimiques altèrent gravement les molécules biologiques : L'acide désoxyribonucléique (ADN), protéines, lipides et les glucides

a- L'acide désoxyribonucléique : L'ADN nucléaire et mitochondrial sont très sensibles à l'attaque des ERO, les altérations les plus communs sont l'hydroxylation des bases puriques et pyrimidiques et du squelette désoxyribose. Ces dommages entraînant des mutations au sein de l'ADN représentant la première étape dans la cancérogénèse et le vieillissement (Haleng et al., 2007).

b- les protéines : Les dommages oxydatifs induits sur les protéines par les radicaux libres peuvent conduire à des modifications structurales (dimérisation, fragmentation, modification des acides aminés) et / ou fonctionnelles (perte de l'activité enzymatique, altération du processus de protéolyse, non reconnaissance d'un récepteur par un ligand). Les acides aminés les plus sensibles à leur action sont l'histidine, la proline, le tryptophane, la tyrosine, et la cystéine (**Haleng et al., 2007**).

c- les lipides : Les acides gras polyinsaturés ainsi que les phospholipides membranaires sont les cibles privilégiées des attaques oxydatives. Le radical hydroxyle capable d'enlever un atome d'hydrogène pour former un radical peroxy et génère des hydroperoxydes qui peuvent continuer à s'oxyder et libérer différents aldéhydes toxiques (**Valko et al., 2006**).

d- les glucides : Les ERO attaquent les mucopolysaccharides et notamment les protéoglycanes du cartilage. Par ailleurs, le glucose peut s'oxyder en présence de traces métalliques libérant le peroxyde d'hydrogène, le radical hydroxyle et le cétoaldehyde, entraînant l'hydrolyse des protéines ou leurs glycation (**Favier, 2003**).

II.2. Pathologies liée au stress oxydatives

L'interaction des ERO avec les molécules biologiques conduit à l'altération de l'équilibre de l'organisme. Ceci provoque le développement de nombreuses pathologies . En plus, ces maladies apparaissent dans leur majorité avec l'âge, car le vieillissement diminue les défenses antioxydantes et augmente la production des radicaux libres par les mitochondries (**Favier, 2006**). Les Principales pathologies liées au stress oxydant sont :

- Maladies neurodégénératives :
 - Alzheimer (**Aruoma, 2003**).
 - Parkinson (**Pizza et al., 2013**)
- Maladies du foie: fibrose, cirrhose, carcinome hépatocellulaire (**Shin et al., 2013**).
- Maladies cardiovasculaires: Athérosclérose, hypertension (**De Marchi et al., 2013**).
- Maladies respiratoires: bronchospasme aigu, emphysème, asthme (**Kusano et Ferrari, 2008**).
- Maladies de l'œil: cataracte (**Chakraborty et al., 2007**).
- Diabète (**Mima, 2013**).
- Cancers (**Kaushal et kudva, 2013**).
- Obésité (**De Marchi et al., 2013**).

III. Antioxydants

Un antioxydant désigne toute molécule capable à concentration relativement faible d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables, et ainsi ralentir ou d'inhiber la formation des radicaux libres (**Duncan et al., 2014**). On distingue au niveau cellulaires deux types des molécules à activités antioxydantes .

III.1. Antioxydants enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques sont considérés comme la première ligne de défense de notre organisme contre les radicaux libres principalement le superoxyde dismutases SOD, la catalase et la glutathion peroxydase GSH-Px (**Garait, 2006**).

- Le superoxyde dismutases (SOD EC 1.15.1.1) : c'est un métallo-enzyme catalyse la dismutation de $O_2^{\cdot -}$ en dioxygène et peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (**Arora et al., 2002**).
- La catalase (CAT EC1.11.1.6): est une enzyme dépendante de fer exprimée dans la plupart des tissus et a forte concentration dans le foie et les érythrocytes, responsable de la réduction de H_2O_2 en H_2O pour empêcher la formation des radicaux libre (**Sung et al., 2013**).
- Le glutathion peroxydase (GSHPx EC1.11.1.9): Une enzyme à cofacteur de sélénium qui peut convertir le peroxyde d'hydrogène en eau.

III.2. Antioxydants non enzymatiques

Sont apportée par l'alimentation pour combler les insuffisances ,lorsque nos réserves d'antioxydants devenir insuffisantes pour neutraliser les effets néfastes des radicaux libres . Dans cette catégorie nous retrouvons les oligoéléments (le cuivre, le fer, le manganèse, le sélénium et le zinc), les vitamines comme la vitamine A , vitamine C (l'acide ascorbique) et vitamine E (tocophérol) et les caroténoïdes. Elle comprend aussi les métabolites secondaires issus des végétaux en particulier des polyphénols (flavonoïdes, acides phénoliques, coumarines, etc.) (**Defraigne et Pincemail, 2008**).

-Les oligo-éléments: Ils interviennent comme co-facteurs d'enzymes à action antiradicalaires. Parmi eux on cite: le zinc, le sélénium et le manganèse (**Vergani et al., 2004**).

-Les vitamines :

- La vitamine E : appelées aussi α -tocophérol , est considérée comme le principal antioxydant attaché aux membranes cellulaire , assure la protection des membranes contre l'oxydation par des radicaux lipidiques produits dans la réaction de la peroxydation lipidique (**Traber et Atkinson, 2007**) . La vitamine E déclenche l'apoptose des cellules cancéreuses et inhibe la formation de radicaux libres (**Birben et al., 2012**).
- La vitamine C : l'acide ascorbique est un antioxydant hydrosoluble que l'on trouve chez les animaux et les végétaux. L'ascorbate est un captateur efficace et agent réducteur qui neutralise les ERO (**kohen, 2002**).
- Les caroténoïdes : sont un groupe des pigments végétaux, jouant un rôle important dans la prévention des maladies humaines en protégeant contre les dommages oxydatifs et inhibants l'oncogène .
Le bêta-carotène est un précurseur du rétinol (vitamine A) agit comme un antiradicalaire (désactive les radicaux peroxy et capte l'oxygène singulet) (**Delattre et al., 2005**).

Chapitre II : La phytothérapie et les plantes médicinales

I. La phytothérapie

Le mot phytothérapie vient du grec : “*phuton*” qui veut dire plante et “*therapeia*” qui veut dire traitement, ce mot signifie donc « soigner par les plantes ». La phytothérapie est considérée comme une médecine douce basée sur l'utilisation des extraits de plantes et les plantes elles mêmes. (Mansour, 2015).

Les plantes ont toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme puisqu'il s'en sert pour se nourrir et se soigner ou prévenir des maladies. Elles sont utilisées donc comme ressources médicale à des fins thérapeutiques (Chaib, 2018).

II . Les plantes médicinales

Les plantes médicinales possèdent des propriétés agissant sur l'organisme humain ou animal de façon bénéfique. Elles sont utilisées en médecine naturelle, mais peuvent également avoir des usages cosmétiques, aromatiques, alimentaires, industriels ou hygiéniques (Brunten, 2009),

Selon la pharmacopée française les plantes médicinales sont définies comme des drogues végétales (médicaments) qui peuvent être utilisées entières ou sous forme d'une partie de plante (bulbe, les racines, les feuilles, les graines, les fruits ou les fleurs) qui possèdent des propriétés médicamenteuses. Elles sont utilisées, sous la forme séchée ou fraîche, dans la fabrication des médicaments. L'utilisation des plantes se fait par ingestion interne sous la forme de tisanes, gélules, macéras, alcoolats et teintures d'extrait ou application externe sous forme de pommade, compresses et crème (Eddouks et al., 2007)

Les plantes médicinales renferment des composés qui interviennent dans la totalité des activités métabolique et aboutissant à la synthèse des métabolites primaires et secondaires (Hartmann, 2007).

III. Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante qui ont des rôles essentiels liés à la photosynthèse, la respiration, la croissance, le développement et pour y assurer sa survie. Ces composés sont classés en quatre principaux groupes, les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques (François, 2010).

IV. Métabolites secondaires

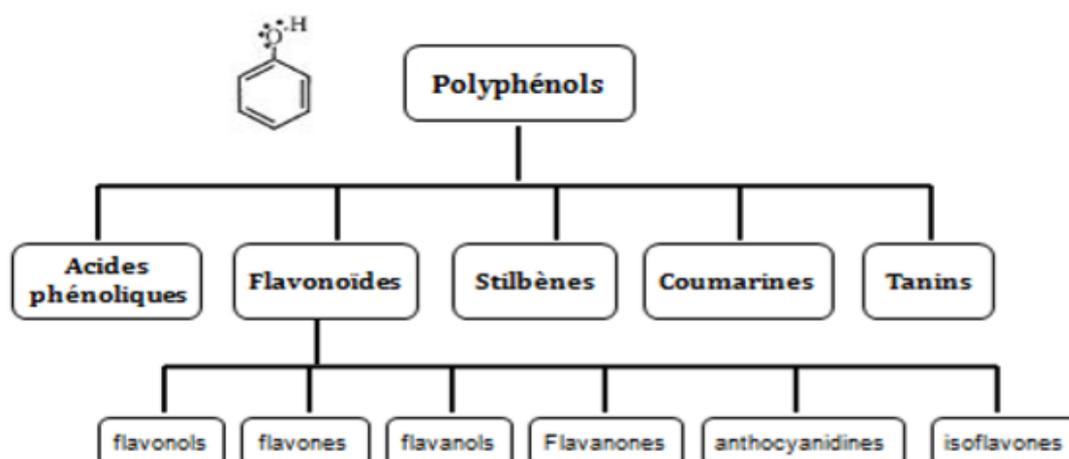
Les métabolites secondaires sont des molécules naturelles produites en faible quantité, dans toutes les parties de plantes. Les plantes produisent plus de 200.000 métabolites secondaires. Parmi les principales familles de ces métabolites, on distingue les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. (Ali et al., 2013).

V. Classification des métabolites secondaires

V.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques, dénommés aussi polyphénols sont des métabolites secondaires constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs, depuis les racines jusqu'aux fruits, et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques (Boizot et Charpentier, 2006). Cette famille comprend une grande variété, de plus de 8000 molécules divisées en plusieurs classes chimiques (figure 2), principalement les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les coumarines (Luthria et al., 2006).

Figure 2 : Classification des polyphénols (Macheix et al., 2005)



V.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques ou acides phénols sont un groupe de métabolites secondaires incolores, présents en abondance dans les aliments, ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols. Ils ont deux structures principales (**figure 3**) (**Pandey et Rizvi, 2009**).

- L'acide hydroxycinnamique et ces dérivés : l'acide ferulique, l'acide caféique, l'acide p-coumarique et l'acide sinapique .
- L'acide hydroxybenzoïque et ces dérivés : l'acide gallique, l'acide vanillique, l'acide syringique et l'acide protocatéchuïque (**Khoddami et al., 2013**).

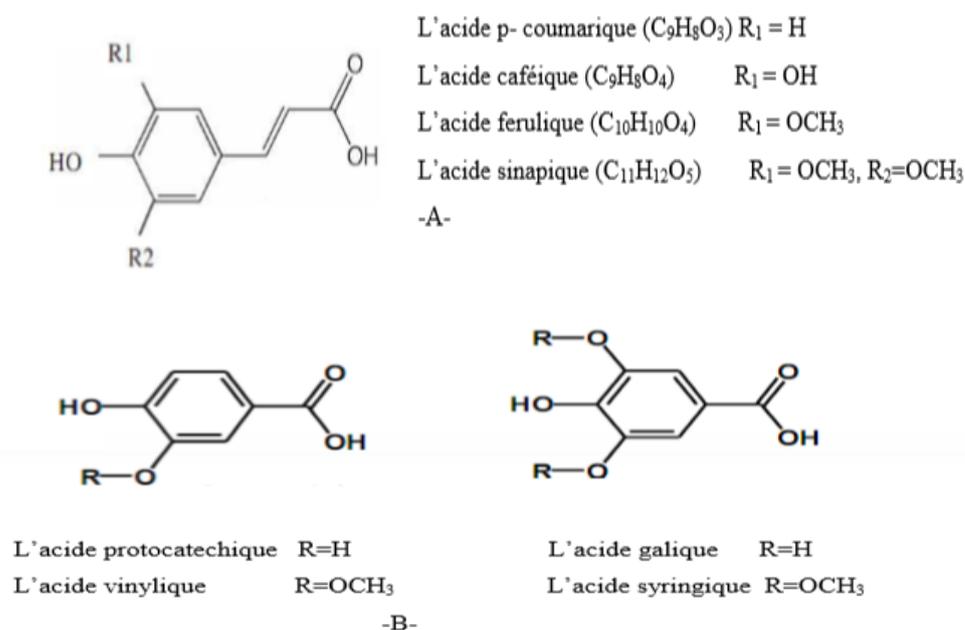


Figure 3 : Structure chimique des principaux acides phénoliques: A- Acides hydroxycinnamiques, B- Acides hydroxybenzoïques (**Tsao, 2010 ; Mccarthy et al., 2013**).

V.1.2 Les flavonoïdes

Ce sont des pigments responsables des colorations jaunes, oranges et rouges de différents organes végétaux, fleurs, fruits et parfois des feuilles (**Chae et al., 2013**). Ils comprennent plus de 6000 molécules et possèdent un squelette de 15 atomes de carbones (**figure 4**). Les flavonoïdes sont subdivisées en six sous-groupes: les flavanones, les flavones,

les flavonols, flavan-3-ols, les anthocyanes et les isoflavones (Balasuriya et Rupasinghe, 2011).

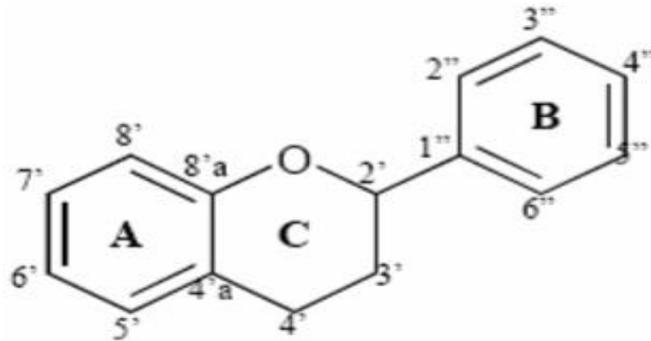


Figure 4 : Structure générale du noyau des flavonoïdes (Heim et al., 2002).

V.1.3 Les tanins

Ce sont des polymères d'acide phénolique d'origine végétale, hydrosolubles ayant des poids moléculaires entre 500 et 3000 DA (Sereme et al., 2010). Ils sont caractérisés par leur goût astringence due à la précipitation des protéines salivaires qui crée une sensation d'assèchement dans la bouche (Peronny, 2005).

En général, ils sont classés en deux groupes (figure 5 et 6) : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Okuda et Ito., 2011).

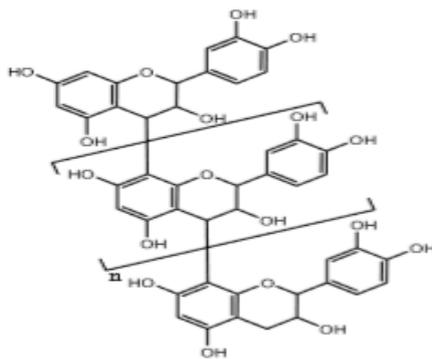


Figure 5 : Structure des tanins condensés (peronny., 2005)

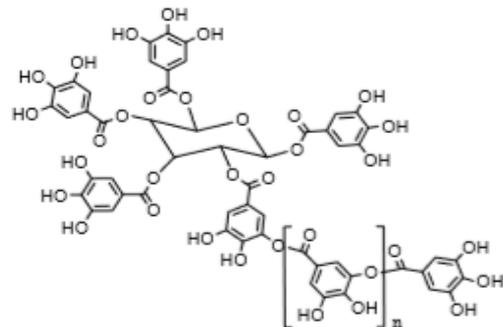


Figure 6 : Structure des tanins hydrolysable (peronny, 2005)

V.1.4 Les coumarines

Ce sont des hétérocycles appartenant à la famille des benzopyrones, ayant comme structure de base le benzo-2-pyrone (Srikrishna et al., 2018). Les coumarines sont capables de piéger les radicaux hydroxyles, peroxydes et superoxydes. Ils empêchent également la peroxydation des lipides membranaires (Diallo, 2005).

V.1.5 Les stilbènes

Les stilbènes sont des composés phénoliques possédant la structure C₆-C₂-C₆ et contenant au minimum deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison (figure 7).

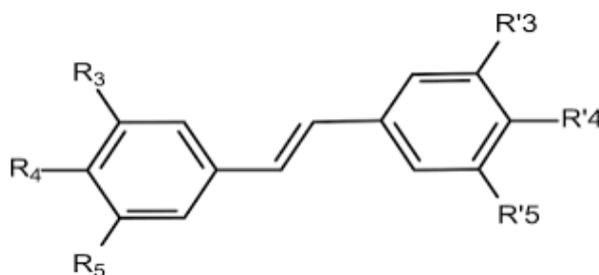
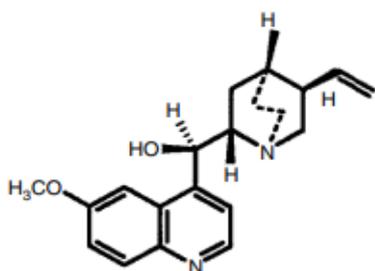


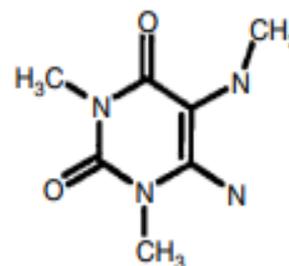
Figure 7 : Structure chimique de stilbène (Perret, 2001).

V.2 Les alcaloïdes (composés azotés)

Les alcaloïdes sont des substances organiques naturelles d'origine végétale, azotée et basique (Donatien, 2009). Ils ont une structure moléculaire complexe ; leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique. Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la plante (figure 8), ils sont combinés avec des acides organiques ou à des tanins (Ziegler et Facchini, 2008). Ils sont classés en trois grands types : les alcaloïdes vrai, les pseudo-alcaloïdes et les protoalcaloïdes (Aniszewski, 2007).



-Quinine -

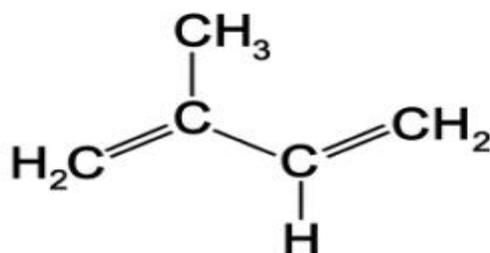


-Caféine-

Figure 8: Structure chimique de quelque alcaloïdes (Aniszewski, 2007)

V.3 Les terpanoïdes (composé terpénique)

Appelés aussi terpènes, sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte, leur particularité structurale est la présence dans leur squelette d'unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C₅H₈) (figure 9) . (Hernandez-Ochoa, 2005) .

**Figure 9 :** structure d'isoprène (Muanda, 2010)

V. Activités thérapeutiques des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont reconnus par leurs activités biologiques qui comprennent des activités antibactériennes, anticancéreuses, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydantes (**tableau 2**).

Tableau 1 : Propriétés biologiques de quelques métabolites secondaires

Métabolites Secondaires	Activités biologiques
Composants Phénoliques	Effet antioxydant, antibactérien, antiradicalaire, anti-allergène et vasodilatateur . Sont des protecteurs contre l'apparition de certaines maladies comme les maladies cardiovasculaires, les cancers, les maladies neurodégénératives, le diabète et l'ostéoporose (Scalbert et al., 2005 ; Cetkovic et al., 2008 ; Falleh et al., 2008)
Flavonoïdes	Propriété anti-inflammatoire (Cushine et al., 2005), cardiovasculaire (Hooper et al., 2008), anti-oxydante (Ghedira, 2005) anticancéreuse (Basile et al., 1999)
Alcaloïdes	anti-cancer, effets sur les troubles nerveux (maladie de Parkinson) (Iserin et al., 2001), antidiabétique (Azzi, 2013).
Coumarines	Anticoagulant, antioxydant, protectrice vasculaire (Bruneton, 2009; Hennebelle., 2006), analgésiques (Ito et al., 2005).
Tanins	Inhibe la peroxydation des lipides (Perret, 2001). Piégeurs des radicaux libres (Bruneton, 2009).

Chapitre III : La plante médicinale
étudiée « *Ephedra alata* »

Les plantes médicinales ont attiré beaucoup d'attention en raison de leur diversité de propriétés biologiques et thérapeutiques, dans le présent travail, nous sommes intéressés à une espèce appartenant à la famille des Ephedraceae (**Kmail et al., 2017**).

I. Généralité sur la plante:

Les espèces de la famille des Ephedraceae, représentées par un seul genre «*Ephedra*» (**photo 1**). Elle est célèbre pour sa longue histoire d'utilisation médicale, notamment en raison de la présence de nombreux alcaloïdes, tels que l'éphédrine. Ce genre inclut environ 50 à 60 espèces dans le monde (**Huang et al., 2003**).



Photo 1: Partie aérienne d'*Ephedra alata* (**Palici, 2016**)

I.1. Description botanique

L'espèce *Ephedra alata* est un arbuste dioïque vivace ramifié et rigide, 50-100 cm de hauteur, caractérisée par des rameaux articulés et très ramifiés d'une couleur verte-jaunâtre, portant au niveau des nœuds de petites feuilles opposées et courtes de environ 3-6 mm (**Photo 2**). Les fleurs sont en petits cônes blanchâtres, unisexuées (fleurs mâles et femelles sur des pieds différents) les mâles groupés en cônes ovales et les femelles en cônes pédonculés. Ces graines sont ovoïdes et ces faux fruits (galbules) entourés de bractées largement membraneuses. Elle présente un système de racines latérales extrêmement puissant,

sa floraison est du mois de Mars à Juin (**Ghanem et El-Magly, 2008 ; Derbel et al., 2010 ; Jaradat et al., 2015**).



A: Rameau fleurit

B: Fleur en épanouissement

Photo 2 : Rameau fleurit et fleur en épanouissement d'*Ephedra alata* (**Palici, 2016**)

I.2. Origine et répartition géographique

Ephedra alata est une plante originaire dans les régions arides et semi arides de (**Hegazi et El-Lamey, 2011 ; Ziani et al., 2019**)

- L'Afrique : Algérie, Egypte, Maroc, Tchad, Libye, Mauritanie, Mali, Somalie et Tunisie.
- L'Asie : Chine, Inde, l'Iran, Arabie Saoudite, Irak, Palestine, Liban, Jordanie.
- L'Amérique du Nord-Ouest.

En Algérie, *Ephedra alata* se trouve dans le Sahara septentrional et occidental au niveau des terrains sableux, des regs, les lits sablonneux des oueds, dans le sable de l'étage tropical et la Hamada de Tinghert (**Ozenda, 1991**).

I.3. Noms vernaculaires

Selon les herboristes et les personnes pratiquants la médecine traditionnelle, en Algérie *Ephedra alata* est appelée *Alanda*. Les noms vernaculaires de cette plante sont :

- Nom arabe : alenda, adam, djachia, eladher, O'leaq, chdida (**Ziani et al., 2019**)
- Nom Anglais : Sand Camel's ephedra (**Kmail et al., 2017**)
- Nom chinois : Ma-huang
- Nom targui ou berbère : Timaiart, Arzoum, Alelga (**Beloued, 1998**).

I.4. Taxonomie d'*Ephédra alata*

Selon Ozenda, (1997) et le catalogue de Dobignard et Chatelain, (2010), la position systématique d'*Ephedra alata* est la suivante :

Régne	:	Végétal
Embranchement	:	Spermaphytes
Sous embranchement	:	Gymnospermes
Classe	:	Gnetopsida
Ordre	:	Ephedrale
Famille	:	Ephedracea
Genre	:	Ephedra
Espèce	:	Ephedra alata

I.5. Utilisation thérapeutique

L'Ephedra est l'un des plus vieux médicaments connus, C'est une source importante de composés pharmaceutiques. Étant utilisé par les Chinois depuis au moins 5000 ans pour traiter les allergies, l'asthme bronchique, les frissons, les rhumes, la toux, l'œdème, la fièvre, la grippe, les maux de tête, le rhume, la congestion nasale, les arthralgies et comme diaphorétique antiallergique (**Ould El Hadj et al., 2003; Ibragic et Sofic., 2015**), Cette espèce présente aussi des activités anticancéreuses. Une inhibition antibactérienne sur certaines bactéries *Bacillus subtilis*, *Moraxella catarrhalis* et *Staphylococcus aureus*). Elle agit aussi comme antifongique (**Kmail et al., 2017 ; Ziani et al., 2019**). Ces fruits sont comestibles et conseillés contre les fièvres intermittentes (**Beloued, 1998**), De plus, *Ephedra alata* a été suggéré par certains groupes de recherche pour le traitement du diabète sucré. (**kittana., 2016**)

I.6. Mode d'utilisation

Ephedra alata peut être utilisé dans la médecine populaire comme décoction, stimulant, désobstruent. Habituellement 1,5 à 9 g des tiges bouillies environ 30 minutes dans l'eau et administrées sous forme de tisane pour traiter différentes maladies : problème rénale, respiratoire, les troubles du système digestif (**Jaradat et al., 2015**).

- ❖ En palastine : Les extraits d'*Ephedra alata* sont utilisés en médecine traditionnelle par voie orale pour le traitement des patientes atteintes du cancer du sein (**Kmail et al., 2017**).
- ❖ Au Maroc, la poudre d'*Ephedra alata* est utilisée pour lutter contre le diabète (**Ghourri et al., 2013**)
- ❖ En Algérie, *Ephedra alata* est utilisée sous forme de gouttes nasales ou sous forme tisane pour lutte contre les rhumes et la faiblesse générale (**Ould El Hadj et al., 2003**).
- ❖ En Egypte, Elle est utilisée comme dépurative, antiasthmatique et agent astringent. Les branches sont mâchées pour la céphalalgie (**Mahmoud et al., 1984 ; Nawwar et al., 1984**).
- ❖ En Russie, Elle est utilisée contre le trouble de système respiratoire et les rhumatismes (**Al-Snafi, 2017**).

I.7. Composition chimique

L'analyse phytochimique préliminaire d'*Ephedra alata* a révélé la présence, des sucres réducteurs, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des composés phénoliques, des tanins, des saponines, et certain composés volatils (**Hegazi et El-Lamey, 2011 ; kittana et al., 2016 ; Ibragic et sofic, 2015 ; Mighri et al., 2019**).

Ephedra alata est une source naturelle d'alcaloïdes tel que : le nilocitine représente le premier alcaloïde de quinoléine présent dans la famille des ephédacées (**Jaradat et al., 2015**), éphédrine (E) et pseudoéphédrine (EP) qui agissent comme sympathomimétiques (**Ghanem et El-Magly, 2008**), noréphédrine, norpseudoéphédrine, méthyléphédrine et méthylpseudoéphédrine. A coté des éphédadine A-D (les alcaloïdes du type E, l'éphédoxane et les spermidines macrocycliques) (**ibragic et sofic, 2015**)

Les flavonoïdes isolés à partir *Ephedra alata* sont du type Flavone dont : vicenin II, lucenine ,di C-glycosylflavones , les flavonol-3-O-glycosides (Mahmoud et al., 1984). Les tanins, principalement les proanthocyanidines sont produits en grande quantité dans les tiges de cette plante, lui conférant son gout astreignant (Soni et al., 2004).

Selon plusieurs rapports, les composés volatils présents dans cette plante sont principalement représentés par des terpénoïdes et peuvent être utilisés comme marqueurs chimio-taxonomiques. (Ibragic et sofic., 2015).

D'autres composés phytochimiques comprennent les kynurenates, l'acide citrique, malique et oxalique, les saponines, les cristaux d'oxalate de calcium, les oligoéléments. Les acides gras comme l'acide hexadécanoïque, l'acide 2-propénoïque, l'acide benzoïque, et l'acide propanoïque (Mighri et al., 2019).

I.8. Pharmacologie

Ephedra est une plante médicinale considérée en tant que source importante d'alcaloïde, employée sous le nom d'éphédrine au pseudoéphédrine dans les médicaments Européens.

En France, en rhinologie, l'éphédrine est utilisée par voie nasale et son utilisation est soumise à prescription. À l'opposé, la pseudoéphédrine utilisée seule ou associée à diverses autres classes médicamenteuses par voie orale pour traiter l'obstruction nasale. (Laccourreya et al ., 2015).

I.9. Toxicologie

Selon l'évaluation de la Food and Drug Administration (FDA) en 2004, les suppléments alimentaires contenant des alcaloïdes de type éphédrine, pseudoéphédrine et méthyléphédrine représentent un risque remarquable pour la santé. A forte dose , l'éphédrine stimule la fréquence cardiaque, exerce des effets sur le système nerveux central (SNC) et provoque aussi une hépatotoxicité avec une nécrose massive. (Ibragic et Sofic, 2015 ; Zheng et Navarro, 2016) .

II. Travaux antérieurs

En plus de leurs utilisations traditionnelles, *Ephedra alata* possède plusieurs propriétés biologiques, parmi lesquelles on cite les plus importantes :

- **Activité Antifongique :** L'extrait aqueux de *Ephedra alata* égyptienne donne une inhibition remarquable *in vitro* et *in vivo* contre la production d'aflatoxines par *Aspergillus flavus* (Al-Qarawi et al., 2012) et Selon Ghanem et El-Magly (2008), l'extrait d'acétonitrile d'*Ephedra alata* montre une activité antifongique surtout sur *Aspergillus fumigatus*.
- **Activité antibactérienne et antivirale :** L'extrait acétonitrile de l'*Ephedra alata* d'origine égyptienne testée par Ghanem et El-Magly (2008) présente une forte activité contre des bactéries à GRAM+ et à GRAM- ainsi que des levures. L'extrait éthanolique présente aussi une activité bactériostatique contre les souches bactériennes suivantes : *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterococcus faecalis* (Danciu et al., 2019). *Ephedra alata* agit comme un agent antivirale contre le virus HSV (Herpes simplex virus) (Soltan et Zaki, 2009).
- **Activité antioxydante :** Dans une étude faite par Al-Rimawi et al en 2017, ont montré une forte activité antioxydante d'un extrait méthanolique, il est presque équivalent à l'antioxydant standard Trolox . Kallassy en 2017, l'extraits alcooliques d'*Ephedra campylopoda* a montré, *In vitro*, une forte activité antioxydants, anti-inflammatoires et antiprolifératif.
- **Effet hypoglycémiant :** L'extrait alcoolique de l'*Ephedra alata* a présenté une diminution persistant du taux de glucose sanguin, une heure après son administration à des rats à jeun (Shabana, 1990). D'après Ben Lamine et al (2019) , les résultats montrent que la décoction de la partie aérienne d'*Ephedra alata* inhibe significativement les activités α -amylases et α -glucosidases *in vitro* et diminue la glycémie *in vivo* chez les rats diabétiques traités .
- **Effet sur la masse corporelle :** *Ephedra* favorise une perte de poids efficacement rapide chez les personnes obèses. Ainsi une étude montre que une combinaison d'éphédrine-guarana (caféine) favorisent la perte de poids en réduisant l'apport alimentaire ainsi qu'en augmentant la thermogénèse (Boozer et al., 2001).

Matériel et Méthodes

Cette étude expérimentale a été réalisée au sein de laboratoire de recherche des Produits Naturels (LAPRONA), faculté des sciences de la nature et de la vie, science de la terre et de l'univers, université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen (Algérie).

L'objectif principal de ce travail, est de déterminer les propriétés phytochimiques de la poudre obtenue par la méthode de séchage à l'air libre de la partie aérienne d'*Ephedra alata alenda* et l'évaluation de l'activité antioxydante en utilisant trois techniques : La capacité antioxydante totale, le piégeage du radical libre (DPPH) et la réduction du fer (FRAP).

I. Matériel végétal

I.1. Présentation du site de récolte

Le matériel végétal est constitué de rameaux (tiges feuillées) et de fleurs d'*Ephedra alata alenda* récoltée durant le mois de Mai 2018 dans la région d'Oued el Alenda, 35 km d'Oued Souf, une commune de la wilaya d'El Oued, en Algérie. Cette wilaya est délimitée au nord, par la wilaya de Tébessa et Khenchela. Au nord et au nord-ouest par la wilaya de Biskra. Au sud et au sud-est par la wilaya d'Ouargla, à l'est par la Tunisie.

I.2. Obtention de la poudre végétale

Après récolte, le matériel végétal est rincé, séché à la température ambiante, dans un endroit sec aéré et à l'abri de la lumière et de l'humidité. Les deux parties séparées, ont été broyées finement par un mortier puis par un broyeur électrique pour obtenir une poudre bien moulue, et sont stockées soigneusement dans des boîtes en verre fermées hermétiquement.



Photo 3 : Poudre des fleurs



Photo 4 : Poudre des tiges feuillées

II. Préparation des extraits végétaux

II .1. Extraction par des solvants organiques à polarité croissante

L'extraction a été réalisée par épuisements successifs du matériel végétal par reflux durant une heure (1h), en utilisant trois solvants de polarité croissante : hexane (Hx), dichlorométhane (DCM) et méthanol (MET), selon la méthode décrite par **Chaouche (2015)**.

Nous avons utilisé 130 ml de solvant pour 15 g de poudre. Après le passage de chaque solvant, les extraits sont évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif à la température appliquée à l'évaporation de chaque solvant. Les rendements en extrait sec ont été calculés par le rapport suivant :

$$\text{Rdt \%} = \left[\frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P3}} \right] \times 100$$

P1 : Poids du ballon après évaporation ;

P2 : Poids du ballon avant évaporation (ballon vide) ;

P3 : Poids de la matière végétale sèche de départ.

L'extrait sec est pesé, puis repris dans quelques millilitres de méthanol pour évaluer l'activité antioxydante. Enfin ils ont été stockés à 4° C pour une utilisation ultérieure. Les essais sont répétés trois fois pour chaque concentration d'extrait et de standard utilisé.

III. Quantification de quelques classes phénolique dans les extraits

III.1. Les polyphénols totaux

Le réactif utilisé, « Folin-Ciocalteu », est un mélange de complexes d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) et d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) de couleur jaune. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif. Cette oxydation entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène-tungstène de couleur bleu qui absorbe à 750 nm. Ce dosage est réalisé par la comparaison de la densité optique (DO) observée à celle obtenue par un étalon d'acide gallique de concentration connue.

Le dosage des polyphénols est réalisé selon la méthode décrite par **Vermerris *et al.* (2006)** :

Une prise de 100 μ L de l'extrait est mélangée avec 2 ml d'une solution de carbonate de sodium à 2% fraîchement préparée, le tout est agité par un vortex. Après 5 min, 100 μ L du réactif de Folin-Ciocalteu (1N) sont additionnés au mélange, le tout est laissé à température ambiante pendant 30 min et la lecture est réalisée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 750 nm.

Une gamme étalon à base de l'acide gallique est également préparée à des concentrations allant de 0 à 500 μ g/mL. Les teneurs en Polyphénols totaux des extraits sont alors exprimées en milligramme équivalent acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (mg EAG/g MS).

III.2. Les flavonoïdes totaux

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des flavonoïdes par deux réactifs incolores, le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) et le nitrite de sodium ($NaNO_2$). Elle entraîne la formation d'un complexe brunâtre qui absorbe à 510 nm. La comparaison de la DO observée à celle obtenue par un étalon de catéchine de concentration connue permet d'évaluer la teneur totale en flavonoïdes.

La quantification des flavonoïdes est faite selon une méthode colorimétrique décrite par **Dewanto *et al.* (2002)**.

Une prise de 250 μL d'extrait diluée est ajoutée de 75 μL d'une solution de NaNO_2 à 5%. Après incubation pendant 6 min à température ambiante, 150 μL d'une solution fraîchement préparée de chlorure d'aluminium (AlCl_3 , 10%) est ajouté au mélange. Après repos de à température ambiante pendant 5 min, 500 μL de soude (NaOH , 1M) est ajouté au mélange. Le volume final est porté à 2,5 mL avec de l'eau distillée. L'absorbance de cette préparation est mesurée contre un blanc à 510 nm. Une gamme étalon à base de catéchine est également préparée à des concentrations allant de 0 à 500 $\mu\text{g/mL}$. Les teneurs en flavonoïdes des extraits sont alors exprimées en milligramme équivalent catéchine par gramme de la matière sèche (mg EC/g MS).

III.3. Les tanins condensés

Les tanins condensés en présence d'acide chlorhydrique se dépolymérisent et par réaction avec la vanilline, se transforment en anthocyanidols de couleur rouge, mesurables par spectrophotométrie à 500 nm. Une prise de 50 μL d'extrait est ajoutée à 3 mL de vanilline à 4% et 1,5 mL du chlorure d'hydrogène (HCL). Après homogénéisation, le mélange est mis en incubation pendant 15 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée contre un blanc à 500 nm. Les teneurs en tanins condensés, déterminées en se référant à une gamme étalon de catéchine (0 à 500 $\mu\text{g/mL}$), sont exprimées en milligramme équivalent catéchine par gramme de la matière sèche (mg EC/ g MS) (**Sun et al., 1998**).

IV. Estimation de l'activité antioxydant, *in vitro*

IV.1. La capacité antioxydante totale

Ce test est basé sur la réduction du molybdène (VI) en molybdène (V) par l'extrait de plante. Cette réduction induit, à pH acide, la formation du complexe phosphate/Mo (V) de couleur verte. Une prise de 100 μL d'extrait est combinée dans un tube avec 1 mL de solution composée d'acide sulfurique (0,6 N), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Les tubes sont incubés à 95 °C pendant 90 min. Après un repos de

6 min à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695 nm contre un blanc contenant du méthanol à la place de l'extrait. Comme pour les polyphénols totaux, l'activité antioxydante totale est exprimée en milligramme équivalent acide gallique par gramme de la matière sèche (mg EAG/g MS) (Prieto et al., 1999).

IV.2. Le piégeage du radical DPPH

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radical libre et la simplicité de l'analyse. Il absorbe dans le visible à une longueur d'onde de 515 à 520 nm. La méthode de DPPH présente plusieurs avantages du fait qu'elle soit indépendante, simple et rapide. Le test consiste à mettre le radical DPPH (de couleur violette), en présence des molécules dites « antioxydants » afin de mesurer leur capacité à réduire ce radical (figure 10). La forme réduite (de couleur jaune) n'absorbe plus, ce qui se traduit par une diminution de l'absorbance à cette longueur d'onde.

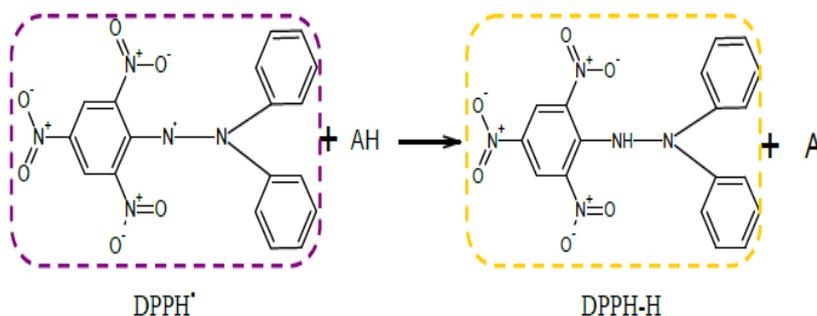


Figure 10 : Réaction de réduction du radical DPPH°

A différentes concentrations, 50 μL de chaque échantillon, sont ajoutés à 1950 μL d'une solution méthanolique de DPPH à $6,34 \times 10^{-5}$ M (0,0025 g dans 100 mL méthanol). Pour chaque concentration un blanc est préparé. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé, en parallèle, en mélangeant 50 μL du méthanol avec 1950 μL d'une solution méthanolique de DPPH à la même concentration utilisée. Après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, la réduction de DPPH s'accompagne par le passage de la couleur violette à la couleur jaune de la solution. La lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Le témoin positif utilisé est le butylhydroxyanisol

(BHA). Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition, calculé suite à la diminution de l'intensité de la coloration du mélange, à l'aide de la formule suivante :

$$PI = (D.O_{\text{témoin}} - D.O_{\text{extrait}} / D.O_{\text{témoin}}) \times 100$$

PI : pourcentage d'inhibition.

D.O_{témoin} : absorbance du témoin négatif.

D.O_{extrait} : absorbance de l'extrait.

L'étude de la variation de l'activité antioxydante en fonction de la concentration des extraits permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (CI₅₀). Une valeur faible de CI₅₀ correspond à une grande efficacité de l'extrait.

IV.3. Le pouvoir réducteur du fer

L'activité réductrice d'un extrait est évaluée par la réaction d'oxydoréduction entre l'extrait et les ions métalliques de transition, notamment le fer. Le ferricyanure de potassium K₃Fe(CN)₆ fournit des ions Fe³⁺ qui seront réduits en Fe²⁺ par les antioxydants présents dans l'extrait végétal. Le pouvoir réducteur est déterminé selon la méthode décrite par **Oyaizu (1986)**. Cette méthode consiste à mélanger 1 mL de l'extrait à différentes concentrations avec 2,5 mL de tampon phosphate 2,2 M à pH 6,6 et 2,5 mL d'une solution de K₃Fe(CN)₆ à 1% (m/v). Le mélange obtenu est incubé pendant 20 min à 50°C, puis 2,5 mL d'acide trichloracétique à 10% (m/v) sont ajoutés pour arrêter la réaction. 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de FeCl₃ à 0,1%(m/v) sont ajoutés au mélange. La lecture de l'absorbance se fait à 700 nm contre un blanc. Les résultats permettent de calculer la concentration efficace (CE₅₀), concentration de l'extrait correspondante à une absorbance égale à 0,5, obtenue par l'interprétation de la courbe de régression linéaire (D.O = f ([])). L'activité de l'extrait est enfin comparée à celle de témoin positif, le butylhydroxyanisole (BHA).

Résultats et discussion

I. Rendements en extraits

L'extraction se fait par la méthode sous reflux en utilisant trois solvants à polarités croissantes (Hexane, Dichlorométhane et Méthanol), les rendements en extraits secs obtenus sont présentés dans le **tableau 3**.

Tableau 2 : Rendements (%) obtenus à partir de la partie aérienne d'*Ephedra alata*.

Solvants Parties d' <i>Ephedra alata</i>	Rendements (%)		
	Hexane	Dichlorométhane	Méthanol
Tiges feuillées	0.82	0.80	13.69
Fleurs	1.47	1.55	6.27

D'après les résultats d'extraction obtenus, nous avons observé que les extraits méthanolique des tiges feuillées et des fleurs donnent les meilleurs rendements (13.69% et 6.27 % respectivement) par rapport aux autres solvants organiques moins polaires, le dichlorométhane (0.80 % pour les tiges feuillées et 1.55 % pour les fleurs) et l'hexane (0.82 % pour les tiges feuillées et 1.47 % pour les fleurs).

Ces rendements peuvent varier selon plusieurs critères, en fonction de l'espèce végétale utilisée, la région et la période de récolte et les conditions de séchage (**Keskes et al., 2014**), et aussi selon la polarité de solvant et la solubilité des composés phénoliques contenant dans ce solvant (**Daoudi et al., 2015**).

Les rendements d'extraction enregistrés dans notre étude sont entre (0.80 % et 13.69 %), ils sont légèrement inférieurs par rapport aux celles marquées par **Kebili (2016)**, qui enregistre des rendements entre (0.53 % et 16.21 %).

II. Teneurs en composés phénoliques

L'estimation des teneurs en polyphénols totaux (PPT), en flavonoïdes (Fv) et en tanins condensés (Tn) a été réalisée par la méthode spectrophotométrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, le trichlorure d'aluminium et la vanilline, respectivement. Les teneurs obtenus sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique EAG pour PPT et en mg équivalent de catéchine EC pour les Fv et les Tn par gramme de la matière végétale sèche, en utilisant des équations de la régression linéaire des courbes d'étalonnages de l'acide gallique (PPT) et de la catéchine (Fv et Tn), respectivement (**Figures 11, 12 et 13**).

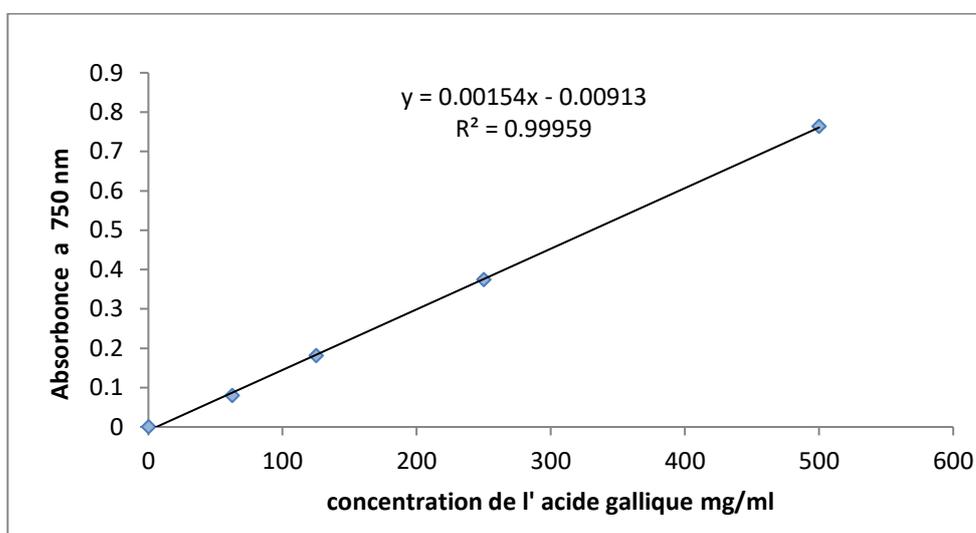


Figure 11 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

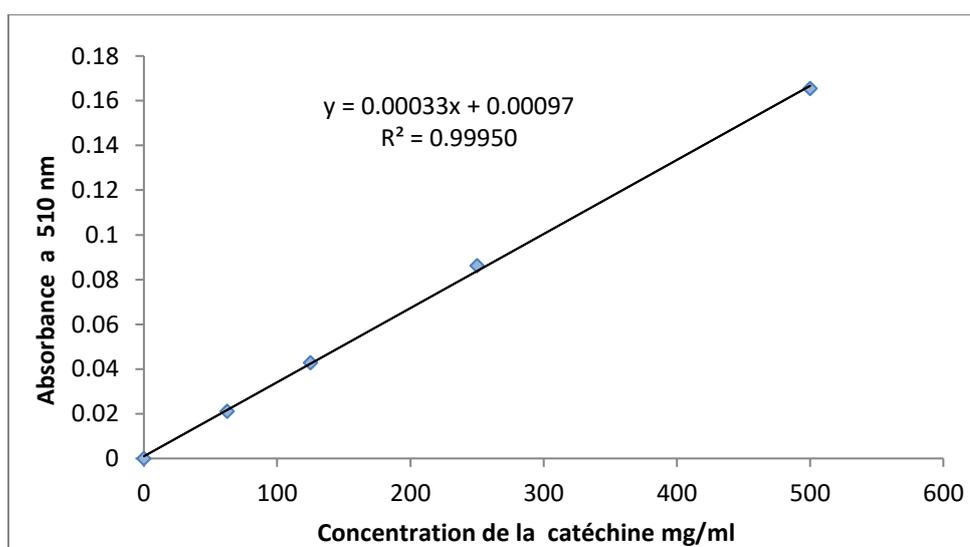


Figure 12 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes

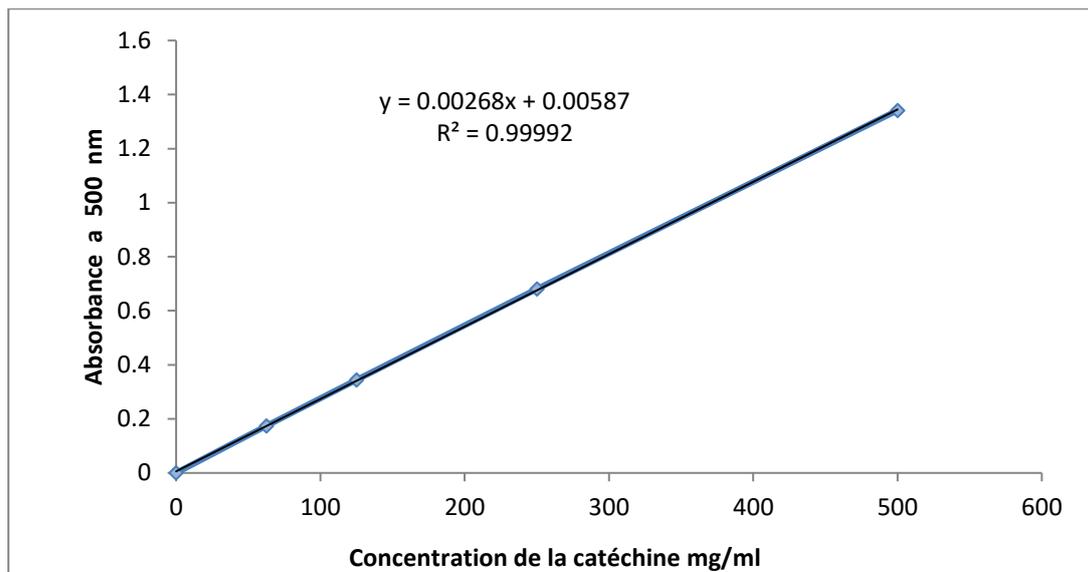


Figure 13: Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tanins condensés

Selon les résultats des dosages de PPT illustré dans la figure 14, la teneur la plus élevée est marquée dans l'extrait méthanolique des tiges feuillées 24.188 mg EAG/g MS suivi par l'extrait des fleurs, avec une teneur égale à 10.01 mg EAG/gMS

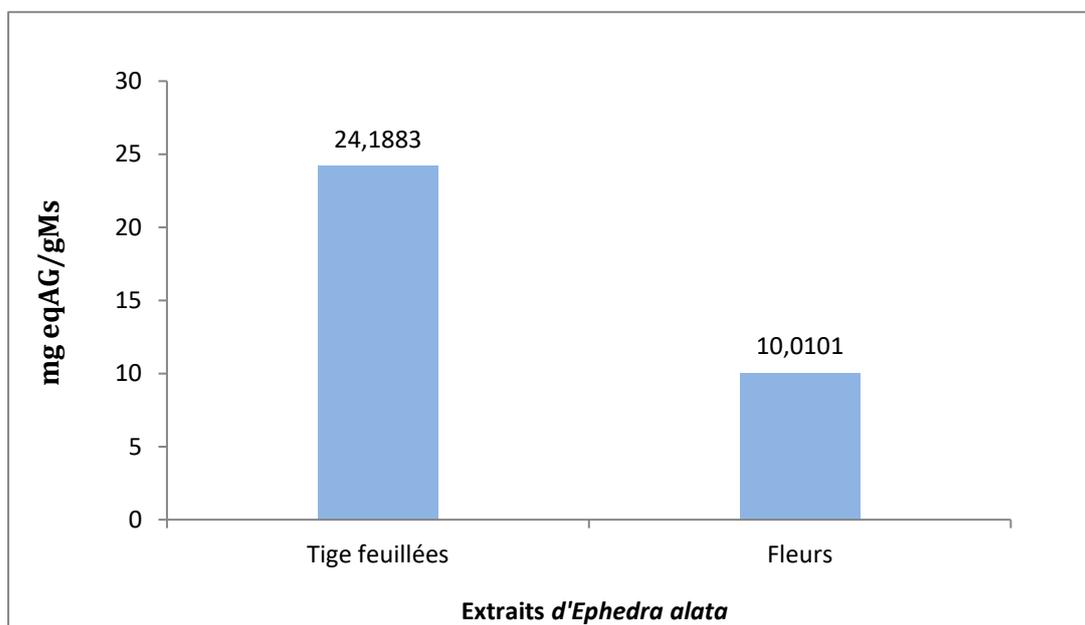


Figure 14 : Histogramme exprimant les teneurs en polyphénols totaux des extraits d'*Ephedra alata*

Concernant les flavonoïdes, on a trouvés que les deux extraits présentent des teneurs relativement faibles (**figure 15**), La teneur dans l'extrait des tiges feuillées est de l'ordre de 7.294 mg EAC/g MS suivie par l'extrait des fleurs 3.5006 mg EAC/g MS.

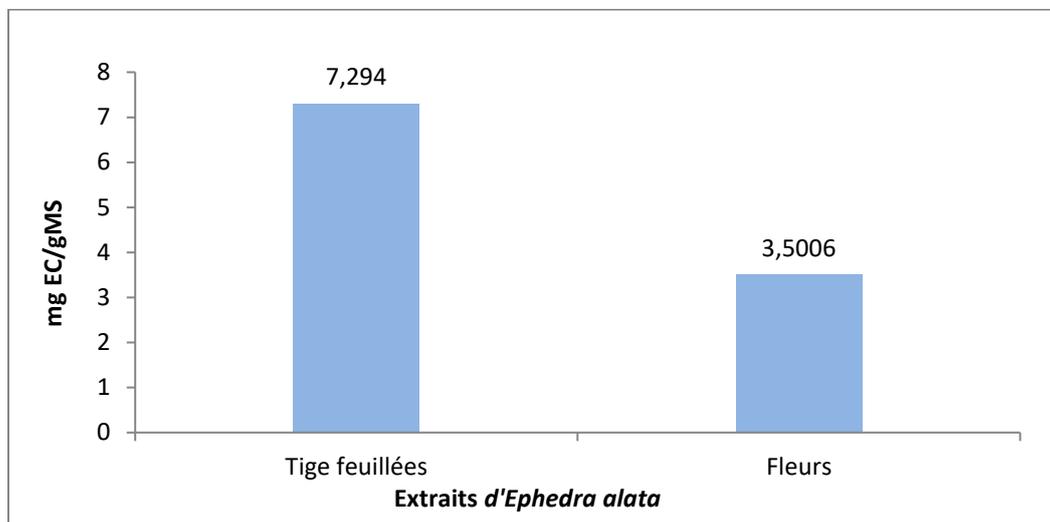


Figure 15 : Histogramme exprimant les teneurs en Flavonoïdes des extraits d'*Ephedra alata*

Selon la **figure 16**, les deux extraits contiennent des composés des tanins avec des quantités variables, la teneur la plus élevée est celle de l'extrait méthanolique des tiges feuillées avec une concentration de 17.0544 mg EC/g MS, suivi par l'extrait des fleurs avec une concentration de 11.237 mg EC/g MS.

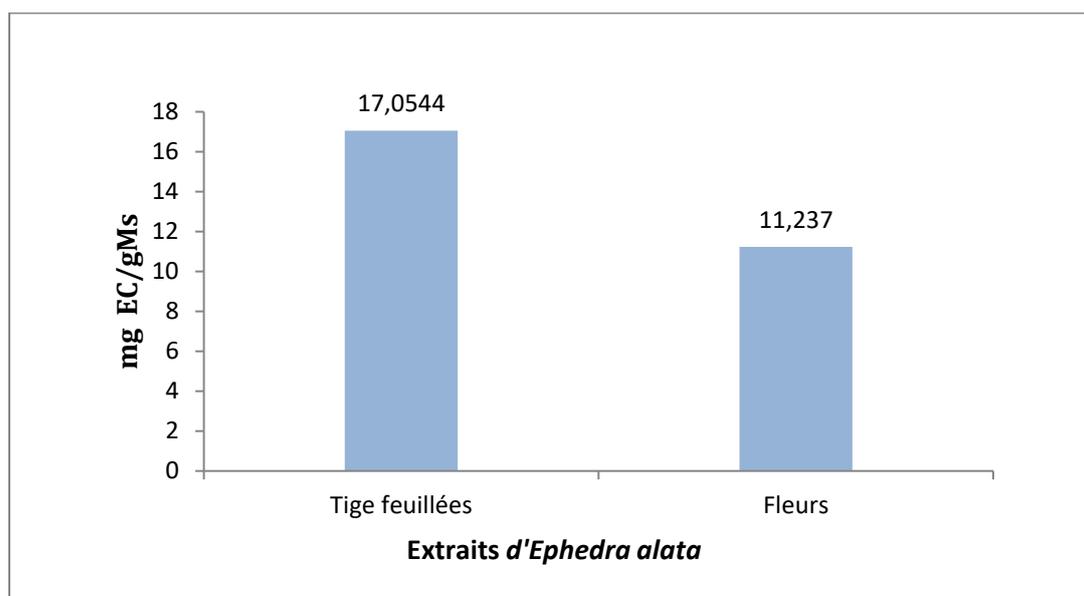


Figure 16 : Histogramme exprimant les teneurs en tanins condensés des extraits d'*Ephedra alata*

D'après **Jaradat et al (2015)**, les extraits d'*Ephedra alata* de Palestine préparés par macération avec différents solvants organiques (éthanol, méthanol, acétone, utilisés séparément), l'extrait méthanolique présente une teneur en polyphénols et en flavonoïdes d'ordre de 47.62 mg EAG/g MS et 54.66 mg EAC/g MS respectivement, ces valeurs sont supérieures à la nôtre.

Ibragic et Sofic (2015), ont montré que l'extrait méthanolique des rameaux feuillés d'*Ephedra alata* d'Allemagne a révélé des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes élevées que la nôtre, elles sont d'ordre de 53.3 mg EAG/g MS et 2.8 mg Equivalent Quercétine/MS respectivement. L'extraction a été effectuée par un mélange méthanol/eau/acide acétique (4/4/1.5) porté à ébullition pendant 30min. Le travail de **Kmail et al (2017)** sur la même plante de la région de Cisjordanie (Palestine) a révélé une teneur en polyphénols égale à 12.09 mg EAG/g MS, le taux des flavonoïdes est de l'ordre de 3.81 mg Equivalent Quercétine/MS.

Donc, il est difficile de comparer nos résultats avec ceux des travaux intérieurs, car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction (**Trabelsi et al., 2010**), des courbes d'étalonnage (cathéchine, quercétine) et les parties des plantes étudiées, réduisent la fiabilité de la comparaison entre les études.

Parmi les facteurs qui peuvent influencer aussi sur la teneur en composé phénolique, on cite le degré de maturation de la plante, degré de stockage, les facteurs extrinsèques (facteur géographique et climatique) et aussi les facteurs génétique (**Hamia et al., 2014**). Ça peut justifier la différence entre les valeurs, qu'on a trouvées par rapport aux autres travaux.

III. Evaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de pouvoir antioxydant de nos extraits a été déterminé par trois méthodes : la capacité antioxydante totale (CAT), le piégeage de radical libre DPPH et la réduction du fer.

III.1. Capacité antioxydante totale

La capacité antioxydante totale (TAC) des extraits a été estimée à l'aide de la méthode de réduction du molybdate d'ammonium avec de l'acide gallique comme norme, exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS). On a tracé une

courbe de régression logarithmique d'étalonnage de l'acide gallique, par ce que les valeurs de DO sont de l'ordre de 2 (**figure 17**).

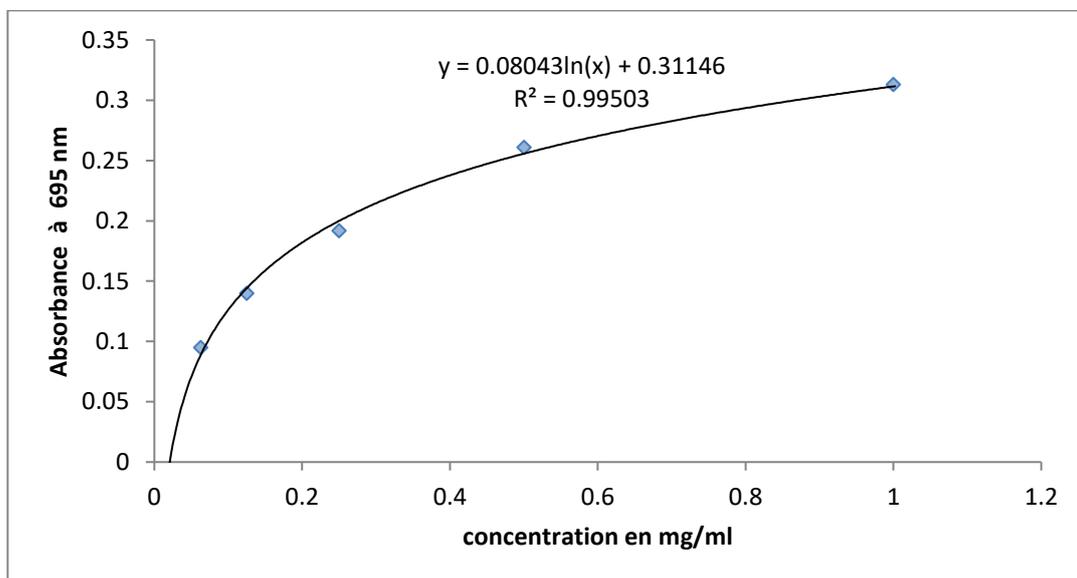


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la capacité antioxydante totale.

Les résultats de capacité antioxydante totale de nos extraits sont représentés dans la figure suivante:

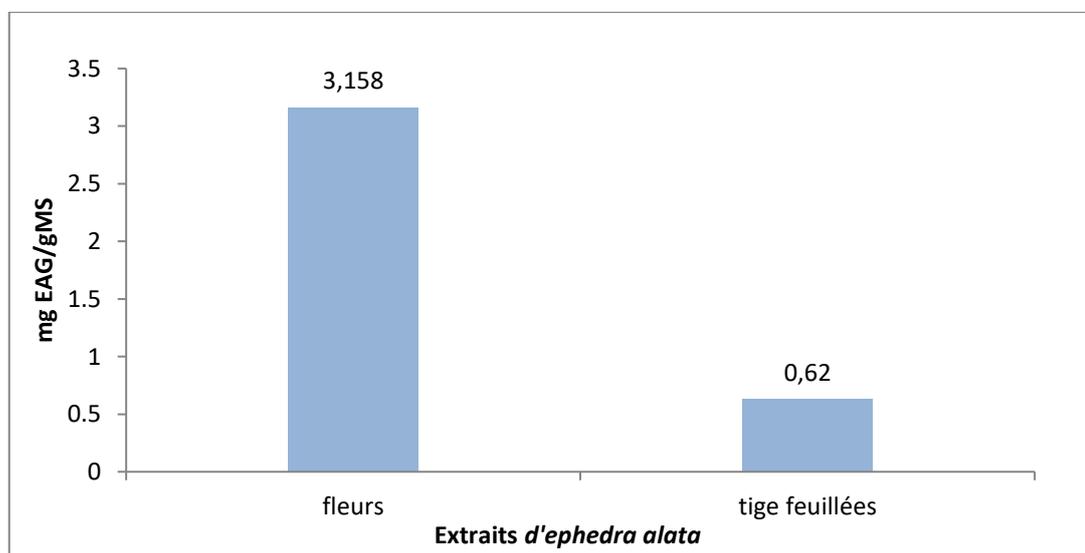


Figure 18 : Histogramme exprimant la capacité antioxydant totale des extraits méthanolique d'*Ephedra alata*

D'après les résultats obtenus **figure 18**, l'extrait méthanolique des fleurs présente le taux le plus élevés (3.15 Mg EAG/g MS) suivie par l'extrait méthanolique des tiges feuillées (0.62 Mg EAG/gMS).

III.2. Piégeage de radicale libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) :

Le DPPH initialement violet, se décolore en jaune lorsque l'électron libre s'apparie, cette décoloration présente la capacité de l'extrait à neutraliser le radical libre. L'évaluation de l'activité antiradicalaire de nos extraits et de standard BHA via le test DPPH a conduit aux résultats illustrés dans les **figures 19 et 20**. A partir de ces courbes, nous pouvons déterminer la valeur CI_{50} de chaque extrait.

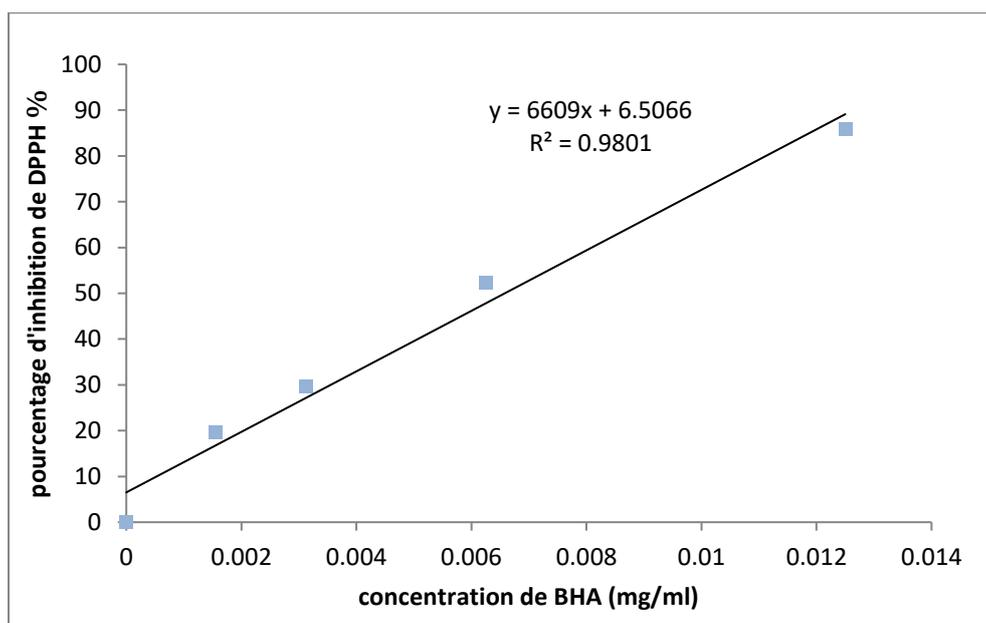


Figure 19 : Pourcentage d'inhibition du radicale libre DPPH en fonction de concentration de BHA

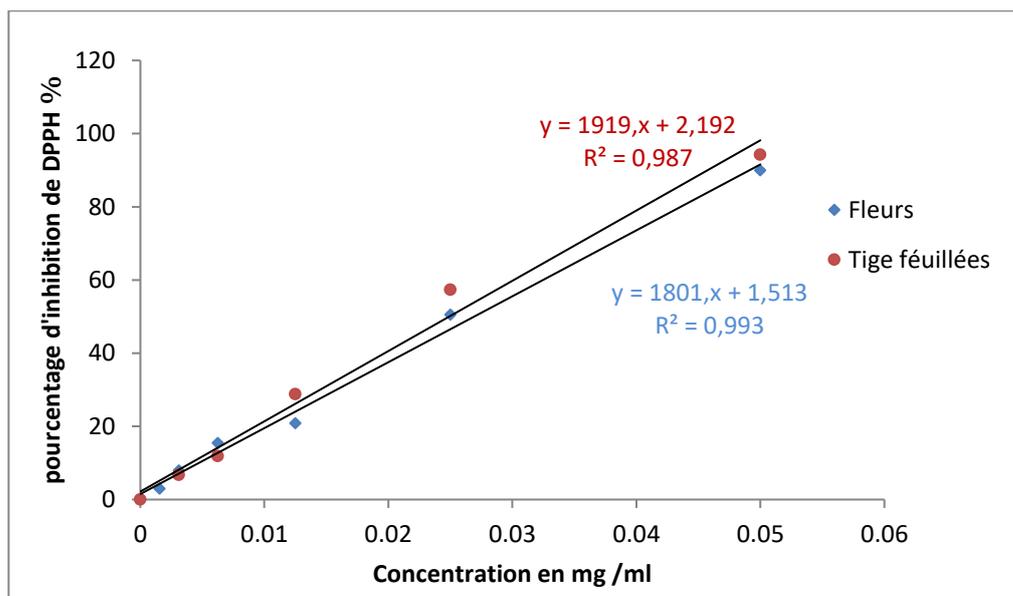


Figure 20 : Pourcentage d’inhibition du radicale libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits méthanolique *d’Ephedra alata*

A partir des équations de régressions, nous avons déterminé les CI_{50} en (mg/ml) pour chaque extrais et aussi pour le standard BHA, les résultats sont présentés dans le tableau suivants :

Tableau 3 : Valeurs de CI_{50} de BHA et des extraits méthanolique *d’Ephedra alata*

	CI_{50} (mg/ml)
Extrait méthanolique des tiges feuillées	0.024
Éxtrait méthanolique des fleurs	0.026
Le standard BHA	0.006

D’après les résultats obtenus dans le **tableau 3**, nous avons remarqué que les deux extraits présentant des activités très proche , le CI_{50} marquée par l’extrait méthanolique des tiges feuillées égale a 0.024 mg/ml et l’extrait méthanolique des fleurs est de l’ordre

de 0.026 mg/ml .Cette activité reste faible quatre fois par rapport à celle de BHA ($CI_{50}=0.006$ mg/ml).

Les résultats de l'extrait méthanolique de la même espèce de la région de Sabria-faouar (kebili, Tunisia), montre une valeur de CI_{50} égale à 0.33 mg/ml, une capacité quatre fois inférieur à celle de BHA ($CI_{50}= 0.08$ mg/ml) (Mighri et al., 2019)

L'étude réalisée sur la même espèce de la région de Cisjordanie (Palestine), par Kmail et al, (2017) a montré une CI_{50} d'ordre 440 ug/ml. Jaradat et al, (2015) ont révélé dans un extrait méthanolique préparé par macération, une CI_{50} est de l'ordre 16.03 μ g/ml contre le standard Trolox utilisé comme contrôle positif ($CI_{50}=3.6$ μ g/ml). La différence de résultats est due au protocole utilisé, ce qui rend la comparaison difficile.

III.3. Pouvoir réducteur de fer (FRAP)

Cette technique basée sur la capacité des polyphénols à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}).

A partir des résultats obtenus, on a tracé des courbes de régressions linéaires des concentrations d'extraits préparés à partir des fleurs et des tiges feuillées (figure 21) et de standard BHA (figure 22).

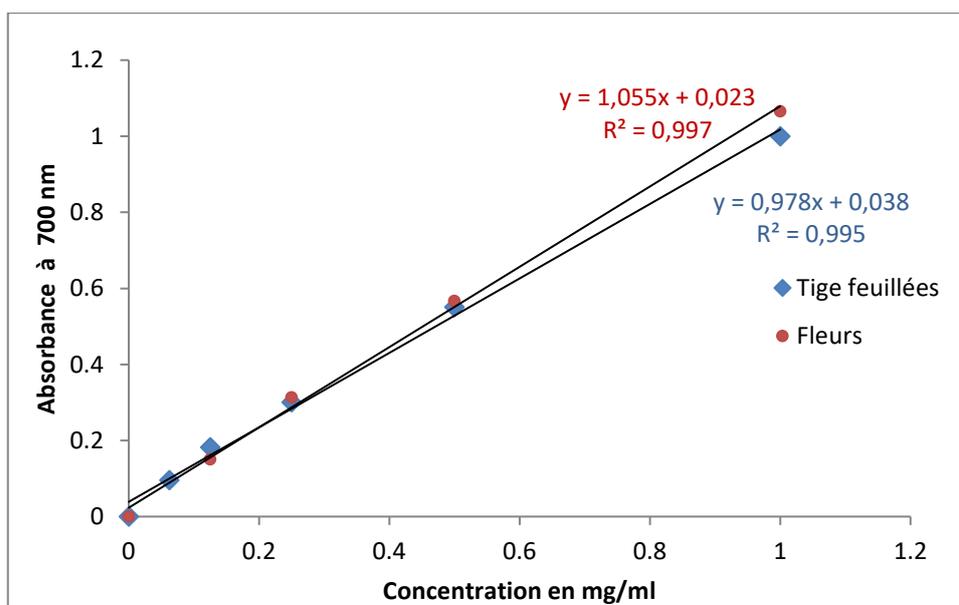


Figure 21 : Pouvoir réducteur des extraits méthanolique d'*Ephedra alata*.

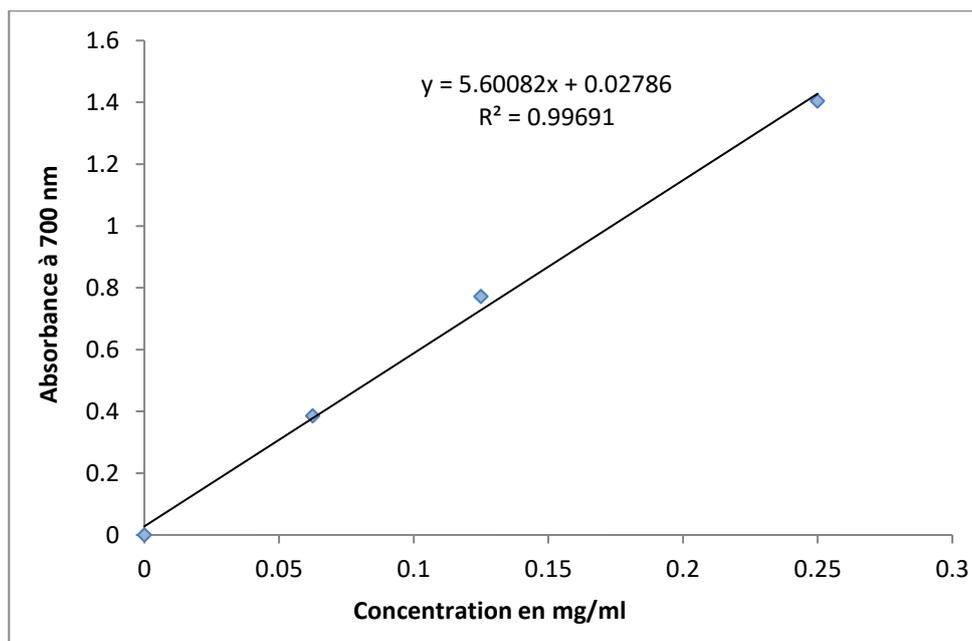


Figure 22 : Pouvoir réducteur de standard BHA

A partir des densités optiques (DO) obtenus, nous avons calculé les CE_{50} pour chaque extrait préparé et pour le standard BHA, les résultats sont illustrés dans le **tableau 4**.

Tableau 4 : Valeurs de CE_{50} de BHA et des extraits méthanolique d'*Ephedra alata*

	CE_{50} (mg/ml)
Extrait méthanolique des tiges feuillées	0.47
Extrait méthanolique des fleurs	0.45
Le standard BHA	0.03

D'après les valeurs de CE_{50} obtenus dans le **tableau 4**, on remarque que les deux extraits ont une valeur de CE_{50} très proche d'ordre de 0.45 et 0.47 mg/ml. Ces activités sont largement faible par rapport au standard BHA ($EC_{50} = 0.03$ mg/ml).

Dans une étude réalisée par **Kmail el al., (2017)**, ont marqué une CE_{50} égale à 630 ug/ml, qui est 0.63 mg/ml, ce qui reflète une activité inférieure comparativement à nos résultats. Une analyse par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse, de ces extraits, peut interpréter ces résultats.

Cette activité peut être expliquée par la nature des composés phénoliques présents dans notre extrait tel que les acides phénoliques et les flavonoïdes .

Conclusion et perspectives

Ces dernières années, l'usage thérapeutique des plantes médicinales a connu une augmentation extraordinaire en raison de leurs richesses en principe actif et leur efficacité pour traiter et soulager les maladies du siècle comme le stress, la perte du sommeil et les cancers.

Dans le cadre de valorisation des ressources naturelles, notre travail est basé sur une caractérisation phytochimique et une évaluation des activités antioxydantes des extraits méthanolique des fleurs et tiges feuillées d'*Ephedra alata* de la wilaya d'El Oued en Algérie.

A la lumière des résultats obtenus dans ce travail, on peut citer les conclusions suivantes :

Des extractions successives sous reflux, par trois solvants organique de polarité croissante (hexane, dichlorométhane et méthanol) ont montré un rendement considérable par le solvant le plus polaire, le méthanol. Les tiges feuillées et les fleurs ont des rendements respectifs de 13.69 % et 6.27%.

L'extrait méthanolique des tiges feuillées présente les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux, en flavonoïdes totaux et en tanins condensés de l'ordre de 24.18 mg EAG/ g MS, 7.29 mg EAC/ g MS et 17.05 mg EAC/ g MS, respectivement.

L'activité antioxydante, *in vitro*, a été évaluée par trois méthodes : la capacité antioxydant totale, le piégeage de radicale libre (DPPH) et le pouvoir réducteur du fer. Pour la capacité antioxydant totale l'extrait méthanolique des fleurs révèle une capacité plus élevé, égale à 3.15 mg EAG/g MS, par apport à l'extrait méthanolique des tiges feuillées.

Les deux extraits méthanolique, tiges feuillées et fleurs, sont très proches en les testant par les deux autres méthodes. L'extrait méthanolique des tiges feuillées a révélé la meilleure propriété de piégeage du radical DPPH, avec une valeur de CI_{50} de 0.024 mg/ml. Tandis que, l'extrait méthanolique des fleurs a le meilleur pouvoir réducteur du fer, avec une CE_{50} de 0.45 mg/ml. Ces activités restent largement faibles par rapport à celles du standard testé dans les mêmes conditions, le BHA.

L'ensemble de Ces résultats obtenus restent préliminaires, ne constitue qu'une première étape de la recherche. D'autres études sont nécessaires pour compléter ce travail :

- ✓ Utiliser d'autre solvant pour extraire le maximum des métabolites secondaires.

- ✓ Evaluer l'activité antioxydante par d'autres méthodes tel que : ABTS• (Sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique) et ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)), etc.
- ✓ Tester l'effet hémolytique de cette plante.
- ✓ Etudier autres activités biologiques : antidiabétique, antibactérienne, anticancéreuse et anti-inflammatoire.

Références bibliographiques

1. **Afonso V., Champy R., Mitrovic D., Collin P., Lomri A.** (2007). Reactive oxygen species and superoxide dismutases: role in joint diseases. *Joint Bone Spine*, 74(4): 324-329.
2. **Aires A., Marques E., Carvalho R., Rosa E.A.S., Saavedra M.J.** (2013). Evaluation of biological value and appraisal of polyphenols and glucosinolates from organic baby-leaf salads as antioxidants and antimicrobials against important human pathogenic bacteria. *Molecules*, 18: 4651- 4668.
3. **Ali M., Abbasi B.H.** (2013). Production of commercially important secondary metabolites and antioxidant activity in cell suspension cultures of *Artemisia absinthium* L. *Industrial Crops and Products*, 49, 400-406.
4. **Al-Qarawi A.A., Abd Allah E.F., Hashem A.** (2012). Effect of *Ephedra alata* on nucleic acids and nitrogen metabolism of seedborne *Aspergillus flavus*. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 425-428.
5. **Al-Rimawi F., Abu-Lafi S., Abbadi J., Alamarneh A., Sawahreh R.A., Odeh I.** (2017). Analysis of Phenolic and Flavonoids of Wild *Ephedra Alata*. Plant Extracts by Lc/Pda and Lc/Ms and Their Antioxidant Activity. *African journal of traditional complementary and alternative medicines*, 14(2), 130– 141.
6. **Al-Snafi A.E.** (2017). phytochemical constituents and medicinal properties of digitalis lanata and digitalis purpurea - a review. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(02): 225-234.
7. **Aniszewski T.** (2007). Elements of Applied Botany. Socrates/Erasmus Programme. Warsaw University. [In Polish]. Joensuu: Joensuu University Press.110.
8. **Arora A., Sairam R., Srivastava G.**(2002). Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, 82: 1227-1238
9. **Aruoma O.I.**(2003).Methodological considerations for characterizing potentialAntioxidant actions of bioactive components in food plants. *Mutation Research*, 9(20): 523 - 524.
10. **AZZI R.** (2013) Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de doctorats, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

11. **Babior B.M., Lambeth J.D., Nauseef W.** (2002). The neutrophil NADPH Oxidase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 397(2): 342-344
12. **Balasuriya B.N., Rupasinghe H.V.** (2011). Plant flavonoids as angiotensin converting enzyme inhibitors in regulation of hypertension. *Functional Foods in Health and Disease*, 5:172-188.
13. **Basile A., Giordano S., Loper Saez j.A., Cobianchia B.C.** (1999). Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry*, 2(8):1419-1482.
14. **Beaudeau J. L., Peynet, J., Bonnefont-Rousselot D., Therond P., Delattre J., Legrand A.** (2006). Sources cellulaires des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote: Implication dans la transcription et la régulation des gènes. In *Annales pharmaceutiques françaises* ,64 (6): 373-381.
15. **Belaich R., Boujraf S.** (2016) . Facteurs inflammatoires et stress oxydants chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutique . *Médecine des maladies Métabolique*, 10(1) :8-42.
16. **Beloued A.** (1998) *Plantes médicinales d'Algérie*. O.P.U., Alger. 277 .
17. **Ben Lamine J., Boujbihal M ., Dahane1 S ., Cherifa A ., Khelifi1 A ., Chahdoura1 H ., Yakoubi M ., Ferchichi S ., El Ayeb1 N ., Achour L.** (2019). α -amylase and α -glucosidase inhibitor effects and pancreatic response to diabetes mellitus on Wistar rats of *Ephedra alata* areal part decoction with immunohistochemical analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:9739–9754.
18. **Bensakhria A.** (2018). toxicologie Générale : Le stress oxydatif. Chapitre IX, p 70-86.
19. **Birben E ., Sahiner U ., Sackesen C ., Erzurum S., Kalayci O.** (2012) .Stress oxydatif et défense antioxydante. *World Allergy organisation Journal*, 5 (1): 9-19.
Boiss. & Reu and *Ephedra alata* Decne . *Food Research International*.
20. **Boizot N., Charpentier J.P.**(2006) . Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour d'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, *INRA*, : 79-82.
21. **Boozer CN., Nasser J.A., Heymsfield S.B., Wang V., Chen G., Solomon J.L.** (2001). An herbal supplement containing Ma Huang-Guarana for weight loss: a randomized, double-blind trial .*International journal of obesity and related metabolic disorders*, 25(3):316-24.

22. **Bouyahya J., Abrini Y., Bakri N., Dakka N.** (2017). Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Origanum compactum*. *Phytothérapie*, 15(6), 379-383.
23. **Bruneton J.** (2009). Pharmacognosie-Phytochimie : plantes médicinales. Edition médicales internationales Tec & Doc. Paris 4 :1292.
24. **Cetkovic G., Canadanovic-Brunet J., Djilas S., Satvatovic S., Mandic A., Tumbas V.** (2008). Assessment of polyphenolic content and in vitro antiradical characteristics of Apple pomace. *Food Chemistry*.109:340-347.
25. **Chae S.C., Lee J. H., Park S. U.** (2013). Recent studies on flavonoids and their antioxidant activities.
26. **Chaib F.** (2018) Etude de quelque plantes saharienne de Tamanrasset (El Hoggar) : Extraction, Identification et activité biologique des huiles essentiels, Thèse de doctorats, Université Ahmed Ben Bela Oran.
27. **Chakraborty I., Sanjoy Kunti S., Bandyopadhyay M., Dasgupta A., Chattopadhyay G. D., Chakraborty S.** (2007). Evaluation of serum zinc level and plasma sod activity in senile cataract patients under oxidative stress. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 22(2): 109-113.
28. **Chaouche T.M** .(2015).Contribution à l'étude des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de quelques plantes médicinales .Thèse de doctorat .université Abou Bekr belkaid Tlemcen.
characterization by LC-DAD- ESI/MSn and bioactive properties of *Thymus algeriensis*
29. **Cushine T., Andrew J.** (2005). Review Antimicrobial activity of flavonoids . *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26: 343:35
30. **Danciu C., Muntean D., Alexa E., Farcas C., Oprean C., Zupko I., Bor A., Minda D., Proks M., Buda V., Hancianu M., Cioanca O., Soica C., Popescu S., Dehelean C.A.** (2019). Phytochemical Characterization and Evaluation of the Antimicrobial, Antiproliferative and Pro-Apoptotic Potential of *Ephedra alata Decne.* Hydroalcoholic Extract against the MCF-7 Breast Cancer CellLine. *Molecules*. 24(13): 1-15.
31. **Daoudi A., Sabiri M., Bammou M., Zair T., Ibijbijen J., Nassiri L.**(2015). Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens L.*, *Urtica membranacea Poiret* et *Urtica pilulifera L.* *Journal of Applied Biosciences*, (87):8094-8104.

32. **De Marchi E., Baldassari F., Bononi A., Wieckowski M., Pinton P.** (2013). Oxidative stress in cardiovascular diseases and obesity: role of p66shc and protein Kinase C. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013: 1-11.
33. **Defraigne J.O., Pincemail J.** (2008). Stress oxydant et antioxydants . *Revue Médicale Liège*.63 :10-19.
34. **Delattre J., Beaudeau L., Bonnefont-Rousselot D.**(2005).Radicaux libres et stress oxydant :oxydation des acide aminés et les orotéins .Lavoisier édition TEC DOC .*médicinale internationels* , paris ,405
35. **Derbel S., Touzard B., Triki M.A., Chaieb M.** (2010). Seed germination responses of the Saharan plant species *Ephedra Alata ssp.* Alenda to fungicide seed treatments in the laboratory and the field. *Flora* .205: 471–474.
36. **Dewanto V., Wu X., Adom K.K., Liu R.H.** (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.50:3010-3014.
37. **Diallo A.** (2005). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* WILLD. (MYRTACEAE). Thèse de Doctorat en Pharmacie. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d’Odonto-Stomatologie de Bamako, Mali.
38. **Dobignard A., Chatelain C.** (2010-2013) .Index synonymique de la flore d’Afrique du Nord (4 vol.), Genève, C.J.B.G.
39. **Donatien K.** (2009). Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales Malliennes–Extraction Identification d’alcaloïdes –Caractérisation, Quantification de polyphénols : Etude de leur Activité Antioxydant. Thèse de doctorat : Chimie organique. Université Paul Verlaine de METZ–UPV-M. France. 2009. Page: 24,65.
40. **Duncan T., Ibrahim F., Michael G., Yuichiro J.**(2014). The role of antioxidants in the era of cardio-oncology, *cancer chenothe pharmacol* .72(6) :1157-1168.
41. **Eddouks M., Ouahidi L., Farid O., Moufid A., Khalidi A., Lemhadri A.** (2007) . L’utilisation Des Plantes Médicinales Dans Le Traitement Du Diabète. *Phytothérapie*. 5 :194–203.
42. **Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. Abdelly C.** (2008) Phenolic composition of *Cynara cardunculus L* organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies* ; 331: 372-379.

43. **Favier A.** (2003). Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, *Actualité en Chimie*, 108-115
44. **Favier A.,** (2006). Stress oxydant et pathologies humaine. *Annales pharmaceutique francaises* ; 64:(6), 390-396.
45. **François N.** (2010). Identification De Polyphenols, Evaluation De Leur Activite Antioxydante Et Etude De Leurs Proprietes Biologiques. Thèse de doctorats Université Paul Verlaine-Metz.
46. **Garait B.** (2006). Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la GliSODin, Thèse de doctorat en biologie cellulaire, Université Joseph Fourier-France.
47. **Ghanem S., El-Magly U.** (2008). Antimicrobial activity and tentative identification of active compounds from the medicinal *Ephedra alata* male plant. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 3(1), 7-15.
48. **Ghedira K.** (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie* (2005) ; 4: 162-169.
49. **Ghourri M., Zidane L., Douira A.,** (2013) Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17 : 2388-2411.
50. **Guetens G., De Boeck G., Highley M., van Oosterom A., Ernst A.** (2002), Oxidative DNA damage: biological significance and methods of analysis. *Clinical Laboratory Sciences*, 39(4,5): 331-457.
51. **Haddouchi F., Chaouche T.M., Halla N.** (2018). Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*. 16(1) : 254-262.
52. **Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C., Chapelle J.P.** (2007). Le stress oxydatif. *Revue Médicale Liège* ; 62 : 628-638.
53. **Hamia C., Guergab A., Rennane N., Birache M.** (2014). Influence des solvants sur le contenu en composé phénolique et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium adpreddim*, *Annales des Sciences et technologie*, 6(1). 33-39
54. **Hartmann T.,** (2007). From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry* ;68: 2831 - 2846.

55. **Hegazi G., El-Lamey T.** (2011). *In vitro* Production of Some Phenolic Compounds from *Ephedra alata* Decne. *Environ. Biology Sciencee*, 1(8) :158163.
56. **Heim K.E., Tagliaferro A.R., Bobilya D.J.** (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity Relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13: 572–584.
57. **Hennebelle T.,** (2006). Investigation chimique et chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants. *Marruhium peregrinum, Bal iota larendana, Ballota Pseudodictamnus* (Lamiacées) et *Lippia alba* (Verbénacées). Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Chimie Organique et Macromoléculaire. Université des Sciences et Technologique de Lille, France.
58. **Hernandez-ochoa I.r.** (2005). Subtitution De Solvants Et Matières Actives De Synthèse Par Combiné (Solvant/Actif) D'origine Végétale. Thèse De Doctorat.
59. **Hooper L., Kroon P.A., Rimm E.B., Cohn J.S., Harvey I., Le Cornu K.A Cassidy A.** (2008). Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 88(1), 38-50.
60. **Huang J., Price A.** (2003). Estimation Ephedra of the age of extant Ephedra using chloroplast rbc L sequence data. *Molecular Biology and Evolution* .20(3): 435-440.
61. **Ibragic S., Sofić E** (2015). Chemical Composition of Various Species. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 15(3):21-27.
62. **Iserin P.** (2001) - Encyclopédie des plantes médicinales. Ed.Larousse-Bordas, Paris : 275 .
63. **Ito C., Itoigawa M., Onoda S., Hosokawa A., Ruabgrungsi N., Okuda T., Tokuda H., Nishino H., Furukawa H.** (2005). Chemical constituents of *Murraya siamensis*: three coumarins and their anti- tumor promoting effect. *Phytochemistry* ; 66(5): 567572.
64. **Jaradat N., Hussien, F ., Al Ali A.** (2015). Preliminary phytochemical screening, quantitative estimation of total flavonoids, total phenols and antioxidant activity of *Ephedra alata* Decne. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(6), 1771-1778.
65. **Kallassy H.** (2017) -Phytochemistry and biological activities of selected Lebanese plant species *Crataegus azarolus L.* and *Ephedra campylopoda*.thèse de doctorat, École doctorale biologie-santé - Bio-santé, Limoges,France.

66. **Kaushal N., Kudva A.K.** (2013). Oxidative stress and inflammation: "the lesser of two evils" in carcinogenesis. *Journal of Postdoctoral Research* 1(2): 89-101.
67. **Kebili Z.**, (2016). Contribution a l'étude de quelques activités biologiques des extraits de *Ephedra alata* de la région de Ouargla. Mémoire de magister : Biochimie et Analyse des Bioproduits. Université Kasdi Merbah-Ouargla :102.
68. **Keskes H., Mnafgui K., Hamden K., Damak M., Elfeki A., Allouche N.** (2014). « In vitro antidiabetic, anti-obesity and antioxidant proprieties of Juniperus phoeniceaL. Leaves fromTunisia », *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2:649- 655
69. **Khoddami A., Wilkes M.A., Roberts T.H.** (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds.*Molecules* 18: 2328-2375.
70. **Kittana N., Abu-Rass H., Sabra R., Manasra L., Hanany H., Jaradat N., HusseinF., Zaid AN.** (2016).Topical aqueous extract of *Ephedra alata* can improve wound healing in an animal model,*Chinese Journal of Traumatology*.
71. **Kmail A., Lyoussi B., Imtara H., Zaid H., Saad, B.** (2017). *In vitro* evaluation of anti-inflammatory and antioxidant effects of *Asparagus aphyllus* L., *Crataegus azarolus* L., and *Ephedra alata* Decne.in monocultures and co-cultures of HepG2 and THP-1-derived macrophages. *Pharmacognosy Communications*, 7(1) :24-33
72. **Kohen R., Nyska A.** (2002). Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants redox reactions and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology*, 30:620-650.
73. **krishnaiah D., sarbatly R., Nithyanandam R.** (2011) . A review of the antioxydant potential of medicinal plant species. *Food biopro proces*, 89 : 217-233 .
74. **Kusano C., Ferrari B.** (2008). Total antioxidant capacity: a biomarker in biomedical and nutritional studies. *Journal of cell and Molecular Biology*, 7(1): 1-1
75. **Laccourreya O., Werner A., Giroud J.P., Couloigner V., Bonfils P.**(2015). Dangers et limites de l'éphédrine et de la pseudoéphédrine en tant que décongestionnant nasal. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 132(1) : 28-31.
76. **Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N.**(2010).Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health .*Pharmacognosy Reviews* , 4(8):118.
77. **Luthria D. L., Mukhopadhyay S., Krizek D.T.** (2006). Content of total phenolics and phenolic acids in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by

- cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis* ; 19: 771-777
78. **Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C.** (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *PPUR presses polytechniques*.
 79. **Mahmoud A., El-Sissi H.I., Barakat H.H.** (1984). Flavonoid constituents of *Ephedra alata*. *Phytochemistry*, 23(12), 2937-2939.
 80. **Mansour S.** (2015). Evolution de l'effet anti-inflammatoire de trois médicinales *Artemisia obsitinthuimL*, *Artemisia herba alba Asso*, et *hypericum scarboides*. Etude *in vivo*. Thèse de doctorat Unio Mohamed Boudiaf, Oran.
 81. **Mccarthy A.L., C O'Callaghan Y., Neugart S., O Piggott C., Connolly A., Jansen A., Krumbein A., Schreiner M., FitzGerald R., O'Brien N.**(2013). The hydroxycinnamic acid content of barley and brewers'spent Grain (BSG) and the potential to incorporate phenolic extracts of BSGas Antioxidants into fruit beverages. *Food Chemistry*, 141: 2567-2574.
 82. **Mighri H., Akrouf A., Bennour N., Eljeni H., Zammouri T., Neffati M.**(2019). LC/MS method development for the determination of the phenolic compounds of Tunisian *Ephedra alata* hydro-methanolic extract and its fractions and evaluation of their antioxidant activities. Determination of the phenolic South African. *Journal of Botany*; 124 (2019) 102–110
 83. **Mima A.** (2013). Inflammation and oxidative stress in diabetic nephropathy: New Insights on Its Inhibition as New Therapeutic Targets. *Journal of Diabetes Research*, 1-8.
 84. **Muanda F.** (2010). Identification de polyphénols évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques, Thèse de Doctorat, Université Paul Verlaine-Metz, 55-86.
 85. **Nawwar M., Barakat H., Buddrus J., Linscheid M.** (1984). Alkaloidal, lignan and phenolic constituents of *Ephedra alata*. *Phytochemistry*, 24(4):878-879.
 86. **Okuda T., Ito H.** (2011). Tannins of constant structure in medicinal and food plants hydrolyzable tannins and polyphenols related to tannins. *Molecules* 16: 2191-2217.
 87. **Ould El Hadj M., Zabeirou H.** (2008). Place des plantes spontanées dans la médecine Traditionnelle de la région de Ouargla..

88. **Oyaizu M.** (1986). Studies on products of the browning reaction : antioxidative activities of browning reaction. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307-315.
89. **Ozenda P.** (1991). Flora and vegetation of the Sahara. CNRS. Paris (3^{ème} Ed.). 662 p
90. **Palici I.F.** (2016). Valorisation des activités biologiques de certaines espèces végétales sahariennes nord-africaines (Doctoral dissertation, Bordeaux).
91. **Pandey K., Rizvi S.** (2009). Plant Polyphenols As Dietary Antioxidants In Human Health And Disease. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*. 2(5) : 270 – 278.
92. **Peronny S.** (2005) La perception gustative et la consommation des tannins chez le MAKI (Lemur Catta). Thèse de Doctorat du Muséum national d'histoire naturelle. *Discipline Eco-Ethologie* ;151.
93. **Perret.** (2001). analyse de tanins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par botrytis cinerea. thèse de doctorat .université de neuchâtel.suisse. 184.
94. **Pizza V., Iorio E., Capasso A.** (2013). Parkinson's disease and oxidative stress: evaluation by BAP and d- ROMs tests. *Pharmacologyonline* 1: 34-38.
95. **Power S.K., Bradley W.N., Hudson M.B.** (2011). Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences. *Free Radical Biology and Medecine*, 51:942-950.
96. **Prieto P., Pineda M., Aguilar M.** (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex : Specific application to the determination of vitamine E. *Analytical Biochemistry*;269, 337-341.
97. **Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C., Jimenez L.** (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4):287–306.
98. **Sereme A., Millogo-Rasolodimby J., Guinko S., Nacro M.** (2010). Anatomie et concentration des tanins des plantes tanniferes du Burkina Faso. *Journal des Sciences*, 10 (2): 24-32.
99. **Shabana M.M., Mirhom Y.W., Genenah A.A., Aboutabl E.A., Amer H.A.** (1990). Study into wild Egyptian plants of potential medicinal activity. Ninth communication: hypoglycaemic activity of some selected plants in normal fasting and alloxanised rats. *Arch Exp Veterinarmed*, 44(3):389-394p.
100. **Shin M., Yang H., Ki H.** (2013). Role of the Nrf2-ARE pathway in liver diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1-9.

101. **Soltan M., Zaki K.** (2009). Antiviral screening of forty-two Egyptian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 126(1):102-107.
102. **Soni G., Carabin G., Griffiths C., Burdock A.**(2004)..Safety of ephedra: lessons learned. *Toxicology Letters*, 150: 97–110.
103. **Srikrishna D., Godugu C., Dubey P.K.** (2018). Review on Pharmacological Properties of Coumarins .*Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 18(2):113-141.
104. **Sun B., Richardo M ., Spranger I.**(1998).Critical factor of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:4267-4274.
105. **Sung C.C., Hsu Y.C., Chen C.C., Lin Y. F., Wu C.C.** (2013). Oxidative stress and nucleic acid oxidation in patients with chronic kidney disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*.
106. **Thomford E., Dzobo K., Chopera D., Wonkam A., Skelton M., Blackhurst D.** (2015). Pharmacogenomics implication of using herbal medicinal plants on african population in health transition. *Pharmaceuticals (Basel)* ,8 :637-63.
107. **Trabelsi N., Megdiche W., Ksouri R., Falleh H., Oueslati S., Bourgo S., Hajlaoui H., Abdelly C.**(2010). Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *Food Science and Technology*, 43(4): 632-639.
108. **Traber G., Atkinson J.** (2007). Vitamine E, antioxydant et rien de plus. *Free Radical Biology and Medicine*, 43: 4-15.
109. **Tsao R.** (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients* 2: 1231-1246.
110. **Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M.** (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160: 1. 40.
111. **Vergani L ., Floreani M ., Russell A ., Cecon M ., Napoli E ., Cabrelle A., Valente L ., Bragantini F., Leger B., Dabbeni-Sala F.**(2004).Antioxydant defences and homeostasis of reactive oxygen species in differnt humen mitochondrial DNA depletion cell lines .*European journal of biochemistry*, 271:3646-3656.
112. **Vermeris W., Nicholson R.,** (2006). Phenolic Compound Biochemistry. Edition Springer, Dordrecht.

113. **Zheng E., Navarro V.** (2016). Liver injury due to herbal and dietary supplements: A review of individual ingredients. *Clinical liver disease*, 7: 81.
114. **Ziani B.E., Heleno S.A., Bachari K., Dias M.I., Alves M.J., Barros L., Ferreira I.C.** (2019). Phenolic compounds characterization by LC-DAD-ESI/MSn and bioactive properties of *Thymus algeriensis* Boiss. , Reut. and *Ephedra alata* Decne. *Food Research International*, 116, 312-319.
115. **ZIEGLER J., FACCHINI J.** (2008). Alkaloid Biosynthesis: Metabolism And Trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, (59): 735 – 769.

الملخص

الموقع الجغرافي للجزائر في حوض البحر الأبيض المتوسط ، يمنحها خزانًا نباتيًا حقيقيًا غنيًا ومتنوعًا، وقد عرفت عائلة Ephedraceae اهتمامًا علميًا مهمًا في السنوات الأخيرة بسبب ثراءها بالمكونات النشطة القيمة.

في هذا العمل ، نحن مهتمون بدراسة الكيمياء النباتية القائمة على البحث عن المركبات الفينولية وتقييم نشاط مضادات الأكسدة ، باستخدام ثلاث طرق: النشاط الكلي لمضادات الأكسدة ، وكسح الجذور الحرة (DPPH) ، والبحث عن القدرة المختزلة للحديد من المستخلصات الميثانولية للأوراق والسيقان الورقية المقطوفة من العنيدة التي تم حصادها من منطقة واد العنيدة في ولاية الوادي.

يحتوي المستخلص الميثانولي للسيقان الورقية على أهم البوليفينول والفلافونويد و العفص المكثف. وهي 24.18 مجم معادل لحمض الغاليك / مغ من المستخلص الجاف لـ مجموع الفينولات ، و 7.29 مجم معادل لحمض الكاتشين / مغ من المستخلص الجاف للعفص المكثف و 17.05 مجم معادل لحمض الكاتشين / مغ من المستخلص الجاف لمجموع الفلافونويدات على التوالي.

تكشف السعة الإجمالية لمضادات الأكسدة أن مستخلص الميثانول من الزهور سجل أفضل النتائج 3.15 ملغم / مل مقارنة بمستخلصات السيقان الورقية . وأظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة طريقة إزالة الجذور الحرة لـ DPPH وتقليل الحديد أن نتائج المستخلصات متقاربة جدًا ($CI_{50}=0.026$ ملغم/مل $CE_{50}=0.45$ ملغم/مل بالنسبة لمستخلص الميثانول من الزهور) و ($CI_{50}=0.02$ ملغم/مل $CE_{50}=0.47$ ملغم/مل بالنسبة لمستخلص الميثانول من السيقان الورقية هذه القيم بعيدة عن أن تكون قابلة للمقارنة مع تلك المسجلة بواسطة مضاد الأكسدة الاصطناعي بوتيل هيدروكسيانيزول

الكلمات المفتاحية: العنيدة ، إجمالي البوليفينول ، الفلافونويد ، العفص المكثف ، النشاط للحديد FRAP .

Résumé

La position géographique d'Algérie dans le bassin Méditerranée, lui donne un véritable réservoir végétal riche et diversifié. La famille des Ephedraceae a connue un intérêt scientifique important ces dernières années en raison de sa richesse en principe actif à valoriser.

Dans ce travail, nous sommes intéressés à une étude phytochimique basée sur la recherche des composés phénoliques et sur l'évaluation de l'activité antioxydante, en utilisant trois méthodes : la capacité antioxydante totale, piégeage de radicale libre DPPH, et la recherche du pouvoir réducteur de fer des extraits méthanoliques des fleurs et tiges feuillées d'*Ephedra alata* récolté de la région d'Oued al alenda, la wilaya d'El Oued.

L'extrait méthanolique des tiges feuillées a les teneurs en polyphénols, en flavonoïdes et en tanins condensés les plus importants. Elles sont de 24.18 mg EAG/g Ms, 7.29 mg EC/g Ms et 17.05 mg EC/g Ms, respectivement.

La capacité antioxydante totale révèle que l'extrait méthanolique des fleurs présente le meilleur résultat (3.15 Mg EC/g MS) par rapport à l'extrait des tiges feuillées. L'évaluation de l'activité antioxydante par les méthodes de piégeage de radicale libre DPPH et de la réduction de fer a montré que les résultats des extraits sont très proches ($CI_{50}=0.026$ mg/ml, $CE_{50}=0.45$ mg/ml pour les fleurs) et ($CI_{50}=0.024$ mg/ml, $CE_{50}=0.47$ mg/ml pour les tiges feuillées). C'est valeurs restent loin d'être comparables à celle enregistrées par le standard BHA.

Mots clés : *Ephedra alata*, polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés, activité antioxydante,

Abstract

The geographical position of Algeria in the Mediterranean basin, gives it a real rich and diversified plant reservoir, The Ephedraceae family has known an important scientific interest in recent years because is wealth of active ingredients to enhance. .

In this work, we are interested in a phytochemical study based on the research of phenolic compounds and on the evaluation of antioxidant activity, using three methods: total antioxidant capacity, trapping of free radical DPPH, and the search for the iron reducing power of the methanolic extracts of the flowers and leafy stems of the species *Ephedra alata* harvested from the region of Oued al alenda (El Oued).

The methanolic extract of leafy stems has the most important polyphenols, flavonoids and condensed tannins. They are 24.18 mg EAG / g Ms, 7.29 mg EC / g Ms and 17.05 mg EC / g Ms, respectively.

The total antioxidant capacity reveals that the methanolic extract of the flowers has the best result (3.15 Mg EC / g DM) compared to the extract of the leafy stems. The evaluation of the antioxidant activity by the DPPH free radical trapping and iron reduction methods showed that the results of the extracts are very close ($IC_{50} = 0.026$ mg / ml, $EC_{50} = 0.45$ mg / ml for flowers) and ($IC_{50} = 0.024$ mg / ml, $EC_{50} = 0.47$ mg / ml for leafy stems). These values are far from being comparable to that recorded by the BHA standard.

Keywords: *Ephedra alata*, total polyphenols, flavonoids, condonsés tannins, antioxidant activity .