



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE ABBES LAGHROUR - KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

FILIERE : Science Biologique

OPTION : Biochimie appliquée

Thème

*L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits
du plant pituranthos scoparuís*

Présenté par

M^{elle}. Sari Soundous

M^{elle}. Bouallag Nour elhouda

Setenu le : 26 /08/2020

Jury de soutenance

Présidente : M^{me}. KRIM Meriame

M.C.B

Univ. Abbès Laghrour-Khenchela

Encadreur : M^{me}. ARAB Yasmine

M.C.B

Univ. Abbès Laghrour-Khenchela

Examineur : M^{me}. MAYOUF Nozha

M.A.A

Univ. Abbès Laghrour-Khenchela

Promotion : Août 2020



Remerciements

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donnée la force et la patience et la volonté pour élaborer ce modeste travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimé ma profonde reconnaissance et toute ma gratitude à tous ceux qui m'ont soutenue à commencer par :

Madame ARABYasmine. Je la remercie pour sa disponibilité et son assistance et ces conseils pour assure le succès de ce travail.

DrKRIM Meriem qui nous avons honoré en acceptant de président du jury de nos présents mémoires.

DrMAYOUF Nozha d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail en qualité d'examinatrice.

Les enseignants (es) de la faculté de science de la nature et de la vie pour leurs Encouragements et leurs amitiés.

Enfin, je suis reconnaissante à toute personne ayant contribué de près ou de loin à La réalisation de ce mémoire.

Merci à tous



Dédicace

A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller. A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs Connaissances pour satisfaire mes interrogations.

Je dédie ce modeste travail avec vif plaisir à ceux qui sont les plus proches à mon cœur, qui m'ont toujours aimé et qui ont fait toute leurs forces pour que je sois toujours heureuse.

Mes très chers parents et mes grands-parents. Qui m'ont soutenu durant toute ma vie, sans eux je ne serai rien

A mes sœurs

A mes frères

A toute ma grande famille

A mes amis

A tous les étudiants de Biochimie

A tous mes professeurs..

Merci à tous

Bouallag Nour elhouda

Sari Soundous

Résumé

Dans les dernières décennies il y a eu un intérêt croissant pour l'étude des plantes médicinales et leur utilisation traditionnelle, pour le traitement des diverses maladies. L'objectif de cette étude est d'évaluer **l'activité antioxydante** des extraits de la plante *Pituranthos scoparius*.

Selon une étude précédente, cette plante *P. scoparius* ont montré sa richesse en **composés actifs** capable d'agir comme agent antioxydant dont les huiles essentielles, les tanins les coumarines les flavonoïdes et les stérols. Ce qui explique son utilisation en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies.

Mots clés : *Pituranthos scoparius*, composés actifs, Activité antioxydant.

Abstract

In recent year there has been a growing interest in the study of medicinal plants and their traditional use, for the treatment of various diseases. The objective of this study is the evaluation the **antioxidant activity** of extracts for the plant *Pituranthos scoparius*.

Previous studies examining the chemical composition of this plant and have shown that is very rich in many **bioactive compounds** able for acting as an antioxidant agent including essential oils, tannins, coumarins, flavonoids and sterols. This explains its use in traditional medicine for the treatment of various diseases.

Keywords : *Pituranthos scoparius*, bioactives compounds, Antioxidant activity.

الملخص

في السنوات الأخيرة، كان هناك اهتمام متزايد لدراسة النباتات الطبية واستخداماتها التقليدية في علاج مختلف الأمراض.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات نبتة الكزاح.

وفقا لدراسة سابقة، أظهرت أن النبتة غنية جدا بالعديد من المركبات الفعالة القادرة على العمل كمضادات للأكسدة بما

في ذلك: الزيوت الأساسية، التانينات، الكومارينات، الفلافونويدات والستيرول وهذا ما يفسر استخدامها في الطب

التقليدي لمعالجة أمراض مختلفة.

الكلمات الدالة: الكزاح، المركبات الفعالة، النشاط المضاد للأكسدة.

Liste des abréviations

AAHP	2,2'-azobis-2-aminopropane dihydrochloride
ABTS	2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid
ADN	Acide désoxyribonucléique
DPPH	1,1-diphényl-2-picryl-hydrayl
ERN	Espèces réactives de l'azote
ERO	Espèces réactives de l'oxygène
Fe²⁺ -TPTZ	complexe ions ferreux-tripyridyltriazine
Fe²⁺	ions ferreux
Fe³⁺ -TPTZ	complexe ions ferriques-tripyridyltriazine
Fe³⁺	ions ferrique
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GPx	Glutathion peroxydase
H	Groupement hydrogène
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
HE	Huile Essentielle
HOCl	Acide hypochlorique
IC₅₀	concentration nécessaire pour réduire le DPPH de 50%
NADPH	Nicotinamide adénine di nucléotide phosphate réduit
NO•	Monoxyde d'azote
¹O₂	Oxygène singlet

O₂^{•-}	Anion Superoxyde
OCH₃	Groupement méthoxyles
OCH₃	Groupement méthoxyles
OH	Groupement hydroxyle
OH[•]	Radical hydroxyl
ONOO⁻	Peroxynitrite
Pro	Pro-oxydantes
RL	Radical libre
RO[•]	Radical alkoxyde
ROO[•]	Radical peroxydes
ROOH	Peroxyde organique
SOD	Superoxyde dismutase
Trolox Acid	6-hydroxy-2,5,7,8-tetraméthylchroma-2-carboxylique

Liste des figures

Figure 01 :	Répartition géographique mondiale des Apiacea	Page 04
Figure 02:	Squelette de base des flavonoïdes	Page 13
Figure 03:	La structure chimique des tannins hydrolysables.....	Page16
Figure 04 :	Structure chimique d'un tannin condensé et d'un gallotannin	Page16
Figure05 :	Structure chimique d'une unité de phénylpropanoïde et d'un lignane...	Page17
Figure 06:	Structure de la molécule d'isoprène	Page19
Figure 07 :	La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants	Page 23
Figure 08 :	Mécanisme réactionnel de test DPPH	Page 28
Figure 09 :	Mécanisme réactionnel de test FRAP.....	Page 29

Liste des photos

Photographie01 :	<i>Pituranthos scoparia</i>	Page05
-------------------------	-----------------------------------	---------------

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Travaux antérieurs sur <i>Pituranthos scoparius</i>	Page07
Tableau 02:	Principaux dérivés d'acide benzoïque.....	Page 11
Tableau 03:	Principaux dérivés de l'acide cinnamique	Page12
Tableau 04 :	Principaux dérivés de coumarines	Page12
Tableau 05:	Principaux dérivés de stilbènes.....	Page17
Tableau 06 :	Certaines pathologies résultent de stress oxydatif	Page24
Tableau 07 :	Différents types des espèces réactives	Page 25
Tableau 08 :	Antioxydants enzymatique	Page26
Tableau 09 :	Principaux antioxydants non enzymatiques (exogènes).....	Page27
Tableau 11 :	Exemples de tests d'activité antioxydante.....	Page30

Table de matière

Remerciement.....	
Dédicace	
Résumé	I
Abstract	II
المخلص	III
Liste des abréviations	IV
Liste des figures et photos	VI
Liste des tableaux	VII
Introduction	Page 01

Partie théorique

Chapitre I : Présentation de la plante pituranthos scoparius

I.	Généralités sur la famille des Apiacea	Page 04
II.	Le genre Pituranthos	Page 04
III.	l'espèce pituranthos scoparius	Page 05
III.1.	Description morphologique de l'espèce	Page 05
III.2.	Classification botanique	Page 06
III.3.	L'origine et répartition géographique de l'espèce	Page 06
III.4.	Usage en médecine traditionnelle	Page 04
III.5.	Travaux antérieurs sur Pituranthos scoparius	Page 07
III.6.	Toxicité	Page 07

Chapitre II : les métabolites secondaires

I.	Généralité	Page 10
II.	les composés phénoliques	Page 10
II.1 :	Définition	Page 10
II.2 :	Classification des composés phénoliques	Page 11

II.2.1 : Acide phénolique et les phénols simples	Page 11
➤ Acide phénol dérivé de l'acide benzoïque	Page 11
➤ Acide phénol dérivé de l'acide cinnamique	Page 11
II.2.2 : les coumarines	Page 12
II.2.3 : les flavonoïdes	Page 13
a. Structure des flavonoïdes	Page 13
➤ Classification des flavonoïdes	Page 13
➤ Les flavones et flavanols	Page 14
➤ Les flavonones et flavanonols	Page 14
➤ Flavones-3- ols, flavan-3,4 – diols	Page 14
➤ Les anthocyanes	Page 15
➤ Les chalcones et aures	Page 15
II.2.4 : les tannins	Page 15
➤ Les tannins hydrolysables	Page 15
➤ Les tannins condensés	Page 17
II.2.5 : les stilbènes	Page 17
II.2.6 : lignane	Page 17
III. Les alcaloïdes	Page 18
III.1 : Classification des alcaloïdes	Page 18
IV. Les terpènes	Page 19
IV.1 : classification des terpènes	Page 19
➤ Monoterpènes	Page 19
➤ Sesquiterpènes	Page 19
➤ Diterpènes	Page 20
➤ Triterpènes	Page 20
➤ Tétraterpènes	Page 20
➤ Polyterpènes	Page 21

Chapitre III : L'activité antioxydante

I.	L'activité antioxydante	Page 23
I.1.	Le stress oxydant	Page 23
I.2.	Les radicaux libres	Page 24
I.3.	Antioxydant	Page 25
I.3.1.	Mécanisme d'anti oxydation	Page 25
	a. Système de défense enzymatique (endogène)	Page 26
	b. Système de défense non enzymatique (exogène)	Page 26
I.4 :	Evaluation de l'activité antioxydante	Page 27
I.4.1 :	Teste DPPH	Page 28
I.4.2 :	Teste FRAP	Page 28
I.4.3 :	Teste ABTS	Page 29
	Discussion des travaux antérieurs	Page 32
	Conclusion et perspectives	Page 35
	Bibliographie et webographie	Page 73



Partie I : Synthèse Bibliographique

Introduction

En condition physiologique, les systèmes biologiques produisent des radicaux libres ou espèces pro-oxydantes (radicaux libres) (**Davies et al., 1995**). Ces molécules sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable (**Rios-Arrabal et al., 2013**) dans certaines fonctions cellulaires comme la transduction de signaux cellulaires, la défense immunitaire contre les agents pathogènes et l'apoptose des cellules tumorales (**Favier, 2003**), mais leur accumulation excessive entraînant un déséquilibre entre les systèmes pro-oxydant et l'antioxydant (**Beaudeau et Durand, 2011**) et peut endommager la cellule par altération de ses biomolécules. Ces dommages souvent irréversibles sont à l'origine de nombreuses maladies (cancers, maladies cardiovasculaires, maladies dégénératives) C'est ce que l'on appelle le stress oxydatif (**Belaïch et Boujraf, 2016**).

Et pour échapper aux graves séquelles du stress oxydant et maintenir l'équilibre entre oxydants et antioxydants (**Liu et al., 2003**) ; (**Prior et al., 2003**) l'organisme dans une certaine mesure est limiter les dommages dus aux radicaux libres grâce à des mécanismes antioxydants enzymatiques (**Hennebelle, 2006**) telle que la superoxyde dismutase, la catalase et le glutathion peroxydase (**Mates et al., 1999**) ; (**Sharma et al., 2012**) et à des antioxydants alimentaires (non enzymatiques) comprennent des vitamines (A, C et E), certains oligoéléments (sélénium, zinc), mais également des éléments bioactifs qui se trouvent naturellement dans les aliments issus du règne végétal appelés phytonutriments ou métabolites secondaires qui sont fortement impliqués en prophylaxie de plusieurs cancers et pathologies chroniques (**Liu et al., 2003**) ; (**Prior et al., 2003**).

C'est pour cela que l'étude de l'activité antioxydante des plantes est aujourd'hui devenue importante, (**Suhaj, 2006**) ;(**Tadhani et al., 2007**).

La plante de *Pituranthos scoparius* qu'est sélectionnée dans notre étude est l'une de ces plantes qui Appartient à la Famille des Apiacées, communément appelée « Guezzah »(**Quezel et Santa, 1963**) et qui se trouve en Afrique du Nord, donnée pour rare au Sahara central (**Ozenda, 1991**).

A la lumière de ces données, notre travail qui se compose d'une seule partie (étude bibliographique) a pour objectif de L'évaluation de l'activité antioxydant de cette plante (*Pituranthos scoparius*).

- Dans le premier chapitre de ce manuscrit nous avons commencé par la description (les caractères botaniques et la systématique), l'intérêt biologique et quelques travaux antérieurs réalisés sur cette plante.
- Dans le deuxième chapitre, nous rappelons les métabolites secondaires, leurs classifications et leurs structures chimiques.
- Dans le troisième chapitre nous présenterons la notion du stress oxydant, les radicaux libres et les systèmes de défense antioxydante, ceci est suivi par un rappel de trois méthodes les plus utilisées (piégeage du radical DPPH, FRAP, ABTS) pour évaluer le pouvoir antioxydant *in vitro*.
- Finalement, nous clôturons cette étude par une conclusion générale qui résumera.



Chapitre I : Rappel Botanique

I. Généralités sur la famille des Apiacées

La famille d'Apiaceae est l'une de plants appartiennent à l'embranchement des Spermatophytes importants qui a été créée par Antoine Laurent de Jussieu en 1789 sous le nom d'Ombellifère en relation avec sa structure en ombelles des inflorescences puis nommée Apiacées par John Lindley en 1836 (Boldi, 2004).

Les Apiacées regroupent des plantes aromatiques appartenant à la classe des Dicotylédones relativement homogène facile à reconnaître grâce à son inflorescence en ombelles composées (Ozenda, 1991). Elles sont essentiellement des plantes herbacées annuelles, bisannuelles ou le plus souvent vivaces, plus rarement des arbustes (Bach et al., 1979).

Cette famille comprend environ 300 – 455 genres et 3000 – 3750 espèces, se répartissant dans toutes les régions tempérées, avec, toutefois, une prédilection pour l'hémisphère Nord (Tabanca et al., 2006).

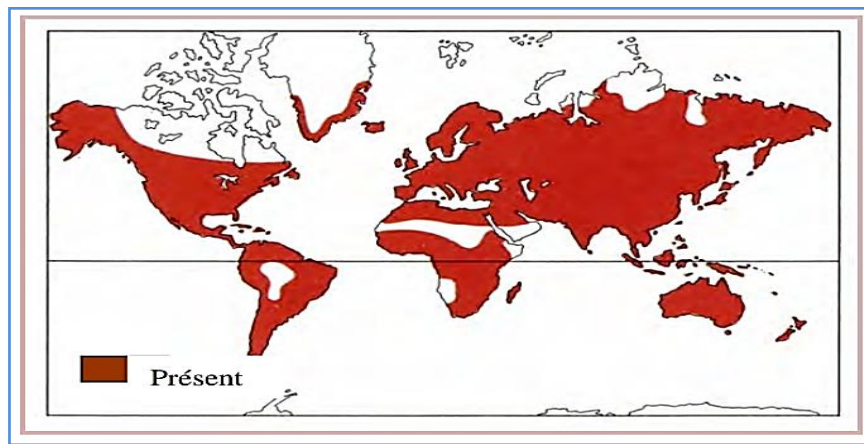


Figure 01 : Répartition géographique mondiale des Apiaceae (Heywood, 1996).

II. Le genre *Pituranthos*

Le genre *Pituranthos* ou *Deverra* est une plante vivace, totalement aphyllé, à tige très ramifiées, portant des ombelles à involucre et involucelles polyphylles et des péricarpes ovoïdes à six bandelettes. Feuilles toutes, ou presque toutes, réduites à des écailles ; tiges rameuses jaunâtres de 40 à 80 cm (Ozenda, 1977).

Le genre *Deverra* est représenté par plus de 20 espèces (Négre, 1962). Dont le potentiel floristique algérien de ce genre (nommé « Guezzah ») comporte quatre espèces

qui se ressemblent beaucoup dans leur aspect morphologique d'où il est difficile de distinguer ces derniers (Ozenda, 1958) ; (Sanchez, 2002). En effet, elles ne se distinguent les unes des autres que par la couleur des fleurs et la taille de leur pédoncule (Marc *et al.*, 2004). Le potentiel floristique algérien de ce genre comporte les espèces suivantes :

- *Pituranthos chloranthus* (Coss et Dur) Benth et Hook : espèce particulièrement moins présente au Sahara.
- *Pituranthos battandieri* (Coss et Dur) Benth et Hook : endémique au Sahara et l'Oranie.
- *Pituranthos reboudii* (Coss et Dur) Benth et Hook : localisé dans les pâturages arides.
- *Pituranthos scoparius* (Coss et Dur) Benth et Hook : espèce abondante dans les Aurès (Antolovich *et al.*, 2002).

III. L'espèce *Pituranthos scoparius*

III.1. Description morphologique de l'espèce

La plante choisie pour notre travail est la *Pituranthos scoparius* est populairement connu sous le nom "El Guezzah", c'est une plante vivace, aphyllé, éphéroïde, à tiges souvent très ramifiées. Feuilles caulinaires, larges de 2-3 cm. Ses fruits sont plus longs que larges, hérissés de poils dressés. Les fleurs blanches, avec des pétales blancs et des veines étroites, groupées en ombelles latérales. La floraison commence à partir du mois de février jusqu'à octobre (Quezel et Santa, 1963).



Photo 01 : *Pituranthos scoparius*.

III.2. Classification botanique

D'après, (Quezel et Santa, 1963), "*Pituranthos scoparius*" est classée comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Phanérogames

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicotylédones

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae

Genre : *Pituranthos*

Espèce : *Pituranthos scoparius*

III.3. L'origine et répartition géographique de l'espèce

Pituranthos scoparius est une espèce endémique qui se trouve en Afrique du Nord, donnée pour rare au Sahara central, elle est fréquente dans les Hauts plateaux du Tassili n'Ajjer, l'Atlas saharien septentrional, surtout dans les lits d'oueds caillouteux (Ozenda, 1991).

III.4. Usage traditionnelle

En médecine traditionnelle les tiges et les feuilles de *Pituranthos scoparius* sont utilisés pour le traitement de la rougeole, l'asthme, l'ictère, les troubles digestifs et soins post-partum : spasmes et douleurs. Le décocté et l'infusion des feuilles et les fleurs sont utilisés dans le traitement d'hépatite, diabète, l'indigestion, maux d'estomac et bas ventre, ainsi que pour les infections urinaires. Elle est utilisée aussi contre les morsures des vipères et les piqûres des scorpions. Certains recommandent l'application locale de la poudre des feuilles en cataplasme, pour soulager les douleurs rhumatismales (Didi et Zabeirou, 2003) ; (Hammiche et Maiza, 2006) ; (Boudjelal *et al.*, 2013).

III.5. Etudes phytochimique :

Pituranthos scoparius renferme diverses familles de composés chimiques tels que les huiles essentielles, les flavonoïdes, les acides phénoliques et les coumarines.

Différentes classes du métabolisme secondaire ont été identifiées dans cette espèce. Les résultats sont regroupés dans le (Tableau I).

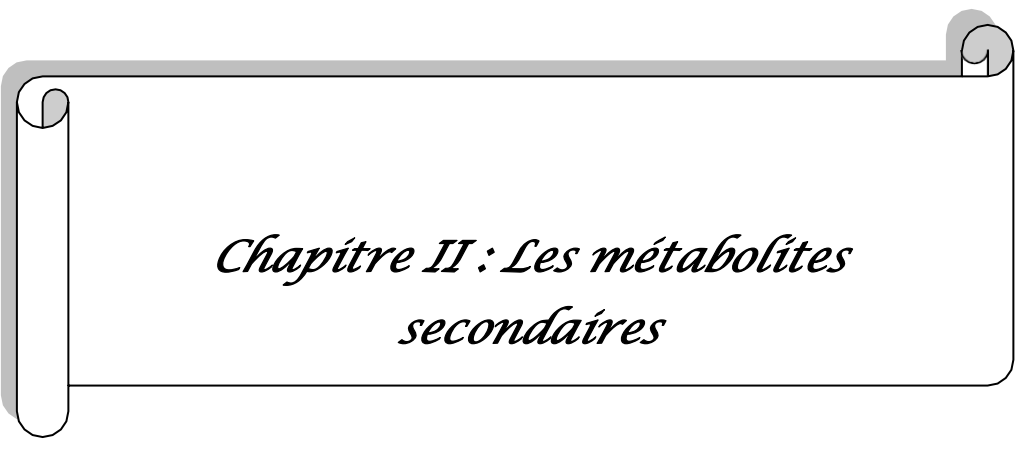
Tableau 01 : Travaux antérieurs sur *Pituranthos scoparius*.

Classe phytochimique	Constitution identifiés	Référence
Les flavonoïdes	Apigenin 7-O-glucosor apigetrin	(Benmekhbi, 2008)
	Apigenin 7-O-rhamnoside	
	Isorhamnetin-3-O-rutinoside.	
	Isorhamnetin-3-O-glucoside.	
Les isocoumarines	Apigenin-6, 8-di-C-glucoside (vicenin-2).	(Hammadaet al., 2004)
	3-n-propyl-5-methoxy-6-hydroxy-isocomarine et 3-n-propyl-5,7dimethoxy-6-hydroxy-isocomarine.	
Les huiles essentielles	α -pinene (8.2%), β -pinene (4.6%), p-cymene (7.5%), limonene (11.2%), thymol (5.9%), myristicin (11.1%) et dill apiole (12.2%);	(Verite, 2004)
	α -pinene (4.4-35.8%), limonene (0.8-66.5%), bornyl acetate (tr-9.6%), myristicin (tr-31.1) et dill apiole (0.4-47.3%).	(Gourine, 2011)
	Le sabinène (18,91) ,l' α -pinène (8,28 %), le dillapiole (6,61 %) et le myristicine (7,61 %) méchoneche est le sabinène (24,81%), dill apiole (16,77%) l' α -pinène (13,42%). , (Kiram, 2013) Myristicine (7,67%), le terpinène-4-ol (4,58%) et le β -pinène (4,50%).	

	Caryophyllene epoxide (9.7%), α -farnesene (7.7%), α -humulene (4.7%), β -phellandrene (3.9), salvia-4(14)-en-1-one (2.8%), sabinacetone (2%), β bourbonnene (2%), β -eudesmol (1.4%) α -pinene (16.4%) et sabinene (14.8%).	(Lograda, 2013)
	myristicin (12.1 %), 7-methoxy-3-methyl-1H-isochromen-1-one (10.6%) 1-cyclohexyliden-2-methylpropene (9.9%), Limonene (8.5%), p-Cymene (5.2%) et Thymol (4.8%).	(Djabri, 2016)
	Limonene (46.9 %) et 1,8-cineole (7.6%).	(Ksouri, 2017)
	Groupe 01: 6-methoxyelemicine (13.0-59.6%), sabinene (1.1-43.0%), limonene (6.6-39.0%), Groupe 02: limonene (9.2-44.0%), myristicine (0.0-29.4%). of sabinene (0.8-2.3%).	(Malti, 2018)
Autres composés	3-n-propyl-5-methoxy-6-hydroxy-isocoumarin (scoparine A) et 3-n-propyl-5,7-dimethoxy-6-hydroxy-isocoumarin (scoparine B)	(Haba, 2004)
	2 cinnamic acids (5-O-caffeoyl quinic acid et 5-feruloyl quinic acid), 5-O-caffeoylquinic	(Dahia, 2009)

III.6. Toxicité :

Les nomades connaissent le haut pouvoir allergisant des plantes du genre *Pituranthos* pour les animaux, en période de leur floraison (**Nait Said, 2007**). En effet, le pollen des espèces *scoparius* engendrent des ophtalmies graves, quand il pénètre dans les yeux des animaux. Le dromadaire en particulier y est très sensible. Très allergisant, ce pollen rend les animaux aveugles pendant plusieurs jours. Les nomades traitent ces ophtalmies en instillant dans les yeux du dromadaire, du jus de tabac ou en introduisant du sel sous les paupières (**Nait Said, 2007**).



*Chapitre II : Les métabolites
secondaires*

I. Généralités

La plante est le siège d'une intense activité métabolique aboutissant à la synthèse de principes actifs les plus divers. Ce processus métabolique est lié à la condition même de vie de la plante. On conçoit donc que la plante puisse développer un métabolisme particulier lui permettant de synthétiser des substances très diverses : les métabolites primaires et les métabolites secondaires (**Kansole, 2009**).

Les métabolites primaires sont des produits issus directement des photoassimilats (sucres simples, acides aminés, protéines, acides nucléiques et organiques), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base (**Hopkins, 2003**). Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et, nécessaires à leur croissance et à leur développement (**Raven et al., 2000**).

Par opposition, les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes. Ce sont des produits à structure chimique complexe, ils sont très dispersés et très différents selon le type d'espèce. Ils pourraient jouer un rôle dans la défense contre les herbivores et dans les relations entre la plante et son environnement (**Quezel et Santa, 1963**).

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (composés phénolique, terpènes, les alcaloïdes) qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents la pharmacologie ou l'agroalimentaires (**Macheix et al., 2005**).

II. Les composés phénoliques

II.1. Définition

Dans la littérature il existe deux propositions pour définir les polyphénols. La première les définit comme étant une structure moléculaire qui porte plusieurs groupements phénoliques tandis que la deuxième indique la présence d'un groupement phénol poly hydroxylé. Ces polyphénols sont des métabolites secondaires synthétisés par les végétaux pour se défendre contre les agressions environnementales (**Buchanan et al., 2000**). Il s'agit des dérivés non azotés connus par une grande variété structurale dont environ 8000 composés ont été identifiés (**Lobstein, 2010**).

II.2. Classification des composés phénoliques

La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux. On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes (D'Archivio *et al.*, 2007).

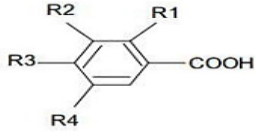
II.2.1. Acide phénolique et les phénols simples

Deux principales classes des acides phénoliques peuvent être distinguées ; les dérivés de l'acide benzoïque (C6-C1) et dérivés de l'acide cinnamique (C6-C3) (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

➤ Acide phénol dérivé de l'acide benzoïque

Sont des hydroxybenzoïques et ont une structure générale de base de type (C6-C1), ces molécules existent souvent sous forme d'esters ou de glycosides (Harrar, 2012). Les plus répandus sont : l'acide salicylique et l'acide gallique (Bruneton, 1999).

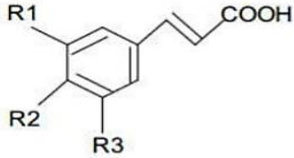
Tableau 02: Principaux dérivés d'acide benzoïque (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Structure	R1	R2	R3	R4	Composé
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide <i>p</i> hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide protocatechique
	H	OCH ₃	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique

➤ Acide phénol dérivé de l'acide cinnamique

Ces composés ont une distribution très large. Rarement libres, ils sont souvent estérifiés (Skerget *et al.*, 2005). Et peuvent également être amidifiés ou combinés avec des sucres (O-acylglucoside, O-arylglucosides) ou des polyols tels que l'acide quinique (Bruneton, 2008).

Tableau 03 : Principaux dérivés de l'acide cinnamique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Structure	R1	R2	R3	Composé
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide <i>p</i> -coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH ₃	OH	H	Acide férulique

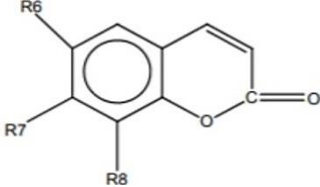
Remarque : Les acides hydroxycinnamiques sont plus fréquents que les acides hydroxybenzoïques et comprennent essentiellement l'acide *p*-coumarique, caféique, férulique et sinapique (Pandey et Rizvi, 2009).

III.2.2. Les coumarines

Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2pyrone (Iwueke et Nwodo, 2008).

Les coumarines, de différents types, se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxyde et peroxydes (Madhavi, 1996).

Tableau04 : Principaux dérivés de coumarines (Macheix *et al.*, 2005).

Structure	R1	R2	R3	Composé
	H	OH	H	Umbelliférol
	OH	OH	H	Aescultol
	OCH ₃	OH	H	Scopolétol

II.2.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux. Ils interviennent aussi dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (Bruneton, 2015).

a. Structure des flavonoïdes

La structure des flavonoïdes possède quinze atomes de carbone former deux cycles ou benzéniques contient des groupes hydroxyles et un hétérocycle. Les deux noyaux (A, B) sont hydroxylés en métal ou ortho soit mono, di, ou tri hydroxylé. Le pont à trois carbones entre les deux phényles forme généralement un troisième cycle pyrone (Fig.02).

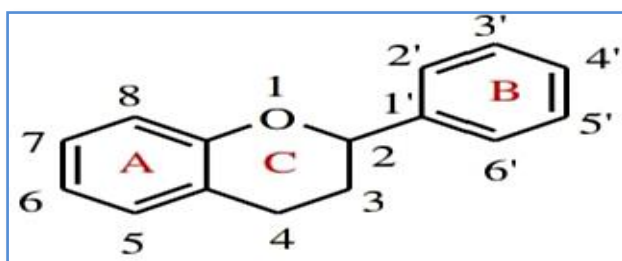


Figure 02 : Squelette de base des flavonoïdes (Crozier, 2003).

Le noyau A est soit di ou tri hydroxyle en métal et engager dans un hétérocycle à cinq ou six chaînons comme les aurones et les flavanols, le noyau B est soit mono, di ou tri hydroxyle en ortho. En outre les différents groupes OH peuvent être méthyles (Swaint et Hillis, 1959).

b. Classification des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont classés d'un côté sur la base du nombre, de la position et de la nature des substituant (groupements hydroxyles-OH et méthoxyles-OCH₃), de l'autre côté sur la base des deux cycles aromatiques A et B et de la chaîne de carbone intermédiaire. On distingue : (Bruneton, 2009).

➤ **Les flavones et flavanols**

Le cycle A de ces deux types de molécules est substitué par deux hydrolyses phénoliques en C5 et en C7. Ces hydrolyses peuvent être libres ou estérifiées. D'autre part, le cycle B est substitué en C4' ou di-substitué en C3' et C4' par des groupements OH ou méthoxyles (OCH₃). Les flavanols se distinguent des flavones par un OH en C3 (**Morreel et al., 2006**).

➤ **Les flavonones et flavanonols**

Dérivent des précédentes par une cyclisation au centre du squelette, d'où un hétérocycle. Ils se caractérisent par l'absence de la double liaison entre C2 et C3 par la présence des centres d'asymétrie (**Bellebcire, 2008**).

Les flavanonols (encore appelés dihydroflavonols) se distinguent des flavonones par l'hydroxylation de la position C-3 (**Nkhili, 2009**).

➤ **Flavan-3-ols, flavan-3,4-diols**

A la différence des flavonones et des flavanonols, ces deux groupes de molécules sont toujours hydroxylés en position 3 et se caractérisent par l'absence du groupe carbonyle en C4. Les flavan-3-ols (appelés aussi les catéchines) possèdent deux atomes asymétriques en C2 et C3. Les flavan-3,4-diols se distinguent des catéchines par la présence du OH en position 4 (**Nkhili, 2009**).

➤ **Isoflavones et neoflavone**

Les isoflavonoïdes sont moins répandus taxonomiquement. Ces composés très actifs se trouvent essentiellement chez les légumineuses (**Stafford, 1997**). La structure des isoflavones ne diffère des autres flavonoïdes que par la présence du cycle B en position 3.

Les isoflavones sont caractérisées par la substitution entre le groupement carboxyle et le noyau B dans le squelette des flavones (**Eytonet al., 1965**). Les isoflavones sont des flavonoïdes rares, cette rareté est due à leurs faibles présences dans la nature contrairement aux flavones et flavanols (**Elhazimi, 1995**).

➤ Les anthocyanes

Les anthocyanes sont des pigments hydrosolubles, responsables de la plupart des couleurs rouge, bleu et violet des fruit, légumes et fleurs (**Mazzaet al., 2004**). Les anthocyanes sont largement distribués dans l'alimentation humaine, ils se retrouvent dans le vin rouge, certaines variétés de céréales et certains légumes mais ils sont plus abondants dans les fruits (**Archivio et al., 2007**).

Les anthocyanes englobent les anthocyanosides et les anthocyanidines. Les anthocyanidines sont des flavonoïdes contenant un hétérocycle pyrrole, alors que les anthocyanosides se différencient par la présence d'un sucre. La pélagonidine (couleur rouge-orange), la cyanidine (couleur rouge magenta) et la delphinidine (couleur mauve) représentent les anthocyanidines les plus courantes (**Crozier et al., 2008**).

➤ Les chalcones et aurones

Gardent la structure du tétra ou trihydroxychalcone, le noyau central de la molécule n'est pas totalement cyclisé ou se présente sous forme d'un cycle ne présentant que cinq sommets (**Heller et al., 1998**). Les aurones sont caractérisées par une structure de 2-benzylidène coumarone (**Bruneton, 1999**) ; (**Marfak, 2003**).

II.2.4. Les tannins

Les tanins représentent une classe très importante de polyphénols localisés dans les vacuoles (**Aguilera-Carbo et al., 2008**). Ce sont des composés phénoliques ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da et qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (**Fogliani, 2002**). Sur le plan structural, on distingue les tanins hydrolysables, esters d'acide phénolique, des tanins condensés plutôt des polymères de polyhydroxyflavan-3-ols (**Fogliani, 2002**).

Selon (**Wichtl et Anton, 2003**), les tanins appartiennent à deux classes chimiques :

➤ Les tannins hydrolysables

Ce sont des oligo ou des polyesters de glucides et d'un nombre variable d'acides phénols (Fig.03). Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit

l'acide gallique dans le cas des gallotannins, soit l'acide ellagique dans le cas des tanins classiquement dénommés ellagitannins (Bruneton, 1999) ; (Cowan, 1999).

Comme leur nom l'indique, ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent sous l'action enzymatique et de l'eau chaude (Vermerris et Nicholson, 2006).

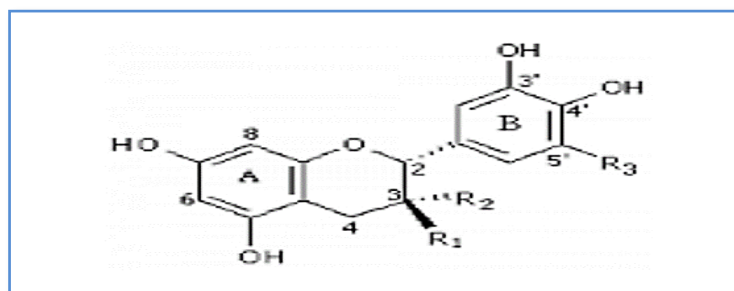


Figure 03 : La structure chimique des tannins hydrolysables (Guignard, 1996).

➤ Les tannins condensés

Appelés aussi pro anthocyanidines ou procyanidines. Les tanins condensés sont des polyphénols de masse molaire élevée. Ils résultent de la polymérisation auto-oxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diol liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi pro anthocyanidines de type B. Lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les pro anthocyanidines sont dits de types A (Fig.04) (Cowan, 1999) ; (Vermerris et Nicholson, 2006).

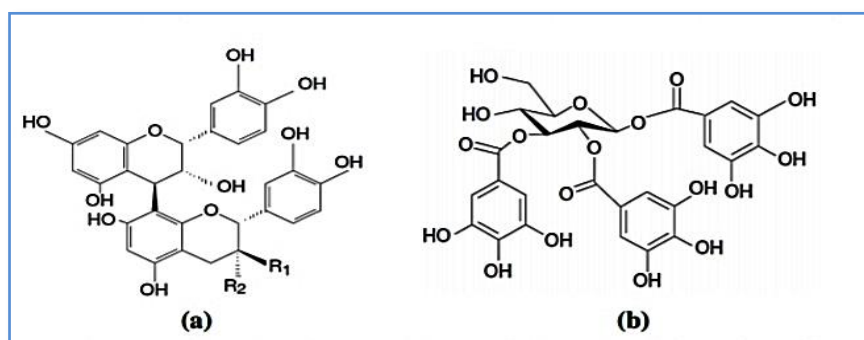
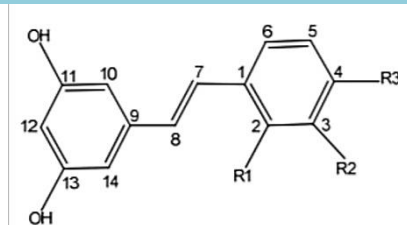


Figure 04 : Structure chimique (a) d'un tannin condensé (pro anthocyanidine) et (b) d'un gallotannin (1,2,3,-tri-O-galloyl-β-D-glucose) (Derbel et Ghedira, 2005).

II.2.5. Stilbènes

Les membres de cette famille possèdent la structure C6-C2-C6 comme les flavonoïdes, ce sont des phytoalexines, composés produits par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactériens et viraux. Les sources principales des stilbènes sont les raisins, les vins, le soja et les arachides (**Crozier et al., 2006**).

Tableau 05 : Principaux dérivés de stilbènes (**Jean-Denis, 2005**).

Structure	R ₁	R ₂	R ₃	Composé
	H	H	H	Pinosylvine
	H	H	H	Resvératrol
	OH	H	H	Hydroxyresvératrol
	H	OH	OH	Picéatannol

II.2.6. Lignanes

Les lignines sont des polymères principaux composants du bois avec la cellulose et l'hémicellulose (Fig.05).Leurs principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition (**Martoneet al., 2009**). Ils sont constitués de deux unités de phénylpropane et entrent dans la composition de certaines graines, céréales, fruits et autres légumes, fortement plus concentrés dans les graines de lins (**El Gharras, 2009**).

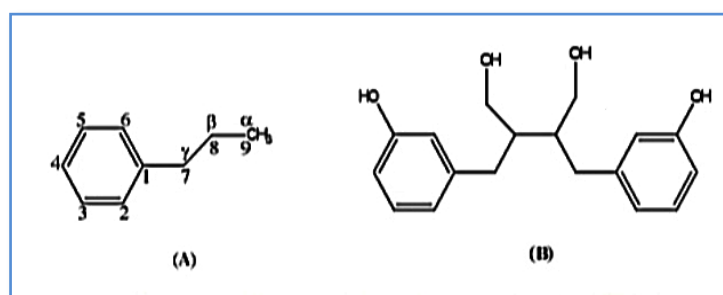


Figure 05 : Structure chimique d'une unité de phénylpropanoïde (C6-C3) (A) et d'un lignane(B)(**Sainvitu et al., 2012**).

III. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances organiques naturelles composés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote (**Schauenberg et Paris, 2005**). Typiquement comme les amines primaires, secondaires, ou tertiaires et cela confère la basicité à l'alcaloïde, en facilitant leur isolement et purification comme sels solubles dans l'eau formés en présence des acides minéraux (**Hess, 2002**). Ils peuvent être présents dans tous organes (**Ziegler et Facchini, 2008**).

Leur teneur est très variable, généralement comprise entre 0.1% et 2 à 3 % du poids sec de la drogue (**Roux et Catier, 2007**). Les alcaloïdes sont classés en alcaloïdes « vrais » lorsqu'ils possèdent un azote intra-cycle, en proto-alcaloïdes lorsqu'ils dérivent de l'acides aminés dont l'azote est extra-cycle (Lphénylalanine, acides aminés aliphatiques), et en pseudo-alcaloïdes lorsque leur squelette ne provient pas d'acides aminés (dérivés xanthiques, terpéniques, stéroïdiens, pipéridiniques) (**Nacoulma, 2013**). Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la plante, mais le plus souvent ils sont combinés à des acides organiques ou à des tanins (**Ziegler et Facchini, 2008**).

D'un point de vue biologique, les alcaloïdes présentent diverses activités à faible dose, analgésiques (morphine), anesthésiques locaux (cocaïne antibactérienne, anticancéreuse...) (**Bruneton, 2009**) ;(**Hocquemiller et al., 1982**).

III.1. Classification des alcaloïdes

Selon leur composition chimique et surtout leur structure moléculaire, les alcaloïdes peuvent être divisés en plusieurs groupes :(**Mamadou, 2011**)

- **Phénylalanines** : capsaïcine du piment, colchicine du colchique.
- **Alcaloïdes iso quinoléiques** : morphine, éthylmorphine, codéine et papavérine contenues dans l'opium du pavot.
- **Alcaloïdes indoliques** : ergométrine, ergotamine, ergotoxine de l'ergot des céréales.
- **Alcaloïdes quinoléiques** : tige feuillée de la rue commune.
- **Alcaloïdes pyridiques et pipéridiques** : ricinine du ricin, trigonelline du fenugrec, conine (poison violent) de la ciguë.
- **Alcaloïdes dérivés du tropane** : scopolamine et atropine de la belladone.
- **Alcaloïdes stéroïdes** : racine de vétrate, douce-amère ou aconite (aconitine).

IV. Les terpènes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte. Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette des unités isoprène à 5 atomes de carbone (C_5H_8) (Fig.06) (Charpentier, 2008).

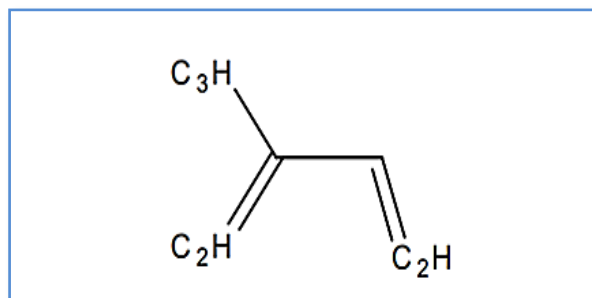


Figure 06 : Structure de la molécule d'isoprène (Calsamiglia, 2007).

IV.1. Classification des terpènes

Selon le nombre d'unités isopréniques qui les constituent, on distingue : les terpènes ou monoterpènes en C_{10} , les sesquiterpènes en C_{15} , les diterpènes en C_{20} , les triterpènes C_{30} , et les tétraterpènes C_{40} (Guignard, 1996).

➤ Monoterpènes

Dans le cas des hydrocarbures, les composés monoterpéniques correspondent le plus souvent à la formule brute $C_{10}H_{16}$. Ils peuvent être acycliques (Mycènes), monocycliques (limonène) ou bicycliques (camphène) (Bruneton, 1999).

➤ Sesquiterpènes

Ce sont des molécules à 15 atomes de carbone constituées par trois unités isopréniques, ils forment un sous-groupe réparti de la même façon que les monoterpènes (Wink, 2003). Ils sont abondants dans les essences dont ils constituent parfois une partie considérable, se distinguent des autres terpènes par leur point d'ébullition plus élevé (250 à 280°C), par une densité plus forte $d > 0,9$ et par un indice de réfraction plus élevé (Bruneton, 1999). Exemples de sesquiterpènes caractéristiques des huiles essentielles : Hydrocarbures (β -bisabolène longifolène...), alcools (carotol, farnesol...), aldéhydes (sinensal...) et d'esters acétate de cedryle.

➤ **Diterpènes**

Les diterpènes sont formés de quatre unités isoprènes (C₂₀H₃₂) (**Hernandezochoa, 2005**). Ils comprennent les gibbérellines (phytohormones du développement impliquées dans des processus cellulaires fondamentaux tels que la germination (**Graebe, 1987**)).

➤ **Triterpènes**

Les triterpènes sont des composés en C₃₀ issus de la cyclisation de l'époxysqualène ou du scalène (**Krief, 2003**). Les stéroïdes sont dérivés de triterpènes tétra cycliques et possèdent un squelette cyclopentaperhydro phénanthrène. Beaucoup de stérols se produisent sous forme de glycosides caractérisés par les saponines stéroïdiens (**Hanson, 2003**).

➤ **Tétraterpènes**

Cette famille de terpènes à 40 carbones, compte en particulier les caroténoïdes qui sont des pigments soit en rouge, orange, jaune, qui diffèrent d'une plante à une autre, responsables de la couleur de certains nombre d'organes végétaux. On les retrouve également dans les feuilles vertes mais ils sont masqués par la présence de la chlorophylle. Les caroténoïdes sont synthétisés dans les plastes (chloroplastes), ils ont un aspect cristallin, on les trouve sous forme soit de carbures (série de CH₃, CH₂) soit à l'état de dérivés hydroxylés (OH sur la chaîne) ou des dérivés cétoniques. Parmi les dérivés carbures :

- **Lycopène** : c'est un tétraterpène acyclique rencontré chez la tomate.
- **Carotène** : c'est un tétraterpène bicyclique, il existe le α - carotène et le β -carotène, c'est le β -carotène qui se rencontre essentiellement dans les carottes.
- **Xanthophylle** : c'est un tétraterpène hydroxylé, un dérivé de caroténoïde, il est bicyclique, responsable de la coloration jaune de maïs (**Guignard, 2000**).

➤ **Polyterpènes**

Quelques composés macromoléculaires importants du point de vue technique se situent au terme de la séquence des réactions de synthèse des isoprénoides ; on peut citer :

- **Les dérivés quinones**
 - **ubiquinone** : c'est un C50 ;
 - **plastoquinone** : c'est un C45.
- **Caoutchouc** : la molécule de caoutchouc est constituée par un polyterpène de 500 à 5000, et plus, unités d'isoprène groupées dans des chaînes non ramifiées. La masse moléculaire relative est de 350 000 environ. Il existe 2000 espèces de plantes supérieures qui contiennent de caoutchouc qui se localise dans leur latex (**Guignard, 2000**).



Chapitre III : Activité antioxydante

I. L'activité antioxydante

L'activité antioxydant d'une substance correspond à sa résistance contre l'oxydation (Tabart *et al.*, 2009). Cette oxydation peut causer une grande variété d'agression sur nos cellules et tissus ; agression physiques (traumatisme, irradiation, hyper ou hypothermique), chimique (acidose, toxine) (Walker *et al.*, 1982). Et métabolique qu'est réfère à une perturbation dans la balance métabolique cellulaire durant laquelle, la génération des oxydants accable le système de défenses antioxydants (Smirnoff, 2005). La plupart de ces agressions débouchent sur une expression commune appelée stress oxydant (Walker *et al.*, 1982).

I.1. Le stress oxydant

Le stress oxydatif (ou stress oxydant) se définit comme une perturbation de l'état oxydant intracellulaire (Sorg, 2004). Qui se rapportant au déséquilibre de la balance oxydante-antioxydant (Taibur *et al.*, 2012). C'est-à-dire une surproduction des radicaux libres ou pro-oxydants ou alors un déficit des mécanismes de défense antioxydant aboutit à une surexposition des molécules biologiques cibles vis-à-vis des réactions oxydatives dommageables (Fig.07) (Scandalios, 2002).

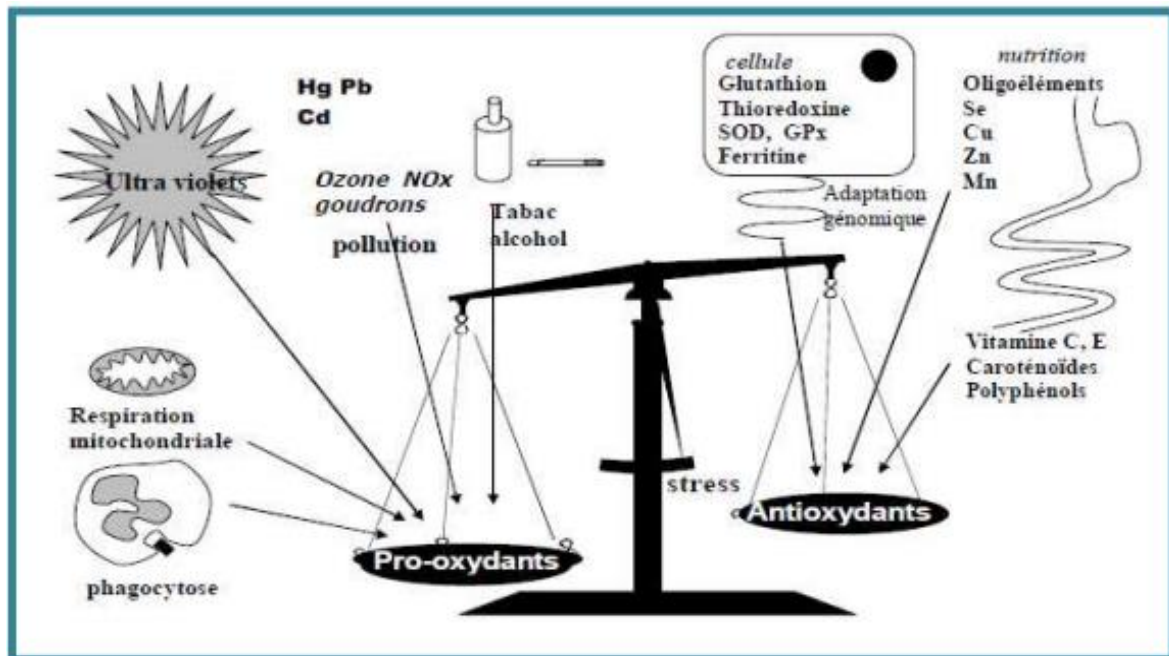


Figure 07 : La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants (Favier, 2006).

Et malgré les systèmes de défense qui sont développer pour traiter ce phénomène (stress oxydant) et lutter contre les espèces réactives (Laguerre *et al.*, 2007). Ce dernier est impliqué dans de nombreuses maladies (Tab. VI).

Tableau 06 : Certaines pathologies résultent de stress oxydatif.

Pathologie	Référence
Cancer	(Goetz et Luch, 2008)
Alzheimer	(Cai et Yan, 2007)
Cardiovasculaire	(Vijaya Lakshmi <i>et al.</i> , 2009)
Inflammation	(Libetta <i>et al.</i> , 2011)
Diabète	(Maritim <i>et al.</i> , 2003)
Obésité	(Gutowski et Kowalczyk, 2013)

I.2. Les radicaux libres

Un radical libre (RL) est un atome ou une molécule qui porte sur sa couche électronique périphérique un ou plusieurs électrons non appariés (Leverve, 2009). Donc il va soit chercher à arracher un électron à une molécule voisine (Gambini et Garnier, 2013), soit transférer le ou les électrons libres sur une autre molécule cibles (lipide, protéine, acide nucléique) (Fontaine *et al.*, 2002). Afin d'apparier leur électron célibataire.

Les RLs les plus importants dans les systèmes biologiques sont les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les espèces réactives de l'azote (ERN) radicalaires et non-radicalaires (Delattre *et al.*, 2005) (Tab. VII). Qui ont des fonctions physiologiques dans la Transduction du signal, Relaxation du muscle lisse ($O_2^{\cdot-}$) et ces dérivés) et la Protection contre l'apoptose par inhibition de certaines cascade ($NO\cdot$) ... etc. (Dröge, 2002). Mais à des concentrations plus élevées, ils induisent la peroxydation lipidique, l'oxydation des protéines et les altérations de l'ADN (Deaton et Marlin, 2003) et induit la mort cellulaire et l'apoptose (Salido et Rosado, 2009).

Plusieurs stimuli peuvent être à l'origine de la production de ces dernières ;

Soit endogènes : des systèmes enzymatiques identifiés dans les cellules comme

- Les NAD(P) H oxydases : sont des enzymes qui génèrent $O_2^{\cdot-}$,
- La xanthine-oxydase : joue un rôle important dans la production des ROS (particulièrement $O_2^{\cdot-}$ et H_2O_2) (Salvayre *et al.*, 2003)

- Les NOS synthèses : sont à l'origine de la synthèse du radical NO^\bullet , mais elles peuvent aussi dans certaines conditions produire des anions superoxyde (Landmesser *et al.*, 2002).

Soit exogènes : un déficit nutritionnel en antioxydants ou même une exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (tabac, Alcool, médicaments, rayons gamma rayons UV, métaux toxiques, ozone ... etc. (Smirnoff, 2005).

Tableau 07 : Différents types des espèces réactives (Gutowski et Kowalczyk, 2013).

Espèce radicalaires		Espèce non radicalaires	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Anion Superoxyde	$\text{O}_2^{\bullet-}$	Acide hypochlorique	HOCl
Monoxyde d'azote	NO^\bullet	Oxygène singlet	$^1\text{O}_2$
Radical alkoxyde	RO^\bullet	Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Radical hydroxyle	OH^\bullet	Peroxyde organique	ROOH
Radical pyroxyde	ROO^\bullet	Peroxynitrite	ONOO^-

I.3. Antioxydant

La production des RLs est régulée par notre organisme qui a développé des moyens de défense antioxydant de protection contre les effets potentiellement destructeurs des RLs. Un antioxydant peut être défini comme toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (Rahal *et al.*, 2014).

I.3.1. Mécanismes d'anti oxydation

Notre organisme possède des systèmes de défense très efficaces, de deux types : les antioxydants endogènes ou enzymatiques et les antioxydants exogènes ou non enzymatiques (Diplok, 1991).

a. Système de défense enzymatique (endogène)

La cellule est pourvue d'enzymes antioxydants qui sont des systèmes de défense très efficaces. Cette ligne de défense est constituée de Superoxydes dismutase (**SOD**), Catalase et de Glutathion peroxydase (**GPx**), ces antioxydants permettent l'élimination des radicaux libres primaires (Tableau 08) (**Favier, 2003**).

Tableau 08 : Antioxydants enzymatique (endogène).

Antioxydants enzymatique	Fonction physiologique
<p><u>Superoxyde dismutase (SOD) :</u> Enzyme associée à des cofacteurs métallique (Métalloenzyme) : (Cu/Zn-SOD), (Mn-SOD) et (EC-SOD). Première ligne de défense contre les ERO.</p>	<p>Transformer l'anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$) en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). (Johnson et Giulivi, 2005). $O_2^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2$</p>
<p><u>Catalase :</u> Enzyme localisé dans les peroxysomes hépatiques et les hématies</p>	<p>Est accélérer la dismutation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau et en oxygène moléculaire O_2 (Piquet et Hebuterne, 2007). $2 H_2O_2 \longrightarrow 2 H_2O + O_2$</p>
<p><u>Glutathion peroxydases(GPXs) :</u> Une enzyme à cofacteur de sélénium (Sélénoprotéine) se localise dans le cytosol et la matrice mitochondriale, agit en synergie avec la SOD.</p>	<p>Elles permettent de réduire des peroxydes organiques (ROOH) et du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en H_2O (Valko et al., 2006). $2 GSH + H_2O_2 \longrightarrow GSSG + 2 H_2O$ $2GSH + ROOH \longrightarrow GSSG + ROH + H_2O$</p>

b. Système de défense non enzymatique (exogène)

Contrairement aux antioxydants enzymatiques, la plupart des antioxydants exogènes ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent donc être apportés par l'alimentation. Dans cette catégorie, on trouve le glutathion, l'alpha tocophérol (vitamine E), l'acide ascorbique (vitamine C), les caroténoïdes et les polyphénols (**Vertuani, 2004**).

Tableau 09 : Principaux antioxydants non enzymatiques (exogènes).

Antioxydants non Enzymatique :	Fonction :	Référence :
<u>Glutathion et protéines-thiols</u> : Le glutathion est un tripeptide.	IL piège le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 et peut réagir avec les radicaux hydroxyles OH^\bullet et d'oxygène singlet O_2^\bullet directement.	(Birben <i>et al.</i>, 2012 ; Kabel, 2014).
<u>Vitamine E (α-tocophérol)</u> : est une vitamine liposoluble à propriété antioxydante.	Elle empêche la propagation de la peroxydation lipidique et de piéger les radicaux libres organiques provenant de l'oxydation des lipides.	(Laguerre <i>et al.</i>, 2007 ; Birben <i>et al.</i>, 2012 ; Kabel, 2014).
<u>Vitamine C (acide L'ascorbique)</u> : Est une molécule hydrophile considérée comme un excellent piègeur des espèces réactives oxygénées.	Elle réagit avec l'anion superoxyde (OH^\bullet), l'oxygène singlet (O_2^\bullet), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), ou encore inhibe la peroxydation lipidique en régénérant la vitamine E.	(Birben <i>et al.</i>, 2012 ; Kabel, 2014).
<u>Les caroténoïdes</u> : ce sont des pigments liposolubles jaunes, orangée à rouge, synthétisés par les plantes et les microorganismes.	Sont capables d'inactiver l' 1O_2 et les RLs en neutralisant l'électron non apparié, les transformant ainsi en molécules ou ions stable.	(Tanumihardjo, 2013).
<u>Les polyphénols</u> : Sont des métabolites secondaires et en particulier la classe des flavonoïdes.	Capables de capter directement des RLs, par chélation de métaux de transition comme le fer.	(Li <i>et al.</i>, 2014).

I.4 Evaluation de l'activité antioxydant

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de méthode universelle, unique et fiable traduisant la capacité antioxydante. En effet, pour juger l'effet antioxydant global d'un extrait d'une

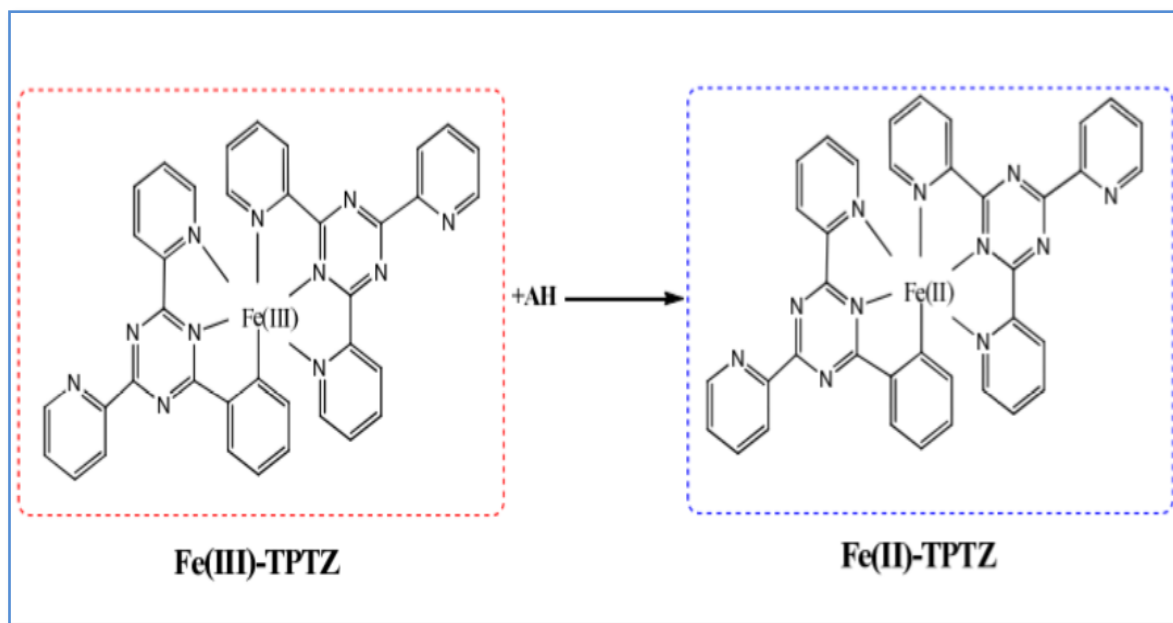


Figure 09. : Mécanisme réactionnel intervenant entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)-TPTZ et un antioxydant (AH) (Thomas, 2011).

I.4.3. Teste antioxydante à l'ABTS :

Cette méthode est basée sur la capacité d'un antioxydant à réduire le radical cation ABTS^{•+} ou l'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) en ABTS (Bekir *et al.*, 2013). Solution qui donne une couleur bleu-vert.

Au cours de ce test le sel d'ABTS perd un électron pour former un radical cation (ABTS^{•+}) de couleur sombre en solution. La réaction se déroule en deux étapes : au cours de la première étape le radical ABTS^{•+} est formé par arrachement d'un électron à un atome d'azote de l'ABTS. La deuxième se déroule en présence de vitamine C (ou d'antioxydant donneur de H[•]), le radical d'azote concerné piège un H[•], conduisant à l'ABTS⁺, ce qui entraîne la décoloration de la solution (Re *et al.*, 1999).

Tableau 10 : Exemples de tests d'activité antioxydante.

Teste	DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrayl)	ABTS (2,2'-azinobis-[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid])	FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)
Mécanismes réactionnels	Transfert d'électron majoritaire	Transfert d'électron et de proton	Transfert d'électron
Nature de molécules testées	Hydrophiles et lipophiles.	Hydrophiles et lipophiles	Hydrophiles
Expression des résultats	Exprimée en IC ₅₀ (concentration nécessaire pour réduire le DPPH de 50%).	Exprimée en IC ₅₀ et/ou en mg ou µmol équivalent Trolox	En mg ou µmol équivalent Fe ²⁺ .
Référence	(Pineloetal., 2004) ; (Magalhães et al., 2008)	(Awika et al., 2003); (Artset al., 2004); (Osman et al., 2006)	(Benzie et Strain, 1996) ; (Ou et al., 2002)



Discussion des travaux antérieures

Discussion des travaux antérieurs

Selon quelques données ethno pharmacologiques la plante de *P. scoparius* est utilisé contre les infections respiratoires (toux, rhume grippe), rhumatismales, urinaires, troubles digestives, rougeole, rubéole et eczéma, aussi dans les soins post partum : spasme et douleurs). Le décocté et l'infusion des feuilles et des fleurs sont utilisés dans le traitement de l'indigestion, maux de l'estomac et de l'abdomen. Elle est utilisée aussi contre les morsures de vipères et les piqûres de scorpions, certains recommandent l'application locale de la poudre des feuilles en cataplasme, qui soulagerait également les douleurs rhumatismales (**Didi et Zabeirou, 2003**).

Plusieurs études antérieures qui ont étudié la composition chimique des huiles essentielles de *P. scoparius* ont montré sa richesse en différents constituants tels que α -pinène, limonène, sabinène, dillapiole et β -pinène.

Un seul travail a été enregistré par (**Adida et al., 2015**) qui a été étudié la phytochimie de cette plante (partie aérienne et racinaire) en effectuant des tests phytochimiques, dosage de polyphénols totaux et flavonoïdes, et l'évaluation de l'activité antiradicalaire des différents extraits de *P. scoparius* sur un radical libre le DPPH.

Elles trouvent les résultats suivants :

Les résultats d'extraction de la matière végétale obtenus montrent que les extraits bruts de la partie aérienne sont récupérés avec un meilleur rendement par rapport à la partie racine.

Le screening phytochimique réalisés sur les extraits des deux parties de *P. scoparius* ont révélé une forte présence de tanins et de coumarines dans tous les extraits à l'exception de l'extrait aqueux de racines pauvres en tanins. Tandis que les flavonoïdes sont fortement présents dans l'extrait méthanoïque, la fraction acétate d'éthyle de la partie aérienne mais faiblement présents dans les extraits méthanoïque et la fraction d'acétate de la partie racinaire. Les extraits aqueux ne renferment aucune trace de flavonoïdes. Concernant les terpénoïdes, leur variable présence dans presque tous les extraits. En revanche, une absence des saponifies et des anthraquinones dans l'ensemble des extraits.

D'après ces résultats, on peut distinguer la richesse de la partie aérienne en certains métabolites secondaires par rapport à la partie racine.

Il est connu que cette plante contient des coumarines en particulier les fuocoumarines qui sont responsables de nombreuses activités biologiques chez les espèces de la même famille telles que *P. triradiatus* (**Novac et al., 1966**).

Le taux de flavonoïdes est plus faible que celui de polyphénols totaux, ceci à la permettre de constater que les polyphénols sont représentés majoritairement par la famille des tanins notamment pour les extraits acétate dans les deux parties de la plante.

Les résultats du pouvoir antiradicalaire obtenus pour différentes concentrations des extraits de *P. scoparius* déterminés sur le DPPH, montrent que le pourcentage de réduction augmente en fonction de la concentration des extraits.

Les extraits de la partie aérienne présentent le pourcentage de réduction du DPPH le plus élevé, contrairement aux extraits des racines qui ont un faible pourcentage de réduction. Les extraits de la partie aérienne ont des valeurs d'IC50 légèrement inférieures à celles des extraits de la partie racine. Les valeurs d'IC50 déterminées par (**Bouaziz et al., 2009**) de la plante *P. chloranthus* dans les extraits : méthanoïque, la fraction acétate d'éthyle et l'extrait aqueux sont nettement inférieurs à leurs résultats.

Cette différence est certainement liée aux taux de polyphénols et de flavonoïdes dans leurs extraits, qui est proportionnelle à l'activité antiradicalaire et qui peut être variable en fonction de certains facteurs écologiques comme le sol, l'humidité, la sécheresse, ou en fonction de la période de la récolte de la plante, ainsi que la partie utilisée.

C'est pour cette raison elle trouve une activité antiradicalaire moyenne de leurs extraits en accordant à leur faible taux de flavonoïdes.



Conclusion Et Perspectives

Conclusion et perspectives

Pituranthos scoparius appelé localement « Guezzah » est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde. Les extraits de cette plante sont largement utilisés, dans la médecine traditionnelle, depuis des siècles contre une multitude de maux, et notamment comme antiarthritique. Les études récentes soulignent des propriétés curatives extraordinaires et prometteuses anti-inflammatoires et antioxydante.

Le choix de cette plante est basé sur quelques données ethno pharmacologiques (infections respiratoires (toux, rhume grippe), rhumatismales, urinaires, troubles digestives, rougeole, rubéole et eczéma, aussi dans les soins post partum : spasme et douleurs).

Les tests phytochimiques réalisés sur cette plante *P. scoparius* ont révélé une forte présence de tanins et de coumarines des huiles essentielles, il est connu que cette plante contient des coumarines en particulier les furo coumarines qui sont responsables de nombreuses activités biologiques chez les espèces de la même famille telles que *P. triradiatus* (Novac et al., 1966).

Les résultats obtenus concernant le pouvoir anti radicalaire des extraits de *P. scoparius* ont montré une activité intéressante de cette plante (Adidas et al., 2015).

Ces résultats préliminaires nous font prévoir un fractionnement et une purification des molécules actives dans les extraits de *P. scoparius* pour mettre en valeur le pouvoir anti radicalaire et d'autres activités biologiques de principes actifs isolés.



Références Bibliographiques

A

Adida, H., Benariba, N., Bechiri, A., Chekroun, E et Djaziri, R. (2015). Etude phytochimique et évaluation du pouvoir anti radicalaire des extraits de *Pituranthos scoparius*. *Phytothérapie* **14**, 207-212.

Aguilera-Carbo, A., Augur, C., Prado-Barragan, L.A., Favela-Torres, E and Aguilar, C.N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins, *Applied Microbiology and Biotechnology*, **78**, 189-199.

Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S and Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst* (127) : 183-198.

Arts, M. J. T. J., Haenen, G. R. M. M., Voss, H. P. et A. Bast, A. (2004). "Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) assay." *Food and Chemical Toxicology* **42**(1) : 45-49.

Awika, J. M., Rooney, L. W., Wu, X., Prior, R. L et Cisneros-Zevallos, L. (2003). "Screening Methods to Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**(23) : 6657-6662.

B

Bach, D., Mascré, M et Deysson, G. (1979). Organisation et Classification des Plantes Vasculaires, Cours de Botanique Générale Quatrième Série. Tome 2, Ed. SEDES, Paris, 540 p.

Beaudeau, J.L et Durand, G. (2011). "Biochimie médicale - Marqueurs actuels et perspectives (2e éd.)". ; médecine sciences publications / LAVOISIER, Année 9/2011.

Bekir, J., Mars, M., Souchard, J.P and Bouajila J. (2013). Assessment of antioxidant, anti-inflammatory, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of pomegranate (*Punica granatum*) leaves. *Food and chemical toxicology*. **55** : 470-475.

Belaïch, R and Boujraf, S. (2016). Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, **10**(1), pp.38-42.

Bellebcire, L. (2008). Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. Thème de magister, Biodiversité et production végétale, université mentouri de constantine, 119.

Benmekhbi, L., Kabouche, A., Kabouche, Z., Ait-Kaki, B., Touzani, R and Bruneau, C. (2008). Five glycosylated flavonoids from the antibacterial butanolic extract of *Pituranthos scoparius*. *Chemistry*.

Benzie, I. F. F et Strain J. J. (1996). "The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power' : The FRAP assay." *Analytical Biochemistry* **239**(1) : 70-76.

Birben, E., Sahiner, U.M., Sackesen, C., Erzurum, S and Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organization Journal*. **5** : 5-19.

Boldi, A.M. (2004). Current Opinion in Chemical Biology, Libraries from natural product-like scaffolds, **8**, 281.

Bouaziz, M., Dhouib, A and Loukil, S. (2009). Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *African Journal of Biotechnology*, **24**: 7017-27.

Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A and Ruberto, G. (2013) Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria) : An ethnopharmacology survey. *Journal of ethnopharmacology*, **148**(2), 395 - 402.

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 585p. (Technique et Documentation)Pp.

Bruneton, J. (2008). Acide phénols. In : Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. P : 198-260.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie – *Phytochimie, plantes médicinales*, 4^e éd., revue et augmentée, Paris, Tec & Doc – Editions médicales internationale, 1288 p.

Bruneton, J. (2015). Pharmacognosie (5^e Éd.) Phytochimie. Plantes médicinales, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. P :1504.

Buchanan, B., Gruissem, W and Jones, R. (2000). American Society of Plant Physiologists, chapitre 24, pp 1250-1318.



Cai, Z and Yan, Y. (2007). Pathway and mechanism of oxidative stress in Alzheimer's disease. *Journal of Medical Colleges of PLA*, 22 ; 320-325.

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P., Castillejos, L and Ferret, A.(2007). Invited review : Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation, *J. Dairy. Sci.* 90 : 2580– 2595.

Cao, G., Prior, R.L. (1998). Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clinical Chemistry*, 44(6), 1309-1315.

Charpentier, B., Hamon-Loreleac, F., Halay, A., Huard, A et Ridoux, L.(2008). Guide du préparateur en pharmacie, 3^eme édition, Elsevier Masson, 1358.

Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents, *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564 - 582.

Crozier, A. (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products : an overview. In *Plants" Diet and Health"*. Ed. Goldberg. P : 27- 48.

Crozier, A., Clifford, M.N and Ashihara, H. (2006). *Plant Secondary Metabolites : Occurrence, Structure and Role in the Human Diet.* Edt Blackwell Publishing Ltd.

Crozier, A., Clifford, M. N. and Ashihara, H. (2008). *Plant secondary metabolites : occurrence, structure and role in the human diet,* John Wiley & Sons.



D'Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C and Masella, R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali-dell'Istituto-Superiore-di-Sanità.* **43(4)** : 348-361.

Dahia, M., Siracusa, L., Laouer, H and Ruberto, G. (2009). Constituents of the polar extracts from Algerian *Pituranthos scoparius* *Journal of Natural Product Communications* Vol. 4 No. 12 1691 – 1692.

Davies, H. D., Robinson, D and Bevill, L. (1995). « Supportive Group Experience for Patients with Early-Stage Alzheimer 's Disease ». *Journal of the American Geriatrics Society* **43(9)**: 1068-69.

Deaton, C.H.M., Marlin, D.J. (2003). Exercise-associated oxidative stress. *Clin Tech Equine Pract* ; **2(3)** : 278-91.

Delattre, J. J.L et Beaudoux, Bonnefont- Rousselot, D. (2005). Radicaux libres et stress oxydant, *asp. biol. et patholo.*, 1- 23.

Derbel, S et Ghedira, K. (2005). Phytothérapie et nutrition : Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie.* 1 : 28-34.

Didi, O.E. H. M et Zabeirou, H. (2003). Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est) place of spontaneous plants samples in the traditional pharmacopoeia of the area of Ouargla (Septentrional East Sahara). *Courrier du Savoir*, 3.

Diplok, A.T. (1991). Antioxydant nutriments and disease prevention : an Overview. *Am. J. Clin. Nutr.* ; 53 (suppl.) : 189S-93S.

Djabri, B., Kalla, A., Rouabhi, R and Djazia, A. (2016). Effect of *Pituranthos scoparius* essential oils on reducing methanogenesis in sheep: In Vitro Study *Environmental Science: An Indian Journal* **12(3)**: 118-126.

Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*, 82 ; 47-95.



ElGharras, H. (2009). Polyphenols : Food sources, properties and applications - A review. *International Journal of Food Science and Technology*, **44**(12) : 2512–2518.

Elhazimi, H. (1995). Natural Product, 149-190.

Eyton, W. B., Ollis, W. D., Sutherland, I. O and Gottlieb.O. R. (1965). Tavora magalhaes.M. Proc. Tetrahedron, 21, 2683.



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

Faivre, Cl., Lejeune, R., Staub, H and Goetz, P. (2006). *Zingiber Officinale Roscoe. Phytothérapie* ; **4**(2) : 99-102.

Fernandez, X., Merck, F et Kerdudo A. Conservateurs pour cosmétiques - Antioxydants et anti-UV. Techniques de l'ingénieur Cosmétiques TIB634DUO, 1-23 (2012).

Fogliani, B. (2002). De la connaissance physiologique des Cunoniaceae endémiques de la nouvelle-Calédonie, à la recherche des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de leurs substances bioactives d'intérêt. Thèse de Doctorat en physiologie végétale et phytochimie, pp 42-52.

Fontaine, E., Barnoud, D., Schwebel, C. and Leverve, X. (2002). Place des antioxydants dans la nutrition du patient septique : Antioxidants in critically ill patients. Réanimation, 11(6), PP.411-420



Gambini, J., Grandier, R. (2013). Effets indésirables des rayons X. EMC - RADIOLOGIE ET IMAGERIE MÉDICALE : Principes et techniques – Radioprotection : 1-20.

Goetz, M.E. and Luch, A. (2008). Reactive species : à cell damaging rout assisting to chemical carcinogens. *Cancer letters*, 266 ; 73-78.

Gourine, N., Merrad, B., Yousfi, M., Stocker, P and Gaydou, E.M. (2011). Chemical composition of the essential oil of *Pituranthos scoparius*. *Nat Prod Commun.*, **6**(8) : 151–154.

Graebe, J.E. (1987). Gibberllin biosynthesis and control. *Annu. Ruv. Plant physiol.* Vol. (38) : 419-465.

Guignard, JL. (1996). Biochimie végétale. Ed. Masson, Paris. France. 274 p.

Guignard, J-L. (2000). Biochimie végétale. Edition Dunod, Paris. 274p.

Gutowski M. and Kowalczyk S. (2013). A study of free radical chemistry : their role and pathophysiological significance. *ACTA biochimica polonica*, **60**(1) ; 1-16.



Haba, H., Benkhaled, M., Georges, M., Christophe, L and Catherine, L. (2004). Alkylated Isocoumarins from *Pituranthos scoparius* Natural Product research, Vol. 18, No. 5, pp. 409–413.

Hammada Haba., Mohammed, Benkhaled., Massiot, Georges., Long, Christophe., Lavaud, Catherine.(2004). Alkylated isocoumarins from Puturanthos *Natural Product Research***18**(5): 409-413.

Hamliche, V et Maiza, K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara: pharmacopoeia of Tassili N'Ajjer. *Journal of ethnopharmacology*, **105**(3), 358 – 367.

Hanson, J. R. (2003). Natural products : the secondary metabolites. Ed. Royaume-Uni : Royal society of chemistry, Italy. 137 p.

Harrar, A.E.N. (2012). Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Rhamnus alaternus* L. Thèse de Magister Biochimie et physiologie expérimentale, Université Ferhat Abbas, Sétif. Algérie. P :73.

Heller, R., Esnault, R., et Delance, C. (1998). Physiologie végétale 1-nutrition 6ème édition. Dunod. Paris, P : 289-288.

Hennebelle, T. (2006). "Investigation chimique, chimio taxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants." Chimie Organique et Macromoléculaire Doctorat : 303.

Hernandezchoa, L.R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné (solvant/actif) d'origine végétale. Thèse de Doctorat. Institut national polytechniques, Toulouse. France. 255p.

Hess, M. (2002). Alkaloids, Nature's Curse or Blessing 1ère édition. Ed. WileyVCH, New York. USA. 297 p.

Heywood, V. H. (1996). Les plantes à fleurs, 306 familles de la flore mondiale, Nathan, Paris.

Hocquemiller, R., Cave, A., Jacquemin, H., Touche, A et Forgacs, P. (1982). Alcaloïdes des annonacées. XXVI (alcaloïdes de *l'Annona crassiflora mart*). *Plantes médicinales et phytothérapie*. Tome XVI, 1, p. 4-6.

Hopkins, W.G. (2003). Assimilation du carbone et productivité. Dans : *Physiologie végétale Traduction de la 2ème édition américaine par Serge Rambour. Editions De Boeck université,515 p.*



Iwueke, A.V and Nwodo O.F.C., (2008). Antihyperglycaemic effect of aqueous extract of *Daniellaoliveri* and *Sarcocephalus latifolius* roots on key carbohydrate metabolic enzymes and glycogen in experimental diabetes. *Biokemistri*. 20 : 63 - 70.

J

Jean-Denis, J.B. (2005). Caractérisation de polyphénols stilbéniques et de dérivés induits ou constitutifs de la vigne impliqué dans sa défense contre l'agent pathogène du mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola* (Berk and Curt). Thèse de doctorat en Biochimie. Université de Neuchâtel.

Johnson, F. AND Giulivi, C. (2005). Superoxide dismutases and their impact upon human health. *Molecular Aspects of Medicine*, **26**(4-5), pp.340-352.

K

Kabel A.M. (2014). Free radicals and antioxidants : role of enzymes and nutrition. *World journal of nutrition and health*. **2**(3) : 35-38.

Kansole, M.M.R. (2009). Etude ethnobotanique, photochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso : cas de *leucas martinicansis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia oppossta vahl* et *Orthosiphon pallidus royle ex benth*. Mémoire pour obtenir un diplôme (D.E.A) en Sciences Biologique Appliquées, Burkina Faso.

Kiram, A., Ramdani, M et Zeraib, A. (2013). Etude Phytochimique et de L'activité Antimicrobienne des Huiles Essentielles de *Pituranthos Scoparius* de la Région de Biskra (Sud-Est Algérien). *Unisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products* (TJMPNP) **10**(2) : xx-xx.

Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (pan troglodytes Schweinfurth) en Ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat. Museum national d'histoire naturelle, Ouganda. 49p.

Ksouri, A., Dob, T., Belkebir, A., Dahmane, D and Nouasri, A.(2017). volatile compounds and biological activities of aerial parts of *Pituranthos scoparius* (Coss and Dur) Schinz (Apiaceae) from Hoggar, southern Algeria *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* **16**(1):51-58 ISSN:1596-9827.

L

Laguerre, M., Lopez-Giraldo, L.J., Lecomte, J., Pina, M and Villeneuve, P. (2007). Outils d'évaluation *in vitro* de la capacité antioxydante. *Oilseeds and fats. Crops and lipids.* 14(5) : 278-292.

Landmesser, U., Dikalov, S., Price, S.R., McCann, I., Fukai, T and Holland, S. M. (2002). Oxydation of tetrahydrobiopterin leads to uncoupling of endothelial cell nitric oxide synthase in hypertension, *J Clin Invest.* 111; 1201-9.

Leverve, X. (2009). Stress oxydant et antioxydants ? Cahiers de Nutrition et de Diététique, 44(5), pp.219-224.

Li, A.N., Li, S., Zhang, Y.J., Xu, X.R., Chen, Y.M. and Li, H.B. (2014). Resources and biological activities of Natural polyphenols. *Nutrients,* 6 ; 6020-6047.

Libetta, C., Sepe, V., Esposito, P., Galli, F. and Dal Canton, A. (2011). Oxidative stress and inflammation : implications in uremia and hemodialysis. *Clinical Biochemistry,* 44 ; 1189–1198.

Liu, R.H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr.* 78 (3), 517S-20S.

Lobstein, A. (2010). Substances naturelle et pharmacognosie, les alcaloïdes, pp 16-17.

Lograda, T., Ramdani, M., Kiram, A., Chalard, P and Figueredo, G. (2013). VARIATION OF ESSENTIAL OILS COMPOSITION OF PITURANTHOS SCOPARIUS IN ALGERIA *Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med. | Volume 2, Issue*

1



Macheix, J.J., Fleuriet, A et Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes. P : 4-5.

Macheix, J.J., Fleuriet, A et Jay-Allemand. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR Presses polytechniques.

Madhavi, D.L., Deshpande, S.S and Salunkhe, D.K. (1996). Food Antioxidants. Technological, Toxicological, and Health Perspectives. Marcel Dekker, Inc. New York. P : 65.

Magalhães L.M., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L.F.C. Methodological aspects about *in vitro* evaluation of antioxidant properties. *Anal. Chim. Acta* 613, 1-19 (2008).

Malti, C.D.W., Boussaïd, M., Belyagoubi, L., Paoli, M., Gibernau, M., Tomi, F., Bekkara, F.A and Bekhechi, C. (2018) Chemical Variability of the Essential Oil of *Pituranthos scoparius* from Algeria. *Journal of Chemistry and biodiversity* 15(7).

Mamadou, B. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologique de *Nauclea la tifoliasmith* une plante médicinales africaine récoltée au mali. Thèse de doctorat. Mali : Université de Bamako, 26-27.

Marc, F., Davin, A., Deglène-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M et Fritsch, P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxidant dans les aliments. *Médecines Sciences*, (20) :458-464.

Marfac, A. (2003). Radiolyse Gamma des Flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de Depsides. Thèses de Doctorat. Université de Limoges.

Maritim, A.C., Sanders, R.A. and Watkins III, J.B. (2003). Diabetes, oxidative stress and antioxidants : a review. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 17 : 24-38.

Martone, P., Estevez, J., Lu, F., Ruel, K., Denny, M., Somerville, C and Ralph, J. (2009). Discovery of Lignin. *Current biology*, **19**(2) : 169–75.

Mates, J. M., Pérez-Gomez, C and De Castro, I. N. (1999). "Antioxidant enzymes and human diseases." *Clinical Biochemistry* **32**(8): 595-603.

Mazza, G., Cacace, J. E. and Kay, C. D. (2004). Methods of analysis for anthocyanins in plants and biological fluids. *Journal of AOAC international*, **87**, 129-145.

Molyneux P. (2004). The Use of the Stable Free Radical Diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for Stimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin J SceTechnol.* **26**(2) : 211-219.

Morreel, K., Goeminne, G., Storme, V., Sterck, L., Ralph, J., Coppieters, W., Breyne, P., Steenackers, M., Georges, M., Messens, E and Boerjan W.(2006). Genetical metabolomics of flavonoid biosynthesis in *Populus* : a case study. *Plant J.* **47** : 224-37.

YN

Nacoulma, A.P. (2013). Reprogrammation métabolique induite dans les tissus hyperplasiques formés chez le tabac infecté par *Rhodococcus fascians* : aspects fondamentaux et applications potentielles. Thèse de Doctorat en Sciences Biomédicales et Pharmaceutiques, 187p.

Nait Said, N. (2007). Etude phytochimique des extraits chloroformiques des plantes: *Pituranthos chluranthos* et *Marrubium vulgare*. Mémoire de Magister, Université EL-Hadj Lakhdar-Batna, Algérie.

Narasimhan, M. K., Pavithra, S. K., Krishnan, V. and Chandrasekaran, M. (2013). In Vitro Analysis of Antioxidant, Antimicrobial and Antiproliferative Activity of *Enteromorpha antenna*, *Enteromorpha linza* and *Gracilaria corticata* Extracts. *J Nat Pharm Prod.* **8**(4) : 151-159.

Négre, R. (1962). Petite Flore des Régions Arides du Maroc occidental, Tome 2 Ed. CNRS, Paris France.

Nkhili, E. (2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat, Sciences des Aliments, université Cadi Ayyad Marrakech, 378.

Novak, I., Buzas, G., Minker, E., Kolfai, M., Szendrie, K. (1996). *Planta Med* 14 : 57-61.



Osman, A. M., Wong, K. K. Y., Hill, S. J et Fernyhough, A. (2006). "Isolation and the characterization of the degradation products of the mediator ABTS-derived radicals formed upon reaction with polyphenols." *Biochemical and Biophysical Research Communications* 340(2) : 597-603.

Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A et Deemer, E. K. (2002). "Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay : A comparative study." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(11) : 3122-3128.

Ozenda, P. (1958). Flore du Sahara, Ed. CNRS Paris France.

Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. 2em ED. CNRS. Paris.

Ozenda, P. (1991). Flore et végétation du Sahara. (3ème édition, augmentée). Ed. CNRS, Paris : 662p.



Pandey, K. B and Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Vol. 2(5) : 270 – 278.

Pinelo, M., Manzocco, L., Nunez, M. J et Nicoli, M. C. (2004). "Solvent effect on quartet in antioxidant capacity." *Food Chemistry* 88(2) : 201-207.

Piquet, M.A., et Hebuterne, X., (2007). Nutrition en pathologie digestive ; Ed : DOIN ; p :16-20.

Prior, R.L. (2003). Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. *Am J Clin Nutr.* 78, 570S-8S.

Q

Quezel, P et Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales. Édition CNRS. Paris. Tome II.

Quezel, P et Santa. S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Es.C.N.R.S. S, Ed. Paris, p 1165.

Quezel, P et Santa, S. (1962-1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 1, Tome2). Ed du centre National de la Recherche Scientifique.

R

Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S. and Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants and antioxidants : the interplay. *Bio Med Research International*, V2014 ; 1-14.

Raven, H., Evert, R. F et Eichhorn, S.E. (2000). Biologie végétale. 6e édition. Traduit par Jules Bouharmont avec la collaboration scientifique de Charles-Marie Evrard. *De Boeck Université-PARIS*, 944p.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Fre. Rad. Bio. Med.*, **26**(9-10), 1231-1237.

Ríos-Arrabal, S., Artacho-Cordón, F., León, J., Román-Marinetto, E., Salinas-Asensio, M.M., Calvente, I and Núñez, M.I. (2013). Involvement of free radicals in breast cancer. *Springerplus*, **2**(404) ; 1-12.

Roux, D et Catier, O., (2007). Botanique, pharmacognosie, phytothérapie. 3ème

édition. Ed. Wolters Kluwer, Dalian. China. 141 p.



Sainvitu, P., Nott, K., Richard, G., Blecker, C., Jérôme, C., Wathelet, J.P., Paquot, M and Deleu, M. (2012). Structure, properties and obtention routes of flaxseed lignin secoisolariciresinol : à review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **16**(1) : 115-124.

Salido M. and Rosado J.A. (2009). Apoptosis : involvement of oxidative stress and intracellular ca^{2+} homeostasis genes. *Springer Science and Business Media*, pp : 1-17.

Salvayre, R., Auge, N et Nègre-Salvayre, A. (2003). Rôle de l'oxydation dans la genèse et la progression de l'athérosclérose. *L'athérosclérose : Physiopathologie, Diagnostics, Thérapeutiques.*, J.F., Toussaint, M.P., Jacob, L., Lagrost, J., Chapman, Eds. Masson : Paris, 14, 269-290.

Sanchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International.* **8**(3) :121-137.

Sarni-Manchado, P et Cheynier, V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Lavoisier. Pp 2-10.

Scandalios, J. G. (2002). Oxidative stress responses-what have genome-scale studies taught us, *Genome biology*, **3**(7), reviews1019.1-1019.6.

Schauenberg, P et Paris F., (2005). Guide des plantes médicinales. Analyse, description et utilisation de 400 plantes. 2ème édition. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. Suisse. 396 p.

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S et Pessarakli, M. (2012). "Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions." *Journal of Botany*: 1-26.

Skerget, M., Kontink, P., Hadolin, B., Hras, A.R., Simonic, M and Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidines, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food chemistry.* **89** : 191-198.

Smirnoff, N. (2005). Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants ; Ed 1 :
Blackwell Publishing Ltd. 317 p.

Sorg, O. (2004). Oxidative stress : a theoretical model or a biological reality.
Comptes Rendus Biologies. 327, 649-662.

Stafford, H.A.(1997). Role of Flavonoids in symbiol and defuse functions in
legume roots, *Bot.rev* 63 27-39.

Suhaj, M. (2006). Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a
review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 : 531–537. DOI :
10.1016/j.jfca.2004.11.005

Swaint, T and Hillis, W.E. J. (1959). *Sci. Food agri.* P : 669.



**Tabanca, N., Demirci, B., Ozek, T., Kirimer, N., Baser, K. H. C., Bedir, E.,
Khan, I. A. and Wedge, D. E. (2006).** Gas Chromatographic–Mass Spectrometric
Analysis of Essential Oils from Pimpinella Species Gathered from Central and Northern
Turkey. *J Chromatogr. A.* **1117**(2) : 194-205. Nombre d’espace.

Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J., Dommès, J. (2009).
Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests.
Food Chem. 113, 1226-1233.

Tadhani, M.B., Patel, V.H and Subhash, R. (2007). In vitro antioxidant activities
of Stevia rebaudiana leaves and callus. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 :
323- 329. DOI : 10.1016/j.jfca.2006.08.004.

Taibur, R., Ismail, H., Towhidul Islam, M.M and Haossain Uddin, S. (2012).
Oxidative stress and human health. *Advances in Bioscience and Biotechnology.* 3 : 997-
1019.

Tanumihardjo, S.A. (2013). Carotenoids and Human Health. *Humana Press,*
Springer. USA.

Thomas, M. (2011). Nouvelles méthodologie d'extraction, de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaé rhomboïdes*). Thèse de doctorat en chimie analytique-Phytochimie l'université d'Orléans.



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.

Verite, P., Nacer, A., Kabouche, Z., Seguin, E. (2004). Composition of seeds and stems essential oil of *Pituranthos scoparius* (Coss. & Dur.) Schinz. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(6): 562-564.

Vermerris, W and Nicholson, R. (2006). Phenolic Compound Biochemistry. New York, USA : Springer.

Vertuani, S., Angela Aet Stefano, M. (2004). « The Antioxidants and Pro-antioxidants Network : An Overview ». *Current Pharmaceutical Design* 10(14) : 1677- 94.

Vijaya Lakshmi, S.V., Padmaja, G., Kuppusamy, P and Kutala, V.K. (2009). Oxidative stress in cardiovascular diseases. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 46 ; 421-440.



Walker, J.E.M., Saraste, M.J., Runswick and Gay, N.J. (1982). Distantly related sequences in the alpha-and bêta-subunits of ATP synthase, myosin, kinases and other ATP-requiring enzymes and a common nucleotide binding fold. *Embo J*, 1 (8) : 945- 51.

Wichtl, M et Anton, R. (2003). Plantes thérapeutiques. 2ème édition Tec et Doc, Paris. P 689.

Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, vol.64, p.3-19.

g

Ziegler, J and Facchini, P.J., (2008). Alkaloids Biosynthesis : Metabolism and Trafficking. *Annu Rev Plant Biol.* Vol (59) : 735 – 769.

