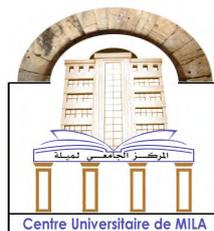


.. ○ · ○ · ○ ○ · ○
République Algérienne Démocratique et Populaire
○ · ○ ○ ○ ○

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière: Biologie

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option: Biochimie et Microbiologie Appliquées

Thème:

Evaluation de l'activité antioxydante d'une plante médicinale

Préparé par: GHERBI Meriem

KASSA BAGHDOUCHE Amina

Soutenue devant le jury:

- Président : BOUBENDIR Abd elhafid
- Examinateur : HARRIECHE Ouahiba
- Promoteur : BOUCHEKRIT Moufida

(M.C. B. Centre Universitaire de Mila)
(M. A. A. Centre Universitaire de Mila)
(M. A. A. Centre Universitaire de Mila)

Année Universitaire : 2014/2015

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous désirons exprimer notre profonde et vive reconnaissance à notre encadreur, M^{elle} BOUCHEKRIT Moufida, Qui a mis toute sa compétence à notre disposition, pour ces directives et conseils judicieux et pour son suivi régulier à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions les membres du jury : Mr Boubendir Abd elhafid et M^{me} Harrieche Ouahiba d'avoir accepté de juger notre travail.

Nous voudrions aussi exprimer toute notre gratitude et nos remerciements à tous les enseignants Pour leurs orientations et conseils.

Nous remercions également tous les membres de laboratoire qui nous ont aidés à réaliser ce travail.

Nos derniers remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces

*À ALLAH tout puissant pour m'avoir donné
la volonté, la patience et le courage nécessaire pour mener ce
travail à bout.*

*À mes parents, en témoignage de ma gratitude pour leur écoute, leur
soutien et leurs encouragements dans les moments difficiles, sans vous
rien n'aurait été possible, merci pour votre soutien et votre amour.*

À mon très cher frère Ayman.

À mes soeurs Sonia, Souheila, Donia.

*À toute ma famille pour leur soutien morale et physique qui m'ont
permis de devenir la personne que je suis.*

*À mes amis notamment Lamia, Ahlem, Sabra, Dia el kamer, Ines, Sinya
et Boussayna, merci pour tous les bons moments que nous avons passés
ensemble.*

*Enfin à ma compagne Meriem pour sa patience, son amour, son soutien
et surtout sa confiance inébranlable en moi. Ainsi que tous ceux qui
m'ont aidé dans ma tâche.*

AMINA

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie:

A mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études, et leurs encouragements dans les moments difficiles

A mes sœurs: Ahlem, Assia, Houda

A mes très chers frères: Mourad et Rabah

A ma belle sœur: Bouchra

A mes oncles et mes tantes

Ainsi qu'à mes cousins et mes cousines

A toute ma grande famille.

A toute mes amies : Amina, Lamia, Sabra, Dia el Kamer, Naima, Kenza , Warda, Houda, Sinya , Boussayna, Hadjer, Katya , Ikram et Chayma

MERJEM

Sommaire

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Première partie: Etude bibliographique

I-Généralité sur les plantes médicinales.....	2
1-Historique.....	2
2-Introduction.....	3
3-L'importance de l'utilisation des plantes médicinales.....	4
4-domaines d'application des plantes médicinales.....	4
4-1-Utilisation en médecines.....	5
4-2-En alimentation.....	5
4-3-En cosmétique.....	5
4-4-En agriculture.....	6
II-La famille des Apiacées.....	7
1-Présentation de la famille des Apiacées.....	7
2-Caractères botaniques généraux de la famille.....	7
3-Morphologie.....	8
3-1-La tige.....	8
3-2-Les feuilles.....	8
3-3-Les fleurs.....	9
3-4-Les fruits.....	9
3-5-Organes souterrains.....	9
4-Répartition géographique.....	9
5-L'utilisation des Apiacées.....	11
5-1-Intérêt économique.....	11
5-2-L'utilisation en médecine traditionnelle.....	12
6-Présentation de la plante étudiée.....	12
6-1-Position systématique.....	13

6-2-Description.....	13
6-3-Habitat et écologie.....	14
6-4-Distribution.....	14
III-L'évaluation de l'activité antioxydante.....	15
1-Définition des antioxydants.....	15
2-Définition des radicaux libres.....	16
3-Nature des radicaux libres.....	16
3-1-Espèces réactives dérivées de l'oxygène(ERO).....	16
3-1-1-Ion super-oxyde.....	17
3-1-2-Radical libre hydroxyle.....	17
3-1-3-Oxygène singulet.....	17
3-2-Espèces libres non oxygénées.....	17
4-L'intérêt des antioxydants dans la lutte contre le stress oxydatif.....	18
5-Les principales sources des antioxydants.....	18
5-1-Les antioxydants synthétiques.....	18
5-2-Les antioxydants naturelles.....	19
5-2-1-Les polyphénols.....	19
5-2-1-1-Les flavonoïdes.....	20
5-2-1-2-Tannins.....	23
5-2-2-Saponines.....	25
5-2-3-La vitamine E.....	25
5-2-4-Caroténoïdes.....	26
5-2-5-La vitamine C.....	27
5-2-6-Les oligo-éléments.....	28

Références bibliographiques

Deuxième partie: Etude expérimentale

I- Matériels et Méthodes.....	29
1-Matériels de laboratoires.....	29
2- Solvants et réactifs.....	29
3- Matériel végétal.....	29
4-Préparation des extraits.....	30
5- Activité antioxydante.....	30
5-1- La méthode de piégeage du radical libre DPPH.....	30

5-2- Méthode de réduction de fer.....	32
6-L'analyse statistique.....	32
II- Résultats.....	33
III-Discussion.....	36
Références bibliographiques	
Conclusion	
Annexes	

Résumé

Les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans les industries cosmétique et pharmaceutique voire même en industrie agroalimentaire. Cela est dû essentiellement à leur richesse en substances actives douées d'importantes activités biologiques. Dans ce cadre, notre étude vise à étudier l'activité antioxydante de trois extraits (acétate d'éthyle, aqueux et méthanolique) de la partie aérienne d'une plante médicinale appartenant à la famille d'Apiaceae (*Margotia gummifera*). L'évaluation du pouvoir antioxydant a été réalisée en utilisant la méthode de piégeage du radical libre DPPH et celle de la réduction du fer. Le test de DPPH a indiqué que l'extrait acétate d'éthyle a montré une bonne activité antioxydante avec $IC_{50}=1,71\mu\text{g/ml}$, suivi par l'extrait méthanolique et aqueux avec IC_{50} égale à $21,21\mu\text{g/ml}$ et $37,05\mu\text{g/ml}$ respectivement. En plus de ce test, le test de pouvoir réducteur a révélé aussi que l'extrait acétate d'éthyle a un pouvoir réducteur plus élevé ($IC_{50}=8,09\mu\text{g/ml}$) que celui de l'extrait méthanolique et aqueux (IC_{50} égale à $20,44$ et $34,73\mu\text{g/ml}$, respectivement). Dans les deux tests, le pouvoir antioxydant des trois extraits est relativement faible que celui de l'acide ascorbique (standard).

Mots clés: plante médicinale, activité antioxydante, Apiaceae, *Margotia gummifera*, test de DPPH, pouvoir réducteur.

Abstract

The aromatic and medicinal plants occupy a broad place and play a great role in industries cosmetic, pharmaceutical and agroalimentary industry. That is due to active substances endowed with significant biological activities. Within this framework, our study aims to study the antioxidant activity of three extracts (Acetic ethyl, aqueous and methanolic) of the aerial part of a medicinal plant belonging to the family of Apiaceae (*Margotia gummifera*). Assessment of antioxidant activity was determined using a DPPH assay and reducing power. DPPH test showed that the extract of Acetic ethyl have a good antioxidant activity with $IC_{50}=1,71\mu\text{g/ml}$, followed by methanolic and aqueous extract with IC_{50} equal 21,21 et 37,05 $\mu\text{g/ml}$, respectively. The Acetic ethyl extract showed also the greatest capability in reducing power (with $IC_{50}=8,09\mu\text{g/ml}$), than the methanolic and aqueux extract (IC_{50} equal 20,44 and 34,73 $\mu\text{g/ml}$, respectively). The antioxidant activity of three tested extracts using power reducing and DPPH tests is less inferior to ascorbic acid (standard).

Key words: medicinal plant, antioxidant activity, Apiaceae, *Margotia gummifera*, DPPH test, reducing power.

الملخص

تشغل النباتات العطرية والطبية مكان واسع وذلك لدورها الكبير في الصناعات التجميلية والصيدلانية, كذلك بالنسبة للصناعات الغذائية وهذا لغناها بالمواد الفعالة ذات الأهمية البيولوجية. جزء كبير من البحوث المهمة حاليا تعمل على دراسة الجزيئات الطبيعية المضادة للأكسدة, وعلى هذا الأساس قمنا بدراسة القدرة المضادة للأكسدة لمستخلصات الجزء الهوائي لنبتة طبية من عائلة *Apiacées* تتمثل في *Margotia gummifera*

تمت دراسة الخصائص المضادة للأكسدة باستخدام طريقتين الأولى تتمثل في تثبيط الجذور الحرة DPPH, والثانية في إرجاع الحديد. تجربة تثبيط الجذور الحرة بينت أن مستخلص ايثيل الاسيتات يمثل المستخلص ذو النشاطية الأكبر في إرجاع 50% من الجذور الحرة بقيمة تقدر ب: 1,71 ميكروغرام/مل يليها مستخلص الميثانول و المستخلص المائي بقيمة تقدر ب: 21,21 و 37,05 ميكروغرام/مل على الترتيب من جهة أخرى تجربة إرجاع الحديد بينت كذلك أن مستخلص ايثيل الاسيتات له النشاطية الأكبر (بقيمة 8,09 ميكروغرام/مل) مقارنة مع المستخلصين الميثانولي والمائي بقيمتي 20,44 و 34,73 ميكروغرام/مل على التوالي. جميع المستخلصات تمتلك قدرة مضادة للاكسدة ولكن تبقى قدرتها اقل مقارنة مع نشاط الفيتامين س.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية, النشاط المضاد للأكسدة, *Apiacées*, *Margotia gummifera*, تجربة DPPH, قدرة الإرجاع.

Liste des abréviations

Abs: Absorbance.

Ac: Acide.

AcOEt: Acétate d'éthyle.

Aq: Aqueux.

BHA: butylhydroxyanisole.

DPPH: 2,2-diphényle-1 picrylhydrazyle.

E. coli: *Escherichia coli*.

E.P.: Ether de pétrole.

ERO: Espèces Réactives dérivées de l'Oxygène.

Fe²⁺: Fer ferreux.

Fe³⁺: Fer ferrique.

FeCl₃: Chlorure ferrique.

FROs: Formes Réactives de l'Oxygène.

I%: Pourcentage d'inhibition.

IC₅₀: Concentration d'Inhibition à 50%.

J-C: Jésus-Christ.

LDL: Low Density Lipoprotein.

NDGA: l'acide nordihydroguaiarétique.

O₂^{•-}: Ion super-oxyde.

OH[•]: Radical libre hydroxyle.

OG: Gallate d'octyle.

PG: Gallate de propyle.

TBHQ: tertiarybutylhydroquinone.

THBP: 2,4,5-trihydroxybutyrophenon.

¹O₂ : Oxygène singulet.

4HR: 4-hexylresorcinol.

Liste des figures

Figure: 01	Inflorescence des Apiacées.....	8
Figure: 02	Répartition géographique mondiale des Apiacées.....	10
Figure: 03	La fleur de <i>Margotia gummifera</i>	13
Figure: 04	Structure générale du noyau des flavonoïdes.....	21
Figure: 05	Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B).....	23
Figure: 06	Structure des tocophérols.....	26
Figure: 07	Structure des formes oxydée et réduite de l'acide ascorbique.....	27
Figure: 08	forme libre et réduite du DPPH.....	31
Figure: 09	Pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique et les trois extraits.....	33
Figure: 10	Pouvoirs réducteurs des différents échantillons.....	35
Figure: 11	les valeurs d'IC ₅₀ des différents extraits et de l'acide ascorbique.....	36
Figure: 12	les valeurs d'IC ₅₀ des différents extraits ainsi que le standard.....	39

Liste des tableaux

Tableau: 01	Les maladies soignées par quelques familles des plantes médicinales.....	6
Tableau: 02	Répartition mondiale des genres d'Apiacées.....	10
Tableau: 03	Activités biologiques de quelques composés phénoliques.....	20
Tableau: 04	Valeurs des IC ₅₀ des différents extraits et de l'acide ascorbique.....	34
Tableau: 05	tableau représente les valeurs d'IC ₅₀ des trois extraits et de l'acide ascorbique.....	35



*Introduction
générale*

Introduction générale

Au travers des âges, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base: nourriture, abris, vêtements et également pour ses besoins médicaux. L'utilisation thérapeutique des extraordinaires vertus des plantes pour le traitement des maladies de l'homme est très ancienne et s'évolue avec l'histoire de l'humanité (**Daroui Mokaddem., 2012**).

Les plantes médicinales sont à la fois un produit fini destiné à la consommation et une matière première pour l'obtention des substances actives, elles représentent une source de revenus non négligeables pour de nombreuses populations. C'est pour cela, il y a actuellement une tendance claire vers l'utilisation des produits naturels en tant que composés alternatifs pour la lutte contre les maladies et les organismes nuisibles. Par conséquent, la recherche de nouveaux produits naturels y compris les extraits végétaux, qui pourraient substituer les produits synthétiques semble être important. Les plantes constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives (**Ayachi., 2014**).

Le continent africain est l'un des continents dotés d'une biodiversité la plus riche dans le monde. L'Algérie, un pays connu par ces ressources naturelles et dispose une flore singulièrement riche et variée où on peut compter environ 3000 espèces de plantes dont 15% endémique et appartenant à plusieurs familles botaniques (**Harkati., 2011**).

Notre étude consiste à étudier l'activité biologique antioxydante des extraits naturels d'une espèce appartenant à la famille d'Apiaceae. A cet effet, notre travail est subdivisé en deux parties:

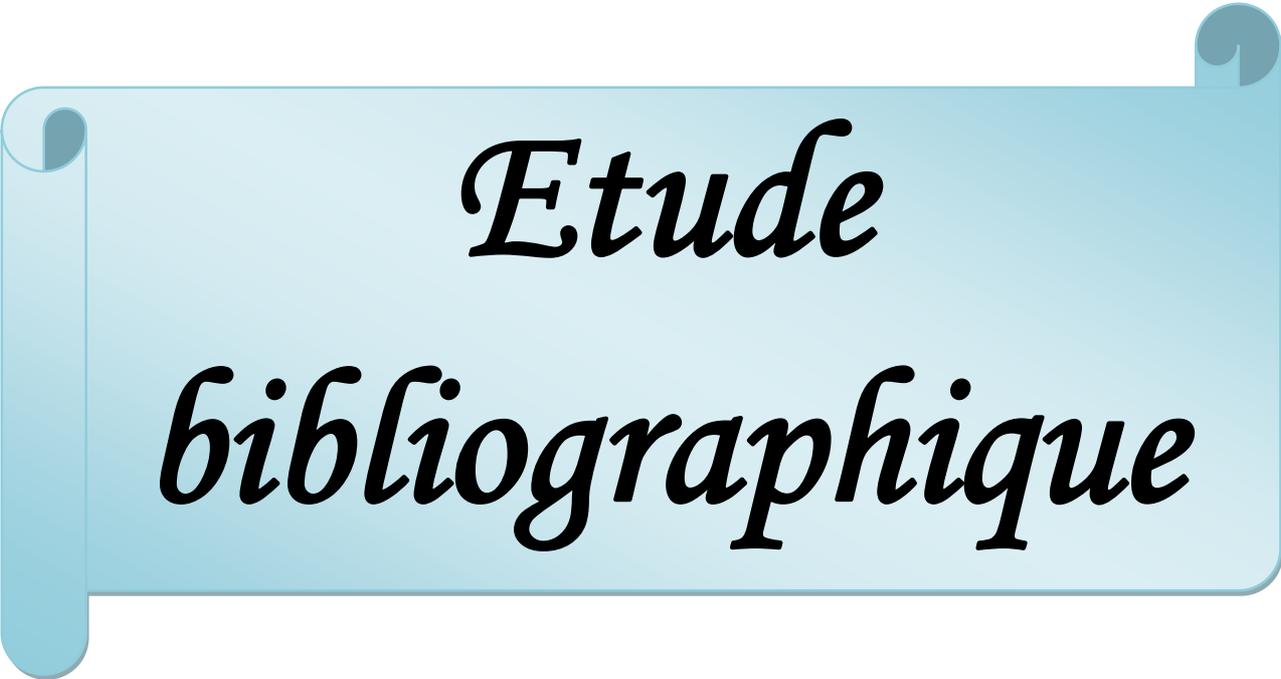
- **Partie bibliographique** qui englobe:

- Généralités sur les plantes médicinales, leur domaine d'application et leur utilisation en médecine traditionnelle.

- Présentation de la famille des *Apiacées* et l'étude botanique de la plante étudiée (classification, description, répartition géographique,)

- Etude de l'activité antioxydants et quelques grandes familles chimiques (flavonoïdes, tannins, saponins....)

- **Partie expérimentale:** qui met en évidence l'activité antioxydante de cette plante par deux méthodes: le piégeage du radical libre DPPH et la réduction de fer.



*Etude
bibliographique*

I. Généralité sur les plantes médicinales

1. Historique

Pour améliorer encore plus la pratique de la médecine moderne, les chercheurs se tournent de plus en plus vers la médecine traditionnelle comme source de nouveaux médicaments (**Haslam et al., 1989**).

Depuis toujours les plantes ont constitué la source majeure de médicaments grâce à la richesse de ce qu'on appelle les métabolismes secondaires. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, en particulier à partir du néolithique. L'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours du temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade (**Fouché et al., 2000**).

Dans les civilisations chinoises, indienne (médecine ayurvédique) ou aztèque, on trouve les traces d'utilisations médicinales très anciennes. Le premier livre de la matière médicale est Shen Nung Ben Cao jing (Traité des plantes médicinales de l'empereur Shen Nung) qui fut rédigé vers 2900 avant J.-C. 4000 ans avant J.-C., les populations babyloniennes et sumériennes utilisaient les plantes pour se soigner: 600 tablettes d'argiles mentionnent 1000 plantes pour leurs vertus curatives et plus de 800 remèdes sont décrits par les Egyptiens (**Fouché et al., 2000**). Le soin de la peau a commencé 3.000 ans avant la naissance du J.-C, quand les Egyptiens ont enregistré en forme hiéroglyphique le soin de la peau sur des peintures de mur de temple (**Dweck, 2002**).

Au cours des dernières années, plusieurs raisons ont mené au rétablissement de l'usage des plantes médicinales en Amérique du Nord. Elles sont d'abord d'un coût inférieur aux médicaments de synthèse, puis elles arrivent à un moment où le public est désillusionné devant la médecine moderne (**Barkaet Ben Attallah, 2010**).

2. Introduction

La définition d'une plante médicinale est très simple, il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (**Farnsworth *et al.*, 1986**). Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Elqaj *et al.*, 2007**).

Les plantes médicinales sont utilisées depuis longtemps comme remèdes contre plusieurs maladies. A titre d'exemple, l'ail, le gingembre, la menthe, le thym, la sauge, le fenugrec, le genévrier, l'origan et l'absinthe sont utilisés comme antiseptiques, anti-inflammatoires, antiparasitaires et pour la stimulation de la digestion et le traitement de plusieurs maladies gastro-intestinales (**Tipu *et al.*, 2006**; **Viegi *et al.*, 2003**).

Pendant longtemps, les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales furent le principal recours de la médecine de nos grands parents. Malgré le développement de l'industrie pharmaceutique qui a permis à la médecine moderne de traiter un grand nombre de maladies qui étaient souvent mortelles, les plantes médicinales et les remèdes qu'on pouvait en tirer ne furent jamais totalement abandonnés et les gens ne cessèrent jamais de faire appel à la médecine traditionnelle, ce qui a conduit à maintenir vivante une tradition thérapeutique connue depuis nos ancêtres.

Certaines plantes sont inoffensives, mais d'autres, dite nombreuses (digitale, belladone, colchique, etc.), sont toxiques et ne sont utilisées que sous des formes bien contrôlées, exclusivement commercialisées en pharmacie. L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans la nature peut aboutir à des intoxications graves, voire mortelles (**Benarous, 2006**).

3. L'importance de l'utilisation des plantes médicinales

Il est acquis que les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus. Si l'on y ajoute avec leurs vertus réparatrices, tonifiantes, sédatives, revitalisantes ou immunologiques, on mesure mieux l'aide précieuse qu'elles sont susceptibles de nous apporter au quotidien (**Benarous, 2006**).

Les espèces végétales représentent la base de la pharmacopée humaine et une grande partie des médicaments en sont tirés. C'est le cas notamment du remède le plus utilisé au monde: l'aspirine tiré de *Filipendulaulmaria*(reine-des-prés), quelques années après que la salicine a été isolée de *Salixalha*(saule blanc). Les connaissances autochtones des végétaux et de leur utilité médicinale ont beaucoup contribué au développement de produits pharmaceutiques. Par exemple, c'est grâce à l'utilisation traditionnelle d'espèces telle que:*Digitalispurpurea*(digitale pourpre) et *Cinchonassp* (Quinquina), qui furent développés respectivement la digitaline pour traiter certaines conditions cardiaques, la quinine pour traiter la malaria ainsi que la podophyllotoxine pour traiter certaines formes de cancer (**Fabricant et Farnsworth, 2001; MillenniumAssesment, 2005**).

L'humanité a donc encore beaucoup d'espoir dans la découverte potentielle de nouveaux remèdes tirés de la biodiversité, car elle demeure la principale source de produits pharmaceutiques (**MillenniumAssessment, 2005**).

4. Domaines d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'alimentation, en cosmétique, en pharmacie(**tableau 01**)et dans l'industrie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui sont surtout illustrés en thérapeutique. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles ou des matières premières pour la semi synthèse (**Bahorun, 1997**).

Il y a eu donc un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme dans les pays en voie de développement, parce que les herbes guérissent sans effet secondaire défavorable. Ainsi, une recherche de nouvelles drogues est un choix normal (**Broad, 2003**).

4.1.L'utilisation en médecines: en tant que médicament pour l'homme, exemple:

- Réduit le risque de nombreuses maladies chroniques comme le cancer, les accidents vasculaires cérébraux et les coronaropathies.
- Une action sur le système nerveux, la circulation sanguine, une action antibiotique,...etc(**Barka et Ben Attallah, 2010**).

4.2.L'utilisation en alimentation: assaisonnements, des boissons, des colorants (**Svoboda et Hampson, 1999**) et des composés aromatiques (**Smallfield, 2001**). Les épices et les herbes aromatiques utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsable des plaisirs de la table (**Delaveau, 1987**) et considérée comme condiments et aromates.

4.3.L'utilisation en cosmétique: des produits de beauté, parfums, articles de toilette et produits d'hygiène (**Bahaz et Rachdi, 2010**).

Tableau 01: Les maladies soignées par quelques familles des plantes médicinales (Mpondo et al., 2015).

Familles	Noms scientifiques	Maladies soignées	Organes utilisés
Apiaceae	<i>Anethum graveolens</i> Linn.	Manque d'appétit, coliques, spasmes intestinaux	Feuilles, fruits
		Ballonnements et maux d'estomac	Fruits
	<i>Apium graveolens</i> Linn.	Hypertension artérielle	Feuilles
		Obésité	Graines
		Asthme	Tige, feuilles
	<i>Pimpinella anisum</i> Linn.	Spasmes, coliques	Graines
Antimicrobien		Feuilles, fruits, racines	
Curcubitaceae	<i>Cucumis sativus</i> Linn.	Infections microbiennes, cancer, obésité, douleurs dentaires	Feuilles
Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> Linn.	Hyperglycémie, rhumatismes, mal de reins, hypertension artérielle	Cosses
Liliaceae	<i>Aloe Vera</i> Linn.	Mal de reins, infection sanguine	Feuille
		Cosmétique	Sève

4.4. L'utilisation en Agriculture: l'arbre *Azadirachta indica*, qui se développe dans tout le subcontinent indien, est une des plantes médicinales les plus importantes au Bangladesh, de 12 à 18 mètres de hauteur avec un périmètre atteignant jusqu'à 1,8 à 2,4 mètres. Les huiles de cet arbre ont des utilisations dans l'agriculture et dans le contrôle de divers insectes et nématodes (vers parasites) (Amjad Hossain, 2005).

II. La famille des Apiacées

1. Présentation de la famille des Apiacées

Cette vaste famille a été créée par Antoine Laurent De Jussieu en 1789 sous le nom d'Umbelliferae, puis nommée Apiacées par John Lindley en 1836 (**Boitineau, 2010**). Cette famille a été également il y a quelques années très fréquemment décrite sous le nom d'Ombellifères, en relation avec la structure en ombelles des inflorescences(**Boitineau, 2010**).

2. Caractères botaniques généraux de la famille

La famille des Apiacées est relativement homogène et caractérisée notamment par son inflorescence typique, l'ombelle. Il s'agit de plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces, parfois arbustives(**Bouderdara, 2013**).

Les feuilles sont alternes, composées, rarement simples. Souvent, les pétioles sont élargis à leur base, engainant la tige. La tige est souvent creuse. Les fleurs sont réunies en ombelles simples ou composées, munies de bractées à la base appelées involucelles. Elles comptent 5 pétales et 5 étamines et un ovaire à deux loges. Les fruits sont formés de 2 méricarpe accolés à un axe central, le carpophore, se séparant à maturité. Chaque méricarpe présente deux faces: commissurale (plane) et dorsale (convexe). La face dorsale porte au moins 5 côtes séparées par 4 vallécules contenant des canaux sécréteurs courts (bandelettes) (**Coste et Flahault,1998;Dupont et Guignard,2012**).

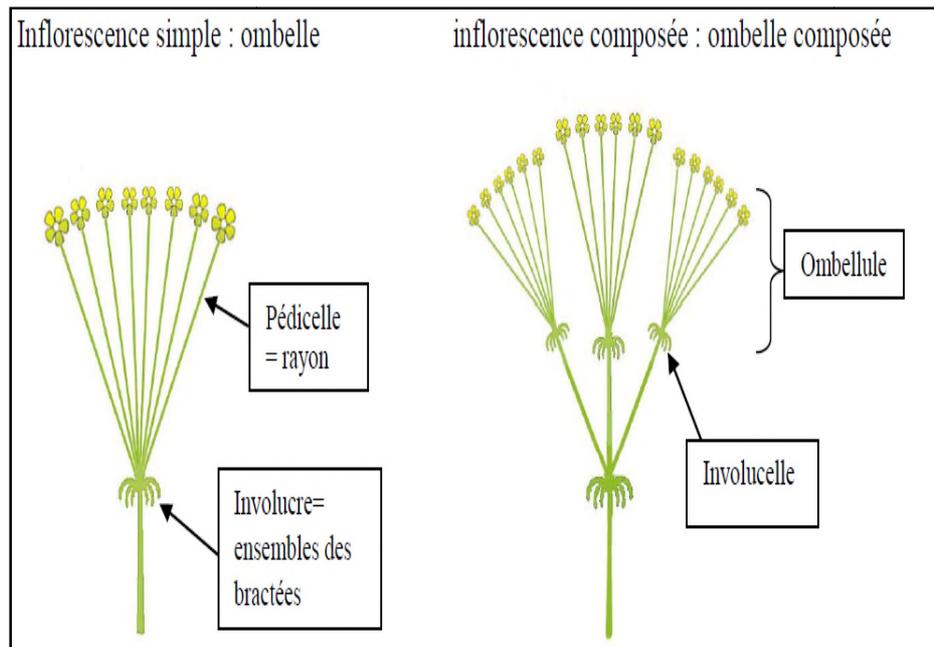


Figure 01: l'inflorescence des Apiacées(Filliat, 2012).

3. Morphologie

Selon **Bach et al. (1979)**, les Apiacées sont toutes herbacées rarement ligneuses et arbustives, à plan floral fixe, annuelles, bisannuelles ou vivaces, à fleurs hermaphrodites, rarement dioïques ou polygames, disposées en ombelles, souvent munies à la base d'un verticille de bractées (involucre) ou composées de plusieurs ombelles simples (ombellules) presque toujours pourvues de bractéoles (involucelle).

3.1. La tige

Tige entre-nœuds souvent creux, canaux sécréteurs contenant des huiles essentielles, des résines, des saponines triterpéniques, des coumarines, des polyacétylènes, des monoterpènes et des sesquiterpènes, de l'umbelliférose (un trisaccharide) comme matière de réserve. Ces tiges portent à l'extérieur des sillons dans le sens de la longueur (tiges cannelées) (**Djarri, 2011**).

3.2. Les feuilles

Les feuilles sont alternes, sans stipules, pennées ou palmées et le plus souvent composées de folioles profondément découpées ou lobées, mais certaines espèces ont des feuilles entières (buplèvre par exemple), à nervation pennée à palmée. Les pétioles sont souvent élargis à leur base en engainant la tige (**Djarri, 2011**).

3.3. Les fleurs

Le principal type d'inflorescence est une ombelle simple ou composée, parfois très modifiée et réduite à une fleur unique comme chez certaines espèces d'*Hydrocotyle* et d'*Azorella*. Les fleurs peuvent être également regroupées en capitules denses entourés de bractées épineuses. L'ombelle caractéristique est une inflorescence au sommet plat dans laquelle les pédicelles partent d'un même point sur les pédoncules et sont de différentes longueurs afin d'élever toutes les fleurs à la même hauteur. Une ombelle composée comporte des ombelles terminales qui sont elles-mêmes disposées en ombelles. Des bractées sont souvent présentes à la base des pédoncules d'une ombelle composée, formant un involucre. La fleur des Apiacées consiste en cinq pétales, cinq étamines libres, un calice très réduit, un ovaire infère avec deux carpelles et deux loges, et un stylopode soutenant les deux styles (Banahmed, 2009).

3.4. Les fruits

Présentent une grande diversité, il s'agit à la base d'un fruit sec schizocarpe qui se fend à maturité le long d'un septum en deux méricarpes à une graine, restant généralement suspendus quelque temps au carpophore puis s'en détachant. La surface externe du méricarpe possède normalement cinq côtes primaires et entre celles-ci quatre côtes valléculaires secondaires (Banahmed, 2009).

3.5. Organes souterrains

Ce sont souvent des racines pivotantes, dures (persil, fenouil) pouvant même se tubériser (carotte) et ayant au collet une structure de tiges se prolongeant sans discontinuer en un pivot radicaire portant des radicules ou de petites racines secondaires (Djarri, 2011).

4. Répartition géographique

Cette vaste famille rassemble 446 genres pour environ 3500 espèces cosmopolites (Boitineau, 2010), mais elle est particulièrement représentée dans les régions tempérées de l'hémisphère nord et des montagnes tropicales (Figure 02).

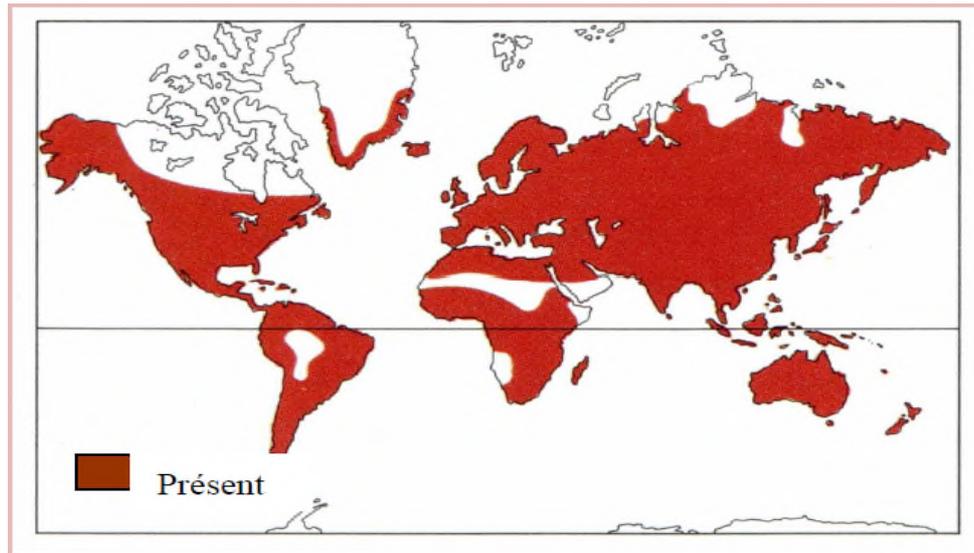


Figure 02: Répartition géographique mondiale des Apiacées
(Heywood, 1996).

Il s'agit d'une famille très homogène, une des plus faciles à reconnaître, grâce à ses inflorescences en ombelles généralement composées. Inversement les espèces sont parfois difficiles à distinguer les unes des autres. Les genres se répartissent entre les continents avec une prédominance pour le continent asiatique (tableau 02).

Tableau 02: Répartition mondiale des genres d'Apiacées (Heywood, 1996).

Continent	Genres	Endémiques
Afrique	126 divers	50
Amériques	197	52
Asie	265	159
Australie	36	11
Europe	139	29

La famille des Apiacées occupe une place importante dans la flore algérienne où elle est représentée par 56 genres, 130 espèces (dont 24 endémiques) et 26 sous espèces (Quezel et Santa, 1963).

Selon la liste de **Quezel et Santa1963** qui représente les genres des Apiacées rencontrés en Algérie, les genres *Bupleurum* et *Daucus* sont les plus riches au niveau spécifique avec respectivement 14 et 11 espèces, alors que la majorité est représentée par une ou deux espèces.

5. L'utilisation des Apiacées

5.1. Intérêt économique

-Les Apiacées renferment de nombreuses plantes alimentaires et aromatiques (**Spichiger et al., 2004**): *Anethum graveolens* L. (l'aneth), *Apium graveolens* L. (le céleri), *Carum carvi* L. (le carvi), *Coriandrum sativum* (le coriandre), *Cuminum cyminum* (le cumin), *Daucus carota* (la carotte), *Foeniculum vulgare* (le fenouil), *Pastinaca sativa* L. (le panais), *Petroselinum crispum* (le persil) et *Pimpinella anisum* L. (l'anis) (**Djarri, 2011**).

-D'autres Apiacées sont utilisées comme additifs naturels dans l'industrie alimentaire, certaines espèces sont comestibles, telles que: *Daucus carota* (carotte), *Pastinaca sativa* (panais), *Foeniculum vulgare*, etc (**Djarri, 2011**).

-Certaines espèces sont utilisées comme condiments ou épices, comme *Carum carvi* (cumin), *Anethum graveolens* (aneth), *Pimpinella anisum* (anis) *Petroselinum sativum* (persil), *Foeniculum vulgare* var. (fenouil) et *Coriandrum sativum* (coriandre) (**Djarri, 2011**).

-D'autres sont utilisées comme arômes pour les boissons, tel que: *Angelica archangelica* (angélique), *Laserpitium gallicum* et plusieurs espèces d'*Heracleum* (**Doneanu et al., 1998; Olle et Bender, 2010**).

5.2.L'utilisation en médecine traditionnelle

La médecine traditionnelle reconnaît plusieurs espèces de la famille des Apiacées avec des vertus thérapeutiques certaines. Elles sont utilisées pour leurs activités anti-inflammatoire (Küpeli et al., 2006; Tabanca et al., 2007), antimicrobienne (Kwon et al., 1997; Maggi et al., 2009), antifongique (Momin and Nair, 2001; Meepagala et al., 2005), analgésique (Larhsini et al., 1996), antibactérienne (Chou et al., 2006), anticonvulsivante (Sayyah et al., 2005; Janahmadi et al., 2006), antirhumatismale (Adams et al., 2008), antioxydante (Rovindra et Narayan, 2003), antitumorale (Okiyana et al., 1991; Babu et al., 1995), cytotoxique (Doğanca et al., 1997; Uğur et al., 1998) et des propriétés chimiopréventives (Akihisa et al., 2003) qui sont attribuées à différentes substances.

La plupart des Apiacées utilisées comme condiments sont également réputées pour leurs nombreuses propriétés médicinales. Les plus importantes :

-*Petroselinum sativum* (persil) possède des propriétés carminatives, stomachiques et aussi diurétique. En usage externe, les feuilles sont utilisées pour calmer les piqûres d'insectes, les irritations cutanées, les contusions et les ecchymoses (Debuigne et Couplan, 2006).

-*Angelica archangelica* (l'angélique officinale): hépatoprotectrice (Yeh et al., 2003).

-*Foeniculum vulgare* (fenouil): en plus de ses propriétés diurétiques et carminatives possède des activités antioxydantes et anti-inflammatoires (Choi et Hwang, 2004).

-*Coriandrum sativum* (coriandre): très efficace dans les affections gastro-intestinales (Debuigne et Couplan, 2006).

-*Angelica sinensis*: peut promouvoir la prolifération des cellules endothéliales vasculaires ainsi que la synthèse d'ADN (Lei et al., 2003).

6. Présentation de la plante étudiée

Margotia gummifera est une espèce de la famille des Ombellifères. Elle est décrite en premier temps par René Louiche Desfontaines et par la suite, elle a reçu son nom actuel de l'appart de Johan Martin Christian Lange. *M. gummifera* inclus dans le genre *Margotia* et la famille des Apiaceae (Roskov et al., 2014).

6.1. Position systématique

Division: Spermatophyta

Sous-division: Magnoliophyta (Angiospermes)

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe: Asteridae

Ordre: Apiales

Famille: Apiaceae

Genre: *Margotia*

Espèce: *Margotiagummifera*



Figure 03: La fleur de *Margotiagummifera* (site web n° 1)

6.2. Description

-Plante vivace, herbacée avec racine de 8 cm de diamètre à partir de laquelle les tiges mesurant jusqu'à 180 cm, droites, cylindriques et cannelées, non ramifiées.

-Les feuilles basales sont 3 à 4 pennatiséquées (*séquée*, du latin: *secare* = couper), jusqu'à 45 cm, avec un contour ovale, avec deux segments à la base des limbes.

-Les fleurs sont regroupées en inflorescences de type ombelle composée, la principale plus développée que la latérale avec 20 à 35 rayons mesurant jusqu'à 17 cm.

-Le calice est de 1,2 x 0,7 mm, subulé et certains accrescent. La corolle a cinq pétales blanches, échancrées, incurvées, subulé et certains accrescent au cours de la fructification.

-Le gynécée se compose d'un ovaire ovale ou elliptique, avec des styles de 2-6 mm.

-Le fruit est de 7-15 × 2-4 mm, ellipsoïdale, rarement oblong, glabre.

-La floraison en septembre.

6.3. Habitat et écologie

Ils grandissent dans les forêts dégradées sur les sols acides, comme le quartzite, le granit et, encore plus rare d'observer dans les sols alcalins; apparaît à partir du niveau de la mer à 1000 m d'altitude.

6.4. Distribution

Apparaît dans la péninsule ibérique et le Nord Ouest d'Afrique.

III.L'évaluation de l'activité antioxydante

1.Définition des antioxydants

Les antioxydants sont des molécules qui, lorsqu'elles sont présentes à faible concentration par rapport au substrat oxydable, retardent ou stoppent le processus d'oxydation, et ainsi régulent l'équilibre redox cellulaire (Aruoma, 1996 in Michel, 2011).

La capacité antioxydante de molécules peut être évaluée soit de façon *in vivo* sur des organismes vivants, soit de manière *in vitro* en utilisant des tests qui miment le phénomène physiologique. Pour évaluer l'activité antioxydante *in vitro* d'extraits naturels, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent un mélange d'espèces oxydantes, tels que les radicaux libres ou les complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber la génération des radicaux. Ces antioxydants peuvent agir selon deux mécanismes majeurs (Prior et al., 2005 in Michel, 2011): soit par transfert d'atome d'hydrogène, soit par transfert d'électron. Les méthodes basées sur le transfert d'atome d'hydrogène mesurent la capacité globale d'un antioxydant à réprimer les radicaux libres par donation d'un atome d'hydrogène, alors que les méthodes basées sur le transfert d'électron mesurent la capacité d'un antioxydant à transférer un électron qui réduira n'importe quel composé incluant les carbonyles et les radicaux libre. Ainsi, compte tenu des différents facteurs impliqués tels que les propriétés physicochimiques des molécules, le type de test employé ou l'état d'oxydation des substrats, il est recommandé d'utiliser au moins deux tests pour confirmer une activité antioxydante (Frankel et Meyer, 2000; Prior et al., 2005 in Michel, 2011).

C'est pourquoi notre choix est porté sur l'utilisation de deux tests chimiques: un test évalue le piégeage des radicaux libres en utilisant le 2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle sous sa forme radicalaire (DPPH•), impliquant le transfert d'atome d'hydrogène et le transfert d'électron, et un test qui détermine le pouvoir réducteur antioxydant basé sur le transfert d'électron (Michel, 2011).

2.Définition des radicaux libres

Un radical libre est définies comme toute molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés (**Jacques et André, 2004**). Cette molécule est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité. Une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Martinez-Cayuella, 1995**).

Les phénomènes radicalaires de base sont utiles au bon fonctionnement de l'organisme.

L'altération des composants cellulaires et des structures tissulaires intervient lorsque l'intensité de ces phénomènes augmente anormalement et dépasse la quantité d'antioxydants disponibles. La conséquence de ce déséquilibre va entraîner une agression appelée « stress oxydatif » (**Rahman, 2002 in Benhammou, 2011**). Tous les tissus et tous leurs composants peuvent être touchés: lipides, protéines, glucides et ADN (**Arausseau, 2002; Valkoetal., 2006 in Benhammou, 2011**). Toutes ces altérations augmentent le risque de plus de 30 processus de différentes maladies (**Aruoma,1998 in Benhammou, 2011**).

Les radicaux libres nocifs sont produits dans l'organisme au cours du métabolisme normal. L'exposition à des agressions de l'environnement, comme les agents infectieux, la pollution, les UV, la fumée de cigarette et le rayonnement, s'est avérée augmenter la formation des radicaux libres. Lorsque les radicaux libres nocifs ne sont pas neutralisés par le système de défense antioxydant de l'organisme, il y a un excès de radicaux nocifs et des dommages peuvent se produire. Le déséquilibre peut aussi être dû à un apport insuffisant d'antioxydants par le régime alimentaire (**Roussel, 2009**).

3.Nature des radicaux libres

3.1.Espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO)

L'oxygène possède deux électrons célibataires non appariés sur sa couche orbitale externe. Cette molécule est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme (**Pastre,2005**).

3.1.1. Ion super-oxyde $O_2^{\circ-}$

L'ion super oxyde est un dérivé très réactif de l'oxygène, relativement stable, il n'est pas très toxique pour l'organisme, mais il est à l'origine de cascades de réactions conduisant à la production de molécules très nocives (**Pastre, 2005**).

3.1.2. Radical libre hydroxyle OH°

Le radical libre hydroxyle est très réactif. Il peut réagir avec de nombreuses molécules comme l'ADN, les glucides, les nucléotides, les protéines et peut être à l'origine de lésions de nécrose. C'est un dérivé de l'ion super-oxyde (**Pastre, 2005**).

3.1.3. Oxygène singulet 1O_2

Lorsque de l'énergie est apportée à l'oxygène, celui-ci passe à l'état singulet qui représente la forme active. C'est une forme très énergétique de grande réactivité qui peut oxyder de nombreuses molécules. Il est formé à partir de l'ion super-oxyde (**Pastre, 2005**).

3.2. Espèces libres non oxygénées

Les espèces libres non oxygénées sont les produits des réactions de certaines molécules avec les espèces réactives dérivées de l'oxygène. Ils peuvent à leur tour réagir avec d'autres molécules et être à l'origine de la multiplication des réactions d'oxydation et de la propagation de dommages oxydatifs. Nous citons par exemple:

- Les acides gras peroxydés, résultats de l'action des espèces oxygénées sur les membranes biologiques.

- Les fractions protéiques, les acides aminés et les acides nucléiques peuvent aussi réagir avec les ERO générant des molécules réactives et nocives (**Pastre, 2005**).

4.L'intérêt des antioxydants dans la lutte contre le stress oxydatif

La production des radicaux libres est compensée par leur élimination grâce aux capacités antioxydantes de l'organisme. Chez tout individu, il existe en permanence un équilibre entre les dégâts causés par les molécules oxydantes et leur réparation, si celui-ci est rompu, le stress oxydatif apparaît. Il semble donc intéressant de soutenir les défenses antioxydantes de l'organisme pour éviter cette rupture. Les défenses exogènes semblent les plus faciles à conforter puisqu'elles pourraient être renforcées par des apports de compléments alimentaires. Cela pourrait être très intéressant de les utiliser comme chez l'individu vieillissant. En effet, avec l'âge les individus sont plus sensibles au stress oxydant, leur capacité d'absorption intestinale de molécules antioxydantes d'origine alimentaire est moins efficace. Les mécanismes de défenses endogènes de l'organisme s'essouffant avec l'âge et les espèces radicalaires se multiplient (**Pastre, 2005**).

5. Les principales sources des antioxydants

5.1. Les antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques, vu leur efficacité, leur faible coût et leur disponibilité, sont largement utilisés dans les aliments comme additifs dans le but de prévenir la rancidité. Plusieurs antioxydants synthétiques (**Annexe 01**) comme le butylhydroxyanisole (BHA), le tertiarybutylhydroquinone (TBHQ), le 2,4,5-trihydroxybutyrophenone (THBP), le di-tertbutyl-4-hydroxyméthylphénol, le gallate de propyle (PG), le gallate d'octyle (OG), l'acide nordihydroguaiarétique (NDGA) et le 4-hexylresorcinol (4HR), sont utilisés dans les cosmétiques et les huiles végétales (**Guo et al., 2006**).

Le gallate de propyle et le butylhydroxyanisole (**Annexe 01**) sont des antioxydants phénoliques synthétiques hautement actifs qui agissent en inhibant la chaîne de réactions d'initiation et en réduisant de la peroxydation des acides gras insaturés (**Xiang et al., 2007**). Malgré la puissance de leur activité antioxydante, l'excès de ces antioxydants synthétiques peut être toxique, responsable de mutagenicités et peut même présenter un danger sur la santé humaine (**Williams, 1993**).

5.2. Les antioxydants naturels

Plusieurs substances peuvent agir en tant qu'antioxydants *in vivo* ont été proposées. Elles incluent le β -carotène, l'albumine, l'acide urique, les œstrogènes, les polyamines, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les composés phénoliques, la vitamine E...etc. Elles peuvent stabiliser les membranes en diminuant leur perméabilité et elles ont également une capacité de lier les acides gras libres (Svoboda et Hampson, 1999).

5.2.1. Les polyphénols

Les polyphénols ou composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement (Bruneton, 1993 in Benhammou, 2011). A l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolés et identifiés (Mompon, et al., 1998 in Benhammou, 2011). Selon leurs caractéristiques structurales, ils se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun: la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Hennebelle, 2004 in Benhammou, 2011). Ces espèces sont des monomères, des polymères ou des complexes dont la masse moléculaire peut atteindre 9000 Daltons (Harbone, 1993 in Benhammou, 2011).

Ils sont divisés en plusieurs catégories: anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et largement distribué (Bruneton, 1993 in Benhammou, 2011).

➤ Le rôle biologique des composés phénoliques

Les composés phénoliques, d'un grand intérêt pour les chercheurs, sont les substances les plus recherchées par l'industrie. Les principales raisons de cette popularité sont leur propriété antioxydante, leur abondance dans les aliments et leur rôle probable dans la prévention de plusieurs maladies associées au stress oxydatif, telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires et dégénératives (Middleton et al., 2000).

Tableau03: Activités biologiques de quelques composés phénoliques (Bruneton 1999; Hennebelle, 2006).

Composés phénoliques		Activité biologique
Ac. Phénoliques	Ac. cafeique Ac. Salicylique	Antibactérienne, Antifongique, antioxydante
Tanins	Tanin gallique Proanthocyanidine	Effet stabilisant sur le collagène, antioxydant, antidiarrheique, effet antiseptique, effet vasoconstricteur
Flavonoïdes	Lutéoléine Catéchine Hespéridine Quercétine Naringénine	Antitumorale, anticarcinogène, anti-inflammatoire, antioxydante, antiallergique, antiulcéreuse, antivirale, antimicrobienne, hypotenseur diurétique.
Coumarines	Dicoumarol	Anticoagulant, antioxydant, protectrice vasculaire et antioedémateuse

5.2.1.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux, dont plusieurs sont responsables de couleur vivante des fleurs, des fruits et des feuilles (Pietta, 2000; Ghedira, 2005).

De nos jours, plus de 8000 flavonoïdes ont été identifiés. Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C₆ (A et B), reliés par un hétérocycle en C₃ (Figure. 04) (Pietta, 2000; Bruneton, 1999).

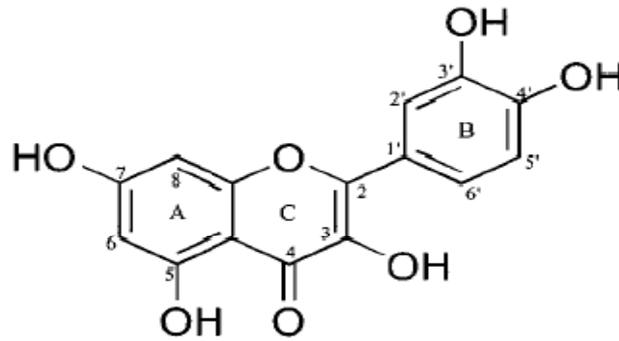


Figure 04:Structure générale du noyau des flavonoïdes
(Heim et al., 2002).

Structuralement les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules selon le degré d'oxydation et la nature des substituants portés sur le cycle C (Pietta, 2000). 14 groupes différents ont été identifiés dont six groupes sont particulièrement les plus répandus et les mieux caractérisés: flavones, isoflavones, flavanones, flavanols, flavonols et anthocyanidines (Heim et al., 2002; Hendrich, 2006).

Sur le plan cellulaire, les flavonoïdes sont synthétisés dans les chloroplastes puis migrent et se dissolvent dans les vacuoles (Piquemal, 2008). La répartition de ces composés montre des accumulations très localisées, généralement en relation avec une fonction physiologique ou avec l'interaction de la plante avec son environnement. Ainsi, les flavonoïdes qui ont une localisation épidermique ont un rôle d'écran vis-à-vis des rayonnements solaires, tandis que ceux qui sont impliqués dans les mécanismes de défense ont plutôt une localisation sous épidermique (Boudet, 2000).

Les flavonoïdes sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: racines, tiges, feuilles, fruits, graines, bois, pollens (Verhoeyen et al., 2002). Ils peuvent aussi être rencontrés dans certains boissons et chez certains fourrages (ex: trèfle) (Urquiaga et Leighton, 2000).

➤ **L'intérêt biologique des flavonoïdes**

L'intérêt scientifique est suscité par les flavonoïdes depuis plusieurs décennies à cause de leur importance dans la physiologie des plantes et de leurs rôles dans la pigmentation d'une part et d'une autre part parce qu'ils sont impliqués dans la croissance et la reproduction des plantes (**Manach et al., 2004**). Ils ont également la capacité de les protéger contre les pathogènes d'origine virale ou bactérienne et les prédateurs comme les insectes (**Bravo, 1998**).

Plus particulièrement, les flavonoïdes sont impliqués, chez les plantes, dans le transport d'électrons lors de la photosynthèse et ils jouent un rôle de protection contre les effets néfastes des rayons ultraviolets en agissant comme antioxydant (**Havsteen, 2002**).

Les flavonoïdes parviennent à capturer les espèces réactives de l'oxygène associées au stress oxydatif, les empêchant ainsi de créer des dommages cellulaires. En effet, ils sont capables d'inactiver et de stabiliser les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle fortement réactif. Ils inhibent aussi l'oxydation des LDL et de ce fait, ils peuvent prévenir l'athérosclérose et diminuer les risques de maladies cardiovasculaires (**Tu et al., 2007**).

Les flavonoïdes sont capables d'exercer en plus des propriétés antioxydantes, des propriétés anti-inflammatoires, antiallergiques et antiulcérogènes (**Di Carlo et al., 1999**). Certains flavonoïdes ont également démontré un potentiel d'agent vasodilatateur (**Woodman et Chan, 2004**). Ils ont été surnommés les « modificateurs naturels des réponses biologiques » (**Middleton et al., 2000**).

Une panoplie d'études *in vitro* ont ensuite montré que les flavonoïdes peuvent moduler l'activité d'une grande variété d'enzymes impliquées dans des voies importantes qui régulent la division et la prolifération cellulaire, l'agrégation des plaquettes, la détoxification, l'inflammation et la réponse immunitaire (**Middleton et al., 2000**). Ils sont donc capables de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires.

Récemment, plusieurs études épidémiologiques ainsi que des études réalisées dans différentes lignées cellulaires ont démontré le potentiel antitumoral et anticancéreux des flavonoïdes (Birt *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2001; Ramos, 2007). Les molécules appartenant à la sous-classe des flavonessont très efficaces contre le colon (Wenzel *et al.*, 2000) et les poumons (Liu *et al.*, 2005). Les anthocyanidines aussi ont montré des effets inhibitrices de la migration cellulaire provenant de tumeurs hautement invasives et prolifératives, les glioblastomes (Lamy *et al.*, 2007).

5.2.1.2. Les tannins

Cette classe désigne le nom général descriptif du groupe des substances phénoliques polymériques ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Dalton qui présente, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (Cowan, 1999). Les tannins sont caractérisés par une saveur astringente et sont trouvés dans toutes les parties de la plante: l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (Yao *et al.*, 2004). On distingue deux groupes de tannins différents par leur structure et par leur origine biogénétique:

a. Tannins hydrolysables

Les tannins hydrolysables sont des polyesters de glucides et d'acides phénoliques. Le sucre est très généralement le D-glucose, l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins soit l'acide ellagique dans le cas des tannins classiquement dénommés ellagitannins (Figure 05) (Bruneton, 1993; Cowan, 1999).

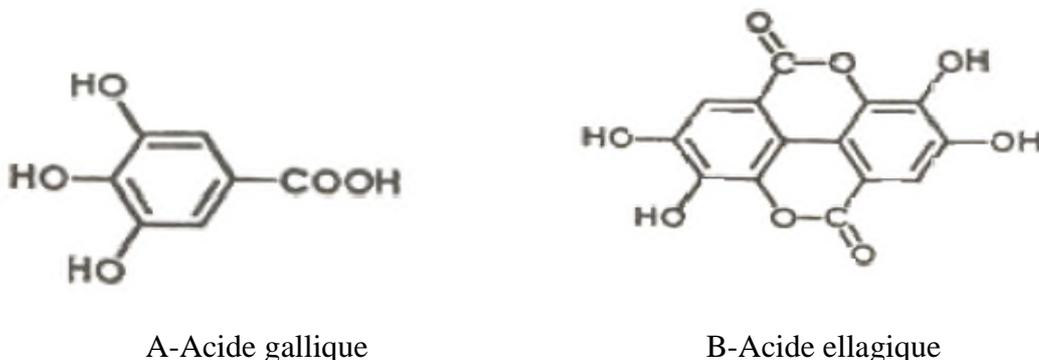


Figure 05: Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B)

(Bouhadjera, 2004).

b. Tannins condensés ou tannins catechiques ou proanthocyanidols

Qui se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit des polymères flavaniques constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone. Les proanthocyanidols ont été isolés ou identifiés dans tous les groupes végétaux, Gymnospermes et Fougères (Bruneton, 1999).

➤ **Le rôle biologique des tannins**

Les tanins favorisent la régénération des tissus en cas de blessures superficielles et de brûlures. Ils sont utilisés comme anti-diarrhéiques et hémostatiques, mais surtout comme protecteur veineux dans le traitement des varices. En cosmologie, les tanins sont des astringents très utilisés sous forme de lotions. Ils sont largement employés dans l'industrie, notamment dans l'industrie du cuir, des vernis et de la peinture (Bouhadjera, 2004).

Les tanins ont des grandes capacités antioxydantes dues à leurs noyaux phénol. Les tanins hydrolysables et condensés sont 15 à 30 fois plus efficaces que les phénols simples (Perret, 2001; Peronny, 2005).

Les tanins ont une action antibactérienne puissante leur permettant d'inhiber la croissance des bactéries ruminales (dont certaines sont sporogènes) comme *Clostridium aminophilum*, *Butyviribrio fibrisolvens*, *Clostridium proteoclasterium* (Chatterjee, 2004; Leitao, 2005), ainsi que les bactéries responsables de différentes infections chez l'homme: *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Helicobacter pylori*, *Proteus mirabilis* (Sivakumaran, 2004).

Les tanins condensés comme les hydrolysables, ont une action inhibitrice contre les moisissures et les levures par exemple: les proanthocyanidines du thé ont montré un rôle très important dans la protection de cette plante contre *Exobasidium vexans* (Punyasiri, 2005).

5.2.1.3. Les saponines

Les saponines ont reçu leur nom du fait qu'elles produisent une mousse semblable à celle du savon (**Hart et al., 2008**). Les saponines sont des glycosides à poids moléculaire élevé, regroupant un ensemble complexe et chimiquement très diversifié de molécules triterpéniques ou stéroïdes. Elles se composent d'une fraction aglycone hydrophobe (un noyau stéroïdique ou triterpénique) liée à une chaîne mono ou polysaccharidique hydrophile (**wallace, 2004**).

Les saponines sont distribuées dans une large variété de produits alimentaires et dans plusieurs familles de plantes différentes incluant l'asperge, les haricots, les mûres sauvages, les pois, les pommes de terre, la betterave sucrière et le thé (**Dinietal., 2001**).

➤ Le rôle biologique des saponines

La présence des saponines est largement commune chez les plantes médicinales, plus de 100 familles en contiennent. Ce sont des substances naturelles à large spectre d'activité biologique: ils ont une action protectrice sur le système veineux d'où leur effet veinotrope. Ils sont utilisés en thérapeutique comme: antitumoreux, antimicrobiens, antiappétants, anti-inflammatoires et cicatrisants notamment au niveau des plaies cutanées. Ils donnent naissance à des mousses généralement stables qui présentent une activité hémolytique. En effet, ils provoquent la lyse des érythrocytes qui entraîne une toxicité à l'égard des animaux à sang froid et principalement les poissons (**Bruneton, 1999**).

5.2.2. La vitamine E

La vitamine E est reconnue comme un antioxydant grâce à sa capacité à inhiber les peroxydations lipidiques (**Cheeseman et Slater, 1993**). A cet égard, elle participe avec de nombreuses autres substances à la lutte contre les formes réactives de l'oxygène (FROs), c'est-à-dire la lutte contre les radicaux libres et les éléments non radicalaires produits lors de la formation de radicaux libres.

Elle est un antioxydant majeur liposoluble et un composé amphiphile capable de s'insérer dans les membranes cellulaires des globules rouges, les cellules endothéliales, les cellules musculaires et les neurones (c'est le seul antioxydant du système nerveux central). (**Pastre, 2005**).

La vitamine E est abondante dans les germes de blé, les légumes verts, les œufs, les noix et les corps gras notamment les huiles de tournesol, de soja et de maïs(Koechlin-Ramonatxo, 2006).

La vitamine E fait partie de la famille des tocophérols, nom proposé pour la première fois en 1936 par Evans et leurs collaborateurs. Ce nom provient du grec *tokos* pour progéniture et *pherein* pour porter. Cette famille comprend 4 substances: l' α -tocophérol qui est la vitamine E proprement dite(Figure 06), le β -tocophérol, le γ -tocophérol et le δ -tocophérol. Ces composés ont, par ailleurs, beaucoup de similitudes structurelles avec 4 autres molécules appartenant à la famille des tocotriénols: l' α -tocotriénol, le β -tocotriénol, le γ -tocotriénol et le δ -tocotriénol(Pennock et al., 1964).

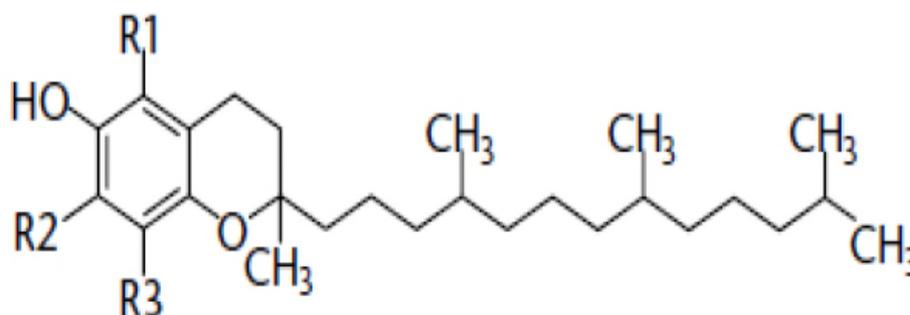


Figure 06: Structure des tocophérols(Laguerre et al., 2007)

5.2.3. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont une grande famille qui regroupe plus de 600 molécules (Annexe 04) comme la vitamine E les caroténoïdes sont des molécules lipophiles. Ils sont localisés dans la membrane plasmique et participent donc à la protection et au maintien de l'intégrité cellulaire. Le plus important et le plus connu des caroténoïdes est le β -carotène. Il a longtemps été étudié pour son activité de provitamine A. Cependant, tous les caroténoïdes ne peuvent pas être convertis en vitamine A. Ils intéressent de plus en plus les chercheurs pour leur pouvoir antioxydant que n'a pas la vitamine A. Leur fonction dans l'organisme est propre et indépendante de cette conversion.

Les caroténoïdes peuvent agir en tant qu'antioxydants selon plusieurs mécanismes:

- Ils sont capables de bloquer les chaînes de réactions radicalaires.
- Ils empêchent l'initiation des réactions radicalaires en neutralisant l'oxygène singulet.

Néanmoins, tous les caroténoïdes n'ont pas la même efficacité pour inactiver l'oxygène singulet. Par ordre décroissant d'efficacité on classe: le lycopène puis le β -carotène et enfin la lutéine (**Pastre, 2005**).

Parmi les fruits et les légumes riches en caroténoïdes on cite souvent: les carottes, les épinards, les navets, les laitues et les brocolis (**Derbel et Ghedira, 2005**).

5.2.4. La vitamine C

La vitamine C (ou acide ascorbique) est considérée presque à l'unanimité comme l'antioxydant hydrosoluble le plus efficace dans le plasma humain grâce au faible potentiel redox du couple ascorbate/radical ascorbyle. La vitamine C est en mesure de céder un électron à presque tous les radicaux libres pouvant intervenir dans un système biologique (radicaux superoxydes, hydroxyles, tocophéroxyles et peroxydes) (**Vergely et Rochette, 2003**).

La vitamine C est représentée par deux formules chimiques qui sont les résultats d'une transformation réversible (**Figure07**) (**Léger, 2006**).

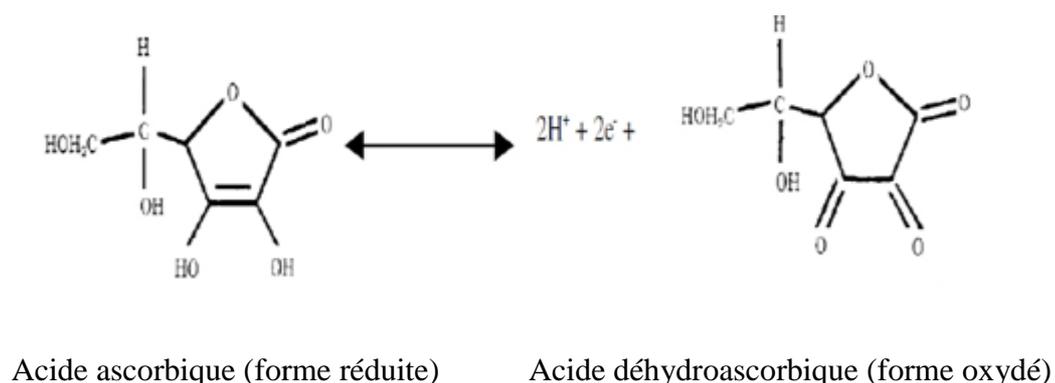
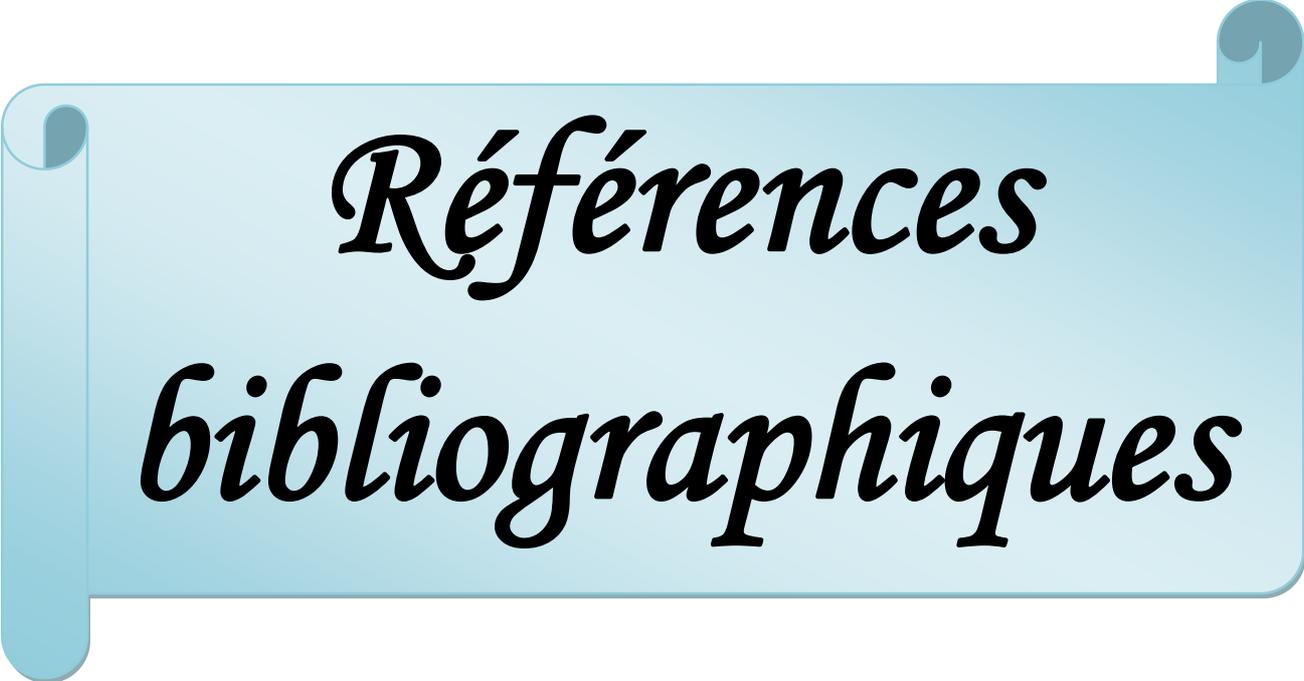


Figure 07: Structure des formes oxydée et réduite de l'acide ascorbique (**Roussel, 2009**).

5.2.5. Les oligo-éléments

Les oligoéléments ou les éléments-trace (zinc, sélénium, cuivre, manganèse) constituent des cofacteurs nécessaires aux activités des enzymes antioxydantes. D'autres constituants de l'alimentation, comme les vitamines du groupe B, le chrome ou le magnésium agissent comme des antioxydants indirects via la régulation de l'homocystéinémie (vitamines du groupe B), l'amélioration de la sensibilité à l'insuline (chrome) ou la lutte contre l'inflammation (magnésium).

La synthèse du glutathion, un des antioxydants le plus important de l'organisme, dépend fortement de l'apport nutritionnel en acides aminés tels que la méthionine **(Roussel, 2009)**.



*Références
bibliographiques*

Les références bibliographiques

- **Adams M., Berset C., Kessler M. et Hamburger M., (2008).** Medicinal herbs for treatment of rheumatic disorders. *Journal of Ethnopharmacology*, A survey of European herbals from the 16th and 17th century, 121(3):343-59.
- **Akihisa T., Tokuda H., Ukiya M., Lizuka M., Schneider S., Ogasawara K., Mukainaka T., Iwatsuki K., Suzuki T. et Nishino H., (2003).** chalcones, coumarins, and flavanones from the exudates of *Angelica keiskei* and their chemopreventive effects. *Cancer letters*, **201**, 135.10.
- **Amjad Hossain M., (2005).** Examples of the Development of Pharmaceutical products from Medicinal Plants. Neem Seed oil: Bangladesh. *Bangladesh Council of scientific and industrial Research (BCSIR)*.10, 59-63.
- **Aruoma O.L., (1996).** Assessment of potential prooxidant and antioxidant actions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1617-1625.
- **Aruoma O. I., (1998).** Free radicals, oxidative stress and antioxidants in human health and disease. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75: 199–212.
- **Aurousseau B., (2002).** Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. *INRA Prod. Anim.*, 15 (1): 67-82.
- **Ayachi A., (2014).** Etudes chimique et biologique des extraits de trois *Daucus* (*D. crinitus*, *D. muricatus* et *D. carota ssp hispanicus*) de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat. Université ABOU BEKR BELKAÏD, Tlemcen. p.146.
- **Babu T. D., Kuttan G. et Padikkala J., (1995).** Cytotoxic and antitumor properties of certain taxa of Umbelliferae with special reference to *Centella asiatica* (L.) Urban. *Journal of Ethnopharmacology*, **48**, 53.
- **Bach D., Mascre M. et Deysson G., (1979).** Cours De Botanique Générale, Tome 2, Organisation Et Classification Des Plantes Vasculaires, *SEDES*, Paris.
- **Bahaz M. et Rachdi H., (2010).** « Quantification des principes actifs (Les composés phénoliques) de *Rhethinolepis Lonadoides* Coss (Tichert) », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur (université de Ouargla).

- **Bahorun T., (1997).** Substances Naturelles Actives: La Flore Mauricienne, Une Source D'approvisionnement Potentielle. AMAS. *Food and Agricultural Research Council*. Réduit. Mauritius. 46(11): 1086-1089
- **Banahmed M., (2009).** Contribution a l'étude phytochimique de deux plantes de la famille des Apiaceae: *Carum montanum* Coss. & Dur. et *Bupleurum montanum* Coss. Thèse de doctorat. Université MENTOURI, Constantine.
- **Barka S. et Ben Attallah S., (2010).** « L'effet de deux plantes médicinales sur quelques Bactéries pathogènes », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur (université de Ouargla). p.3-13.
- **Benarous K., (2006).** Effets des extraits de quelques plantes médicinales locales sur les enzymes: a-amylase, trypsine et lipase », Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur d'état en génie biologique (université Amar Telidji Laghouat).
- **Birt D.F., Hendrich S. et Wang W., (2001).** Dietary agents in cancer prevention: Flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacol. Ther.*, **90 (3)**, 157-177.
- **Boitineau M., (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, *Lavoisier. Tec & Doc*, Paris.
- **Bouderdara N., (2013).** Séparation et détermination de structures des métabolites secondaires de *Cachrys libanotis* L. Thèse de doctorat. Université MENTOURI, Constantine. p.9, 10 ,26.
- **Boudet A. M., (2000).** L'usine chimique, 9^{ème} conférence de l'université de tous les savoirs. France. p1-16.
- **Bouhadjera k., (2004).** Contribution a l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* R.Br. et *Aristida pungens* L. Thèse de doctorat. Université ABOU BEKR BELKAID, Tlemcen. p.21.
- **Bravo L., (1998).** Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, **56 (1)**, 317-333.
- **Bruneton J., (1993).** Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes médicinales. 2^{ème} édition. *Lavoisier, Tech. & Doc.*, Paris.
- **Bruneton J., (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. *Lavoisier Tech. et Doc.*, 3^{ème} Ed., Paris, 199-388.

- **Chatterjee A., (2004).** Inhibition of *Helicobacter pylori*; *in vitro* by various berry extracts with enhanced susceptibility of clarithromycin. *Mol. Cell. Biochem.*, 265(1-2):19-26.
- **Cheeseman K.H. et Slater T.F., (1993).** An introduction to free radical biochemistry. *Br. Med. Bull.*, **49**, 481-493.
- **Choi E.M. et Hwang J.K., (2004).** Antiinflammatory, analgesic and antioxidant activities of the fruit of *Foeniculum vulgare*, *Fitoterapia* 75, 557.
- **Chou S. C., Everngam M. C., Sturtz G. et Beck J. J., (2006).** Antibacterial activity of components from *Lomatium californicum*. *Phytotherapy Research*, **20**, 153.
- **Coste H. et Flahault C.H., (1998).** Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes. *Librairie Scientifique et Technique*, Paris, Tome II.
- **Cowan M.M., (1999).** Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clin. Microbiol Res.*, 12(4) : (564-582).
- **Daroui-Mokaddem H., (2012).** Etude phytochimique et biologique des espèces *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus atratum* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysan themumtrifurcatum* (Asteraceae). Thèse de doctorat. Université BADJI MOKHTAR, Annaba. p.1.
- **Debuigne G. et Couplan F., (2006).** Petit LAROUSSE des plantes qui guérissent, 500 plantes. *Larousse*, Paris.
- **Delaveau P., (1987).** Les épices. Histoire, description et usage des différents épices aromates et condiments. *Albin Michel Editeur*, 372p.
- **Derbel S. et Ghedira K., (2005).** Les phytonutriments et leurs impacts sur la santé. *Phytothérapie*, Numéro 1, 28-34.
- **Di Carlo G., Mascojo N., Izzo A.A. et Capasso F., (1999).** Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci.*, **65**.P. 337-353.
- **Dini I., Tenore G. C., Schettino O. et Dini A., (2001).** New Oleanane saponins in *Chenopodium quinoa*. *J. Agric. Food Chem.*, 49:3976-3981

- **Djarri L., (2011).** Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algériennes de la famille des Apiaceae *Daucus reboudii* Coss. ex Batt. & Trab., *Kundmannia sicula* (L.) DC., et *Elaeoselinum thapsioides* Maire. Thèse de doctorat. Université MENTOURI, Constantine. P.9-13.
- **Doğanca S., Gürken E., Hirlak F., Tüzün O. T. et Tuzlaci E., (1997).** Cytotoxicity assay of some *Ferulago aucheri* extractives using *Artemia salina* (Brine shrimp). *Fitoterapia*, **68**.
- **Doneanu C. et Anitescu G., (1998).** Supercritical carbon dioxide extraction of *Angelica archangelica* L. root oil. *J. Supercrit. Fluids*, (**12**), 59-67.
- **Dupont F. et Guignard J. L., (2012).** Botanique, les familles de plantes. *Elsevier Masson. A. S*, Paris.
- **Dweck A. C., (2000).** Herbal Medicine for the Skin, their Chemistry and Effects on Skin and Mucous Membranes. *Personal Care Magazine*, 3(2), 19-21.
- **Elqaj M., Ahami A. et Belghyti D., (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. *Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques"*, Maroc
- **Fabricant D S. et Farnsworth N R., (2001).** The Value of Plants Used in Traditional Medicine for Drug Discovery. *Environmental Health Perspectives*, vol. 109, Supplement 1, p.69-75.
- **Farnsworth N.R., Akerele O., Bingel A.S., Soejarto D.D. et Guo Z., (1986).** Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé*, **64** (2): 159-164.
- **Filliat P., (2012).** Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs. Thèse de doctorat. Université JOSEPH FOURIER, France. p.16.
- **Fouché J. G., Marquet A. et Hambuckers A., (2000).** Les Plantes Médicinales, de la plante au médicament. *Observatoire du Monde des Plantes*, Sart-Tilman, p .89-100.
- **Frankel E.N. et Meyer A.S., (2000).** The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(13), 1925-1941.

- **Ghedira K., (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 4: 162-169.
- **Guo L., Xie M.Y., Yan A.P., Wan Y.Q. et Wu Y. M., (2006).** Simultaneous determination of five synthetic antioxidants in edible vegetable oil by GC-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 386(6), 1881-1887.
- **Harbone J.B., (1993).** Introduction to Ecological Biochemistry, 4th Ed; *Academic Press*, London.
- **Harkati B., (2011).** Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille Asteraceae: *Scorzonera undulata*. Thèse de doctorat. Université MENTOURI, Constantine, P.1.
- **Hart K.J., Yáñez-Ruiz D.R., Duval S.M., McEwan N.R. et Newbold C.J., (2008).** Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147: 8–35.
- **Haslam E., Lilley T.H., YaCai M R. et Magnolato D., (1989).** Traditional herba medecines the role of polyphenols. *Planta Medica*, 55, 1-8.
- **Havsteen B. H., (2002).** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeutics*, 96, 67-202.
- **Heim E.K., Tagliaferro A.R. et Bobilya D.J., (2002).** Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13: 572-584.
- **Hendrich A.B., (2006).** Flavonoid membrane interactions: possible consequence for biological effects of some polyphenolic compounds. *Acta pharmacologica Sinica*, 27: 27-40.
- **Hennebelle T., (2006).** Investigation chimique et chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants: *Marrubium peregrinum*, *Ballota larendana*, *Ballota Pseudodictamnus* (Lamiacées) et *Lippia alba* (Verbénacées). Thèse de Doctorat Chimie Organique et Macromoléculaire. Université des Sciences et Technologique de Lille, Lille 1. France.

- **Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F., (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1: 3-6.
- Heywood V. H., (1996).** Les plantes à fleurs, 306 familles de la flore mondiale, *Nathan*, Paris. 336 p.
- **Jacques B. et André R., (2004).** Biochimie métabolique, 2^{ème} Ed ellipses. Paris. pp: 217-219- 220-223-225.
- **Janahmadi M., Niazi F., Danyali S. et kamalinejad M., (2006).** Effects of the fruit essential oil of *Cuminum cyminum* L. (Apiaceae) on pentylenetetrazol-induced epileptiform activity in F.1 neurones of *Helix aspersa*. *Journal of Ethnopharmacology*, **104**, 278.
- **Koechlin-Ramonatxo C., (2006).** Oxygen, oxidative stress and antioxidant supplementation or another way for nutrition in respiratory diseases. *Nutrition Clinique et Métabolique*, **20**, 165-177.
- **Küpeli E., Tosun A. et Yesilada E., (2006).** Antiinflammatory and antinociceptive activities of *Seseli* L. species (Apiaceae) growing in Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, **104**, 310.
- **Kwon Y. S., Kobayashi A., Kajiyama S. L., Kawazu K., Kanzaki H. et Kim C.M., (1997).** Antimicrobial constituents of *Angelica dahurica* roots. *Phytochemistry*, **44**, 887.
- **Laguerre M., Lopez Giraldo L. J., Lecomte J., Pina M. et Villeneuve P., (2007).** Outils d'évaluation *in vitro* de la capacité antioxydante. *OCL*, *volum14*, numéro 5, 278-292.
- **Lamy S., Blanchette M., Michaud-Levesque J., Lafleur R., Durocher Y., Moghrabi A., Barrette S., Gingras D. et Béliveau R., (2007).** Delphinidin, a dietary anthocyanidin, inhibits vascular endothelial growth factor receptor-2 phosphorylation. *Carcinogenesis, Exp. Cell Res* **27(5)**, 989-996.
- **Larhsini M., Lazrek H. B., Amarouch H. et Jana M., (1996).** Investigation of antifungal and analgesic activities of extracts from *Sium nodiflorum*. *Journal of Ethnopharmacology*, **53**, 105.

- **Le Moel G., Saverot-Dauvergne A. et Gousson T., (1998).** Le statut vitaminique. *Editions Médicales Internationales*, France, 550p.
- **Léger C.L., (2006).** Antioxydants d'origine alimentaire: diversité, modes d'action antioxydante, interaction. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, Volume1, Numéro 2,213-222.
- **Lei Y., Gao Q. et Li Y. S., (2003).** Study on effects of *Astragalus*, *Angelica* and their combination on vascular endothelial cell proliferation *in vitro*, *J. Clin. Nutr.*, 23(10):753-6.
- **Leito DP., Polizello Ac., Ito IY. et Spadaro Ac., (2005).** Antibacterial screening of anthocyanic and proanthocyanic fraction from Cramberry juice. *J. led. Food.:* 8 (1): 36-40.
- **Liu L.Z., Fang J., Zhou Q., Hu X., Shi X. et Jiang B.H., (2005).** Apigenin inhibits expression of vascular endothelial growth factor and angiogenesis in human lung cancer cells: implication of chemoprevention of lung cancer. *Mol. Pharmacol.*, **68(3)**, 635-643.
- **Maggi F., Cecchini C., Gresci A., Coman M. M., Trillini B., Segratini G. et Papa F., (2009).** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Ferula glauca* L. (*F. communis* L. subsp. *glauca*) growing in Marche (central Italy). *Fitoterapia*, **80**, 68.
- **Manach C., Wil Jiamson G., Morand C., Scalbert A. et Remesy C., (2005).** Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. *J. Clin. Nutr.*, **81(1)**, 230S-242S.
- **Martinez-Cayuella M., (1995).** Oxygen free radicals and human disease. *Biochem*, 77: 147- 161.
- **Meepagala K. M., Sturtz G., Wedge D. E., Schrader K.K. et Duke O., (2005).** Phytotoxic and antifungal compounds from two Apiaceae species, *Lomatium californicum* and *Ligusticum hultenii*, rich sources of Zligustilide and apiol, respectively. *Journal of Chemical Ecology*, **31**, 1567.
- **Michel T., (2011).** Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: Application aux molécules bioactives de l'argousier

(*Hippophaë rhamnoides*). Thèse de doctorat. Université d'Orléans, France . P. 181.

- **Middleton E., Kandaswami C. et Theoharides T.C., (2000)**. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol. Rev.*, **52(4)**, 673-751.
- **Millennium Assessment., (2005)**. New Products and Industries from Biodiversity. Chap. 10 In *Ecosystems and Human Well-being: Current State and*.
- **Momin R. A. et Nair M. G., (2001)**. Mosquitocidal, nematocidal, and antifungal compounds from *Apium graveolens* L. seeds. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, **49**, 142.
- **Mompon B., Lemaire B., Mengal P. et Surbled M., (1998)**. Extraction des polyphénols: du laboratoire à la production industrielle. 96 Ed. *INRA*, Paris (les Colloques, N° 87).
- **Mpondo E., Yinyang J. et Dibong S D., (2015)**. Valorisation des plantes médicinales à coumarines des marchés de Douala Est (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 85:7804– 7823
- **Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R. et Krishna D. R., (2001)**. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology.*, **33** : 2-16.
- **Okiyana T., Takata M., Takayasu J., Hasegawa T., Tokuda H., Nishino A., Nishino H. et Iwashima A., (1991)**. Antitumor, promotion by principles obtained from *Angelica keiskei*. *Planta Medica*, **57**, 242.
- **Olle M. et Bender I., (2010)**. The content of oils in umbelliferous crops and its formation, (Special Issue III). *Agron. Res.*, 687–696.
- **Pastre J., (2005)**. Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de doctorat. Université Paul – Sabatier, Toulouse. p.22
- **Pennock J.F., Hemming F.M. et Kerr J.D., (1964)**. A reassessment of tocopherol chemistry. *Biochem. Biophys. Res. Commun*, 17, 542-548.

- **Peronny S., (2005).** La perception gustative et la consommation des tannins chez le maki (*Lemur catta*). Thèse de doctorat en éco-éthologie, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.. 151p.
- **Perret C., (2001).** Analyse de tannins inhibiteurs de la stilbéne oxydase produite pour *Botrytis cinerea Pers*: Fr. Thèse de doctorat. Université Neuchâtel, Suisse. 173p.
- **Pietta P.G., (2000).** Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*. 63: 1035-1042.
- **Prior R.L., Wu X. et Schaich K., (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- **Punyasiri P.A., (2005).** Performed and induced chemical resistance of tea leaf against *Exobasidium vaxans* infections. *J Chem. Agri.*, 31(6)1315-24.
- **Quezel P. et Santa S., (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, *Edition du Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris.
- **Rahman I., (2002).** Oxidative stress and gene transcription in asthma and chronic obstructive pulmonary disease: antioxidant therapeutic target. *Curr Drug Targets Inflamm Allergy*, 1(3): 291-315.
- **Ramos S., (2007).** Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways to cancer chemoprevention. *J. Nutr. Biochem.*, **18(7)**, 427-442.
- **Roskov Y., Kunze T., Orrell T., Abucay L., Paglinawan L., Culham A., Bailly N., Kirk P., Bourgoïn T., Baillargeon G., Decock W., De Wever A. et Didžiulis V., (2014).** The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Science*. , 72, 446-456.
- **Roussel A.M., (2009).** Qui manque d'antioxydants et comment le savoir? *Cahiers de nutrition et de diététique*, pp: 7.
- **Rovindra P.V. et Narayan M. S., (2003).** Antioxidant activity of the anthocyanin from carrot (*Daucus carota*) callus culture. *International Journal of Food sciences and Nutrition*, **54**, 349.
- **Sayyah M., Moaied S. et Kamalinejad M., (2005).** Anticonvulsant activity of *Heracleum persieum* seed. *Journal of Ethnopharmacology*, **98**, 209

- **Scientific Correspondence, (2003)**. Broad spectrum antimycotic drug for the treatment of ringworm infection in human beings. 85 (1), 30-34
- **Sivakumaran S., Molan AL., Meagher LP. et Kolb B., (2004)**. Variation in antimicrobial action of pranthocyanmidine from *Dorycrum rectum* against rumen bacteria. *Phys. Chem.*, 5(3): 106-111.
- **Smallfield B., (2001)**. Introduction to growing herbs of essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop & Food Research*. Number 45. 4p.
- **Spichiger R.E., Savolainen V. V., Figeat M. et Jeanmonod D., (2004)**. Botanique systématique des plantes à fleurs, 3^{ème} Ed., Presses polytechnique et universitaires romandes, Lausanne.
- **Svoboda K.P. et Hampson G.B., (1999)**. Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants .antibacterial, antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities. Plants Biology Departemenent, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW.
- **Tabanca N., Ma G., Pasco D. S., Bedir E., Kirimer N., Husnu K., Baser C., Khan I. A. et Khan S. I., (2007)**. Effect of essential oils and isolated compounds from *Pimpinella species* on NF-KB: a target for antiinflammatory therapy. *Phytotherapy Research*, **21**, 741.
- **Tipu M.A., Akhtar M.S., Anjum M.I. et Raja M.L., (2006)**. New dimension of medicinal plants as animal feed. *Pakistan Veterinary Journal*. 26 (3): 144–148.
- **Tu Y.C., Lian T.W., Yen J.H., Chen Z.T. et Wu M.J., (2007)**. Antiatherogenic effects of Kaempferol and Rhamnocitrin. *J. Agric. Food Chem.*, **55(24)**, 9969-9976.
- **Uğur M S., Gürkan E., Körsal E. P. et Tuzlaci E., (1998)**. Cytotoxicity assay and fibrinolytic evaluation of *Heracleum sphondylium* and *Ferulago thirkeana*. *Fitoterapia*, **64**, 378.
- **Urquiaga I. et Leighton F., (2000)**. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*, 33 (2): 55-64.
- **Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M. et Mazur M., (2006)**. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress induced cancer. *Chem. Biol. Interact.*, 160: 1–40

- **Vergely C. et Rochette L., (2003).** Stress oxydant dans le domaine cardiovasculaire. *Médecine Thérapeutique Cardiologie*, Volume 1, Numéro 3,131-139
- **Verhoeyen M. E., Bovy A., Collins G., Muir S., Robinson S., De Vos C. H. R. et Colliver S., (2002).** Increasing antioxidant levels in tomatoes through modification of the flavonoid biosynthesis pathway. *Journal of experimental botany*, 53 (377): 209 -210. 95
- **Viegi L., Pieroni A., Guarrera P.M. et Vangelisti R., (2003).** A review of plants used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. *Journal of Ethnopharmacology*. 89: 221–244.
- **Wallace R.J., (2004).** Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of Nutrition Society*. 63: 621–629.
- **Wenzel U., Kunlz S., Brendel M. D. et Daniel H., (2000).** Dietary flavone is a potent apoptosis inducer in human colon carcinoma cells. *Cancer Res.*, **60(14)**, 3823-3831.
- **Williams G. M., (1993).** Interventive prophylaxis of liver cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, 3, 89–99.
- **Woodman O.L. et Chan E.C., (2004).** Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. Review of 93 intervention studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, **81**, 243S-255S.
- **Xiang Q., Gao Y. et Xu Y. H., (2007).** Capillary electrophoresis amperometric determination of antioxidant propyl gallate and butylated hydroxyanisole in foods. *Analytical Science*, 23(6), 713-717.
- **Yang C., Landau M., Huang M. T. et Newmark H.L., (2001).** Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Anna. Rev. Nutr.*, **21**, 381-406.
- **Yao L.H., Jiang Y.M., Shi J., Tomas-Barberan F.A., Datta N., Singanusong R. et Chen S.S., (2004).** Flavonoids in food and their health benefits. *Plant. Food Hum. Nutr.*, 59:113-122.

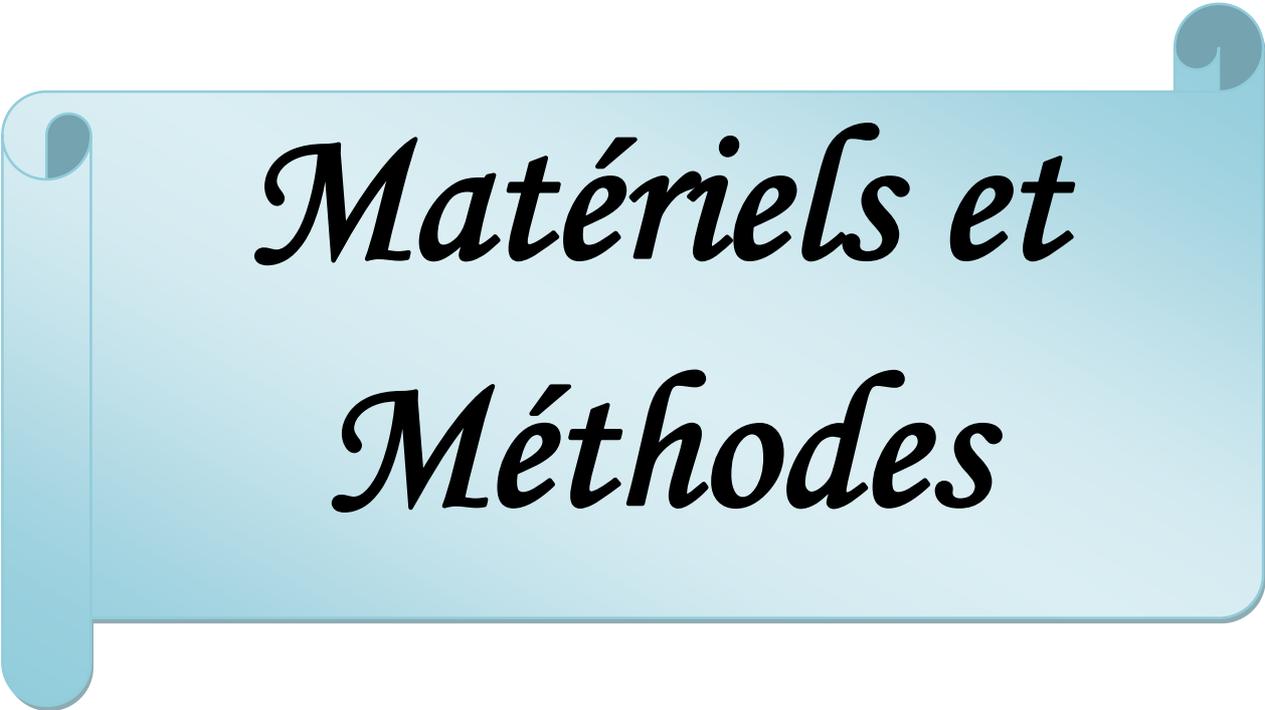
- **Yeh M.L., Liu C.F., Huang C.L. et Huang T.C., (2003).**, Hepatoprotective effect of *Angelica archangelica* in chronically ethanol-treated mice. *Pharmacology*, 68, 70.

Cite web:

- <http://obotanicoaprendiznateradosespantos.blogspot.com/2014/02/bruco-fetido-margotia-gummifera.html>
- **Piquemal G., (2008).** Les flavonoïdes (en ligne):
http://www.detoursante.com/index.php?Option=com_content&view=article&id=166&Itemid=215.



*Etude
expérimentale*



*Matériels et
Méthodes*

I. Matériels et Méthodes

1. Matériels de laboratoires

- Agitateur;
- Vortex;
- Etuve;
- Balance de précision;
- Les micros pipettes;
- Spatules;
- Portoirs;
- Tubes à essai;
- Para film;
- Bain-marie;
- Spectrophotomètre.

2. Solvants et réactifs

- Eau distillé;
- Tampon phosphate (PH=6,6);
- Ferricyanure de potassium (KCN);
- Acide trichloroacétique(TCA): BIOCHEM Chemopharma (France).
- Chlorure ferrique(FeCl_3):BIOCHEM Chemopharma (France).
- DPPH;
- Acide ascorbique;
- Ethanol:VWR BDH Prolabo (USA).
- KH_2PO_4 : Potassium dihydrogen phosphate, Scharlab S.L. (Spain).
- K_2HPO_4 : Di-potassium hydrogen phosphate, VWR BDH Prolabo (USA).

3. Matériel végétal

La partie aérienne de *Margotia gummifera* est recueillis dans la région de Bijaia, en septembre 2013 au cours de la période de floraison. Ensuite, elle est séchée durant 4 semaines à l'ombre à une température ambiante. Le matériel végétal est coupé en petits morceaux puis pilés dans un mortier propre avant d'être réduits en poudre fine. Cette dernière a été conservée dans un sachet propre qui sert ultérieurement à l'extraction des métabolites secondaires.

4. Préparation des extraits

La partie aérienne de *M. gummifera* préalablement séchée à l'ombre jusqu'au poids constant a été réduite en poudre fine (100 g), puis macérée pendant 24 heures dans 600ml d'une solution hydroalcoolique (Méthanol/Eau: 70/30) sous agitation et à une température ambiante. Le produit obtenu est filtré en utilisant un papier filtre de type Whatman^o1. Cette opération est répétée 3 fois avec renouvellement du mélange (MOH/E.D: 330ml*3) chaque 24 heures et agitation de temps en temps, la dernière macération (numéro 4) se fait par l'eau distillée bouillante.

Le filtrat obtenu est soumis ensuite à une extraction successive avec des solvants organiques de polarité croissante: éther de pétrole 40ml (élimination des lipides), le chloroforme 40ml (2 fois) et l'acétate d'éthyle 280ml. Les extractions par solvant ont été réalisées en utilisant une ampoule à décanter, suivie par une évaporation sous pression réduite dans un rotavapeur pour éliminer les différents solvants.

La série d'extraction permet d'obtenir 04 extraits: extrait méthanolique (MOH), extrait éther de pétrole (EP), extrait chloroformique (Chl) et extrait acétate d'éthyle (AcOEt).

Pour la préparation de l'extrait aqueux, 50mg de la matière sèche est mise à macérer sous agitation (200rpm/37°C) pendant 24 heures, l'extrait liquide ou le filtrat obtenu est congelé et lyophilisé afin d'obtenir un extrait aqueux lyophilisé.

Dans notre étude, on a choisi trois extraits pour tester leur activité antioxydante: l'extrait méthanolique, l'extrait éthyle acétate et l'extrait aqueux.

5. L'activité antioxydante

5.1. La méthode de piégeage du radical libre DPPH

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité anti-oxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse. Il absorbe dans le visible à la longueur d'onde de 515 à 520nm (**Bozin et al., 2008**)

Le DPPH, un radical libre de couleur violette, est réduit en un composé de couleur jaune en présence de composés anti-radicalaires (**Molyneux, 2004**).

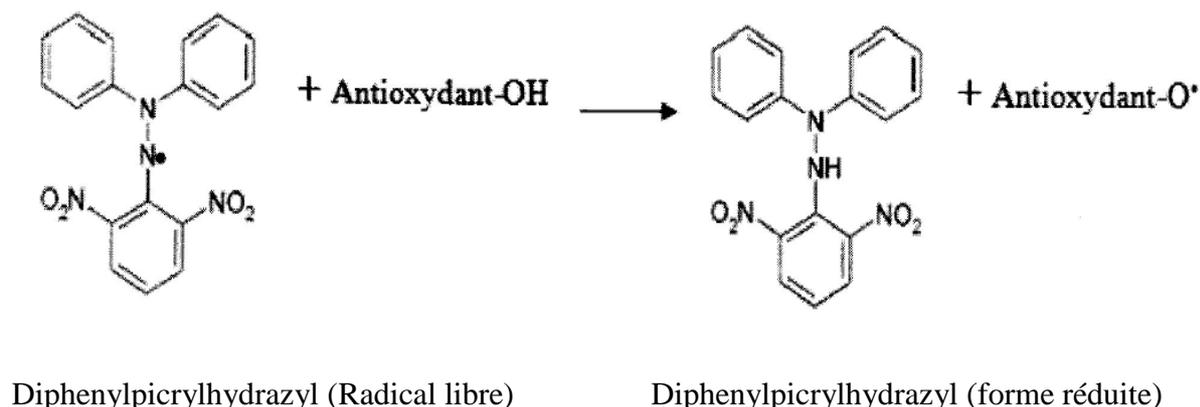


Figure 08: forme libre et réduite du DPPH (Molyneux, 2004).

Le protocole expérimental suivi pour étudier l'activité anti-radicalaire de nos extraits a été déterminées en utilisant la méthode décrite par **Bliss (1958)** avec quelque modification. Brièvement, 1500µl de chaque extrait (aqueux, méthanolique et acétate d'éthyle) à des concentrations variables (2.5-50µg/ml dans l'éthanol) sont ajoutés à 500µl d'une solution de DPPH préparé dans l'éthanol (0,1mM) comme source des radicaux libres. Après 30 minutes d'incubation à une température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est lue à une longueur d'onde de 517nm. Le standard est représenté par l'acide ascorbique et les expériences sont répétées trois fois.

L'activité anti-oxydante, qui exprime la capacité de piéger le radicale libre, est estimé par le pourcentage de décoloration du DPPH ou d'inhibition (I%) suivant la formule:

$$\text{Inhibition \%} = \frac{(\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{test}}) / \text{Abs}_{\text{control}} \times 100}{\text{control.}}$$

Où:

Abs_{control} : Absorbance du contrôle à la longueur d'onde 517nm.

Abs_{test} : Absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde 517nm.

Les résultats sont exprimés en terme de IC₅₀ qui est définie comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du DPPH (couleur), ou encore, c'est la concentration de l'échantillon exigée pour donner une diminution de 50% de l'absorbance de la solution contrôle constitué de l'éthanol et de DPPH. Les valeurs IC₅₀ ont été calculées par la régression linéaire où l'abscisse est représenté par la concentration des composés testés et l'ordonné par le pourcentage d'inhibition (I%) (**Mensor et al., 2001**).

5.2. Méthode de réduction de fer

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant. Cette technique a été développée pour mesurer la capacité de l'extrait testé à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}).

Le pouvoir réducteur des extraits de *M.gummifera* a été déterminé par la méthode d'Oyaisu (1986). Dans des tubes à essai contenant l'échantillon (les différents extraits) à différentes concentrations (de 10 à 200 $\mu\text{g/ml}$), 625 μl de tampon phosphate ont été ajoutés (0.2M, pH =6,6) et 625 μl de solution de ferricyanure de potassium (10mg/ml). Les mélanges ont été incubés pendant 20 min/50C°. Après incubation, 625 μl d'acide trichloroacétique (100mg/ml) a été ajouté et les mélanges réactionnels ont été centrifugés à 200rpm/10min. 1ml du surnageant de chaque mélange d'échantillon a été mélangé avec 1ml d'eau distillée et 200 μl de (1mg/ml) de solution de chlorure ferrique dans un tube à essai. Après, l'absorbance a été mesurée à 700nm en utilisant spectrophotomètre

Les résultats obtenus ont permis de tracer des courbes des absorbances en fonction des différentes concentrations utilisées pour les différents extraits de la plante étudiée. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés. L'acide ascorbique est utilisé comme un contrôle positif avec des concentrations de (2,5 à 25 $\mu\text{g/ml}$). Les expériences sont répétées trois fois.

6. L'analyse statistique

Les résultats ont été exprimés en comptant la moyenne \pm écart-type. Les différences statistiques ont été évalués à l'aide d'une analyse de la variance (ANOVA) pour déterminer s'il y avait ($P < 0,05$) des différences significatives entre les trois extraits et le standard. Les données ont été soumises à une analyse en utilisant le Microsoft Excel 2007 et Graphpad prisme 5 Démo.



*Résultats et
discussion*

II. résultats

1. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

L'activité antioxydante de nos extraits méthanoliques, aqueux et l'acétate d'éthyle de *M. gummifera* et le standard (acide ascorbique) vis-à-vis le radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances antiradicalaires (Majhenic et al., 2007).

La figure suivante illustre les résultats du pouvoir antioxydant des extraits et de l'acide ascorbique par la méthode de piégeage de radical libre DPPH.

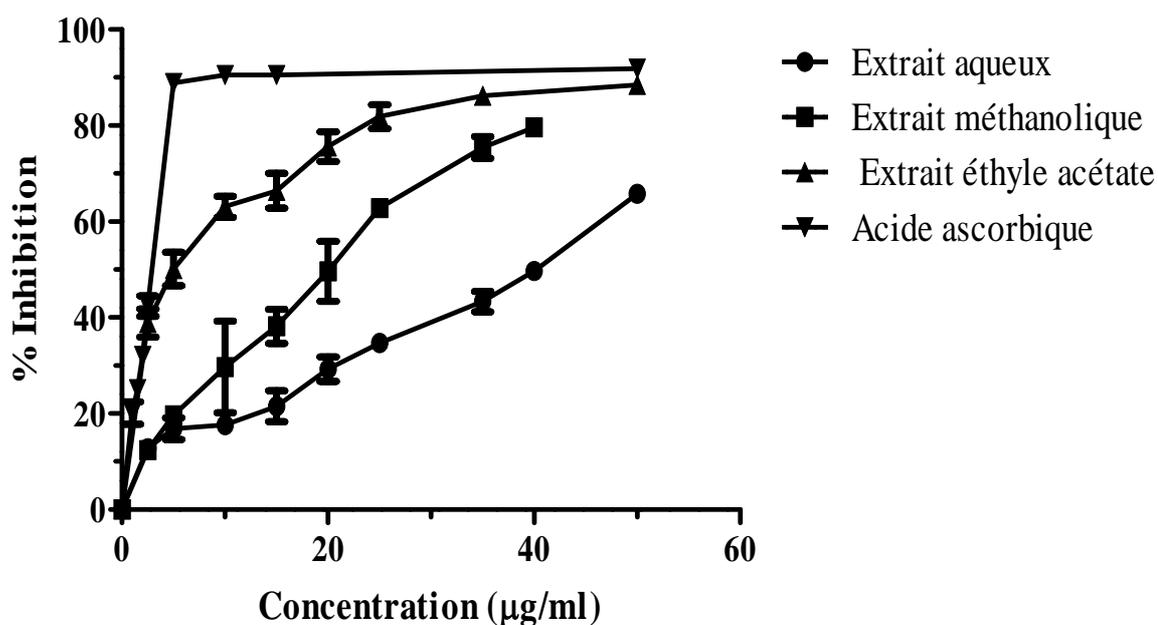


Figure 09: Pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique et les trois extraits.

Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, nous avons introduit le paramètre IC_{50} qui définit la concentration efficace du substrat qui cause la réduction de 50% du DPPH en solution.

Les valeurs d' IC_{50} pour les différents extraits méthanolique, aqueux, et acétate d'éthyle (tableau 04) ont été estimées en utilisant la courbe de régression linéaire: $y = ax + b$

Où:

$y = 50\%$ (pourcentage de réduction de DPPH)

x : IC_{50} (la concentration en extrait et de l'acide ascorbique qui réduit 50% de DPPH)

Tableau 04 : Valeurs des IC_{50} des différents extraits et de l'acide ascorbique.

Extraits	IC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)
MeOH	21,21
AcOEt	1,71
Aqueux	37,05
Acide ascorbique	4,19

2. Pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur met en avant la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron (**Jayaprakasha et al., 2001**).

Dans notre travail nous avons opté pour tester le pouvoir des trois extraits méthanolique, aqueux et acétatique à réduire le fer, les résultats sont représentés dans la **Figure10** où elle montre que la capacité de réduction est proportionnelle à l'augmentation de la concentration de nos échantillons .

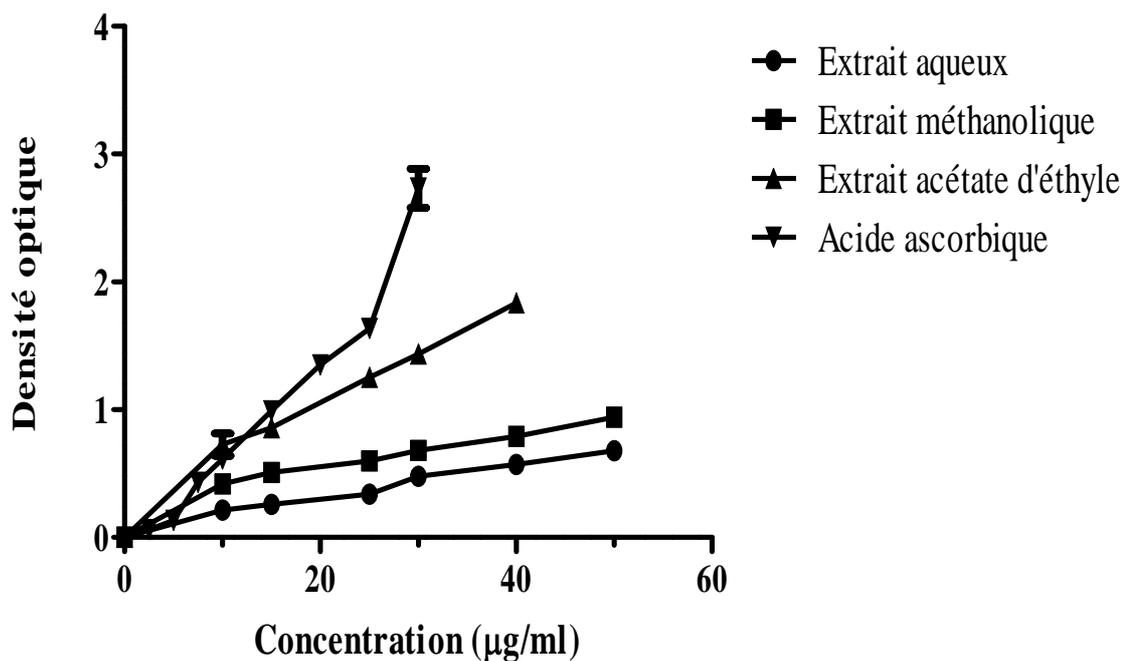


Figure 10: Pouvoirs réducteurs des différents échantillons.

On peut utiliser le paramètre IC_{50} comme indice pour l'expression et la comparaison de la capacité de pouvoir réducteur de nos extraits (**tableau 05**). La valeur la plus faible d' IC_{50} présente le pouvoir réducteur le plus élevé.

Tableau 05: tableau représente les valeurs d' IC_{50} des trois extraits et l'acide ascorbique.

Extraits	IC_{50} (µg/ml)
MeOH	20,44
AcOEt	8,09
Aqueux	34,73
Acide ascorbique	3,59

III. Discussion

D'une manière générale, tous les extraits testés méthanolique, aqueux et acétatique ont provoqué une diminution de l'absorbance (% d'inhibition augmente) à 517nm selon leurs concentrations (**Figures 09**).

Les résultats indiqués dans le **tableau 04** représentent les concentrations des différents extraits qui piègent 50% du radical DPPH (IC_{50}). C'est un paramètre utilisé pour estimer l'activité antioxydante. Plus cette concentration est faible plus l'effet antioxydant est très élevé (**Brande-Williams et al., 1995; Tsimogiannis et Oreopoulou, 2004; Atoui et al., 2005**).

A des fins comparatives un antioxydant standard est utilisé: l'acide ascorbique. Il a montré une activité antiradicalaire puissante avec IC_{50} de l'ordre de 4,19 $\mu\text{g/ml}$.

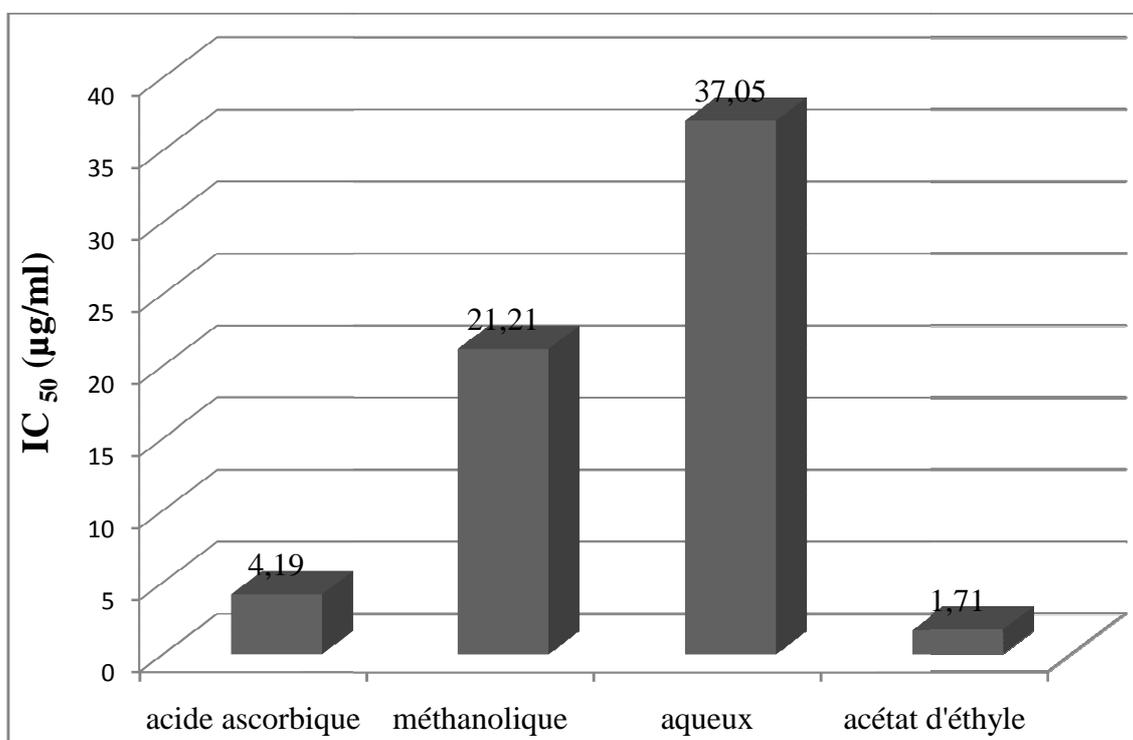


Figure 11: les valeurs d' IC_{50} des différents extraits et de l'acide ascorbique.

Parmi les trois extraits de *la plante*, l'extrait acétate d'éthyle est le plus actif avec un IC_{50} de 1,71 $\mu\text{g/ml}$, suivi par l'extrait méthanolique avec un IC_{50} de l'ordre de 21,21 $\mu\text{g/ml}$. Par contre, l'activité antiradicalaire la plus faible a été exprimée par l'extrait aqueux avec un IC_{50} de l'ordre de 37,05 $\mu\text{g/ml}$.

En comparaison avec l'acide ascorbique, les extraits méthanolique et aqueux sont moins actifs, alors que l'extrait acétate d'éthyle est plus actifs que l'acide ascorbique (**Figure 11**).

Nous n'avons pas trouvés des travaux réalisés sur l'activité anti-radicalaire de cette plante pour comparer nos résultats, mais il existe plusieurs auteurs qui ont étudié l'activité anti-radicalaire des extraits méthanolique, aqueux et acétatique de plusieurs espèces d'Apiacées.

L'extrait méthanolique de la plante étudiée démontre une IC_{50} de l'ordre de 21,21 μ g/ml, un résultat qui est loin de celui acquis par plusieurs auteurs, parmi lesquels: **Bouaziz et al., (2009)** qui ont travaillé sur *Pituranthos chloranthus* dont l' IC_{50} était égale à 2,01mg/ml. par contre, **Namjooyan et al., (2010)** qui ont travaillé sur *Pimpinella barbata* et ils ont trouvé que l' IC_{50} était égale à 1,14mg/ml, **Ahmed et al., (2011)** ont étudié l'extrait méthanolique de plusieurs espèces: *Prangos ferulacea* dont la valeur d' IC_{50} = 173,69 μ g/ml, *Prangos uechtrizii* avec: IC_{50} =101,25 μ g/ml, et *prango smeliocarpoides* qui a présenté une IC_{50} = 250 μ g/ml et **Pirbalouti et al., (2013)** ont travaillé sur des espèces de la famille d'Apiacées telle que *Heracleum lasiopetalum*, *Kelussia odoratissimay* et *Echinophora platyloba* et chez lesquelles l' IC_{50} de l'extrait Méthanolique était égale à: 6,58mg/ml, 4,09mg/ml et 2,28mg/ml respectivement. Dans l'année **2014**, **Ayachi** a travaillé sur *Daucus crinitus* dont l' IC_{50} était égale à 0,068mg/ml et **Jelena et ses collaborateurs** qui ont travaillé sur *Cachrys cristata* et ils ont trouvé que l' IC_{50} était égale à: 4,058 mg/ml.

Cependant, l'extrait aqueux de notre plante a démontré une IC_{50} = 37,05 μ g/ml. Le résultat n'est pas en accord avec ceux obtenus par **Ahmed et al., (2011)** qui ont travaillé sur les espèces *Prangos ferulacea*, *Prangos uechtrizii* et *Prangos meliocarpoides* dont l' IC_{50} égale à 137,61 μ g/ml, 250 μ g/ml et 234,32 μ g/ml, respectivement. L'étude menée par **Huang et al. (2008)** sur les extraits aqueux a montré des IC_{50} égale à 178,99 μ g/ml pour l'espèce *Hydroctyle batrachim*, IC_{50} =117,01 μ g/ml pour l'espèce *Hydroctyle setulosa* et une IC_{50} =375,96 μ g/ml pour l'espèce *Hydroctyle sibthorpiodes*, ces résultats sont aussi loin de celui acquis par notre étude.

L'étude présentée par **Ayachi** et ses collaborateurs (**2014**) sur l'espèce *Daucus crinitus* montre un résultat éloigné (IC_{50} =0,644 mg/ml) de celui obtenue par l'extrait aqueux de *M. gummifera*.

D'une part, l'extrait acétate d'éthyle qui a démontré une IC_{50} de l'ordre de $1,71\mu\text{g/ml}$ présente un résultat comparable à ceux d'**El Ouariachi et al. (2014)** qui a travaillé sur l'espèce *Foeniculum vulgare* pour tester son pouvoir de piéger le radical libre DPPH et il a trouvé que $IC_{50} = 1,5 \mu\text{g/ml}$. D'autre part, l'étude de l'activité antioxydante de l'espèce *Cachrys cristata* par **Jelena et al. (2014)** a montré une valeur d' $IC_{50} = 9,743\text{mg/ml}$ un résultat qui est très élevé par rapport à l'extrait acétatique de la plante étudié ainsi que le standard.

L'analyse statistique a indiqué qu'il y a une différence non significative entre les extraits éthyle acétate, méthanolique et aqueux. Nous constatons aussi qu'il n'y a pas de différence significative entre l'activité de l'acide ascorbique et les trois extraits étudiés.

Le mécanisme de la réaction entre l'antioxydant et le DPPH dépend de la conformation structurale de l'antioxydant (**Kouri et al., 2007**). Quelque composés réagissent 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 **figure 10** qui présente le pouvoirs réducteurs des extraits méthanolique, aqueux et acétate d'éthyle, démontre que tous les extraits ont la capacité à réduire les ions Fe^{3+} en Fe^{2+} et que le pouvoir réducteur est augmenté par l'augmentation des concentrations des échantillons.

A la concentration $25 \mu\text{g/ml}$ les valeurs de l'absorbance de l'extrait acétate d'éthyle, méthanolique et aqueux à 700nm était $1,253$, $0,599$, $0,338$ respectivement. A la même concentration l'absorbance de l'acide ascorbique était égale à $1,635$.

Selon la **figure 12**, l'extrait éthyle acétate représente l'extrait le plus actif avec $IC_{50} = 8,09\mu\text{g/ml}$, suivi par l'extrait méthanolique dont $IC_{50} = 20,44\mu\text{g/ml}$ alors que la capacité de réduction de fer la plus faible a été exprimée par l'extrait aqueux avec une $IC_{50} = 34,73\mu\text{g/ml}$. En comparant avec l'acide ascorbique tous les extraits sont plus faible que celui-ci où $IC_{50} = 3,59\mu\text{g/ml}$.

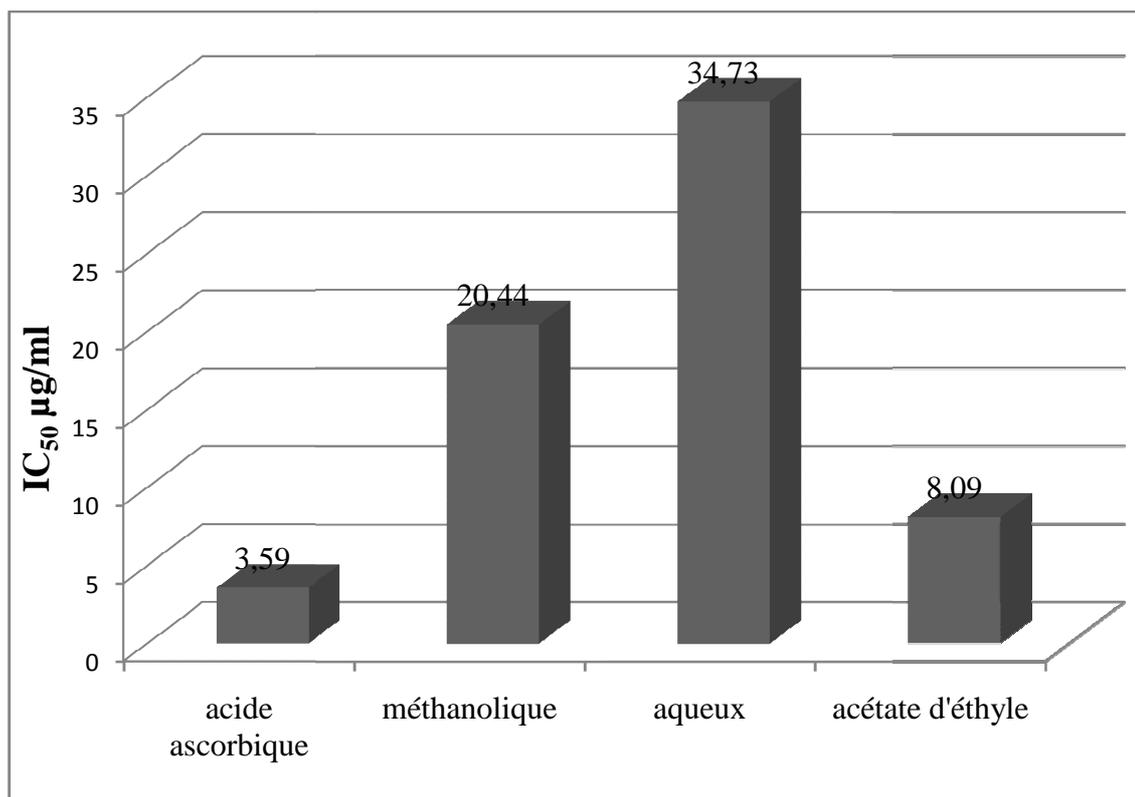


Figure 12: les valeurs d'IC₅₀ des différents extraits ainsi que le standard.

Selon les résultats obtenues, on peut dire que l'extrait éthyle acétate a un pouvoir remarquable de piégeger et de donner des électrons aux radicaux libres et les transférer aux espèces plus stables.

Pour l'extrait méthanolique, **Pirbalouti et al. (2013)** ont travaillé sur l'espèce *Heracleum lasiopetalum* dont la valeur IC₅₀ de pouvoir réducteur était égale à 7,21mg/ml. Ils ont travaillé aussi sur l'espèce *Echinophora platyloba* et ils ont trouvé que l'IC₅₀= 1.15mg/ml et sur l'espèce *Kelussia odoratissimay*, IC₅₀= 4.25mg/ml. Ces résultats sont loin de celui acquis par notre étude dont l'extrait méthanolique de *M.gummifera* a présenté une IC₅₀ de l'ordre de 20,44 µg /ml.

L'absorbance obtenue par notre extrait méthanolique est très loin que celle obtenue par **Umamaheswari et al. (2012)** qui ont travaillé sur l'espèce *Apium graveolens* dont, à la concentration 50µg/ml, la valeur de l'absorbance de l'extrait MOH d'*A. graveolens* égale 0,0279 alors que la D.O. de notre E. MOH est égale à 0,942. Dans la même année **Saeed et ses collaborateurs** ont travaillé sur l'espèce *Torilis leptophylla* et ont trouvé que la D.O. égale 1,47 à la concentration 250µg/ml, un résultat qui est aussi loin de celui acquis par notre étude. Cependant, **Bendiabdellah et al., (2012)** ont étudié l'extrait méthanolique de l'espèce

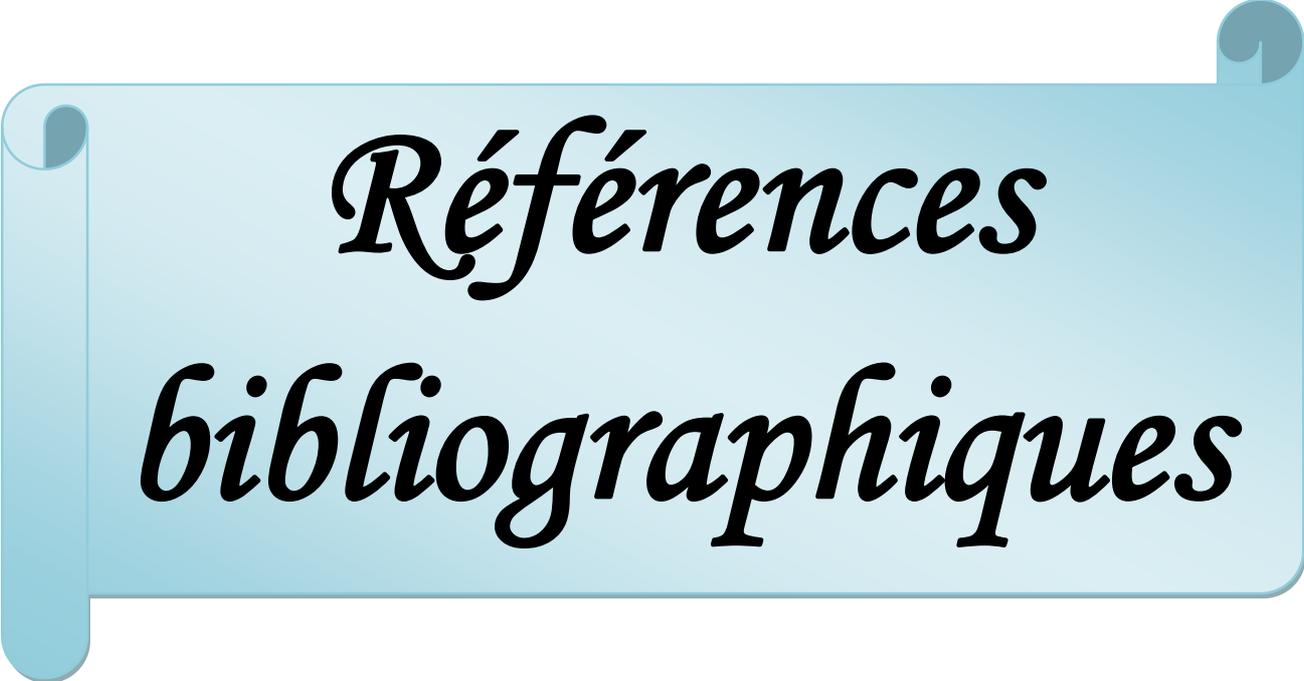
Daucus crinitus dont la valeur de l'Absorbance égale 1,00 à la concentration 0,5mg/ml qui est fortement loin de la notre.

L'extrait aqueux de la plante étudiée a démontré une absorbance de l'ordre de 0,572 à la concentration 40µg /ml, ce résultat n'est pas en accord avec celui obtenue par **Saeed et al., (2012)** qui ont travaillé sur l'espèce *Torilis leptophylla* dont la valeur d'absorbance était égale à 0,9 à la concentration 200 µg/ml. L'étude menée par **Bendiabdellah et al., (2012)** a montré que l'absorbance égale 0,25 à la concentration 0,75mg/ml pour l'espèce *Daucus crinitus*, ces résultats sont aussi loin de celui acquis par l'extrait aqueux de la plante étudié.

Saeed et al. (2012) ont travaillé sur l'extrait acétate d'éthyle de l'espèce *Torilis leptophylla* dont la valeur d'absorbance était égale à 0,8 à la concentration 200µg/ml, cette résultat est loin de celui acquis par l'extrait éthyle acétate de *M. gummifera* qui a présenté une absorbance égale à 1,836 à la concentration 40µg /ml.

L'analyse statistique de pouvoir réducteur présente les mêmes résultats de DPPH c'est-à-dire que la différence entre les trois extraits étudiés est non significative. Nous observons aussi qu'il n'y a pas de différence significative entre l'activité de l'acide ascorbique et les trois extraits étudiés.

D'après les résultats obtenus avec les deux tests: test de DPPH et de pouvoir réducteur et en comparant avec quelques espèces de la famille d'Apiaceae, on remarque que la plante *M.gummifera* présente une activité antioxydante très puissante.



*Références
bibliographiques*

Les références bibliographiques

- **Ahmed J., Guvenc A., Kucukboyaci N., Baldemir A. et Coskun M., (2011).** Total phenolic contents and antioxidant activities of *Prangos Lindl.* (Umbelliferae) species growing in Konya province (Turkey). *Turk. J. Biol.*, (35): 353-360.
- **Atoui A.K., Mansouri A., Boskou G. et Kefalas P., (2005).** Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. *Food chemistry*, 89, 27-36.
- **Ayachi A., (2014).** Etudes chimique et biologique des extraits de trois *Daucus* (*D. crinitus*, *D. muricatus* et *D. carota ssp hispanicus*) de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat. Université ABOU BEKR BELKAÏD, Tlemcen, p.146.
- **Bendiabdellah A., Dib M.A., Meliani N., Djabou N., Allali H. et Tabti B., (2012).** Preliminary phytochemical screening and antioxidant activities of solvent extracts from *Daucus crinitus* Desf. from Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 02 (07): 92-95.
- **Blios M.S., (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26:1199-1200.
- **Bondet V., Williams W.B. et Berset C., (1997).** Kinetic and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 30, 609-615.
- **Bouaziz M., Abdelhafidh D., Slim L., Makki B. et Sami S., (2009).** Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *African Journal of Biotechnology*, 8 (24): 7017-7027.
- **Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Goran A. et Igcic R., (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*, 111, p. 925-929.
- **Brand-Williams W., Cuvelier M.E. et Berset C., (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Tehnologie*, 28, 25-30.
- **El Ouariachi E., Lahhit N., Bouyanzer A., Hammouti B., Paolini J., Majidi L., Desjobert J-M. et Costa J., (2014).** Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Morocco, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(4):743-748.
- **Huang S.S., Huang G.J., Ho Y.L., Lin Y.H., Hung H.J., Chang T.N., Chang M.J., Chen J.J. et Chang Y.S., (2008).** Antioxidant and antiproliferative activities of the four *Hydrocotyle* species from Taiwan. *Botanical Studies*, Vol. 49.

- **Jayaprakasha GK., Singh RP. et Sakariah KK., (2001).**Antioxydant activity of grape seed (*vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. *Food Chem.*, 73: 285–290.
- **Jelena S., Mategic., Ana M., Dzamic., Tatjana M., Mihajilov-Krstev., Vladimir N., Randelovic., Ksenija S., Mileski. et Petar D. M., (2014).**Total phenolic and flavonoid contents and biological activities of *Cachry scristata* DC. Extracts. *Arch. Biol. Sci.*, Belgrade, 66 (3), 1117-1123.
- **Kouri G., Tsimogiannis D., Bardouki H. et Oreopoulou V., (2007).** Extraction and analysis of antioxidant components from *Origanum dictamnus*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 155-162.
- **Liuk L., Sun Y., Laura T., Liang X., Ye H. et Zeng X., (2009).** Determination of polyphenolic content and antioxidant activity of Kudingcha made from *Ilex kudingcha*. *Food chemistry*, (112): 35-4.
- **Majhenic L., kergel M.S. et Knez Z., (2007).** Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*, 104, 1258–1268.
- **Mensor L.L., Menezes F.S., Leitão G.G., Reine A.S., Santos T.C., Coube C.S. et Leitão S.G., (2001).** Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant isoactivity by the use of DPPH free radical method. *Phytother. Res.*, 15, 127-130.
- **Molyneux P., (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2): 211-219.
- **Namjooyan F., Azemi ME. et Rahmanian VR., (2010).** Investigation of antioxidant activity and total phenolic content of various fractions of aerial parts of *Pimpinella Barbata* (DC.) Boiss. *Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 5(1): 1-5.
- **Oyaizu M., (1986).**Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese J. Nutr.*, 307–315.
- **Pirbalouti A.G., Setayesh M., Siahpoosh A. et Mashayekhi H., (2013).** Antioxidant activity, total phenolic and flavonoids contents of three herbs used as condiments and additives in pickles products.Vol. 59 No. 3.
- **Saeed N., Khan M.R. et Shabbir M., (2012).** Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts *Torilis leptophylla* L, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12:221 doi: 10.1186/1472-6882-12-221.

- Tsimogiannis D.I. et Oreopoulou V., (2004).** Free radical scavenging and antioxidant activity of 5,7,3',4'-hydroxy-substituted flavonoids. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 523-528.
- Umamaheswari M., Ajith M.P., Asokkumar K., Sivashanmugam T., Subhadradevi V., Jagannath P. et Madeswaran A., (2012).** *In vitro* angiotensin converting enzyme inhibitory and antioxidant activities of seed extract of *Apium graveolens* Linn. *Annals of Biological Research*, 3 (3):1274-1282.



Conclusion

Conclusion

Les plantes aromatiques et médicinales sont la source de la majorité des antioxydants naturels et elles restent encore les plus exploitées dans le domaine médical. Dans l'industrie pharmaceutique, sachant que les antioxydants sembleraient de manière significative à la prévention des maladies, le développement de nouveaux médicaments à base d'antioxydants d'origine naturelle doit être à l'ordre du jour.

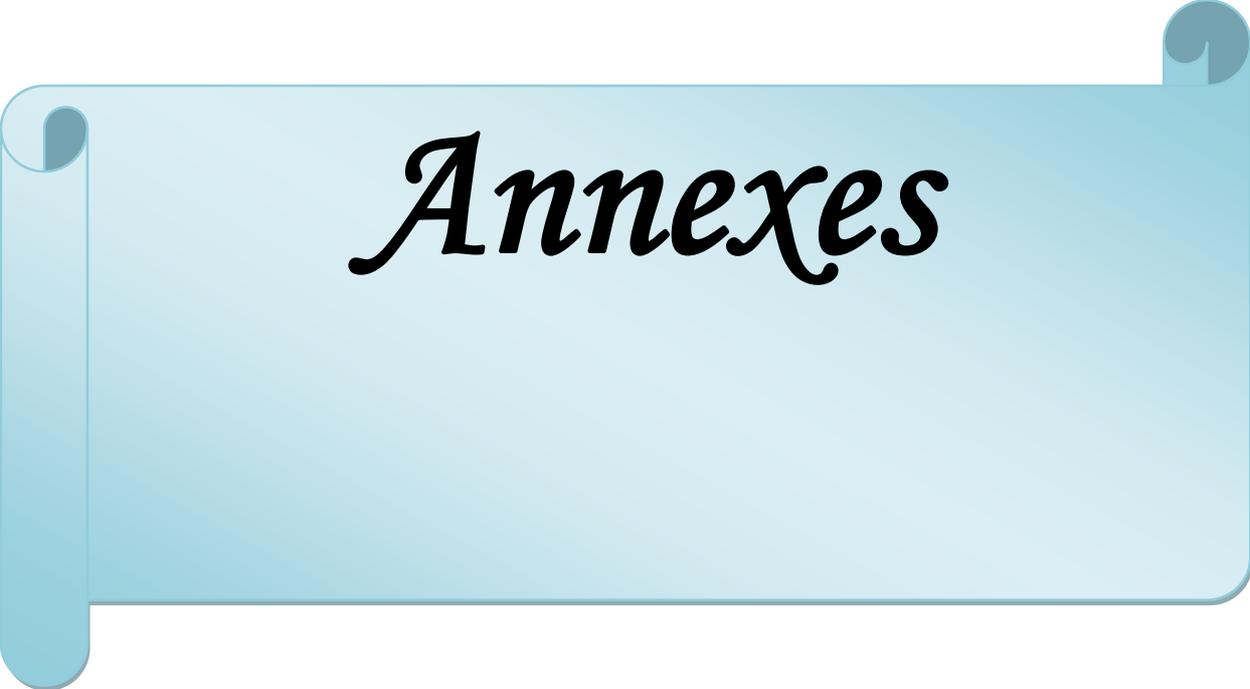
Notre étude porte sur l'espèce *Margotia gummifera*, c'est une plante médicinale appartient à la famille des Apiacées qui constituent une vaste subdivision du règne végétal. Cette famille est connue également par sa richesse en métabolites secondaires bioactifs tels que: les huiles essentielles, les flavonoïdes, les saponines, les tanins,...

L'étude de l'activité antioxydante par la méthode du piégeage de radical libre DPPH et celle de réduction de fer des extraits méthanolique, aqueux et éthyle acétate d'éthyle correspondant aux l'espèce étudié a montré que tous nos extraits possèdent un pouvoir antioxydant en particulier l'extrait acétate d'éthyle.

L'activité antioxydante de nos extraits par la méthode de piégeage du radical libre DPPH est importante dont les valeurs de IC₅₀ sont classées dans l'ordre du pouvoir antioxydant suivant: extrait acétate d'éthyle de *M. gummifera* (1,71µg/ml) > extrait méthanolique (21,21 µg/ml) > extrait aqueux (37,05 µg/ml). La comparaison de ces valeurs avec celle de l'antioxydant standard, l'acide ascorbique (4,19µg/ml) nous a permis de déduire que le pouvoir antioxydant des extraits méthanolique et aqueux étaient moins actif que le standard alors que l'extrait acétate d'éthyle était plus actif que celui-ci.

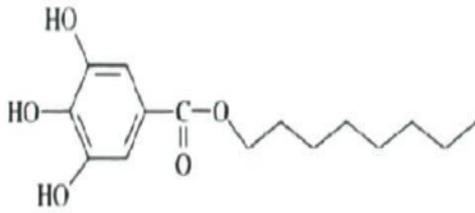
Il est à noter aussi que le pouvoir réducteur de la fraction acétate d'éthyle de *M.gummifera* est supérieur par rapport aux autres extraits, mais nettement inférieur à celui de l'acide ascorbique.

Toutefois, il serait intéressant d'approfondir les investigations phytochimiques et biologiques sur cette espèce afin d'isoler les molécules responsables de l'activité observée, ce qui permettra d'élargir l'arsenal thérapeutique des médicaments à base des plantes médicinales.

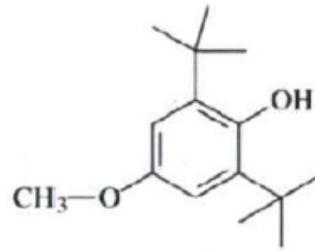


Annexes

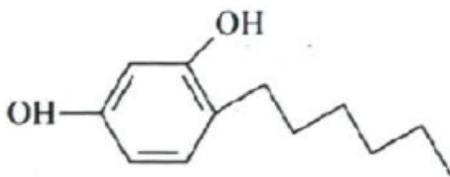
Annexe 01: Structures moléculaires d'antioxydants synthétiques (Guo et al., 2006).



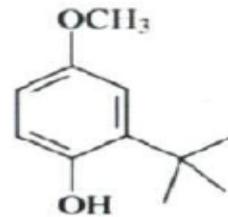
Gallate d'octyle



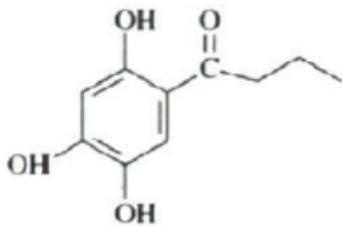
Di-tertbutyl-4-hydroxymethylphenol



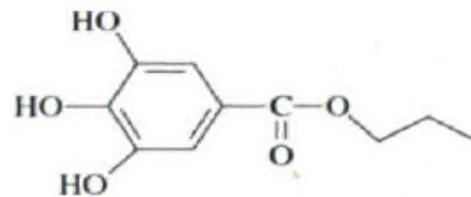
4-Hexylresorcinol



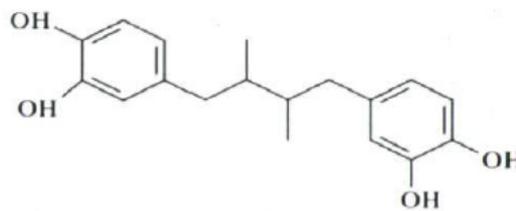
butylhydroxyanisole



2,4,5-trihydroxybutyrophenone

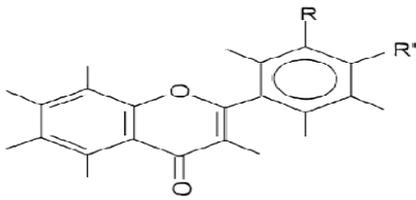


Gallate de propyle

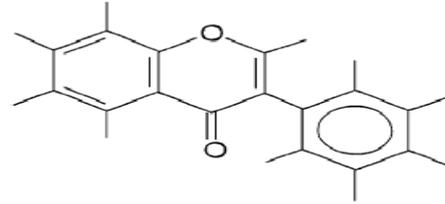


Nordihydroguaiaretic acid

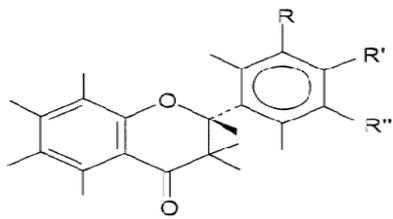
Annexe 02: Structures des squelettes de base des flavonoïdes (Havsteen, 2002 in Benhammou, 2011).



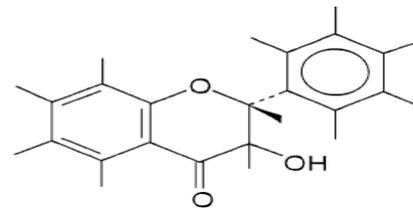
Flavones



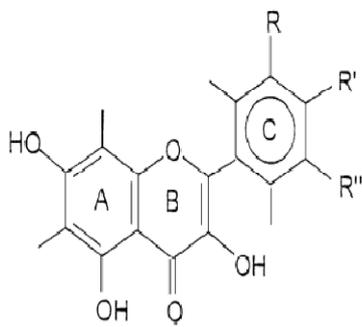
Isoflavones



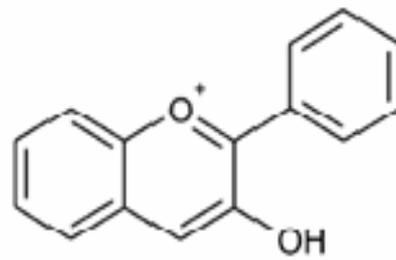
Flavanones



Flavanols

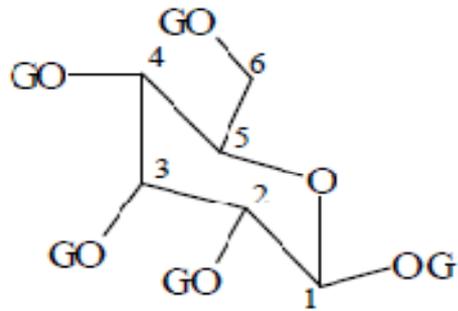


Flavonoles

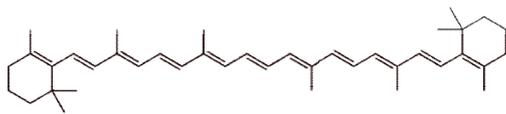


Anthocyanidines

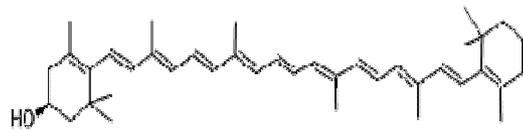
Annexe 03: Structure de base des tanins hydrolysables où: G = a ou b (Bouhadjera, 2004).



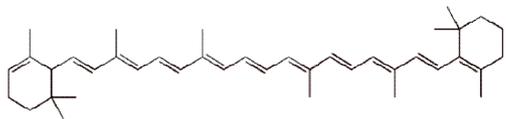
Annexe 04: Structure des principaux caroténoïdes (Le Moel et al., 1998)



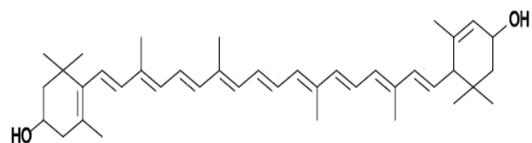
β –Carotène



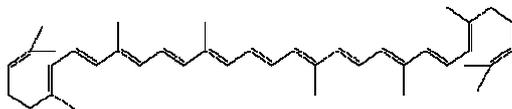
β –Cryptoxanthine



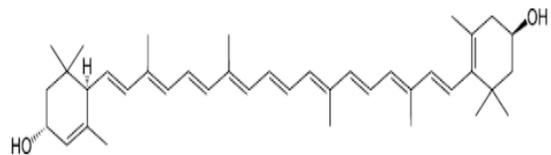
α –Carotène



Zéaxanthine

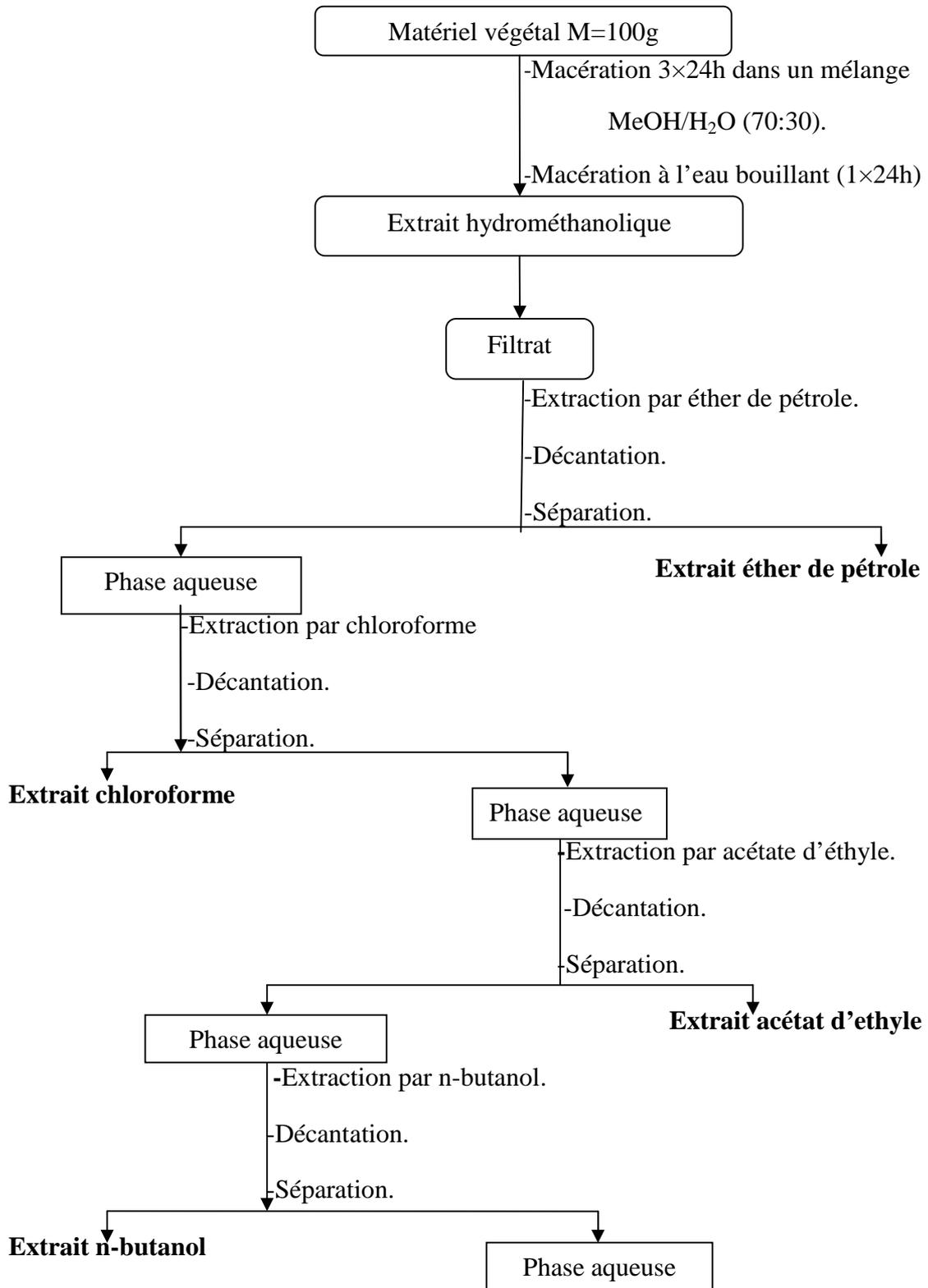


Lycopène



Lutéine

Annexe 05: Protocole d'extraction des différents extraits (extraction hydro-alcoolique).



Résumé

Les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans les industries cosmétique et pharmaceutique voire même en industrie agroalimentaire. Cela est dû essentiellement à leur richesse en substances actives douées d'importantes activités biologiques. Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude des molécules antioxydantes d'origine naturelle, dans ce cadre; notre étude vise à étudier l'activité antioxydante de trois extraits (extrait acétate d'éthyle, aqueux et méthanolique) de la partie aérienne d'une plante médicinale appartenant à la famille des *Apiaceae* (*Margotia gummifera*). L'évaluation du pouvoir antioxydant a été réalisée en utilisant la méthode du piégeage du radical libre DPPH et celle de la réduction du fer. Le test de DPPH a indiqué que l'extrait acétate d'éthyle a montré une bonne activité antioxydante avec $IC_{50}=1,71\mu\text{g/ml}$ suivi par l'extrait méthanolique et aqueux avec IC_{50} égale à $21,21\mu\text{g/ml}$ et $37,05\mu\text{g/ml}$ respectivement. D'autre part, le test de pouvoir réducteur a révélé aussi que l'extrait acétate d'éthyle a un pouvoir réducteur plus élevé ($IC_{50}=8,09\mu\text{g/ml}$) que celui de l'extrait méthanolique et aqueux (IC_{50} égale à $20,44$ et $34,73\mu\text{g/ml}$ respectivement). Dans les deux tests le pouvoir antioxydant des trois extraits est relativement faible que celui de l'acide ascorbique (contrôle positive).

Mots clés: plante médicinale, activité antioxydante, *Apiaceae*, *Margotia gummifera*, test de DPPH, pouvoir réducteur.

Abstract

The aromatic and medicinal plants occupy a broad place and play a great role in industries cosmetic, pharmaceutical and agroalimentary industry. That is due to active substances endowed with significant biological activities. Much of the current research interest focuses on the study of antioxidant molecules of natural origin, Within this framework, our study aims to study the antioxidant activity of three extracts (extract of Acetic ethyl, aqueous and methanolic) of the aerial part of a medicinal plant belonging to the family of *Apiaceae* (*Margotia gummifera*). Assessment of antioxidant activity was determined using a DPPH assay and reducing power. DPPH test showed that the extract of Acetic ethyl exhibited good antioxidant activity with $IC_{50}=1,71\mu\text{g/ml}$ followed by methanolic and aqueous extract with IC_{50} equal $21,21$ et $37,05\mu\text{g/ml}$ respectively. The extract of Acetic acid ethyl showed also the greatest capability in reducing power (with $IC_{50}=8,09\mu\text{g/ml}$) than the methanolic and aqueous extract (IC_{50} equal $20,44$ and $34,73\mu\text{g/ml}$ respectively). The antioxidant activity of three tested extracts using power reducing and DPPH tests is less inferior to ascorbic acid (positive control).

Key words: medicinal plant, antioxidant activity, *Apiaceae*, *Margotia gummifera*, DPPH test, reducing power.

المخلص

تشغل النباتات العطرية والطبية مكان واسع وذلك لدورها الكبير في الصناعات التجميلية والصيدلانية، كذلك بالنسبة للصناعات الغذائية وهذا لغناها بالمواد الفعالة ذات الأهمية البيولوجية. جزء كبير من البحوث المهمة حاليا تعمل على دراسة الجزيئات الطبيعية المضادة للأكسدة، وعلى هذا الأساس قمنا بدراسة القدرة المضادة للأكسدة لمستخلصات الجزء الهوائي لنبتة طبية من عائلة *Apiacées* تتمثل في *Margotia gummifera*

تمت دراسة الخصائص المضادة للأكسدة باستخدام طريقتين الأولى تتمثل في تثبيط الجذور الحرة DPPH، والثانية في إرجاع الحديد. تجربة تثبيط الجذور الحرة بينت أن مستخلص ايثيل الاسيتات يمثل المستخلص ذو النشاطية الأكبر في إرجاع 50% من الجذور الحرة بقيمة تقدر ب: $1,71$ ميكروغرام/مل يليها مستخلص الميثانول و المستخلص المائي بقيمة تقدر ب: $21,21$ و $37,05$ ميكروغرام/مل على الترتيب. من جهة أخرى تجربة إرجاع الحديد بينت كذلك أن مستخلص ايثيل الاسيتات له النشاطية الأكبر (بقيمة $8,09$ ميكروغرام/مل) مقارنة مع المستخلصين الميثانولي والمائي بقيمتي $20,44$ و $34,73$ ميكروغرام/مل على التوالي. جميع المستخلصات تمتلك قدرة مضادة للأكسدة ولكن تبقى قدرتها اقل مقارنة مع نشاط الفيتامين س.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، النشاط المضاد للأكسدة، *Apiacées*, *Margotia gummifera*, تجربة DPPH, قدرة الإرجاع.