

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des Sciences Biologie



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention d'un diplôme de **Master** en Biologie
Spécialité: physiologie cellulaire et physiopathologie

Thème :

Evaluation de l'activité antioxydante des
extraits phénoliques des feuilles de *Pistacia*
atlantica Desf (in vitro)

Soutenu le 1 Juil 2018

Présenté par

ASSLA AZIZA

&

BOUCETTA HAMIDA

Devant le jury composé de

Présidente : M^{me} BENKHROUF A.

MAA U.D.B Khemis Miliana.

Encadreur : M^r CHEURFA M.

MCB U.D.B Khemis Miliana.

Examineur : M^{me} BENSEHAILA S.

MAB U.D.B Khemis Miliana.

Examineur : M^{me} OUAZIB M.

MAB U.D.B Khemis Miliana.

Année universitaire : 2017 / 2018



Remerciements

Avant tout, nous remercions "Allah" le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage, la patience, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur Le Docteur Mr **MOHAMMED CHEURFA** qui nous dirigées ce travail avec une grande rigueur scientifique, son patience, son conseils, son grand disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

Nous exprimons nos profonds remerciements aux membres de jury qui vont juger notre recherche :

*Nous remercions Madame **BENKHOUF A « MAA »** de l'université de Khemis Miliana d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de nos mémoires.*

*Madame **BENSHILAS « MAB »** de l'université de Khemis Miliana d'avoir accepté d'assurer l'examinatrice de nos mémoire.*

*Madame **OUZIB M « MAA »** de l'université de Khemis Miliana d'avoir accepté d'assurer l'examinatrice de notre mémoire.*

Nous offrons nos plus sincères remerciements à toute l'équipe de laboratoire biochimie de l'université Khemis Miliana ou nous avons fait notre travail pratique

Nous souhaiterons également remercier nos professeurs de la faculté des Sciences de la nature et de la vie pendant les cinq années du notre parcours.

AZIZA-HAMIDA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et de Gratitude A dieu de tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'accordés on soutien durant les périodes les plus difficiles.

*À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie **ma mère** qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.
À **mon père** pour ses encouragements incessants et son soutien moral aux moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite.*

A mes frères pour leurs tendresse et leurs permanentes présence à mes cotés pour leurs soutient et encouragement.

A mon fiancé fethi qui est toujours été présents dans les moments important de ma vie et tout son famille

A mon binôme Assela Aziza et toute sa famille

A mes amis (Nasima, Sara, Hafsa, Hayat, Amina Zola, Anisa, Amira, islam, yahya) qui ont cru en moi et qui ont toujours encouragé, et avec qui j'ai passé des années inoubliables.

*Je le dédie aussi à tous les enseignants de notre faculté qui ont toujours guidé tout au long de mon parcours éducatif
Je le dédie Touts la promotion physiologie cellulaire et physiopathologie
Je vous souhaite, à tous bonne continuation et beaucoup de réussite.*

HAMIDA

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de mes efforts
À dieu de tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'a
accordé son soutien durant les périodes les plus difficiles.*

*À ceux que j'aime le plus au monde mes très chers parents, leurs
sacrifices et leurs encouragements toute ma vie, je ne saurais jamais
comment exprimer mes sentiments pour avoir veillé sur mon éducation,
jamais je ne peux les remercier assez de m'avoir donné le meilleur.*

À mes frères : taïbe et abde-allah

À mes sœurs : warda, fatima, nawal, malika et amel

À mes neveu et nièce : loay et lina

*À mon fiancé Abde-rahman, qui est beaucoup encouragé, aidé et
soutenus durant les moments difficiles pendant la réalisation de ce
travail et toute son famille.*

À mon binôme Hamida et toute sa famille

À mes amis : Khalida, khaira, yahya et Islam

À toute ma famille et à tout ce qui me connaissent je vous aime.

AZIZA

الملخص

من وجهة نظرنا هذا العمل هو تقييم للمستخلصات الهيدروكحولية والمائية لأوراق نبتة الضرو وذلك بدراسة الأنشطة المضادة للأكسدة والفحص الكيميائي النباتي (في المختبر).
بدأنا عملنا عن طريق استخراج وتوصيف المستخلصات النباتية المستخلص الهيدروكحولي (50% ايثانول) والمستخلص المائي لنبتة الضرو المرود المتحصل عليه يشجع على الاستغلال الصناعي.
تم العثور على أعلى محتوى من الفلافونيدات (10,10,14,29± ملغ معادلة للكارستين / غ) مع المستخلص الهيدروكحولي مقارنة بالمستخلص المائي.
أظهرت المستخلصات الهيدروكحولية نشاطا عاليا ($p < 0,05$) بالمقارنة مع المستخلصات المائية, و هذا في اختبار DPPH, نسبة تثبيط البيروكسيدات, القدرة المضادة للأكسدة و طريقة $IC_{50} = 9,45 \pm 2,07$ FRAP ملغ/مل, $IC_{50} = 5,52 \pm 84,69$ ملغ/مل, $IC_{50} = 54,55 \pm 0,58$ ملغ AA /Eq غ محلول, $IC_{50} = 8,55 \pm 0,58$ ملغ/مل على التوالي .

مفاتيح البحث: المستخلص المائي, المستخلص الهيدروكحولي, النشاط المضاد للأكسدة, *Desf atlantica Pistacia*

Résumé

Ce travail s'inscrit dans la perspective de la valorisation des extraits hydro-alcoolique et aqueux des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf par l'étude de leurs activités anti-oxydante et screening phytochimique *in vitro*.

On a commencé notre travail par l'extraction et la caractérisation des extraits végétaux extrait hydro-alcoolique (50% d'éthanol) et extrait aqueux de *Pistacia atlantica*. Le rendement obtenu est intéressant pour l'exploitation industrielle.

Les teneurs les plus élevées en flavonoïdes (14.29 ± 0.10 mg Eq Q/ g), ont été trouvées avec l'extrait hydro-alcoolique par rapport l'extrait aqueux.

Les extraits hydro-alcooliques montrent une activité antioxydante plus élevée ($P < 0,05$) par rapport aux extraits aqueux avec les quatre méthodes (test du DPPH, piégeage du peroxyde d'hydrogène, la capacité anti-oxydante totale et la méthode de FRAP), avec IC_{50} de $9,45 \pm 2,07$ mg /ml, IC_{50} de $82.69 \pm 10,96$ mg /ml, IC_{50} de 54.55 ± 0.58 mg Eq AA/g d'extrait et IC_{50} de $8,55 \pm 0,54$ mg/ml respectivement.

Mots clés : *Pistacia atlantica* Desf, extrait aqueux, extrait hydro-alcoolique, activité antioxydante.

ABSTRACT

This work is in préparation for the recovery of hydro-alcoholic and aqueous extracts of the leaves of *Pistacia atlantica* Desf by studying their antioxidant activities and phytochemical screening *in vitro*.

We started our work by the extraction and characterization of plant extracts hydro-alcoholic (50% of ethanol) and aqueous extracts of *Pistacia atlantica* Desf. The yield obtained is interesting for industrial exploitation.

The highest levels of flavonoids (14.29 ± 0.10 mg Q Eq / g) were found with the hydro-alcoholic extract relative to the aqueous extract.

The hydro-alcoholic extracts showed higher antioxidant activity ($P < 0,05$) compared to aqueous extracts with four methods (test of DPPH, percentage of inhibition of the largest peroxidation, total antioxidant capacity and method of FRAP) with IC_{50} of $9,45 \pm 2,07$ mg /ml, IC_{50} of $82.69 \pm 10,96$ mg /ml, IC_{50} of 54.55 ± 0.58 mg Eq AA/g d'extract and IC_{50} of $8,55 \pm 0,54$ mg/ml respectively.

Keywords: *Pistacia atlantica* Desf, aqueous extract, hydro-alcoholic extract, Antioxidant activity.

Liste des tableaux

Tableau1: Classification botanique de <i>Pistacia atlantica</i> Desf	7
Tableau 2 : Principaux antioxydants exogènes et sources alimentaires associées.....	17
Tableau 3: Principaux modes d'action de quelques antioxydants	26
Tableau4 : résultats d'analyses phytochimique des feuilles <i>P.atlantica</i>	37

Liste des figures

Figure 1 : Nouveau plant à l'intérieur de <i>Zizuphus lotus</i>	5
Figure 2 : A : l'arbre, B : les feuilles, C : L'inflorescence, D : Les fruits.....	7
Figure 3 : Déséquilibre Antioxydant /Oxydant	12
Figure 4: Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie	13
Figure 5: Action de l'antioxydant au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène	15
Figure 6 : Cycle oxydo-réducteur du glutathion	16
Figure 7: Structure chimique d' α -tocophérol	18
Figure 8: l'acide L-ascorbique	19
Figure 9: structure de base des stilbènes (trans ou cis)	21
Figure 10: Structure de xanthone	22
Figure 11 : structure de coumarine	22
Figure 12: Structure de lignane	23
Figure 13 : principaux constituants de la lignine	23
Figure 14: la structure d'une lignine	24
Figure 15: Structure de base des flavonoïdes	25
Figure 16 : fragmentation des feuilles de <i>Pistacia atlantica</i>	27
Figure17 : Préparation d'extrait aqueux	29
Figure18 : Préparation d'extrait hydro-alcoolique	30
Figure 19 : courbe d'étalonnage de quercétine	38
Figure 20 : Les teneurs des flavonoïdes dans les extraits des feuilles de <i>P.atlantica</i>	38
Figure 21: histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits des feuilles de <i>Pistacia atlantica</i>	40
Figure 22 : Courbe d'étalonnage de sulfate de fer	41
Figure 23: les valeurs d'IC ₅₀ pour la réduction du fer	41
Figure 24 : courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	42
Figure 25 : Les valeurs d'IC ₅₀ pour la capacité antioxydante totale	43
Figure 26 : L'IC ₅₀ de peroxyde d'hydrogène des l'extraits des feuilles de <i>Pistacia atlantica</i>	44
Figure 27 : Filtration des extraits	Annexes
Figure 28: Les résultats de dosage des flavonoïdes	Annexes

Figure 29 : Les résultats de test de DPPH.....	Annexes
Figure 30 : Les résultats de la capacité antioxydante totale.....	Annexes
Figure 31 : Les résultats de test H ₂ O ₂	Annexes
Figure 32 : Les résultats de la méthode de FRAP.....	Annexes
Figure 33 : La balance de précision	Annexes
Figure 34 :L'étuve.....	Annexes
Figure 35 : Centrifugeuse.....	Annexes
Figure 36 : Bain marie.....	Annexes

Liste des Abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré celsius

µl : Microlitre

AA : Acide ascorbique

ADN : Acide désoxyribonucléique

DPPH : 2,2 -diphényl -1- picrylhydrazyl

CAT : Catalase

Cu/Zn-ROS : Cuivre/Zinc- superoxyde dismutase

EC-SOD : Superoxyde dismutase extracellulaire

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

Fe²⁺ : Ion ferreux

Fe³⁺ : Ion ferrique

FRAP : Pouvoir antioxydant réducteur du fer

g : Gramme

GSH/GSSG : Glutathion/ glutathion disulfide

GPX : Glutathion peroxydase

H⁺ : Proton

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

H₂SO₄ : Acide sulfurique

HO· : Radical hydroxyle

HOCl : Acide hypochlorique

IC₅₀ : Concentration à 50%

LOO· : Radicale lipidique peroxyde

LOOH : Hydroperoxyde lipidique

m : Mètre

min : Minute

mg : Milligramme

mg Eq AA/g : Milligrammes d'équivalent d'acide ascorbique par gramme.

mg Eq Q/g : Milligrammes d'équivalent de quercétine par gramme.

ml : Millilitre.

NaCl : Chlorure de Sodium

nm : Nanomètre

NO[•] : Oxyde nitrique

NO₂ : Dioxyde d'azote

NOS : Oxyde nitriquesynthase.

¹O₂ : Oxygène singulet

O₂ : Oxygène

O₂^{•-} : Anion superoxyde.

ONOO : Peroxynitrite

ONOOH : Nitroperoxyde

P. atlantica : *Pistacia atlantica*

R[•] : Radical alkyles

RL : Radicaux libres

RO[•] : Radical alkoxyde

ROO[•] : Radical peroxyde.

ROS/RNS : Reactive oxygen species/ reactive nitrogen species.

SO : Stress Oxydant

SOD : Superoxyde dismutase

TPTZ : Tripyridyltriazine.

USA : United states of America

UV : Ultra-violet

Vit E/C : Vitamine E / vitamine C

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

INTRODUCTION..... 1

Partie bibliographique

Chapitre I : plante médicinale

1-Plante médicinale 3

2-Plante médicinale étudiées : *Pistacia atlantica* Desf 3

2-1- Habitat et répartition géographique 4

2-2- Description botanique 5

2-3- classification botanique 7

2-4- composition chimique..... 8

2-5- utilisation traditionnelle de la plante..... 9

2-6- Aspects pharmacologiques et les effets biologiques 10

Chapitre II : stress oxydatif et antioxydante

1- Stress oxydant 12

2- Radicaux libres..... 13

3- Antioxydantes 14

3-1-classification d'antioxydante 14

3-1-1- Les antioxydants endogènes..... 14

3-1-1-1-Antioxydants enzymatiques 14

3-1-1-2-Antioxydants non enzymatiques 16

3-1-2-Les antioxydants exogènes..... 16

3-1-2-1- β -carotène..... 17

3-1-2-2- Vitamine E 18

3-1-2-3- Vitamine C 19

3-1-2-4- polyphénols	19
3-1-2-4-1- classification des composés phénoliques.....	20
3-1-2-4-1-1- Les phénols simples	20
3-1-2-4-1-2- Les acides phénoliques.....	20
3-1-2-4-1-3- Les stilbènes	21
3-1-2-4-1-4- Les xanthones	21
3-1-2-4-1-5- Les coumarines.....	22
3-1-2-4-1-6- Les lignanes et les lignines	23
3-1-2-4-1-7- Les flavonoïdes	24
3-1-2-4-1-8- Les tanins.....	25
4- Mécanismes d'action d'antioxydantes	25

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

1- Matériels	27
1-1- Matériel végétal	27
2- Méthodes.....	27
2-1- Préparation des extraits.....	27
2-1-1- Préparation d'extrait aqueux	27
2-1-2- préparation des extraits hydro-alcoolique	28
2-2- Détermination de rendement d'extraction	29
2-3- Screening phytochimique des extraits	29
2-3-1- Les analyses qualitatives	29
2-3-1-1- Les tanins	30
2-3-1-2- Les Flavonoïdes	30
2-3-1-3- Composés terpéniques: Stérols et triterpènes	30
2-3-1-4- Les saponosides	30
2-3-1-5- les alcaloïdes	31
2-3-1-6- Les composés réducteurs.....	31
2-3-2- Les analyses quantitatives	31
2-3-2-1- Dosage des flavonoïdes.....	31
3- Etude de l'activité anti-oxydante des extraits <i>in vitro</i>	32
3-1- Test au DPPH	32

3-2-Détermination de la capacité anti-oxydante totale	32
3-3-Méthode de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	33
3-4-Activité scavenger de peroxyde d'hydrogène	33
Chapitre II : résultats et discussion	
1-Rendement d'extraction	35
2- Screening phytochimique.....	35
2-1-Analyses qualitatives	35
2-2- Analyses quantitatives	36
2-2-1-Dosage des flavonoïdes	36
3-Evaluation de l'activité antioxydante.....	38
3-1-Test du piégeage du radical libre DPPH.....	38
3-2-Réduction de Fer.....	39
3-3- Capacité antioxydante totale (teste phosphomolybdate)	41
3-4- Activité de piégeage du peroxyde d'hydrogène	42
CONCLUSION	46
Références bibliographiques	48
Annexes	

I. Introduction

Les espèces réactives oxygénées et azotées ROS/RNS sont produites en continu dans le corps humain et elles sont contrôlées par les enzymes endogènes (superoxyde dismutase, glutathion peroxydase, la catalase). Quand il y'a une surproduction de ces espèces, suite à une exposition à des substances oxydantes externes ou un déséquilibre dans les mécanismes de défense, les dommages aux biomolécules majeures (ADN, acides aminés, lipides, protéines) peuvent survenir, ce qui donne lieu au stress oxydatif (Aruoma, 1998). C'est-à-dire d'une situation où la cellule ne contrôle plus la présence excessive des radicaux oxygénés toxiques. Actuellement, il est bien admis que même si un stress oxydant n'est pas une maladie en soi, il est potentiellement impliqué dans de nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications lors de leur évolution comme dans le cas du diabète, le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénérative (Moon et Shibamoto, 2009).

L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques potentiels. Désormais, de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels sont recherchées. En effet, les polyphénols sont des composés naturels largement répandus dans le règne végétal qui ont une importance croissante notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé. Leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires et cardiovasculaires; ils sont également utilisés comme additifs en industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

Des recherches scientifiques ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir des différentes sources telles que les cultures agricoles et horticoles ou les plantes médicinales.

L'utilisation des plantes pour leurs vertus médicinales est une pratique très ancienne. Elle trouve ses origines dans les plus grandes civilisations de l'orient et de l'occident. Comme en témoignent les textes rédigés plusieurs millénaires avant notre époque, les sumériens, les égyptiens, les chinois et les indous, possédaient toute une panoplie de remèdes à base de plantes (Mazars, 2003 ; Clement ,2005).

De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs sont souvent liés aux métabolites secondaires des plantes médicinales, qui sont largement utilisés en thérapeutique.

Introduction

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la recherche des antioxydants naturels en évaluant les propriétés antioxydantes des extraits polyphénols des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf (*in vitro*).

Notre choix est portée sur cette plante médicinale, car elle est très répandue en Algérie et largement utilisée en médecine traditionnelle. Notre étude est présentée en deux grandes parties: bibliographique et expérimentale, la synthèse bibliographique comporte la présentation de la matière végétale : *Pistacia atlantica*, et la structure et propriétés des deux classes de molécules : polyphénols et l'activité antioxydante.

Dans la partie expérimentale, notre étude vise plusieurs objectifs :

- l'étude phytochimique basée principalement sur la préparation des extraits aqueux et hydro-alcooliques
- la quantification des composés phénoliques et les flavonoïdes à partir des feuilles de *Pistacia atlantica*
- Évaluation qualitative et quantitative des propriétés antioxydantes des extraits préparés.

Chapitre I : Plante médicinale

1- Plante médicinale

Au cours des dernières décennies, les recherches scientifiques les plus modernes n'ont fait que confirmer le bien-fondé des vertus thérapeutiques de la plus part des plantes médicinales utilisées de façon empirique depuis des millénaires (Carillon, 2000). Ce savoir traditionnel ancestral transmis de génération en génération est devenu aujourd'hui une mine d'information extrêmement précieuse pour tous les chercheurs de l'industrie pharmaceutique (Fouché et al., 2000).

Les traitements à base de plante reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves) décroît. Les bactéries et les virus se sont peut-être adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus. C'est pourquoi on utilise à nouveau l'absinthe chinoise *Artemisia annua* et surtout son principe actif pour soigner la malaria lorsque les protozoaires responsables de la maladie résistent aux médicaments (Iserin, 2001).

La plus part des espèces végétales qui poussent dans le monde possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie : elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus (Iserin, 2001).

Les plantes médicinales sont importantes pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour les composés pharmacologiquement actifs (Decaux, 2002). La tubocurarine, le relaxant musculaire le plus puissant, est dérivée du curare : *Chondrodendron tomentosum*, la morphine, l'analgésique le plus puissant, est tirée du pavot à opium : *Papaver somniferum* et la cocaïne utilisée comme anesthésiant, est tirée du coca *Erythroxylum coca*. (Fouché et al., 2000).

2-Plante médicinale étudiées : *Pistacia atlantica* Desf

Pistacia atlantica Desf est originaire d'Asie Centrale. Présent en Turquie depuis 7000 ans avant J. C., il a été introduit en Italie dès le premier siècle avant J. C. et par la suite, sa culture s'est étendue aux autres pays méditerranéens et aux USA en 1854 (Moghtader, 2010).

Le pistachier de l'atlas est appelé en arabe local betoum, betouma, botma ou encore boutmaia (en Afrique du nord) et boutmela au Proche-Orient, iggh en berbère (Mojausa, 1980 et Hadjaissa, 2004). le nom commun de cette espèce se rapporte aux montagnes d'atlas ou cette espèce se développe (baba aissa, 2000 ; belhadj, 2003) à été décrit pour la première fois par Desfontaine en 1789, c'est une essence très ancienne (Ait Saïd, 2011).

2-1- Habitat et répartition géographique

D'après Zohary (1952, 1987) et Quézel et Médail (2003), cette espèce est commune dans deux régions de la méditerranée et de l'irano-touranie. Cependant, Manjauze (1980) et Ozenda (1983) la qualifie d'endémique de l'Afrique du nord (Belhadj et *al.*, 2008). Cette espèce forestière, dite de resquillage, s'accommode à tous les sols, excepté du sable (Yaaqobi, 2009). Elle se contente d'une faible pluviométrie de l'ordre de 150 mm et par fois moins (Benhssaini et Belkhodja, 2004). Elle est essentiellement un arbre de l'étage bioclimatique aride et accessoirement de l'étage semi-aride, il s'étend depuis les îles Canaries à l'ouest jusqu'au proche Orient vers l'est (Ait Saïd, 2011). En Algérie, on les trouve à l'état de groupement isolés d'Oran et Ain Sefra à l'ouest jusqu'à la Tunisie à l'est. Il est présent aussi dans l'Atlas saharien.

Dans le secteur du Sahara septentrional et dans le Hoggar, il est associé dans le proche orient à *Quercus Ithaburensis* et en Afrique du Nord à *Ziziphus lotus* (Ait Saïd, 2011). Elle se régénère et pousse toujours à l'intérieur du *Ziziphus lotus* qui constituerait une bonne protection aux jeunes pousses contre les vents et le pâturage. En plus de cela, le sol où les feuilles du *Ziziphus lotus* tombent deviendrait acide et faciliterait la germination des graines (Figure 1) (Belhadj, 2007).

Il occupe une aire très vaste englobant le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Syrie, la Jordanie, Palestine, l'Iran et l'Afghanistan (Kaska et *al.*, 1996 ; Khaldi et Khouja, 1996 ; Sheibani, 1996).



Figure 1 : Nouveau plant à l'intérieur de *Zizyphus lotus*, (Ait Said, 2011).

2-2- Description botanique

Le genre *P. atlantica* de la famille des Anacardiaceae, peut être classé en quatre sous-espèces, à savoir *mutica*, *cabulica*, *kurdica* et *atlantica* (Benhssaini et Belkhodja, 2004). Très répandues dans la région Méditerranéenne et Moyen-Orientale (Tutin et al. 1968).

➤ L'arbre

Le *Pistacia atlantica* est un arbre de 12 à 15 m de haut, à la cime ample et touffue (brosse, 2005). Le tronc est court avec un diamètre dépassant 1 m. Sa croissance est très rapide et sa longévité est de plusieurs siècles (Monjauze, 1968 ; 1982). C'est une espèce xérophile, possédant un système racinaire pivotant qui peut descendre jusqu'à 5 m de profondeur. L'écorce de l'arbre est d'abord rouge, puis grisâtre assez claire avant de devenir un rhytidome dur et crevassé, tessellé en profondeur, disposé en damier et noirâtre comme celui du frêne oxyphylle (Monjauze, 1980) c'est un arbre résineux. Le suintement du tronc d'arbre donnant l'encens rouge est utilisé dans la tannerie des peaux (Yousfi et al, 2003).

➤ Les feuilles

Elles sont composées, stipulées, à rachis finement ailé et à folioles lancéolées obtuses au sommet (Fennane et al, 2007). Les feuilles sont caduques et chutent en automne, elles sont de couleur vert pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (Yaaqobi et al., 2009).

➤ L'inflorescence

Le Pistachier de l'Atlas a une inflorescence en grappe rameuse. La floraison qui apparaît juste avant la feuillaison débute la mi-mars (Yaaqobi et al., 2009).

➤ **Les fleurs**

Les fleurs mâles et femelles sont portées par des pieds différents. Mais quelques pieds monoïques ont été observés dont les fleurs mâles et femelles sont portées par des rameaux différents. Aucun hermaphrodisme n'a été observé. Les fleurs sont petites en panicules axillaires et sont apétales. Ce sont des fleurs régulières avec une tendance à la zygomorphie (Yaaqobi et *al.*, 2009).

➤ **Les fruits**

Les fruits gros comme un pois sont appelés ELkhodiri par les populations locales en raison de la prédominance de la couleur verte foncée à la maturité, ce sont des drupes (ne dépassant pas le centimètre) légèrement ovales quelque fois allongés à épiderme qui se ride en séchant sur un endocarpe induré mais très mince abritant deux cotylédons, riches en huile dense très énergétique (Monjauze , 1980 et Belhadj et *al.*, 2008).

Les images de certains caractères botaniques de cette espèce sont rapportées dans la figure 2 :

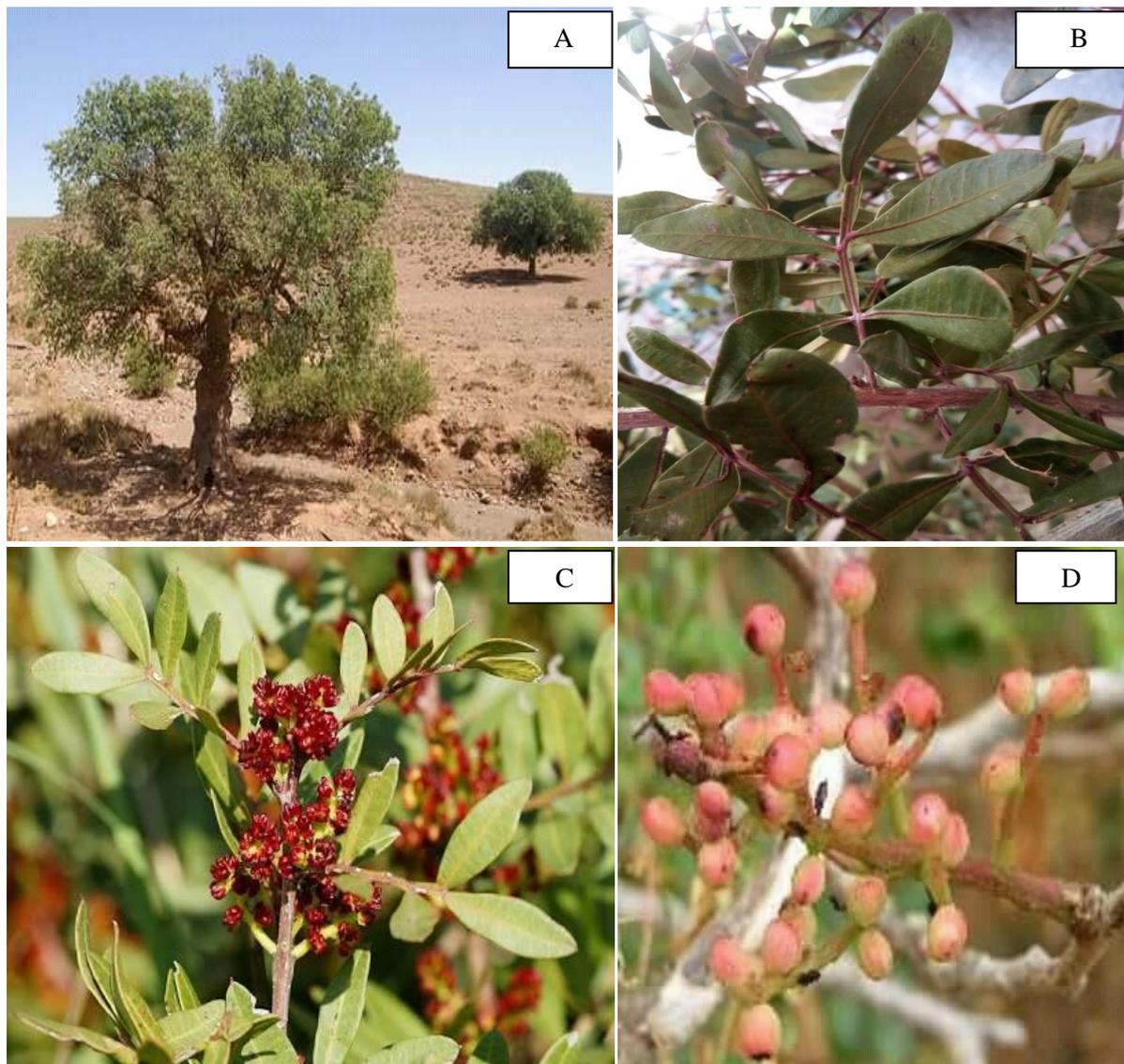


Figure 2: A: l'arbre, B : les feuilles, C L'inflorescence, D : Les fruits

2-3- classification botanique

La classification botanique du pistachier de l'Atlas est synthétisée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Classification botanique de *Pistacia atlantica*. (Yaaqobi et al., 2009).

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Super-division	Spermatophyta

Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia atlantica</i>

2-4- composition chimique

L'analyse phytochimique de différentes parties de la plante a été l'objet de quelques études. Les potentiels antioxydants des espèces du *Pistacia* sont du en particulier à la présence des flavonoïdes et des flavones (Topçu et al., 2007), des gallotannins (Zhao et al., 2005) et des phénols simples tels que l'acide gallique et l'acide p-coumarique (Benhammou et al., 2008). D'autres groupes chimiques caractérisent l'huile des fruits du pistachier de l'Atlas : les triterpénoïdes, les acides gras insaturés tels les acides oléique (46 %), linoléique (27.5 %), palmitique (24 %), palmitoléique (1.23–5.73 %), stéarique (1.48–2.61 %), linoléique (0.95–1.5 %), et les stéroïdes et les triglycérides (Benhassaini et al., 2004; Yousfi et al., 2005). Cependant, la composition chimique de l'huile essentielle d'oléorésine révèle sa richesse en α -pinène (70 %) et β -pinène (1.94 %) (Delazar et al., 2004; Benhassaini et al., 2008).

Peu de travaux ont été consacrés sur l'étude des teneurs en polyphénols et les propriétés antioxydantes de différentes parties de *Pistacia atlantica* (Benhammou et al., 2007; Yousfi et al., 2009). Les résultats de ces travaux ont montré la richesse de cette plante en composés phénoliques et l'identification d'un nouveau antioxydant le 1 (méthyl 5-(3,4- 25 dihydroxyphényl)-3-hydroxypenta-2,4- dienoate) (Yousfi et al., 2009). Une autre étude réalisée par Adams et ses collaborateurs (2009) a mis en évidence une nouvelle substance anti- *Plasmodium falciparum*, le flavone 3-methoxycarpachromène dans l'extrait d'acétate d'éthyle de *Pistacia atlantica*.

En outre, une étude plus récente sur les extraits phénoliques de cinq différentes parties de l'arbre de Pistachier de l'Atlas à savoir: les feuilles, les écorces, les gales, les fruits et la parties dégradée de l'arbre (champignon). Les résultats ont montré que les différents extraits sont riches en composés phénolique à l'exception des extraits des écorces. L'analyse de l'activité antioxydante de ces derniers et l'application des technique spectrale ont permis de mettre en évidence deux produits à structure phénolique responsable de cette activité (Yousfi et *al.*, 2005).

2-5- utilisation traditionnelle de la plante

Les espèces du genre *Pistacia* occupent une place appréciable dans la médecine traditionnelle et pharmaceutique depuis l'antiquité. Elles attirent l'attention des chercheurs grâce à ces potentiels antioxydants et ces activités antimicrobienne, anti-inflammatoire, antipyrétique, antidiabétique, antiradicalaire et cytotoxique (Hamdan et Afifi, 2004 ; Topçu et *al.*, 2007; Benhammou et *al.*, 2007, Benhammou et *al.*, 2008). Elles sont employées dans le traitement d'eczéma, les infections de la gorge, la lithiase rénale, l'asthme, l'estomac et comme un stimulant (Kordali et *al.*, 2003). Il existe d'autre utilisation tel que: comme antiseptique, antifongique et dans les maladies abdominales (Baba Aissa, 2000).

P. atlantica est une espèce principale de la production d'oléorésine (Delazar et *al.*, 2004). Cette résine qui est produit par l'écorce et exsudé naturellement de façon abondante par temps chaud est utilisée comme antiseptique du système respiratoire (Duru, 2003) et aussi pour d'autres usages médicaux (Belhadj, 2001). Chez les marocains, la décoction des feuilles est largement employée pour traiter les infections de l'œil (El-Hilaly et *al.*, 2003). Les fruits trouvent leur application dans la cuisine et les pratiques médicinales algériennes en particulier, dans la région de Djelfa, Laghouat et Ghardaïa. L'huile de ces fruits comestibles est souvent mélangée aux dattes écrasées et peu être consommé à toute heure de la journée avec du petit lait. L'huile a un goût très proche de celui du beurre, elle est très appréciée dans la région. Les graines sont séchées, écrasées ou moulues et ramassées avec de l'eau sucrée et consommées en boulettes ou bien séchées et croquées telles quelles comme des cacahuètes (Belhadj, 2001).

2-6- Aspects pharmacologiques et les effets biologiques

Activité antioxydante : Activité antioxydante des différentes parties ainsi que les constituants des fruits et des feuilles de *P. atlantica* sont significativement plus élevées que celles des antioxydants standards (Farhoosh.,2009 , Farhoosh .,2011).

Activité antimutagène : Huile essentielle et différents extraits de feuilles de *P. atlantica* ont montré un effet inhibiteur significatif sur la mutagénicité *in vitro* (Douissa et al.,2005, Hayder et al.,2005).Acide gallique, acide digallique et 1,2,3,4,6-pentagalloylglucose, polyphénols isolés à partir des fruits de *P.atlantica*, induit une activité inhibitrice contre la mutagénicité et la génotoxicité dans les essais *in vitro* (Bhourri et al.,2010).

Activité antimicrobien : la plus part des espèces de *Pistacia* ont montré des propriétés antibactériennes significative contre une large variété des bactéries Gram positif et Gram négatif, l'activité antimicrobienne de la gomme de *Pistacia atlantica var. Kurdica* et certains de ses constituants majeurs tels que α -pinene et *Pistacia vera* a été montré pour être significative contre *Helicobacter pylori* (Sadeghi., 2014, Asgary.,2014).

Les activités antifongiques et antibactériennes : Les rameaux et feuilles de *P. atlantica* et l'un de ses composant 3-méthoxycarpachromène a montré une activité inhibitrice contre *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis* et *Staphylococcus aureus* (Farhoosh.,2011) *P. atlantica var. Kurdica gum* a été montré pour contrôler la leishmaniose cutanée dans des souris infectées par *Leishmania major* (Taran.,2010).

Activités analgésiques et anti-inflammatoires : Antinociception et des activités anti-inflammatoires de certaines espèces de *Pistacia* ont été révélées dans différentes formes aiguës et chroniques.

Modèles inflammatoires. Cependant ces effets n'ont pas été examinés pour *P. atlantica* (Giner-Larza.,2001).

Activité antidiabétique : Une étude *in vitro* a montré que l'extrait de feuilles de *P. atlantica* inhibe la α -glucosidase et la α -amylase a également montré une activité antihyperglycémique postprandiale égale à celle du glipizide et de la metformine chez le rat et une amélioration du glucose intolérance (Kasabri.,2011).

Effet anticancéreux: L'extrait de fruit de *P. atlantica sub. Kurdica* a révélé une activité inhibitrice sur des cellules de carcinome du colon humain identiques à la doxorubicine (Rezaei.,2012).

Activité anticholinestérasique : Les extraits des feuilles de *P.atlantica* ont une forte activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase. Le fruit du mastic a un effet diurétique et stimule la période menstruelle. Pour le traitement de la diarrhée simple, la peau, l'anémie et douleurs articulaires (Mohammed et *al.*, 2015).

Chapitre II : stress oxydatif et antioxydante

1- Stress oxydant

Le Stress Oxydant (SO) est actuellement défini comme "un déséquilibre de la balance entre les prooxydants et les antioxydants en faveur des premiers (Sies et Jones, 2007). Ce déséquilibre provient soit d'une production exagérée d'agents oxydants, soit d'une altération des mécanismes de défense (Morena et *al.*, 2002).

Ce déséquilibre peut avoir diverses origines, citons la surproduction endogène d'agents prooxydants d'origine inflammatoire, un déficit nutritionnel en antioxydants ou même une exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (tabac, alcool, médicaments, rayons gamma, rayons ultraviolets, herbicides, ozone, amiante, métaux toxiques) (Smirnoff, 2005). L'accumulation des ERO non « détoxiquées » par le système antioxydant attaquent et endommagent les macromolécules par une oxydation directement à leur contact contenues dans les cellules, notamment les lipides, les protéines et l'ADN (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

Le stress oxydant sera la principale cause initiale de plusieurs maladies (Favier, 2003). Les maladies d'Alzheimer (Smith et al., 1996 ; Smith et al., 2004), de Parkinson (Bolton et al., 2000), de Creutzfeldt Jacob et de méningo-céphalites (Ali et al., 2008), les maladies cardiovasculaires et déficience cardiaque (Jha et al., 1995), les œdèmes et vieillissement prématuré de la peau (Georgetti et al., 2003) et le cancer (Ali et al., 2008).



Figure 3: Déséquilibre Antioxydant /Oxydant (Morena et *al.*, 2002).

2-Radicaux libres

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

Un radical libre est une espèce chimique (atome ou molécule) contenant un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que transitoire et est comblé par l'acceptation d'un autre électron ou par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule (Afonso et *al.*, 2007). Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont des radicaux libres issus de l'oxygène moléculaire, elles représentent la plus importante classe d'espèces réactives générées dans les organismes vivants à cause de l'importance du métabolisme aérobie (Valko et *al.*, 2007).

On distingue les radicaux primaires à savoir : l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), le radical hydroxyle (HO^{\bullet}), le monoxyde d'azote (NO^{\bullet}), le radical peroxyde (ROO^{\bullet}) et le radical alkoxyde (RO^{\bullet}).

Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires telles que l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le nitroperoxyde ($ONOOH$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (Favier, 2003).

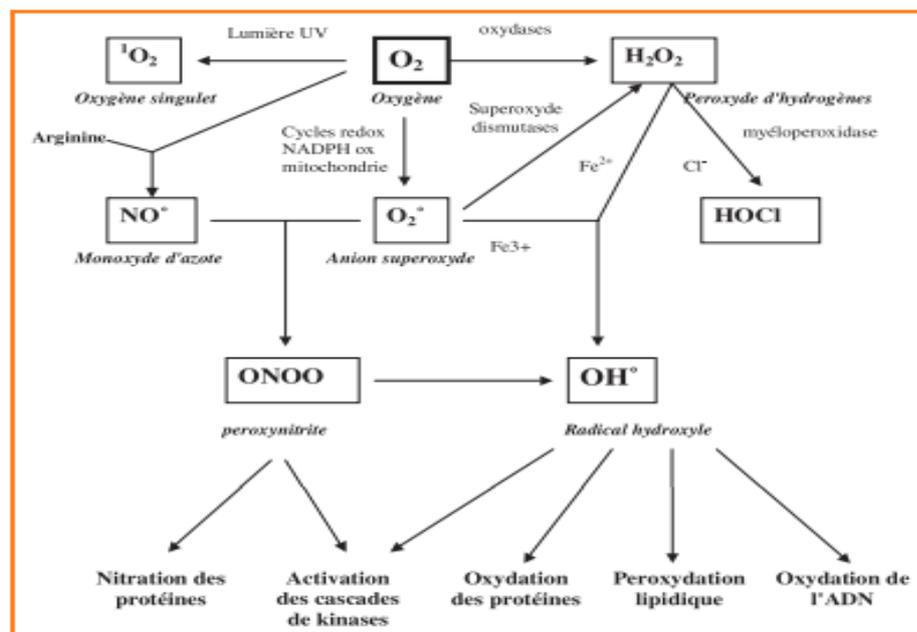


Figure 5 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie (Favier, 2003).

3-Antioxydantes

L'organisme a développé des systèmes de défense très efficaces contre la production des RL. Les molécules contrôlant cette production sont désignées par le terme "antioxydant". Du point de vue biologique, les antioxydants sont toutes substances qui présentes à faible concentration par rapport à celle du substrat oxydable, retardent ou inhibent significativement l'oxydation de ce substrat (Abuja et Albertini, 2001). Les antioxydants sont pour la plupart synthétiques (hydroquinone, pyrogallol, acide gallique et gallate), et sont rajoutés aux huiles dans l'industrie alimentaire. Ils peuvent par contre être présents à l'état naturel dans les huiles végétales (vitamine E, polyphénols de l'olivier et du chêne, flavonoïdes, certaines huiles essentielles) (White, 1994).

Les systèmes antioxydants peuvent être classés selon leur mode d'action, leur localisation cellulaire et leur origine (exogènes ou endogènes) (Delattre et *al.*, 2005).

3-1-Classification d'antioxydantes

3-1-1- Les antioxydants endogènes

La production physiologique des ERO est contrôlée au sein des cellules par les systèmes de défense enzymatiques et non enzymatiques (Matés et *al.*, 1999).

3-1-1-1-Antioxydants enzymatiques

Ce sont des enzymes ou protéines antioxydantes : Superoxyde dismutase (SOD), Catalase (CAT) et Glutathion peroxydase (GPX) (Matés et *al.*, 1999). Elaborés par notre organisme avec l'aide des certains minéraux. Elles sont présentes en permanence dans l'organisme mais leur quantité diminue avec l'âge (Mika et *al.*, 2004).

Leurs activités et leurs localisations dans la cellule sont complémentaires et assurent l'élimination des anions superoxydes et du peroxyde d'hydrogène dans tous les compartiments intracellulaires (Haleng et *al.*, 2007).

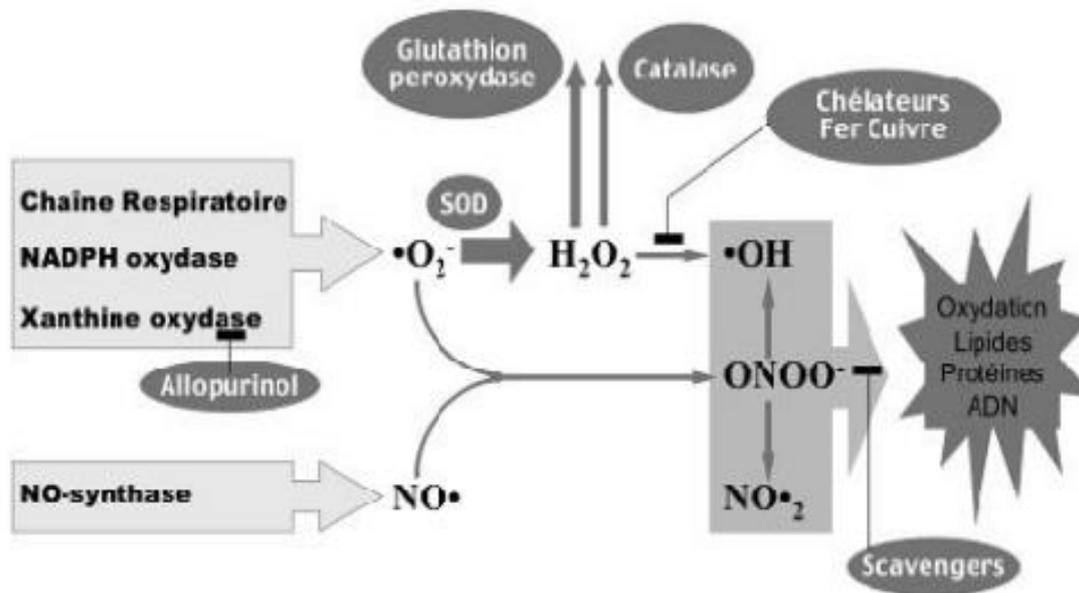
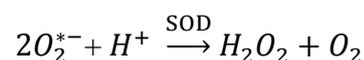


Figure 5: Action de l'antioxydant au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène (Cano *et al.*, 2007).

➤ Superoxyde dismutase (SOD)

Il catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en hydrogène peroxyde (H_2O_2) et en oxygène selon la réaction suivant (Landis et Tower, 2005) :



Chez l'homme, trois isoformes de l'enzyme SOD qui diffèrent par leur structure et leur localisation cellulaire ont été caractérisées de façon biochimique et moléculaire : La Cu/Zn-SOD ou SOD1 cytosolique, et la EC-SOD ou SOD3 extracellulaire, utilisent le cuivre et le zinc comme cofacteurs nécessaires à l'activité enzymatique (Afonso *et al.*, 2007). Lorsque la SOD2 ou (Mn-SOD) (Piquet et Hebuterne, 2007) mitochondriale, utilise le manganèse (Afonso *et al.*, 2007).

➤ Catalase

La catalase est une enzyme responsable de la détoxification du peroxyde d'hydrogène produit dans la condition physiologiques (Niki *et al.*, 2007). Elle est localisée essentiellement dans les peroxysomes (Valko *et al.*, 2006), et les hématies (Piquet et Hebuterne, 2007). Mais aussi dans les mitochondries et le cytoplasme (pour les cellules qui ne possèdent cette organelle ex : érythrocytes) (Lindau-Sehpar et Shaffer, 1993).

La réaction catalysée par cette enzyme est une dismutation du peroxyde d'hydrogène : (Delattre et *al.*, 2005).



➤ La glutathion peroxydase (GPx)

Une enzyme à cofacteur de sélénium se localise dans le cytosol et la matrice mitochondriale (Valko et *al.*, 2006). Qui peuvent réduire le peroxyde d'hydrogène en eau, en utilisant les capacités réductrices du couple glutathion /glutathion désulfite (GSH/GSSG) (Matés et *al.*, 1999 ; Lacolley et *al.*, 2007).

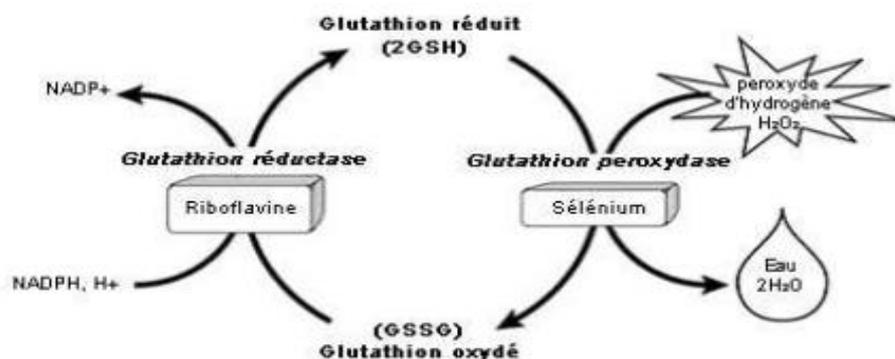


Figure 6 : Cycle oxydo-réducteur du glutathion (Hagen et *al.*, 1990)

3-1-1-2-Antioxydants non enzymatiques

L'action protectrice enzymatique est renforcée par celle de différents composés réducteurs d'origine métabolique. Ces composés antioxydants sont produits dans les cellules de l'organisme et parmi lesquels on peut citer le glutathion, l'acide lipoïque, L-arginine, ubiquinone, l'acide urique, la mélatonine, la transferrine (Pham-Huy et *al.*, 2008), et bilirubine (Algeciras-Schimmich et *al.*, 2007), et Coenzyme Q10 (Haleng et *al.*, 2007).

De tous ces composés endogènes synthétisés par les cellules, le plus important est sans doute le glutathion qui protège, non seulement contre les radicaux oxygénés, mais aussi contre les peroxydes ou le monoxyde d'azote (Favier, 2003).

3-1-2-Les antioxydants exogènes

L'organisme possède une seconde ligne de défense « les piègeurs de radicaux libres » qui sont des composés pour la plupart apportés par l'alimentation et dont le rôle essentiel est

de neutraliser les effets toxiques des ERO, limitant ainsi toute atteinte de l'intégrité cellulaire (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

Tableau 2 : Principaux antioxydants exogènes et sources alimentaires associées (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

Principaux nutriments Antioxydants	Sources alimentaires
Vitamine C	Agrumes, melon, brocoli, fraise, kiwi, chou, poivron
Vitamine E	Huile : de tournesol, de soja, de maïs Beurre, œufs, noix
β -carotène	Légumes et fruits orangés, et vert foncés
Sélénium	Poissons, œufs, viande, céréales, volaille
Zinc	Viande, pain complet, légumes verts, huîtres, produits laitiers
Flavonoïdes	Fruits, légumes, thé vert
Acides phénoliques	Céréales complètes, baies, cerises
Tanins	Lentilles, thé, raisins, vin
Métabolisme de cystéine, glutathion	Caséine, Lactalbumine (petit-lait), produits laitiers Brocoli, chou œufs, poissons, viande

3-1-2-1- β carotène

Le β carotène appartient à la grande famille des caroténoïdes, constituée de plus de 600 pigments identifiés dans de nombreux fruits et légumes, qui possèdent des propriétés antioxydantes. Le β -carotène est notamment capable de piéger les radicaux hydroxyles HO^\bullet et peroxydes ROO^\bullet et ainsi d'inhiber les chaînes de peroxydations lipidiques, il neutralise également l'oxygène singulet $^1\text{O}_2$. En outre le β -carotène, tout comme l' α -carotène et β -cryptoxanthine, sont des caroténoïdes précurseurs de la vitamine A(ou rétinol) chez l'homme, de sorte que le β - carotène est une provitamine A (Beaudeau et Geneviève, 2011).

3-1-2-2- Vitamine E

La vitamine E (figure 7) fait partie de la famille des tocophérols, cette famille comprend 4 substances (α , β , γ , δ) (Cuvelier et *al.*, 2003). La forme alfa tocophérol est la plus active parmi les autres formes de cette vitamine (Mates, 1999). Il est appelé aussi Vitamine E (Wang et Quinn, 2006).

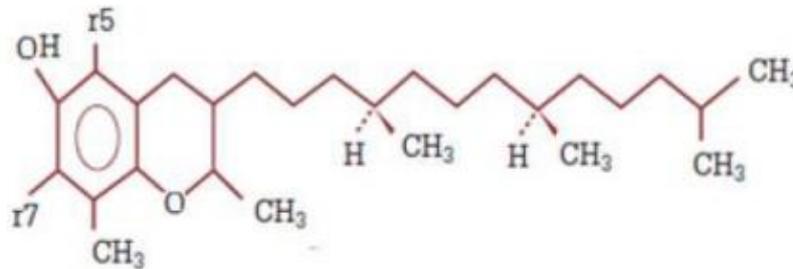
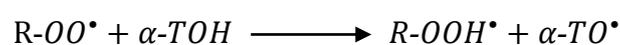


Figure 7: Structure chimique d' α -tocophérol (Mohammedi, 2013).

L' α -tocophérol a été largement étudiée comme complément alimentaire potentiellement préventive dans les maladies cardiovasculaires. Il joue un rôle dans l'atténuation du stress oxydatif, dans les symptômes des maladies neurodégénératives, et en particulier dans la maladie d'Alzheimer qui a récemment reçu un grand intérêt. En conséquence, il entrave l'adhérence des leucocytes aux cellules endothéliales, l'agrégation des plaquettes et la formation consécutive des plaques d'athérome (Annaházi, 2007). Il joue un rôle aussi dans le développement des cancers et sur le vieillissement (Cheick Traore, 2006).

Cette vitamine est décrite comme étant le principal antioxydant liposoluble dans le plasma et les érythrocytes chez l'homme, situé dans les lipoprotéines et dans les membranes. Tocophérol, il est capable d'une part, de piéger chimiquement l'oxygène singlet en s'oxydant en quinone, et d'autre part, de réagir avec le radical hydroxyle HO^\bullet . Mais son principal rôle biologique est de réagir avec les radicaux peroxyles ROO^\bullet pour former un radical tocophéryle (Dellatre, 2005).



3-1-2-3- Vitamine C

La vitamine C ou acide ascorbique représentée par la figure 8 est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur, aux ultraviolets et à l'oxygène. Après ingestion, elle passe rapidement dans le sang puis diffuse de façon variable dans tous les tissus (Fain, O, 2004). Elle participe dans les réactions avec la vitamine E et l'enzyme glutathion peroxydase pour neutraliser des radicaux libres (Cheick Traoure, 2006).

La vitamine C agit principalement en piégeant directement les ROS (majoritairement l' $O_2^{\cdot-}$ et l'ONOO) (Belkhiri, 2010). Elle joue un rôle antioxydant au niveau des tissus oculaires, en particulier la rétine, où elle participe à la dégradation du H_2O_2 (Ohla et al. 2005). Elle peut recycler l' α -tocophérol pour aider à prévenir l'oxydation des lipides (Chandan et al, 1994). L'acide ascorbique peut agir en tant qu'un antioxydant seulement en absence de métaux de transitions sous forme libre (Evans, 2000).

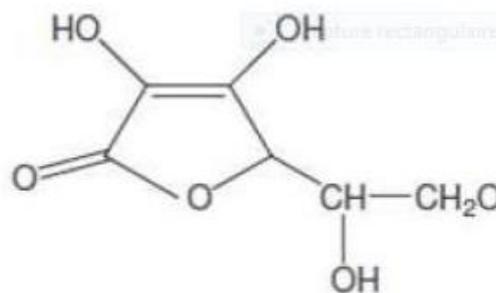


Figure 8: l'acide L-ascorbique (Elise, 2008).

3-1-2-4- Polyphénols

Les polyphénols sont des pigments végétaux dont les propriétés antioxydants, les plus importants sont les flavonoïdes (Médard., 2009). Ils sont naturellement capables de piéger l'oxygène singulet 1O_2 et le radical anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ en le dismutant en H_2O_2 (Chen et al., 2003). Leur effet protecteur est notamment connu dans le système cardiovasculaire où ils préviennent l'oxydation des protéines. Ils sont particulièrement présents dans certaines boissons (thé, vin rouge, bière...) ou les fruits et légumes (agrumes, carottes...) (Lehucher et al, 2001). Les polyphénols sont des métabolites secondaires (Havsteen, 2002).

Le terme métabolite secondaire est utilisé pour décrire une large gamme de composés chimiques dans les plantes qui ne sont pas impliqués dans les processus biochimique de croissance et de la reproduction des plantes (Amlan et jyotisna, 2010). Ils ont un rôle

important dans les interactions de la plante avec son environnement tel que la protection contre les pathogènes, herbivores, la concurrence entre les plantes et le stress abiotique comme dessiccation et radiation UV (Greathead, 2003).

3-1-2-4-1- classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances; ils ont en commun un cycle aromatique portant au moins un groupement hydroxyle (Chopra et *al.* 1986).

Selon le nombre d'unités phénoliques présents, on les classe en composés phénoliques simples et polyphénols. Par abus, on les appelle indifféremment composés phénoliques ou polyphénols et comprennent essentiellement les phénols simples, les acides phénoliques, les stilbènes, les flavonoïdes, les tanins, les coumarines, les lignanes, les lignines et les xanthonnes. (Stalikas, 2007).

3-1-2-4-1-1- Les phénols simples

Ce sont des dérivés en C6 du noyau benzénique, rare à l'état naturel et issus de la décarboxylation de l'acide shikimique. L'hydroquinol, le pyrocatechol et le phloroglucinol sont classés parmi les phénols simples (Chira et *al.* 2008).

3-1-2-4-1-2- Les acides phénoliques

Les acides phénoliques constituent un groupe important dans les composés organiques naturels avec un large spectre d'activités pharmacologiques, ils possèdent des propriétés non seulement antioxydants, mais également des propriétés antivirales et antibactériennes. L'activité anti-oxydante phénolique est généralement combinée avec des groupes hydroxyles trouvés dans ces molécules (Caze, 2005).

Les acides phénoliques sont les dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ils sont présents dans un certain nombre des plantes agricoles et médicinales (Psotová et *al.* 2003).

Nous pouvons citer par exemple : l'acide caféique, l'acide protocatechique, l'acide vanillique, l'acide ferulique, l'acide sinapique et l'acide gallique (Hale, 2003).

3-1-2-4-1-3- Les stilbènes

Les stilbènes font partie d'un groupe très vaste des polyphénols, celui des dérivés de l'acide cinnamique (phénylpropanoïdes). Ils sont présents dans toutes les sources végétales (Leray, 2010). La structure chimique de base des stilbènes est composée de deux cycles aromatiques joints par un pont méthylène (C6-C2-C6). Les deux formes isomères des stilbènes (cis et trans) ont des propriétés chimiques et biologiques différentes (Collin et Crouzet, 2011).

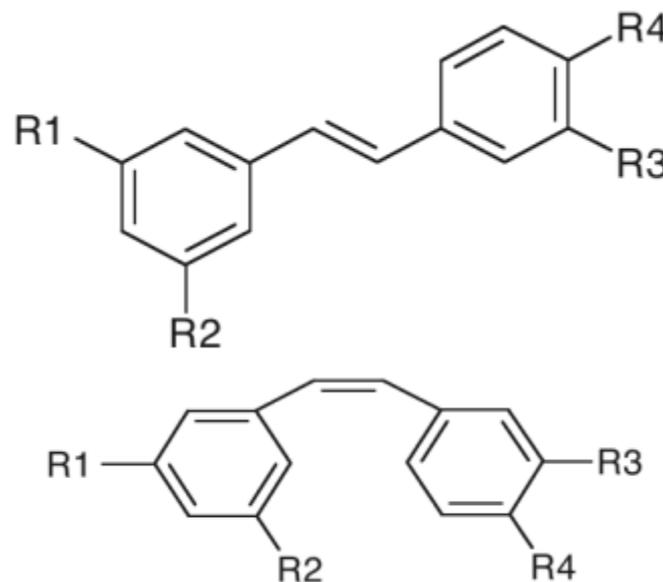


Figure 9: structure de base des stilbènes (trans ou cis) (Collin et Crouzet, 2011).

Ils jouent un rôle important dans les mécanismes de défense constitutifs et inductibles, y compris des activités antibactériennes et antifongiques. Les stilbènes possèdent un large spectre d'effets pharmacologiques et thérapeutiques tels que l'effet antiépileptique, antioxydant, anticancéreux, les activités anti-athérosclérose. En plus ils possèdent un effet cardioprotecteur, hépato-protecteurs et des effets neuroprotecteurs (Ahuja et Ramawat, 2014).

3-1-2-4-1-4-les xanthones C6-C1-C6

Le xanthone terme dérivé du grec (Xanthos), ce qui signifie jaune (Khan et Mather, 2006).un xanthone est constituée d'un système cyclique conjugué composé de carbone 1-4 (cycle aromatique A) et de carbone 5-8 (cycle aromatique B) (Kuete,2013), et d'un système à trois anneaux qui contient plusieurs groupes fonctionnels comprenant l'isoprène, le groupe méthoxy et les groupes phényles, ainsi que des protons aromatiques, des groupes hydroxyle phénoliques, des protons hydroxyle, et les anneaux dihydrofuranne (Gongbo et *al.*, 2013).

Les xanthones peuvent être brièvement classés en cinq groupes dont : xanthone simples oxygéné, prénylé, glycosides xanthone, xanthonolignoids et divers xanthones (Tiwari et *al.*2013), la diversité structurale et les propriétés chimiques des xanthones peuvent jouer un rôle majeur dans la prévention, y compris les activités anti-inflammatoires, antioxydants, et anticancéreuses (Gongbo et *al.*, 2013).

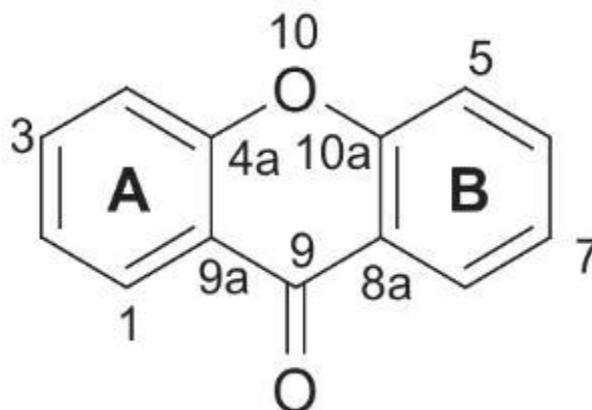


Figure 10: Structure de xanthone (Kueté, 2013).

3-1-2-4-1-5- Les coumarines

Les coumarines sont des composés aromatiques naturels, largement distribués dans le règne végétal, ils inhibent la croissance et la sporulation des champignons et autres microorganismes qui sont pathogènes pour les plantes (Edardes, 2008).

Les coumarines qui sont aussi les dérivés de C₆-C₃, appartiennent aux groupes décomposés connus par des benzo- α -pyrone (O’Kennedy et Thornes, 1997) et toutes sont substituées en 7 par un hydroxyle. Elles se trouvent dans la nature soit à l’état libre ou bien combiné avec des sucres. Elles sont responsables de l’odeur caractéristique du foin (Cowan, 1999).

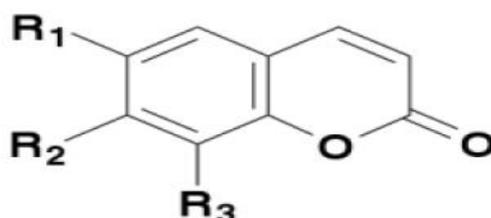


Figure 11 : structure de coumarine (Bruneton, 2009).

3-1-2-4-1-6- Les lignanes et les lignines

Sont un groupe des phytonutriments largement distribués dans le règne végétal (Imran et *al.*, 2015).

➤ Les lignanes

Les lignanes phénoliques se trouvent dans la plupart des plantes riches en fibres, y compris les graines de citrouille, graines de sésame, les céréales, les fruits et les légumes (Imran et *al.* 2015).

Sont possèdent un certain nombre des propriétés utiles pour les humains, certains protègent contre l'apparition de divers cancers, tandis que d'autres sont antimutogènes, antivirales, antibactériennes, et antifongiques (Costa et *al.*, 1999).

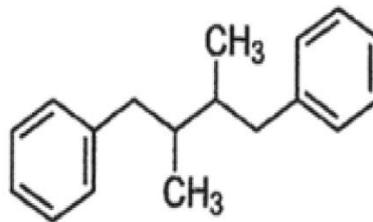


Figure 12: Structure de lignane (Jost et Jost - Tse, 2016).

➤ Les lignines

Les lignines constituent des classes importantes dans les produits naturels dans le règne végétal et seraient formés par polymérisation oxydative de trois monolignols qui sont les alcools *p*-coumarique, coniférique et sinapylique (Sakagami et *al.* 2005).

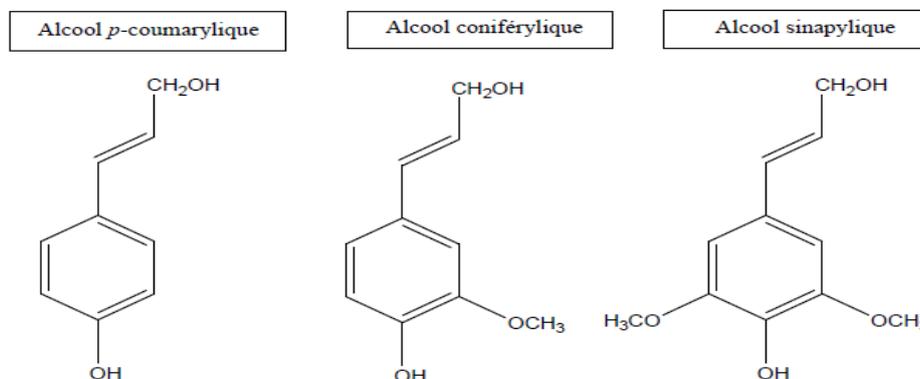


Figure 13 : principaux constituants de la lignine(Hopkins,W.G.2003)

La lignine est une très grande polymère, insoluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques, il est donc impossible de l'extraire sans lui faire subir d'importantes dégradations. De plus les trois monomères de bases peuvent s'assembler de multiples façons formant une structure tridimensionnelle très ramifiée (Sakagami *et al.*, 2005).

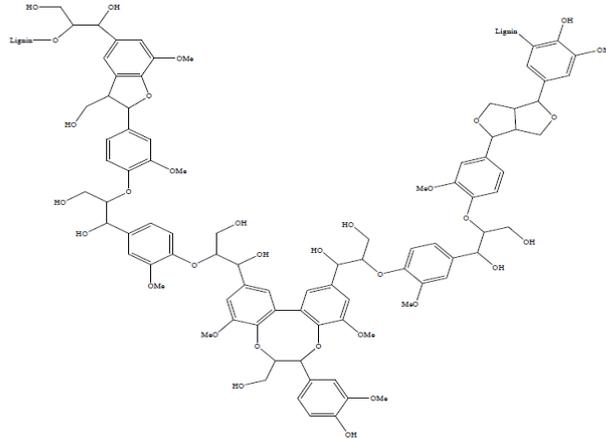


Figure 14 : structure d'une lignine (Hopkins, W.G. 2003).

3-1-2-4-2-7-Les flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres. (Tsimogiannins et Oreopoulou, 2006). Flavonoïdes sont des composés avec une activité anti-oxydante prononcée (Hodek, *et al.*, 2002).

Les flavonoïdes expriment les propriétés anti-oxydantes par : Le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO), La suppression de la formation des ERO par l'inhibition de quelque enzyme ou par chélation des ions métalliques, impliqués dans leur production, La protection des systèmes de défense antioxydants de l'organisme (Boudiaf, 2006).

Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base (C6-C3-C6), ils contiennent quinze atomes de carbone dans leur structure de base: deux cycles aromatiques A et B à six atomes de carbone liés avec une unité de trois atomes de carbone qui peut ou non être une partie d'un troisième cycle C (Tapas, *et al.*, 2008).

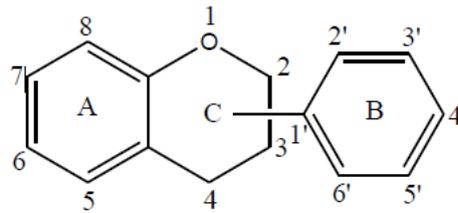


Figure 15: Structure de base des flavonoïdes (Tapas, et *al.*, 2008).

3-1-2-4-1-8- Les tanins

Le terme tanin dérive de la capacité de tannage de la peau animale en la Transformant en cuir par le dit composé (Bravo, 1998). On distingue chez les végétaux supérieurs deux groupes: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Ghestem et *al.* 2001).

- Les tanins hydrolysables :(esters de glucose) comprennent l'acide gallique pour le groupe des gallos tanins et l'acide ellagique pour le groupe des ellagitanins. Ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique; ils s'hydrolysent aussi sous l'action enzymatique (Ghestem et *al.* 2001).
- Les tanins condensés : sont des polyphénols de masse moléculaire élevée. Ils résultent de la polymérisation oxydative ou enzymatique des unités de flavan -3-ol et/ou de flavan-3,4-diol (Bruneton, 1999).

4-Mécanismes d'action d'antioxydantes

Dans l'organisme, il existe plusieurs types de molécules à activité antioxydante dont les mécanismes d'action sont différents (Benhamou, 2012). Incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (Favier, 2006).

Selon leur mode d'action, les antioxydants sont classés en deux catégories (Buettner, 1993) Tableau 3 :

Tableau 3 : Principaux modes d'action de quelques antioxydants (Pastre, 2005).

	Nature	Mode d'action
Système de défense primaire	Superoxyde dismutase	Catalyse la dismutation de l'anion superoxyde Catalase Métabolise
	Catalase Métabolise	Métabolise H ₂ O ₂
	Glutathion peroxydase	Action réductrice sur H ₂ O ₂ et les hydro peroxydes
Système de défense secondaire	Vitamine E	piéger des radicaux libres
	Vitamine C	piéger des radicaux libres
	Bêta carotène	Fixation des métaux de Transition piégé des radicaux libres piéger des radicaux libres
	acide urique	piéger certains radicaux libres

Chapitre I : Matériel et méthodes

La partie expérimentale (*in vitro*) a été réalisée au niveau de Laboratoire de biochimie de Département de Biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, Université Djilali Bounaâma, Khemis Miliana, Algérie.

1-MATERIEL

1-1- Matériel végétal

Les feuilles de *Pistacia atlantica*. Ont été récoltées au mois de Mars 2018 dans la région Boumadfaâ (Latitude: 36°20'42.049"N, Longitude: 2°31'11.255"E, Altitude =263 m). Wilaya de Ain Dafla. Après séchage à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, le matériel végétal est fragmenté figure 16.



Figure 16 : les feuilles de *Pistacia atlantica* fragmenté

2- METHODES

2-1- Préparation des extraits

2-1-1- Préparation d'extrait aqueux

Les extraits aqueux sont des préparations aqueuses à partir des plantes médicinales entières ou de parties de celles-ci, convenablement divisées pour être plus facilement pénétrées par l'eau.

Cet extrait est obtenu à partir de l'infusion de 10 g de poudre des feuilles dans 100 ml d'eau distillée, pendant 72 h, ensuite une filtration rapide sur papier filtre a été effectuée.

Les filtrats obtenus ont été concentrés par évaporation dans une étuve portée à 40 °C pendant 48 h, jusqu'à l'obtention d'un résidu sec dont la quantité est exprimée en mg conservé à - 4°C.

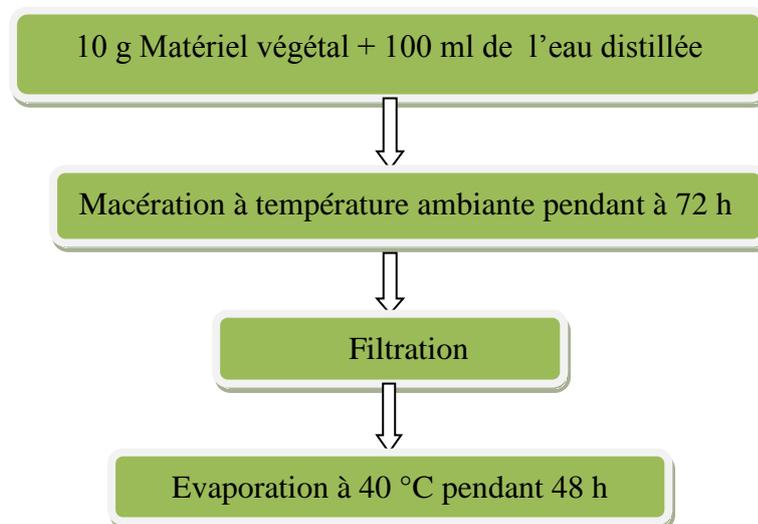


Figure17 : Préparation d'extrait aqueux

2-1-2- préparation des extraits hydro-alcoolique

La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante (Zian, 2014).

La préparation de l'extrait hydro-alcoolique a été effectuée par macération de 10g de matière végétale dans une solution hydro-alcoolique à 50%. Après 72 heures de contact, puis une filtration rapide sur papier filtre (Peixoto et *al.*,2011)

Les filtrats obtenus ont été concentrés par évaporation dans une étuve portée à 40 °C pendant 48 h, jusqu'à l'obtention d'un résidu sec dont la quantité est exprimée en mg conservé à - 4°C.

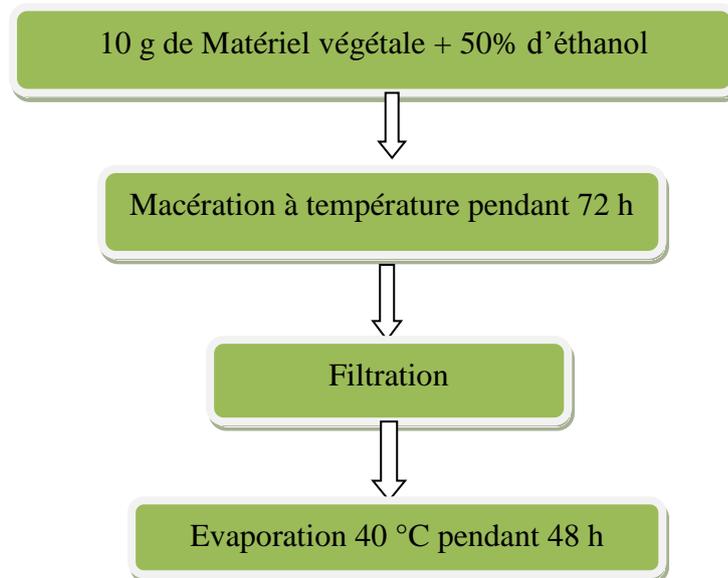


Figure18 : Préparation d'extrait hydro-alcoolique (Peixoto et al.,2011).

2-2-Détermination de rendement d'extraction

Le rendement des différents extraits obtenus est défini comme étant le rapport entre la Masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traité. Ce rendement est calculé par l'équation (Harborne ,1980):

$$R(\%) = (Me / Mv) \times 100$$

R(%) : Rendement en %.

Me :Masse de l'extrait après l'évaporation du solvant.

Mv : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction.

2-3- Screening phytochimique des extraits

Dans le but de caractériser les extraits préparés à partir des feuilles de *Pistacia atlantica*, des analyses qualitatives et quantitatives ont été effectuées.

2-3-1- Les analyses qualitatives

Cette étude permet de mettre en évidence la présence des différents groupes chimiques (polyphénols, flavonoïdes, tanins.....etc.) dans les extraits. Ces essais permettent d'avoir des informations préliminaires sur la composition chimique.

2-3-1-1- Les tanins

Dans un tube à essai, introduire 5 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml de solution aqueuse de FeCl_3 à 1 %. En présence de tanins, il se développe une coloration verdâtre ou bleu-noirâtre (Karumi et al, 2004).

2-3-1-2- Les Flavonoïdes

1 ml d'extrait à tester, ajouter 1 ml AlCl_3 , est resté 30min, Les flavonoïdes donnent généralement avec le magnésium en présence d'acide chlorhydrique une coloration rose ou rouge (Karumi et al, 2004).

2-3-1-3- Composés terpéniques: Stérols et triterpènes

Evaporer à sec 10 ml de la solution à analyser, dissoudre le résidu dans 5 ml d'anhydride acétique puis 5 ml de chloroforme. A l'aide d'une pipette ajouter 1 ml de H_2SO_4 concentré à la paroi du tube sans agiter. Laisser reposer 30 minutes. La formation d'un anneau rouge brunâtre à la zone de contact des deux liquides et une coloration violette de la couche surnageant révèlent la présence de stérols et triterpènes (Edeoga et al, 2005).

2-3-1-4- Les saponosides : Indice de mousse

Dans un bécher, on ajoute 100 ml d'eau distillée a une quantité de 2 g de matériel végétal sec, puis la solution est portée à ébullition pendant 30 min. Après refroidissement, on filtre la solution, et on ajuste le filtrat à 100 ml avec de l'eau distillée. Une série de 1 à 2 ml de filtrat est placée dans 2 tubes à essai et additionnée de 10 ml d'eau distillée. Une agitation violente et horizontale a été faite pendant 15 secondes pour chaque tube. Après 15 mn de repos on mesure la hauteur de mousse résiduelle (en cm) dans chaque tube. La présence des saponines est indiquée par un indice de mousse supérieur à 100. Ce dernier est calculé selon la relation (1) :

$$I = \text{La hauteur de la mousse dans le 9ème tube} \times 10/0,09 \quad (1)$$

On note que *Saponaria officinales* est utilisée comme témoin positif (Deepa et al.,2013).

2-3-1-5- les alcaloïdes

2ml de chaque extrait est additionnée à 2ml de réactif de Wagner (2g d'iodure de potassium KI^+ 1,27g d'iode I_2 +100 ml d'eau distiller). L'apparition d'un précipité blanc jaune indique la présence des alcaloïdes (Benzahi, 2001 ;Chaouch,2001).

2-3-1-6- Les composés réducteurs

Introduire 2 ml d'extrait dans un tube, ajouter 2 ml de liqueur de Fehling (1ml réactif A et 1ml réactif B), incubé l'ensemble 8 min dans un bain marie bouillant.

L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (Elaloui.,2014).

2-3-2- Les analyses quantitatives

2-3-2-1-Dosage des flavonoïdes

- Principe

La méthode utilisée pour l'estimation des taux de flavonoïdes est celle décrite par Mbaebie et *al.*,(2012). La coloration jaunâtre donnée dans cette méthode est due à la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (Lagnika, 2005).

- Mode opératoire

1ml de chaque extrait est ajouté à 1 ml d'une solution éthanolique de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 2 % et laisser incubé pendant 1h à une température ambiante. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 420 nm.

Les mêmes opérations sont été effectuées pour la quercétine à des différentes concentrations pour tracer la courbe d'étalonnage.

Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits sont calculées à partir de la courbe d'étalonnage obtenue et elles sont exprimées en milligramme équivalent de quercétine par gramme d'extrait (**mg Eq/g extrait**).

3-Etude de l'activité anti-oxydante des extraits *in vitro*

Nous avons étudié l'activité anti-oxydante en utilisant quatre méthodes

3-1-Test au DPPH

Ce test est basé sur la mesure de l'aptitude d'un antioxydant à exercer un « effet scavenger » sur le radical stable DPPH (2,2diphényl-1-picrylhydrazyl) Kazeem et *al.* (2012). C'est un test de décoloration (violette au jaune) qui évalue la diminution de l'absorbance de la solution du DPPH à 517 nm, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Siddhuraju et Becker, 2007).

Pour la préparation de la solution du DPPH dont la concentration de cette solution est de 0,004%, 250 µl de diverses concentrations de chaque extrait (10, 25, 50, et 100 mg/ml), ou du standard (l'acide ascorbique) ont été ajoutés à 1 ml de la solution du DPPH préparée. Après l'incubation à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 30 min, l'absorbance est lu à 517 nm contre un blanc qui contient du méthanol pur (Deepa et *al.*, 2013).

L'évaluation de l'activité antioxydante en utilisant la méthode DPPH est exprimée en pourcentage selon la relation suivante :

$$\% \text{ de l'activité antioxydante: } \left[\frac{\text{Abs}_{(\text{contrôle})} - \text{Abs}_{(\text{Echantillon})}}{\text{Abs}_{(\text{contrôle})}} \right] \times 100$$

Le pourcentage d'inhibition est exprimé ensuite par la valeur de la IC_{50} sachant que l' IC_{50} est la concentration nécessaire pour l'obtention de 50% de la forme réduite du radical DPPH. Elle est calculée par la méthode de régression linéaire à partir de la courbe [% inhibition = f (concentrations)].

3-2-Détermination de la capacité antioxydante totale par la méthode de phosphomolybdate

Le test de phosphomolybdate d'ammonium est aussi utilisé pour déterminer la capacité antioxydante totale ; il est basé sur la réduction d'ions MO^{6+} en ions MO^{5+} par les antioxydants contenus dans l'extrait. Par conséquent, il y a formation d'un complexe

phosphate-MO⁵⁺ de couleur verdâtre, en milieu acide, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (Bouslimane et Yahiaoui.,2013)

Le protocole expérimental est celui décrit par Meot-Duros et al., (2008). 2000 µl de réactif de molybdate (molybdate d'ammonium à 4 mM, phosphate de sodium à 28 mM et acide sulfurique à 0,6 mM) sont ajoutés à 200 µl d'extrait. Après 90 min d'incubation à 95°C, l'absorbance est mesurée à 695 nm.

3-3-Méthode de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

La méthode FRAP consiste à mesurer la capacité d'un échantillon à réduire le complexe ferrique tripyridyltriazine au tripyridyltriazine à un faible pH. Ce complexe de tripyridyltriazine ferreux a une couleur bleu intense mesurée par un spectrophotomètre à 593 nm (Benzie et Strain.,1996).

Le réactif FRAP a été préparé en mélangeant du tampon acétate de sodium (300 mM, pH 3.6), une solution de 10 mM TPTZ dans 40 mM HCl et 20 mM de FeCl₃ en raison de 10:01:01 (v / v / v). 200 µl de chaque extrait ont été ajoutés à 3 ml de réactif de FRAP. Après incubation dans l'obscurité à 37 °C pendant 30 min, l'absorbance a été mesurée à 593 nm contre le blanc (Le réactif FRAP) (Deepa et al.,2013).

3-4-Activité scavenger de peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène est un agent oxydant faible et peut inactiver quelques enzymes directement généralement par l'oxydation des groupes essentiels de thiol (-SH).il peut traverser les membranes cellulaires rapidement .Une fois a l'intérieur de la cellule, le H₂O₂ peut réagir probablement avec les ions Fe²⁺ et éventuellement les ions de Cu²⁺ pour former le radical hydroxyle.

La capacité des extrais de plantes à éliminé le peroxyde d'hydrogène peut être estimée selon la méthode de Ruch et al.,(1989) une solution de peroxyde d'hydrogène (40 mM) est préparée tampon phosphate (50mM pH 7.4). 4 ml de chaque extrait avec une concentration de 10mg /ml est mélange avec 0,6ml de la solution de H₂O₂ après une incubation de 10 min, l'absorbance est mesurée a 230nm l'acide ascorbique a été utilisé comme un témoin positif (Nagulendran et al.,2007)

Le pourcentage d'inhibition est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Le pourcentage d'inhibition (\%)} = \left[\frac{\text{Abs}_{(\text{contrôle})} - \text{Abs}_{(\text{Echantillon})}}{\text{Abs}_{(\text{contrôle})}} \right] \times 100$$

Etude statistique :

Les analyses de la variance ont été réalisées par le logiciel statistique XL Stat Pro 7.5. La détermination des taux de signification est effectuée par ANOVA suivie du test de Tukey. Les différences ont été considérées statistiquement significatives à $P < 0,05$.

Chapitre II : Résultats et discussion

1-Rendement d'extraction

Après l'extraction des feuilles de *Pistacia atlantica*, ont été obtenus l'extrait hydro-alcoolique et l'extrait aqueux, Les rendements des différents extraits sont définis comme étant les rapports de la quantité de substances végétales extraites sur la quantité de matière végétale utilisée.

Les rendements trouvés avec les extraits hydro-alcoolique est significativement ($P < 0,05$) le plus élevée par rapport au l'extrait aqueux avec des valeurs de 45,5 % et 26,9 % respectivement.

Nos résultats sont plus proches aux résultats établis par Ziane,(2014), qui montre le rendement d'extraction le plus élevée a été obtenus avec l'extrait hydro-alcoolique (46,57 %), alors que le plus faible a été enregistré avec l'extrait aqueux (27,41 %).

D'après les résultats obtenus, on constate que la méthode d'extraction et le type des solvants utilisés jouent un rôle très important dans les rendements des extraits.

2- Screening phytochimique

2-1-Analyses qualitatives

Le screening phytochimique permis de mettre en évidence la présence des métabolites secondaires au niveau des feuilles de *P.atlantica*, la détection de ces composés est basé sur des essais de solubilité des constituants, des réactions de précipitation et de turbidité et un changement de couleur spécifique. Les résultats sont présentés dans tableau 4.

La mis en évidence de présence des alcaloïdes est confirmée par l'apparition d'un précipité blanc jaune avec le réactif de Wagner. Ces alcaloïdes sont fortement à très fortement présents dans l'extrait aqueux, et relativement absence dans l'extrait hydroaloolique.

Une fort présence pour les flavonoïdes et tanins dans les déférents extraits, concernant la présence composes réducteurs et Stérols et triterpènes l'extrait aqueux est considéré comme

L'extrait le plus riche. Alors que l'extrait hydroalcoolique présenté des teneurs modérément faible. Le tableau 4 montre que les deux extraits renferment les saponines avec des teneurs très faibles.

Tableau4 : résultats d'analyses phytochimique des feuilles *P.atlantica* :

Tests Extraits	tanins	composes réducteurs	flavonoïdes	Stérols et triterpènes	saponines	alcaloïdes
E .aqueux	+++	+++	+++	+++	+	++++
E.hydr-alcoolique	+++	++	+++	++	+	-

- +++++ : très forte présence.
- +++ : une forte présence
- ++ : une présence faible
- + : une présence très faible
- - : une présence nulle

Nos résultats ressemblent à ceux trouvés par Peksel,(2008) qui indique que l'extrait aqueux et l'extrait hydroalcoolique sont riches aux tanins et flavonoïdes tandis que les alcaloïdes sont absents.

2-2- Analyses quantitatives

2-2-1-Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl₃) Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits sont calculées à partir de la courbe d'étalonnage obtenue et elles sont exprimées en milligramme équivalent de quercétine par gramme d'extrait (mg Eq/g extrait).

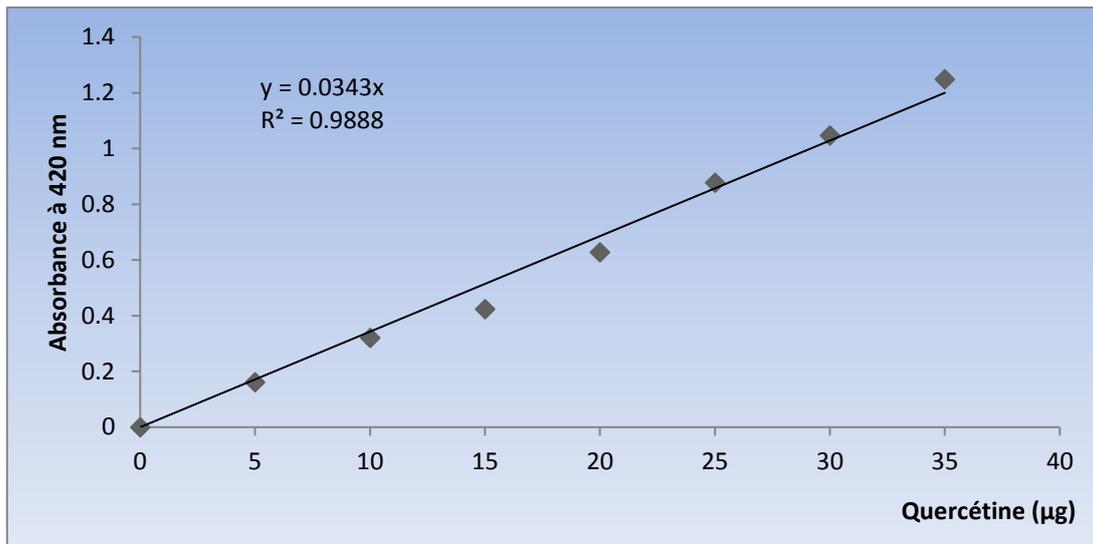


Figure 19 : courbe d'étalonnage de quercétine

L'extrait hydro-alcoolique a présenté significativement ($P < 0,05$) la teneur en flavonoïdes la plus élevée ($14,29 \pm 0,10$ mg Eq Q/ g), par rapport à l'extrait aqueux ($11,12 \pm 0,22$ mg Eq Q/ g), d'après les analyses statistiques, on constate qu'il y a une différence significative entre l'extrait hydroalcoolique et l'extrait aqueux ($P < 0,05$).

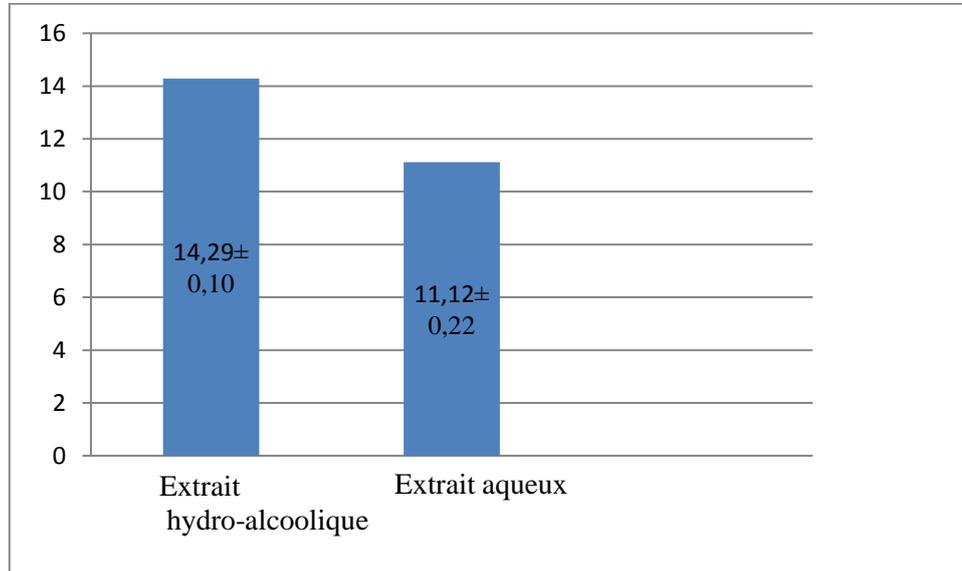


Figure 20 : Les teneurs des flavonoïdes dans les extraits des feuilles de *P. atlantica*

Nos résultats sont plus proches aux résultats établis par Ziane,(2014), qui montre que les teneurs en flavonoïdes de l'extrait hydro-alcoolique et aqueux sont de $14,52 \pm 0,94$ et $12,11 \pm 0,55$ mg Eq Q/ g respectivement.

Toutefois, il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différents solvants et de différentes méthodes d'extraction réduit la fiabilité d'une comparaison entre les études.

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la teneur en composés phénoliques ; des études récentes ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que des facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en composés phénoliques (Park et al., 2003; Ebrahimzadeh et al., 2008 ; Falleh et al., 2008).

3-Evaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes ont été utilisées, dans des travaux précédents, pour déterminer l'activité antioxydante des plantes. Dans ce travail, quatre méthodes différentes ont été impliquées pour évaluer l'activité antioxydante des feuilles de *Pistacia atlantica*. Ces quatre méthodes sont basées sur quatre mécanismes antioxydants différents : le piégeage du radical libre DPPH, la réduction du fer, la capacité antioxydante totale et le piégeage du peroxyde d'hydrogène H₂O₂.

3-1-Test du piégeage du radical libre DPPH

Le radical DPPH a une coloration violette foncée qui va se transformer en jaune pâle lorsqu'il est réduit par les composés antioxydants en lui donnant un proton ou un électron, ce qui diminue son absorbance à 517nm (Guessan et al., 2007). Les résultats indiqués dans la figure 21 représentent les IC₅₀ des différents extraits. Plus cette concentration est faible plus l'effet antioxydant est très élevé (Atoui et al., 2005).

Les résultats présentés dans la figure 21 ci-dessous montrent que parmi les deux extraits testés l'extrait aqueux est significativement représenté l'extrait le plus élevé ($p < 0.05$) avec une IC₅₀ de $25,79 \pm 1,13$ mg/ml suivi par l'extrait hydroalcoolique avec IC₅₀ de $9,45 \pm 2,07$ mg/ml.

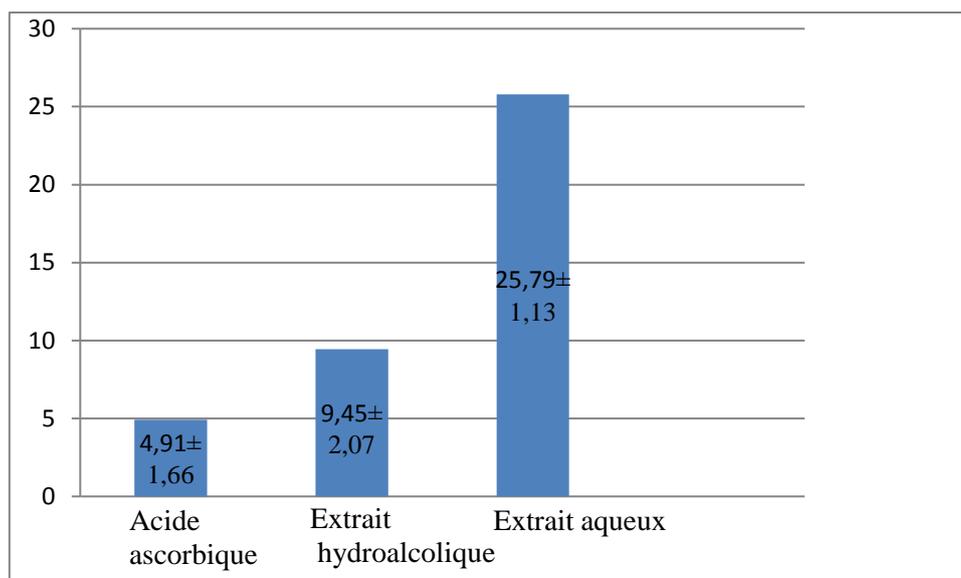


Figure 21: histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits des feuilles de *Pistacia atlantica*

En comparaison avec l'antioxydant standard (l'acide ascorbique) qui significativement supérieur ($p < 0.05$) aux autres extraits avec une IC_{50} de $4,91 \pm 1,66$ mg/ml. On constate que les extraits testés sont moins actifs par rapport à l'acide ascorbique.

Ces résultats sont en accord avec les travaux réalisés sur les huiles essentielles des feuilles de *Pistacia atlantica*, en effet selon Gourine et al., (2009) qui montre l' IC_{50} obtenue pour l'acide ascorbique $4,76 \pm 0,72$ mg/ml utilisé comme une molécule de référence, est bien plus inférieure à des huiles essentielles IC_{50} de $9,29 \pm 0,70$ mg/ml, après comparaison avec des antioxydants synthétiques, il a été constaté que l'huile essentielle de feuille *Pistacia atlantica* a une faible activité en termes de piégeage DPPH radicaux libres.

3-2-Réduction de Fer

Le potentiel antioxydant des extraits testés a été déterminé par la méthode de FRAP basée sur l'aptitude des antioxydants présentés dans les extraits à réduire le TPTZ-Fe (III) à TPTZ-Fe (II). Les résultats ont été exprimés en moles de Fe^{2+} / g d'extrait.

Le potentiel antioxydant des extraits des feuilles *Pistacia atlantica* est mesuré par la courbe d'étalonnage de sulfate de fer ($FeSO_4$) exprimé en (mM/ml) figure 22.

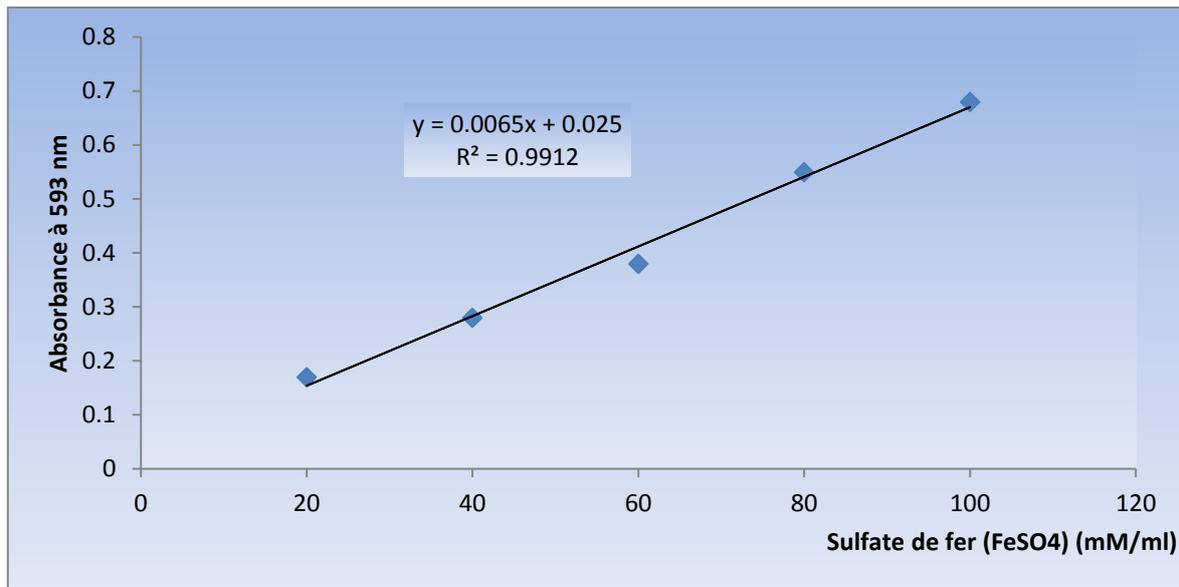


Figure 22 : Courbe d'étalonnage de sulfate de fer.

Les résultats obtenus montre que le potentiel de fer est presque la même pour les deux extraits hydroalcoolique et aqueux sont pas significativement différentes ($p < 0.05$) avec des IC_{50} de $8,55 \pm 0,54$ mg/ml et $8,18 \pm 0,76$ mg/ml respectivement.

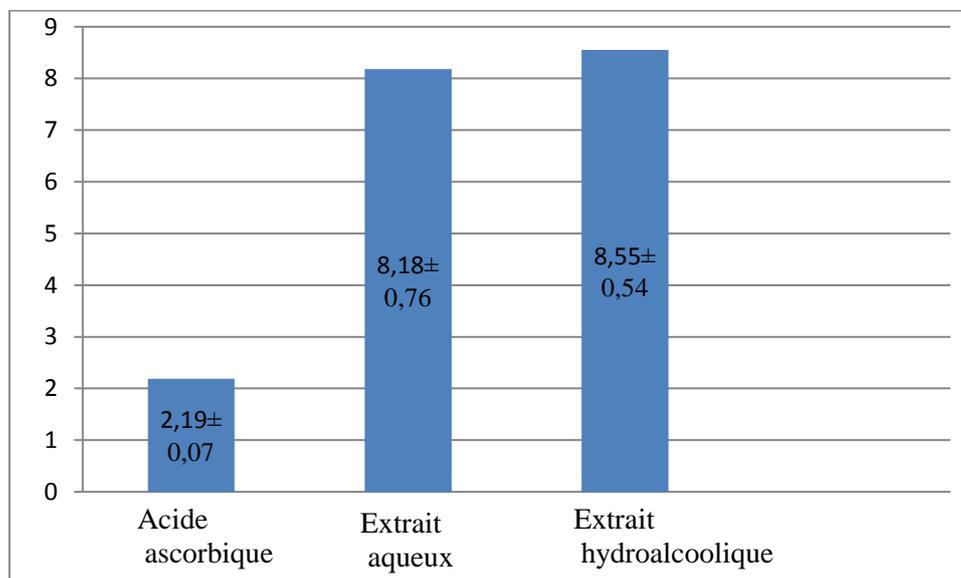


Figure 23: les valeurs d' IC_{50} pour la réduction du fer

Il existe une différence significativement ($p < 0,05$) entre les deux extraits et l'acide ascorbique qui est employé dans cette méthode comme un contrôle positif, a montré un pouvoir réducteur plus faible une IC_{50} de $2,19 \pm 0,07$ mg/ml.

Nous résultats est similaire avec Gourine et al., (2009), qui montre la pouvoir réducteur pour l'huile essentielle des feuilles de *Pistacia atlantica* l'IC₅₀ de $8,58 \pm 0,61$ mg/ml, les résultats indiquent que les huiles essentielle ont une capacité antioxydant relative à l'antioxydant de l'acide ascorbique de référence IC₅₀ de $2,49 \pm 0,40$ mg/ml.

Benhamou,(2012) montre que le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique des fruits de *P.atlantica* l'IC₅₀ de $0,137 \pm 0,001$ mg/ml avec l'acide ascorbique IC₅₀ de $0,063 \pm 0,002$ mg/ml. Ces résultats ne concordent pas avec les nôtres.

3-3- Capacité antioxydante totale (teste phosphomolybdate)

La capacité anti-oxydante totale a été mesurée par un spectrophotomètre en utilisant la méthode de phosphomolybdate qui est basée sur la réduction de Mo (VI) en Mo (V) en présence des antioxydantes et la formation d'un complexe phosphate/ Mo (V) d'une couleur verte mesuré à 695 nm.

La capacité antioxydante totale des extraits étudié est exprimée en nombre d'équivalents d'acide ascorbique à partir d'une courbe d'étalonnage ($y=0,0042x + 0,0295$; $R^2 = 0,9912$). (figure24). Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par g de l'extrait sec (mg EAA/1g EXS).

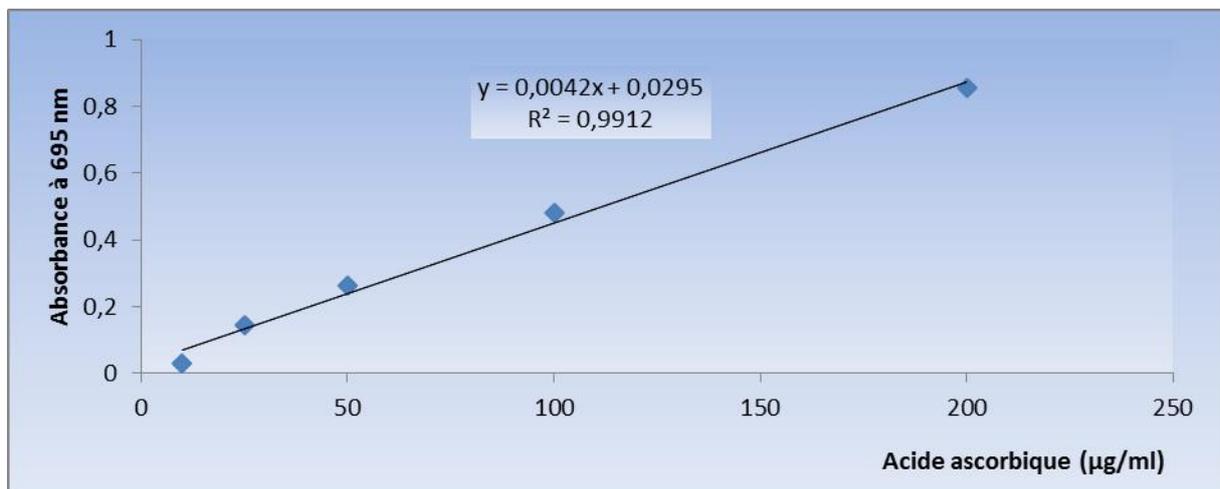


Figure 24 : courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

La capacité antioxydante totale de l'extrait hydro-alcoolique des feuilles de *P.atlantica* est significativement représente l'extrait le plus élevé ($p < 0.05$) IC_{50} de 54.55 ± 0.58 mg Eq AA/g d'extrait, suivi La capacité antioxydante totale de l'extrait aqueux est IC_{50} de 52.78 ± 0.72 mg Eq AA/g d'extrait.

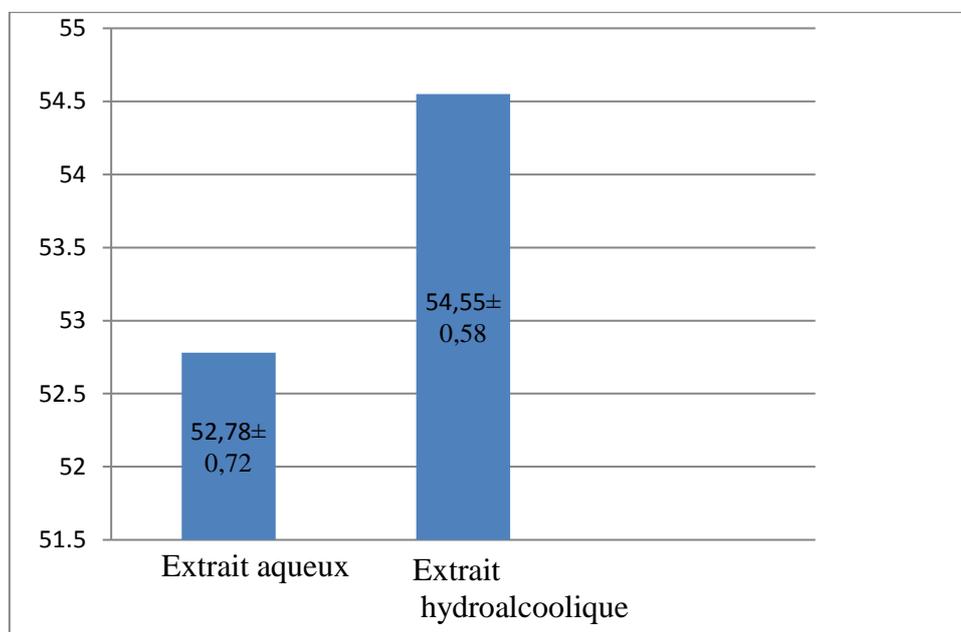


Figure 25 : Les valeurs d' IC_{50} pour la capacité antioxydante totale.

D'après les résultats obtenus de la capacité antioxydante totale des extraits a montré une variabilité en fonction de la nature du solvant (l'eau, éthanol) utilisé pour l'extraction.

3-4- Activité de piégeage du peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène lui-même n'est pas très réactif. Mais il peut parfois toxique par les cellules .puisque'il peut donner lieu à des radicaux hydroxyles à l'intérieur de la cellule (Halliwellm,1991).

Le peroxyde d'hydrogène de l'extrait aqueux est significativement supérieur ($p < 0,05$) IC_{50} de 60.18 ± 5.52 mg / ml tandis quelle pourcentage d'extrait hydro- alcoolique est de 82.69 ± 10.96 mg / ml.

On compare avec l'acide ascorbique qui est significativement supérieur ($p < 0,05$) par rapport aux extraits avec IC_{50} de $5,35 \pm 1,14$ mg / ml ces résultats obtenus dans la figure 26.

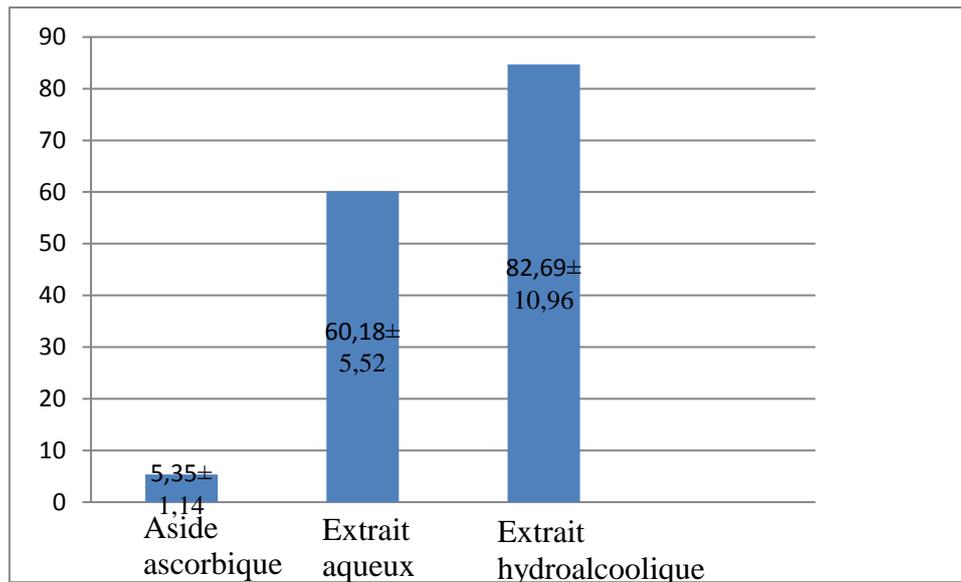


Figure 26 : L'IC₅₀ de peroxyde d'hydrogène des l'extrait des feuilles de *Pistacia atlantica*.

Nos résultats est similaires avec les résultats étudiée par Benhammou,(2012) qui montre que. Les fractions butanolique et acétate d'éthyle des fruits de *P.atlantica* ont une activité avec IC₅₀ égalent à 64.42±0,20 et 82.41±0,27 mg / ml respectivement.

Les résultats trouvés montrent que la propriété antioxydante varie selon le solvant d'extraction.

D'après les résultats trouvés en screening phytochimique et à partir l'évaluation de l'activité antioxydante par différentes méthodes, nous avons confirmé que les extraits des feuilles de *pistacia atlantica* contiennent des métabolites secondaires telles que : les flavonoïdes et tanins.

D'après les résultats, on conclue que l'effet piègeur augmente avec l'augmentation de la concentration des composés phénoliques dans l'extrait, ce qui mène à suggérer que l'effet antioxydant d'un extrait de plante est en relation avec la quantité des phénoliques y présents.

L'effet antioxydant d'un extrait peut aussi différer selon la qualité des polyphénols y présents tel les flavonoïdes qui ont montrés des activités antioxydantes (Wang et Mazza., 2002).

Ce mécanisme de la réaction entre l'antioxydant et le radical DPPH dépend de la conformation structurale de l'antioxydant (Kouri et al., 2007). Quelque composé réagit très vite avec le DPPH en réduisant un nombre de DPPH égale à celui des groupements hydroxyles de l'antioxydant (Bondet et al., 1997). La configuration spatiale et le nombre de groupement OH des structures flavonoïdiques peuvent avoir une influence sur les différents mécanismes antioxydants (Hein et al., 2002).

En effet, les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont reconnus comme des substances potentiellement antioxydantes ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires et les formes réactives de l'oxygène, l'effet scavenger des flavonoïdes (FLOH) est attribué à leur faible potentiel redox qui les rend thermodynamiquement capable de réduire les radicaux libres (R^{\bullet}) par un transfert d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyle. Cette réaction donne naissance au radical aroxyde (FLO^{\bullet}) et à la molécule radicalaire rendu stable (RH), le FLO^{\bullet} subira par la suite un réarrangement structurale permettant la redistribution de l'électron célibataire sur le cycle aromatique et la stabilisation de radicaux aroxyde (Javanovic et al., 1994)

Le pouvoir réducteur des extraits de la plante est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

La variabilité des teneurs en polyphénols chez les feuilles de *P. atlantica* est du probablement à la composition phénoliques des extraits (Hayouni et *al.*, 2007), aux facteurs génotypiques (El-Waziry, 2007), les conditions biotiques (espèce, organe et l'étape physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques) (Ksouri et *al.*, 2008), la nature du sol et le type du microclimat (Atmani et *al.*, 2009)

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (Fleuriet et *al.*, 2005).

Contrairement aux antioxydants synthétiques comme le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) et 2.2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), les polyphénols n'ont aucun effet nuisible sur la santé humaine.

Les polyphénols sont également utilisés dans l'industrie agro-alimentaire comme additif, colorant ou agent de conservation (Bruneton, 1999).

CONCLUSION

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques.

Le screening phytochimique réalisé sur les deux extraits des feuilles de *Pistacia atlantica* a révélé la richesse de cette plante en métabolites secondaires. Nous avons mis en évidence la présence des flavonoïdes, des tanins, des stérols, des saponosides et des triterpènes, des alcaloïdes, et des composés réducteurs.

La préparation des extraits des feuilles de *Pistacia atlantica* permis l'obtention des deux extraits : l'extrait hydro-alcoolique, l'extrait aqueux dont les rendements respectifs sont 45.5% et 26.69 % alors le rendement le plus important a été obtenu avec l'extrait hydro-alcoolique.

L'étude de l'activité antioxydante de nos extraits par la méthode de réduction de fer (FRAP) a mis en évidence le pouvoir à réduire le fer ferrique en fer ferreux .L'extrait hydro-alcoolique et l'extrait aqueux est révélé le même pouvoir réducteur de 8.55 ± 0.54 mg/ml et 8.18 ± 0.76 mg /ml

En effet, la capacité antioxydante totale (CAT) est plus importante dans extrait hydro-alcoolique avec une IC_{50} de 54.55 ± 0.58 mg Eq AA /g suivi par 52.72 ± 0.72 mg Eq AA/g

Le peroxyde d'hydrogène de l'extrait hydro-alcoolique est la plus importante par rapport aux l'extrait aqueux sont IC_{50} de 82.69 ± 10.96 et de 60.18 ± 5.52 mg / ml respectivement.

Sachant que notre pays possède une biodiversité végétale immense, qui reste à découvrir et une grande partie de cette flore est constitué par des espèces médicinales, dont chaque plante se caractérise par un réservoir assez important de métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques particulières qui demandent d'être exploitées par les recherches, de cet effet, et comme perspectives on propose d'identifier clairement les molécules impliquées dans l'effet antioxydant qui pourront répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif des médicaments synthétiques.

Conclusion

Enfin, nous recommandons :

- Réalisé d'autre étude de l'activité antioxydante *in vivo*, *in vitro*.
- Détermination de la composition chimique des extraits phénoliques.
- Evaluation d'autres activités biologiques des extraits.

Références bibliographiques

A

Abuja P.M. et Albertini R. (2001). Methods for monitoring oxidative stress, lipid peroxidation and oxidation resistance of lipoproteins. *Clinica Chimica Acta* 306:1-17.

Adams M., Plitzko I., Kaiser M., Brun R. et Hamburger M. (2009). HPLC-profiling for antiplasmodial compounds-3-Methoxycarpachromene from *Pistacia atlantica*. *Phytochemistry Letters* 2 :159-162.

Afonso,V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P., et Lomri, A. (2007). Radicaux libre dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases : rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du Rhumatisme*, 74, 636 – 643.

Ahuja, M. R., et Ramawat, K. G. (2014).Biotechnology and biodiversity. Edition Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, p 216.

Ait Said S. (2011). Stratégie adaptative de deux espèces du genre *Pistacia* (*P.lentiscus* L .et *P. atlantica* Desf.) aux conditions d'altitude, de salinité et d'aridité : Approche morphoanatomiques, photochimiques et ecophytosiologiques. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. Pp. 32-38.

Akroum S. (2010). Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine-Algerie.

Algeciras-Schimmich, A., Cook, W. J., Milz, T. C., Saenger, A. K., et Karon, B. S. (2007). Evaluation of hemoglobin interference in capillary heel-Stick samples collected for determination of neonatal bilirubin. *Clinical Biochemistry*, 40, 1311 – 1316.

Ali, S.S., Kasoju, N., Luthra, A., Singh, A., Sharanabasava, H., Sahu, A., Bora, U. (2008). Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Res Int*, 41: 1–15.

Amlan, K., et Jyotisna, P. S. (2010). A new perspective on the use of plants econdary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*,

Annaházi, A., Mracskó, E., Süle, Z., Karg, E., Penke, B., Bari, F. et Farkas, E. (2007). Pre-treatment and post-treatment with α -tocopherol attenuates hippocampal neuronal damage in experimental cerebral hypoperfusion. *European Journal of Pharmacology* 571, 120–128.

Aruoma IO. (1998). Free radicals, oxidative stress and antioxidants in human health and disease. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 75, 199–212.

Asgary, S. M Rafieian-Kopaei, F Shamsi, S Najafi, A Sahebkar. (2014). *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 11(2) ,63-9.

Atoui A.K., Mansouri A., Boskou G. et Kefalas, P. (2005). Tea and herbal infusions: Their

Atmani, D., Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., Debbache, N., Atmani, D. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chem*, 112: 303–309.

B

Beaudeau, J. L., et Geneviève, D. (2011). *Biochimie médicale : Marqueurs actuels et perspectives*. 2ème édition. Edition Lavoisier Chantal Arpino, p 130 , 131.

BaBa Aissa F . (2000). *Encyclopédie des plantes utiles : Flore d’Algérie et Maghreb*. Ed : EDAS., 217.

Baba Aissa F. (2000). *Encyclopédie des plantes utiles (Flore d’Algérie et du Maghreb, substances végétales d’Afrique, d’orient et d’occident)*. Rouiba (Algérie) : EDAS-Librairie, p. 45.

Bhour, W. S Derbel, I Skandrani, J Boubaker, I Bouhlel, MB Sghaier. (2010). *Toxicology in Vitro*. 24(2),509-15.

Belhadj S. (2001). Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. 11ème Colloque du GREMPA sur le pistachier et l'amandier. Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, p 107-109.

Belhadj S. (2003). Les pistacheraies Algériennes : Etat actuel et dégradation centre Universitaire de Djelfa., 107-109.

Belhadj S., Derridj A., Aigouy T., Gers C. et Gauquelin T. (2007). Comparative morphology of leaf epidermis in eight populations of Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae). *Microscopy Research et Technique* 70:837-846.

Belhadj S., Derridj A., Aigouy T., Gers C. et Gauquelin T. (2008). Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. *Presse scientifique du CNRC Canada*, 86, 520-532.

Belkheiri N. (2010). Derives phenoliques à activite antiatherogenes. Thèse de doctorat en Chimie-Biologie-Santé .Université Toulouse III. ; p :34.

Benhammou, N., Atik Bekkara, F., Kadifkova Panovska, T. (2007). Antiradical capacity of the phenolic compounds of Pistacia lentiscus L and Pistacia atlantica Desf. Adv. Food Sci, 29 (3): 155-161.

Benhammou, N., Atik Bekkara, F., Kadifkova Panovska, T. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of the Pistacia lentiscus and Pistacia atlantica extracts. Afr. J. Pharm Pharmacol, 2 (2): 022-028.

Benhamou N. (2012). Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-ouest Algérien. Thèse Université Aboubakr Belkaïd , Tlemcen , Algérie.

Benhassaini H. et Belkhodja M. (2004). Le pistachier de l'Atlas en Algérie entre la survie et disparition. La feuille et l'aiguille 54: 1-2.

Benhassaini H., Bendeddouche F.Z., Mehdadi Z. et Romane A. (2008). GC/MS analysis of the essential oil from the oleoresin of Pistacia atlantica Desf. subsp. atlantica from Algeria. Chemistry of Natural Compounds 3: 929-932.

Benzie I.F.F, Strain J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power "The FRAP Assay", Anal. Biochem. 239: 70 –76.

Bezahi K.(2001). Contribution à l'étude des flavonoides dans la plante Cynodn Dactylool-L(chindent).mémoire de Magister . Université d'ouargla.P : 15-17.

Bolton, J. L., Trush, M. A., Penning, T. M., Dryhurst, G., et Monks, T. J. (2000). Role of quinones in toxicology. Chem. Res. Toxicol, 13: 135.

Bondet V., Williams W.B. et Berset C. (1997).Kinetic and mechanism of antioxidantactivityusing the DPPH free radical method. Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie 30:609-615.

Boudiaf ,k ,(2006). Etude des anti-xanthine oxydoreductase et anti radicalaires des extraits des graines de Nigelasativa .mimoire de magister. setif

Bougandoura, N., et Bendimerad, N. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature et Technologie*, (9), 14 – 19.

Boulimane, Z., Yahiaoui, H.,(2013). Etude de l'activité antioxydante de fromages fondus. Mémoire de l'obtention du diplôme master Biotechnologies, Université Abderrahmane Mira. Algérie, p45.

Brosse, J. (2005). Larousse des Arbres : dictionnaire des arbres et arbustes . Ed. Larousse, 576p.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes médicinales. 4^{ème} édition. Edition P77

Buettner, GR. (1993). The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation, alpha-tocopherol, and ascorbate. *Arch. Biochem. Biophys.* 300:535-543.

C

Cano, N., Barnoud, D., Schneidre, S., Vasson, M. P., Hasselmann, M., et Leverve, X. (2007). Traité de nutrition artificielle de l'adulte. 3^{ème} édition. Edition Springer- Verlag, p 254.

Carillon E. (2000). La phytothérapie face à l'évolution médicale, Ed :phyto., 10-15.

Cazes, J. (2005). Encyclopedia of chromatography. Second Edition. Edition Taylor et Francis, p1250.

Chandan, K., Sens, M. A., et Osmo, H. (1994). Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *Journal of Applied Physiology*, 77 (5), 2177 – 2187.

Chehrit-hacid,F. (2016). Etude de la variabilité biochimique, physiologique et évaluation des activités biologiques des polyphénols de deux espèces du genre *Pistacia* (*P. lentiscus* L. et *P. atlantica* Desf.). Thèse de doctorat en biologie végétale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : 117p.

Cheikh Traore M. (2006). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dysménorrhée au Mali. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako : 72p.

Chen, L., Yang, X., Jiao, H., et Zhao, B. (2003).Teacatechinsprotectsagainst lead-inducedROS formation, mitochondrial dysfunction, and calcium dysregulation in pc 12 cells. *ChemicalResearch in Toxicology*, 16 (9), 1155 – 1161.

Chopra R.N., Nayar S.L. and Chopra I.C., (1986).Glossary of Indianmedicinal plants (Including the supplement). Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi.

Chira k., saucier C., suhj-h., tiessedre P.L. (2008). Phytonutrition fondamentale : les polyphénols du raisin, *phytotherapyrecherche* 6 :75-82.

Clement RP. (2005). Aux racines de la phytothérapie : entre traditions et modernité. *Phytotherapie*. 4:171-175.

Cuvelier, C., Dotreppe, O., et Istasse, L. (2003). Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Ann.Méd .Véte*, 147, 315 – 324.

Collin, S., et Crouzet, J. (2011). Polyphénols et procédés. Edition Lavoisier TEC et DOC, p 5,13, 16, 235.

Costa, M. A., Xia, Z. Q., Davin, L. B., et Lewis, N. G. (1999).Toward Engineering the Metabolic Pathways of Cancer-Preventing Lignans in Cereal Grains and Other Crops. Edition Springer. *Recent Advances in Phytochemistry*, 33, 67 – 87.

Cowan, M. M. (1999). Plant Products as antimicrobial agents. *Clinical Micro-biology Reviews*,12 (4), 564 – 582.

D

Decaux I. (2002). phytothérapie : mode d'emploi, Ed : Le Bien public, 6-7.

Delattre, J., Beaudoux, J. L., et Bonnefont-Rousselot. (2005). Radicaux libres et stress oxydant:aspects biologiques et pathologiques. Edition Lavoisier TEC et DOC éditions Médicales Internationales, Paris, p 14, 93, 94.

Delazar A., Reid R.G. et Sarker S.D. (2004). GC-MS analysis of the essential oil from the oleoresin of Pistacia atlantica var. Mutica. *Chemistry of Natural Compounds* 40: 24-27.

Deepa, B., Prema, G., Sai Krishna, B., et Cherian K. M.(2013). Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different in vitro models, *Journal of Medicinal Plant Research*, 7(39), 2898-2905.

Douissa, FB. N Hayder, L Chekir-Ghedira, M Hammami, K Ghedira, AM Mariotte, (2005). Flavour and fragrance journal, 20(4),410-4.

Duru, M.E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmandar, M., Izumi, S., Hirata, T. (2003). Chemical composition and antifungal properties of essential oils of three Pistacia species. Fitoterapia, 74: 170-176.

E

Ebrahim-zadeh M.A, Pourmmorad F, Hafezi S. (2008).Antioxidant activities of Iranian cornsilk. Turkish journal of biology, 32: 43-49.

Edardes, J. P. (2008).Coumarin Anticoagulant Research Progress. Edition Nova Biomedical Books, p 100.

Edeoga,H.O.,D.E.Okwu, and B.O.Mbaebie, (2005). Phytochemical Constituent of some Nigerian medicinal plants.Afr.J.Biotechnol.,4(7) :685-588.

Elalaoui, M.(2014). Contribution à l'étude phytochimique et l'évaluation de l'effet hémolytique d'extrait brut hydroalcoolique des graines de Nigella sativa L. mémoire de l'obtention du diplôme Master en biologie. Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen. Algerie. P74.

El-Hilaly, J., Hmammouchi, M., Lyoussi, B. (2003). Ethnobotanical studies and economic evaluation of medicinal plants in Taounate province (Northern Morocco). J. Ethnopharmacol, 86: 149–158.

Elise Portes. (2008). Synthèse et Etudes de Tétrahydrocurcuminoïdes: Propriétés Photochimiques et Antioxydante, Applications à la Préservation de Matériaux d'origine Naturelle. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur. L'Université Bordzoux.

El-Waziry, A.M. (2007). Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using *in vitro* gas production technique. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3(6): 605-614.

Evans, W. J. (2000). Vitamin E, vitamin C, and exercise. Am J Clin Nutr, 72, 647S– 652S

F

Fain, O. (2004). Mise au point : Carences en vitamine C. La revue de médecine interne 25, 872–880.

Farhoosh,R. MHH Khodaparast, A Sharif. (2009). European journal of lipid science and technology, ,111(12), 1259-65.

Farhoosh,R. MH Tavassoli-Kafrani, A Sharif. (2011). Food Chemistry, 126(2),583-9.

Favier, A. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique, 108-115.

Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. and El Oualidi J. (2007). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. 2ème éd. Institut Scientifique. Rabat. 636 p.

Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix JJ., (2005). Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et Universitaires Romandes .121-216.

Fouché J.G., A . Marquet et Hambukers A. (2000). Les plantes médicinales de la plante au médicament, Exposition temporaire du 19.09. au 30.06.2000.

G

Georgetti, S.R., Casagrande, R., Di Mambro, V.M., Azzolini Ana, E.C.S., Fonseca Maria, J.V. (2003). Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the Chemiluminescence Method. AAPS Pharm Sci, 5 (2) : 1-5.

Ghalem,B. B Mohamed. (2009). Essential, African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 3(1),13-5.

Ghasemzadeh, A. et Ghasemzadeh, N. (2011).Flavonoids and phenolicacids: Role and biochemical activity in plants and human. Journal of Medicinal Plants Research 5 (31), 6697-6703.

Giner-Larza, EM. S Máñez, MC Recio, RM Giner, JM Prieto, M Cerdá-Nicolás. (2001). European journal of pharmacology, 428(1),137-43.

Gongbo, L., Stacey, T., et Jeremy, J. J. (2013). Polyphenols from the mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit for breast and prostate cancer. *Frontiers in pharmacologie*, 4 (80), 1 – 4.

Gourine.N ,M Yousfi, I Bombarda , B.Nadjemi , P Stocker , E.M Gaydou.(2009) .Antioxydant activities and chemical Composition of essential oil of pistacia atlantica from Algeria.

Guessan J.D., Bidié1 A.P., Lenta B.N., Weniger B., André P. and Guédé-Guina F. (2007). *In vitro* assays for bioactivity-guided isolation of antisalmonella and antioxidant compounds in *Thonnia giasanguinea* flowers. *African Journal of Biotechnology* 6: 1685-1689.

Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of The Nutrition Society*, 62, 279 – 290.

H

Hagen, T. M., Wierzbicka, G. T., Sillau, A. H., Bowman, B. B., et Jones, D. P. (1990). Bioavailability of dietary glutathione: Effect on plasma concentration. *Am j Physiol*, 259, 524 – 590.

Hale A.L., (2003). Screening potato genotypes for antioxidant activity, identification of the responsible compounds, and differentiating russet norcotah strains using Aflp and microsatellite marker analysis. Office of Graduate Studies of Texas University. *Genetics*. 260p.

Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., et Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*, 62, 628 – 638.

Halliwell B. (1991). reactive oxygen species in living systems :source of oxidative stress during the menstrual cycle .*Biomarkers*. 13 :160-83.

Hamdan, I., Afifi, F.U. (2004). Studies on the *in vitro* and *in vivo* hypoglycemic activities of some medicinal plants used in treatment of diabetes in Jordanian traditional medicine. *J. Ethnopharmacol*, 93: 117–121.

Harbone J.B(1980). plant phenolics en cyclopedia of plant physiologie .New series 8 :329.

Havsteen BH., (2002). The biochemistry and medical significance of flavonoids. *Pharmacol. Ther.*, 96:67–202.

Hayder, N. R Ben Ammar, A Abdelwahed, S Kilani, A Mahmoud, J Ben Chibani. (2005). Toxicological et Environmental Chemistry, 87(4),567-73.

Hayouni, E., Abedrabba, M., Bouix, M., Hamdi, M. (2007). The effects of solvent and extraction method on the phenolic contents and biological activities *in vitro* of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts, *Food Chem.* 105: 1126-1134.

Hein K.E., Tagliaferro A.R. et Bobilya D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry* 13: 572-584.

Hodek, P., Trefil, P., Stiborova, M. (2002). Flavonoids-potent and versatile biologically active. Compound interacting with cytochromes P450. *Chem. Biol. Interact.*, 139: 1–21.

Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. 2ème édition. Edition de Boeck Université, p 268,280.

I

Imran, M., Ahmad, N., Anjum, F. M., Kamran-Khan, M., Mushtaq, Z., Nadeem, M., et Hussain, S. (2015). Potential protective properties of flaxlignin secoisolariciresinol diglucoside. *Nutrition journal*, 14, 1 – 7.

Iserin Paul. (2001). *Encyclopédie des plantes médicinales*, Ed. Larousse-Bordas paris, 14 .

J

Javanovic S.V., Steenken S., Tosic M., Marjanovic B. et Simic M.J. (1994). Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemical Society* 116: 4846-4851.

Jha, P., Flather, M., Lonn, E., Farkouh, M., Yusuf, S. (1995). The antioxidant vitamins and cardiovascular disease. A critical review of epidemiologic and clinical trial data. *Ann. Intern Med.*, 123: 860.

Jost, J. P., et Jost-Tse, Y. C. (2016). L'automédication chez les animaux dans la nature. Editions connaissances et savoirs, p 23.

K

Karumi Y., Onyeyili P.A. and Ogugbuaja V.O., (2004). Identification of active principles of *Momordicabalsamia* (Balsam Apple) Leaf Extract. *J. Med. Sci.*, 4(3): 179-182.

Kasabri, V. FU Afifi, I Hamdan. (2011). *Journal of ethnopharmacology*, 133(2),888-96.

Kaska N., Caglar S. and Kafkas S., (1996). Genetic diversity and germplasm conservation of *Pistacia* species in Turkey. In: Workshop “Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources”, Padulosi S., Caruso T. and Barone E., Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 46-50.

Kazeem M-I., Akanji M-A., Hafizur- Rahman M., Choudhary M-I. (2012). Antiglycation, antioxidant and toxicological potential of polyphenol extracts of alligator pepper, ginger and nutmeg from Nigeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 727-732.

Khalidi A. and Khouja M.K., (1996). Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.). North Africa taxonomy, geographical distribution, utilisation and conservation. In: Workshop “Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources”, Padulosi S., Caruso T. and Barone S. Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 57-62.

Khan, M. T. H., et Ather, A. (2006). Lead molecular for natural products. First edition. Edition Elsevier, p 273.

Koechlin-Ramonatxo C. (2006). Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme*. 20 : 165–177.

Kouri G., Tsimogiannis D., Bardouki H. et Oreopoulou V. (2007). Extraction and analysis of antioxidant components from *Origanum dictamnus*. *Innovative Food Science and Emerging* 8: 155-162.

Kordali, S.; Cakir, A.; Zengin, H.; Duru, M.E. (2003). Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia*, 74: 164-167.

Kuete, V. (2013). Medicinal plant research in Africa: Pharmacology and chemistry. 1ère édition. Edition Elsevier Insights, p 393 , 394.

L

Lacolley, P., Babuty, D., Boulanger, C., Ghaleh, B., Loirand, G., Pinet, F., et Samuel, J.L. (2007). Biologie et pathologie du cœur et des vaisseaux. Edition John Libbey Eurotext, Paris, p 312 , 316 , 317.

Lagnika L. (2005). Etude phytochimique et activité biologique de substance naturelles isolées de plantes béninoises." Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur. Strasbourg, 249p.

Landis, G.N., Tower, J. (2005). Superoxide dismutase evolution and life span regulation. Mech. Ageing Dev. 126: 365–379.

Lehucher-Michel, M. P., Lesgards, J. F., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P., et Prost, M.(2001).Oxidative stress and human disease, current knowledge and perspectives For prevention.Presse Medicale, 30, 1076 – 1081.

Leray, C.. Les lipides dans le monde vivant. Edition Lavoisier TEC et DOC, p 5.
Lakić N.S.(2010).Mimica-Dukić N.M., Isak J.M. et Božin B.N. (2010). Antioxidant properties of Galium verum L. (Rubiaceae) extracts. Central European Journal of Biology 5:331-337.

Lesgards .J.F .(2000). Contribution à l'étude du statut antioxydant de l'homme ;aspect chimiques et biochimiques . Thèse de doctorat, 19-20.

Lindau-Sehpard, B., et Shaffer, J. (1993). Expression of human catalase in acatalasemic murine SVB2 cells confers protection from oxidative damage. Free Rad Boil Med, 8, 15 – 581.

Lugasi A., Hóvári J., Sági K.V. and Bíró L., (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. Acta Biologica Segediensis, 47:119-125.

M

Matés J.M. (1999). Antioxidant Enzymes and Human Diseases. Clinical Biochemistry 38: 595-603.

Mazars G. (2003) .Les phytomédicaments ayurvédiques. Phytothérapie. 6: 162-168

Mbaebie .BO, Edeoga. HO, Afolayan. AJ,(2012). "Phytochemical analysis and antioxidants activities of aqueous stem bark extract of *Schotialatifolia*Jacq". *AsianPacificJournal of Tropical Biomedicine*,**2** :118-124.

Médart, J. (2009). Manuel pratique de nutrition: l'alimentation préventive et curative. 2^{ème}édition. Edition de Boeck Université, p 51 , 52.

Mika A., Minibayeva F., Beckett R., Lüthje S. (2004). Possible functions of extracellular peroxidases in stress-induced generation and detoxification of active oxygen species. *Phytochem. Rev.* 3 :173-193.

Mohammedi Z. (2013). Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie .Thèse de Doctorat en Biologie, Université Abou beker , Tlemcen Algerie .

Mahmoud B , Kourosh S , Mohsen A , Ahmad A , Shirin S , Mahmoud R, Fariba B, Ehsan B. (2015). The effects of nutritional and medicinal mastic herb (*Pistacia atlantica*). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(1):646-653.

Meot Duros L., Gaetan G.L. et Magné C. (2008). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101: 10–19.

Monjauze, A. (1968). Répartition et écologie de *pistacia atlantica* Desf . en Algérie. *Bull. Soc. Nat. De l'Afrique du Nord.* 60,pp.5-131.

Monjauze A. (1980). Connaissance du bétoum *Pistacia atlantica* Desf. *Biologie et foret.* *Revue forestière française*, 4, 357-363.

Monjauze, A. (1982). Les pays des dayas et *pistacia atlantica* Desf. Dans le Sahara Alérien. *Revue forestière Française*, (4), pp : 277-289.

Moghtader , M. (2010). Comparative survey on the essential oil composition from the leaves and fruits of *Pistacia mutica* Fischer Kerman Province. *Meadle east journal of scientific research*, Vol.5, N°4, 291-297.

Moon, J. K., et Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *J Agr Food Chem*, 57, 1655 – 1666.

Morena, M., Martin-mateo, M., Cristol, J. P., et Canoud, B. (2002). Stress oxydant, hémo-compatibilité et complication de la dialyse au long cours. *Néphrologie*, 23 (5), 201 – 208.

N

Nagulendran, K., Velavan, S., Mahesh, R., Begum, V.H. (2007). In vitro antioxidant Activity and total polyphenole content of *Cyperus rotundus* Rhizomes, 4 :440-449.

Niki, L., Reynaert, S. W., Aesif, T. M., Amy, B., Emiel, F. M., Wouters, C. G., Irvin, Yvonne, M. W., et Janssen-Heininger. (2007). Catalase over expression fails to attenuate allergic airways disease in the mouse. *The journal of Immunology*, 178, 3814 – 3821.

O

Ohla, S. E., Opere, C. A., et Leday, A. M. (2005). Pharmacological consequences of oxidative stress in ocular tissues, *Mutation Research*, 579, 22 – 36.

O’Kennedy, R., and Thornes, R.D. (1997). Coumarins: Biology, Applications and Mode of Action. John Wiley & Sons Inc. New York. N.Y.

Ozenda P. (1983). Flore du Sahara, 2ème édition. Paris : Centre National de la Recherche Scientifique, 622 p.

P

Park H.J, Cha H.C. (2003). Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. *Korean journal of biological society*, 7: 327-330.

Pastre J. (2005). intérêt de la supplementation en antioxydants dans l’alimentation des carnivores domestiques. thèse pour le doctorat vétérinaire, l’Université Paul-sabatier de Toulouse.

Peksel A.(2008) .Departement of chemistry .Faculty of Arts and Science yildiz Technical University, 34210 Davutpasa .Istanbul. Turkey,p13, 681-693.

Peixoto J.R.O, Silva G.C, Costa R.A, Fontenelle J.L.S, Vieira G.H.F, Filho A.A.F et al.,(2011). In vitro antibacterial effect of aqueous and ethanolic *Moringa* leaf extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, (2011): 201-204.

Pharm-huy, He H, Pharm-Huy c. (2008). Free radicals, antioxydants in disease and health , departement of pharmacy, lucile salter pachard children's Hospital.Stanford University Centre.PaloAlto,CA,USA ;jun ;4(2) :89-96.

Piquet MA., et Hébuterne X. (2007). Nutrition en pathologie digestive ; Ed : DOIN ; p: 16,20.

Psotová J., Lasovský J. and Vičar J., (2003). Metal-chelating properties, Electrochemical behavior, scavenging and cytoprotective activities of six natural phenolics. Biomed. Papers, 147(2): 147–153.

Q

Quézel P. et Médail F. (2003). Ecologie et biogéographie des forets du bassin méditerranéen. Collection Environnement. Paris: Elsevier, 573 p.

R

Rezaei, PF. S Fouladdel, S Hassani, F Yousefbeyk, SM Ghaffari, G Amin. (2012). Food and Chemical Toxicology, 50(3),1054-9.

Ruch, R.J., Cheng, S.J.,Klauning,J.E.(1989).Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxydant catechins isolated from chinese green tea. Carcinogen,10 :1003-1008.

S

Sadeghi,M. H Khosravi-Boroujeni, N Sarrafzadegan, S Asgary, H Roohafza, M Gharipour. (2014). Nutrition Research and Practice, 8.

Sheibani A., (1996). Distribution, use and conservation of pistachio in Iran. In: Workshop "Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia genetic 51 resources", Padulosi S., Caruso T. and Barone E., Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 51- 56.

Siddhuraju P, Becker K. (2007). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. Food Chemistry 101: 10–19.

Sies H. et Jones D.P. (2007). Oxidative stress. In Fink G. Encyclopaedia of stress. San Diego: Elsevier, p. 45-48.

Sakagami H., Hashimoto K., Suzuki F., Ogiwara T., Satoh K., Ito H., Hatano T., Takashi Y. and Fujisawa S., (2005). Molecular requirements of lignin carbohydrate complexes for expression of unique biological activities. *Phytochemistry*, 66 (17): 2108-2120.

Smirnoff N. (2005). Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants; Ed BLACKWELL. P: 141-210.

Smith, M. A., Perry, G., Richey, P. L., Sayre, L. M., Anderson, V. E., Beal, M. F., et al. (1996). Oxidative damage in Alzheimer's [letter]. *Nature*, 382: 120.

Smith, A.R., Shenvi, S.V., Widlansky, M., Suh, J.H., Hagen, T.M. (2004). Lipoic acid as a potential therapy for chronic diseases associated with oxidative stress. *Curr. Med. Chem*, 11: 1135– 1146.

Stalikas C.D., (2007). Extraction, separation and detection methods of phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30: 3268-3295.

T

Taran, M, M Mohebali, J Esmaeli. (2010). Iranian journal of public health, 39(1), 36.

Tiwari, B. K., Brunton, N. P et Brennan, C. S. (2013). Handbook of plant food phytochemicals. 1ère édition. Edition John Wiley et Sons, p 2000.

Topçu G., Ay M., Bilici A., Sarıkurkcu C., Ozturk M. et Ulubelen A. (2007). A new flavones from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 103: 816–822.

Tsimogiannins, D.I., Oreopoulou, V. (2006). The contribution of flavonoid C-ring on DPPH free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. *Innovat Food Sci Emerg Tech*, 7: 140-146.

Tutin T.G., Heywood V.H. and Burgess N.A., (1968). *Flora Europaea*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, vol 2, p. 237.

V

Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M., Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol Interact*, 160: 1–40

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., et Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological function and human disease. *Int j Biochem Cell Biol*, 39, 44 – 84.

W

Wang J. et Mazza, G. (2002). Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor α in LPS/IFN- γ -activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50: 4183-4189.

Wang, X. et Quinn, P. J. (2006). The structure and phase behaviour of α -tocopherol-rich domains in 1-palmitoyl-2-oleoyl-phosphatidylethanolamine. *Biochimie* 88, 1883-1888.

White N. (1994). Artemisinin: Current status. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 88:3- 4.

Y

Yaaqobi A., El Hafid L. and Haloui B., (2009). Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc, *Biomatec Echo*, 3 : 39-49.

Yousfi M., Djeridane A., Bombarda I., Hamia C., Duhem B. et Gaydou E. M. (2009). Isolation and characterization of a new hispolone derivative from antioxidant Extracts of *Pistacia atlantica*. *Phytotherapy Research* 23: 1237-1242.

Yousfi, M., Nedjemi, B., Belal, R., Benbertal, D. (2003). Etude des acides gras de l'huile de fruit du pistachier de l'Atlas algérien. *OCL*, vol.10, n. 5-6, pp. 425-427.

Yousfi M., Nedjemi B., Belal R. et Benbertal D. (2005). Étude des acides gras d'huile de fruit de pistachier de l'Atlas algérien. *Electronic Journal of Oncology* 10: 425-427.

Yoram, G. M Inbar. (2011). Distinct Plant signaling et behavior, 6(12).

Z

Zarrou, B. (2012). Etude phytochimique de quelques extraits obtenus de la plante *Matricaria pubescens* (Astéracées) et évaluation de leur activité antioxydante . Mémoire de Master, Université de Ouargla, p80.

Zhao X., Sun H., Hou A., Zhao Q., Wei T. et Xin W. (2005). Antioxidant properties of two gallotannins isolated from the leaves of *Pistacia*. *Biochimica et Biophysica Acta* 1725: 103-110.

Ziane N., (2014) .Contribution à l'étude de l'activité hypoglycémiant des extraits de *Pistacia atlantica* Desf de la réserve nationale d'El-Mergueb (M'sila) –Algérie Pour l'obtention du diplôme de Magister en Biologie et Physiologie Végétale. Université Ferhat Abbas Sétif 1. Algerie .P 41, P 43.

Zohary M. (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestine Journal of Botany* 4: 187- 228.

Zohary M. (1987). *Flora Palaestina. Platanaceae to Umbelliferae.* Second printing. Israel Academy of Sciences and Humanities 2: 296-30.



Figure 27 : Filtration des extraits

A : Extrait hydroalcoolique, B : Extrait aqueux.



Figure 28 : Les résultats de dosage des flavonoïdes

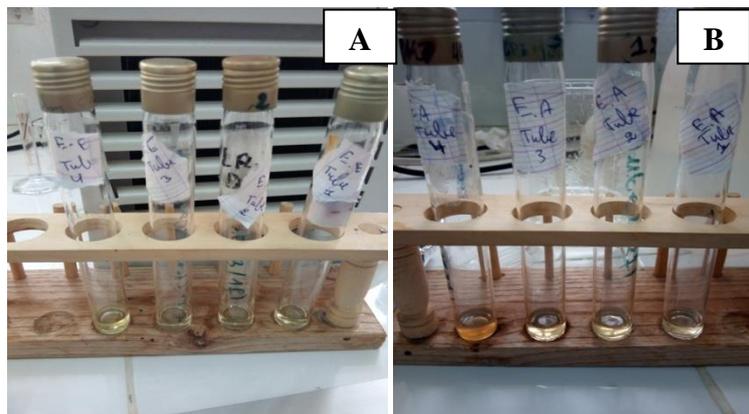


Figure 29 : Les résultats de test de DPPH

A : Extrait hydroalcoolique, B : Extrait aqueux

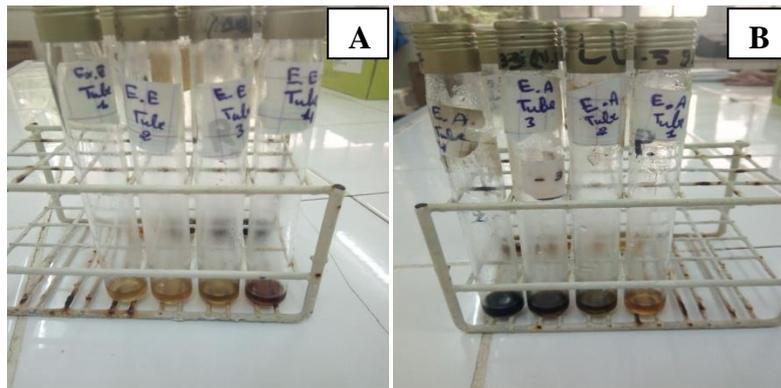


Figure 30 : Les résultats de la capacité antioxydante totale

A : Extrait hydroalcoolique, B : Extrait aqueux.

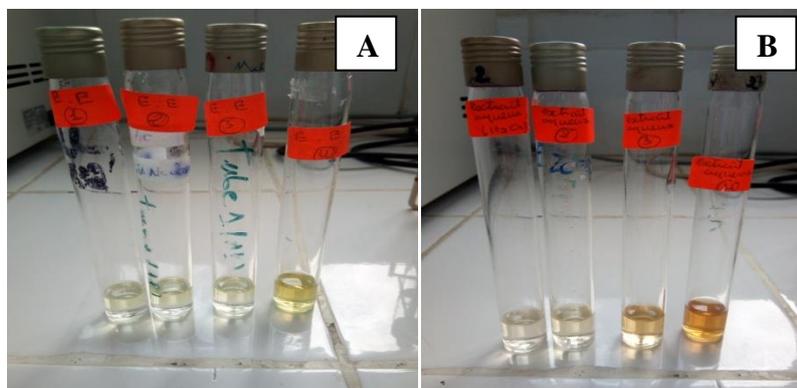


Figure 31 : Les résultats de test H_2O_2

A : Extrait hydroalcoolique, B : Extrait aqueux.

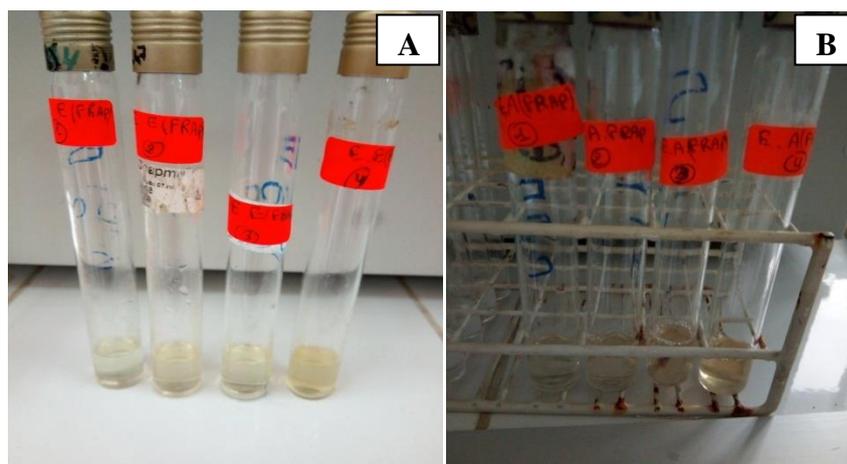


Figure 32 : Les résultats de la méthode de FRAP

A : Extrait hydroalcoolique, B : Extrait aqueux.



Figure 33 : La balance de précision



Figure 34 : L'étuve



Figure 35 : Centrifugeuse



Figure 36 : Bain marie

Appareils et produits chimique

- Appareillage

- Balance de précision
- Plaque chauffante
- L'étuve
- Spectrophotomètre
- Bain marie
- Centrifugeuse
- Boites pétri en verre
- Les tubes secs
- Micropipette
- Papier filtre
- Tubes à essai

-Les réactifs chimique et solvants

- L'acide Ascorbique
- Molybdate D'ammonium
- Phosphate De Sodium
- Acide Sulfurique
- Chlorure D'aluminium
- TPTZ
- HCL
- FeCl_3
- Tampon Acétate De Sodium
- NaOH
- Na_2HPO_4
- Na_2CO_3
- KH_2PO_4
- Anhydride Acétique
- Réactif De Wagner (2gde IK et 1.27g de I_2)
- Chloroforme
- Liqueur De Fehling
- Ethanol

Annexes

- H₂O₂ (30%)
- DPPH
- Tampon Phosphate De Sodium

Partie bibliographique

Introduction

Chapitre I : plante médicinale

Chapitre II : stress oxydatif et antioxydante

Partie expérimental

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Chapitre I : matériel et méthodes

Chapitre II : résultats et discussion