

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

*Pouvoir réducteur et scavenger des espèces radicalaires et non radicalaires
des extraits de quelques plantes médicinales*

Réalisé par :

M^{lle} : HENNICHE ISMAHAN

M^{lle} : MESSAOUDI SARRA

Membre du jury :

Présidente: M^{me} GUENDOZ N.

Promotrice : M^{me} OUCHEMOUKH N.

Co-Promoteur: M^r OUCHEMOUKH S.

Examinatrice 1 : M^{lle} BRAHMI F.

Examinatrice2: M^{me} IKHNACHE F.

Promotion : 2012/2013



Remerciements

Nos vifs remerciements au Dieu le tout puissant pour tout.....

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement notre promotrice M^{me} OUCHEMOUKH N. Qui nous a permis de bénéficier de son encadrement, ses conseils qui nous a prodigué, sa patience, sa confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminante dans la réalisation de notre travail.

Nos remerciements s'étendent également à notre Co-promoteur M^r OUCHEMOUKH S. Pour ses précieux conseils.

Nous voudrions aussi également remercier les membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail :

M^{me} GUENDOUZ N. Qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.

M^{elle} BRAHMI F et M^{me} IKHNACHE F. Qui ont acceptés d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont plus particulièrement à nos familles qui ont su nous soutenir tout au long de nos études.

Merci à tout le personnel du laboratoire 3B(s), ainsi que toute personne de près ou de loin, qui ont contribués à la réalisation de ce travail.



Dédicaces



Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes beaux frères REDOUANE et ABDELLEAH.

A ma chère sœur SAMIA et son mari KAMEL.

A ma nièce : la petite FARAH.

A mon neveu : AYMENE.

Je fais une dédicace très spéciale à mon frère REDOUANE qui m'a beaucoup donné.

A tous mes amies.

ISMAHAN

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon très cher père, je lui dédie avec fierté ce mémoire qui reflète le fruit de l'éducation et de l'attention qu'il m'a tant réservé, je suis très reconnaissante et j'aurai tant aimé partager la joie de ma réussite avec lui.

*A ma chère mère, qui ma supportée et m'a aidée dans les pires moments, car tu as toujours cru en moi, je suis que je suis maintenant ;
Merci maman.*

A toute ma petite famille surtout :

A ma sœur : RIMA et son fiancé pour leur soutien moral et pour leur amour, soins et encouragements.

A mes frères : NAIM, RAFIK, ADEL pour leur soutien et leur amour.

*A ma grande familles chaqu'un avec son nom. Sans oublié mes tentes :
GHANIA, HASINA pour leurs amours et conseils.*

A mes amies : ISMAHEN, NASSIMA, KAHINA, SABRINA, SIHEM, ZAHRA, AZIZ, Yassine, pour leurs aides morales, leurs conseils précieux, et leurs encouragements ; Je ne peux témoigner ma reconnaissance.

Merci à tous

SARRA

Liste des abréviations

A : Absorbance.

ABTS : Acide 2,2'- azinobis (3 enthlbenzothianzoline-6-sulfonique).

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium.

ANOVA: Analysis of Variance.

BC: β-carotène.

BHA: 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole.

BHT: 3, 5-di-tert-butyl-4-hydroxytoluène.

CAT : Catalase.

C: Concentration.

Cu/Zn-SOD : Superoxyde dismutase aux ions cuivre et zinc.

EDTA : Acide éthylène diamine tetracétique.

Eq Aasc : Equivalent d'acide ascorbique.

EqAG : Equivalent d'acide gallique.

Eq Ca : Equivalent de Catéchine.

Eq Q : Equivalent de Quercétine.

EqTE : Equivalent de Trolox.

ERO : espèces réactives de l'oxygène.

FeCl₃ : Chlorure ferrique.

FeSO₄: Sulfate ferreux.

Fe⁺² : Fer ferreux.

Fe⁺³: Fer ferrique.

Liste des abréviations

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power.

GPx : Glutathion Peroxydase.

GSH : Glutathion.

GSR : Glutathion réductase.

GSSG : Glutathion oxydé.

H⁺ : Proton d'hydrogène.

HCl : Acide chlorhydrique.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

HOCl : Acide hypochloreux.

H₃PMo₁₂O₄₀ : Acide phosphomolybdique .

H₃PW₁₂O₄₀ : Acide phosphotungstique.

KOH : hydroxyde de potassium.

LDL: Lipoprotéines de faible densité.

Mn : Manganèse.

Mn-SOD : Superoxyde dismutase associée au manganèse.

NaCO₃ : Carbonate de sodium.

NADP: Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate.

NADPH : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate réduit.

NaHCO₃ : Hydrogénocarbonate de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

NO : Monoxyde d'azote

NO₂· : Nitrique dioxyde.

O₂⁻ : Anion superoxyde.

¹O₂ : Oxygène singulet.

OH : Radical hydroxyle.

ONOO⁻ : Peroxynitrite.

Liste des abréviations

P : Poids.

p : Probabilité.

PG: Gallate Propylée.

ROO• : Radical peroxy.

r : Coefficient de corrélation.

SOD : Superoxyde Dismutase.

TBHQ: Tétra Butyl Hydro Quinone.

TPTZ: 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-s-triazine.

TEAC : Capacité antioxydante équivalente Trolox.

Liste des figures

Figure 1 : Photographie de <i>Inula viscosa</i>	2
Figure 2 : Photographie de <i>Pistacia lentiscus</i>	4
Figure 3 : Photographie de <i>Myrtus communis</i>	5
Figure 4 : Photographie de <i>Globularia alypum</i>	7
Figure 5 : Photographie d' <i>Eryngium maritimum</i>	9
Figure 6 : Photographie de <i>Marrubium vulgare</i>	10
Figure 7 : Sources métaboliques de production et d'élimination des radicaux libres	12
Figure 8 : Production et neutralisation des espèces réactives de l'oxygène	14
Figure 9 : Les trois types de la SOD	19
Figure 10 : Squelette de base des flavonoïdes	21
Figure 11 : Structure chimique des ortho-diphénols	21
Figure 12 : Protocole de préparation des extraits	26
Figure 13 : Pouvoir réducteur des extraits des feuilles de plantes	35
Figure 14 : Pouvoir réducteur (test FRAP) des extraits des feuilles de plantes	36
Figure 15 : Activité antioxydante au phosphomolybdate des extraits des feuilles de plantes	37
Figure 16 : Pouvoir scavenger du radical ABTS ^{o+} des extraits des feuilles	39
Figure 17 : Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote des extraits des feuilles	40
Figure 18 : Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène par les extraits de feuilles de plantes	41
Figure 19 : Pouvoir scavenger du radical OH par les extraits des plantes	42

Liste des tableaux

Tableau I : Périodes de récolte des six plantes.....	25
Tableau II : Taux d'extraction obtenus à partir des feuilles de plantes.....	32
Tableau III : Teneurs en polyphénols dans les feuilles des plantes.....	33
Tableau IV : Teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles.....	34
Tableau V : Teneurs en ortho-diphénols des différents extraits des feuilles.....	35

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales 2

1. *Inula viscosa* 2

1.1. Description botanique et répartition géographique 2

1.2. Classification botanique 2

1.3. Noms vernaculaires 3

1.4. Composition chimique 3

1.5. Utilisations 3

2. *Pistacia lentiscus* 3

2.1. Description botanique et répartition géographique 3

2.2. Classification botanique 4

2.3. Noms vernaculaires 4

2.4. Composition chimique 4

2.5. Utilisations 5

3. *Myrtus communis* 5

3.1. Description botanique et répartition géographique 5

3.2. Classification botanique 5

3.3. Noms vernaculaires 6

3.4. Composition chimique 6

3.5. Utilisations 6

4. <i>Globularia alypum</i>	7
4.1. Description botanique et répartition géographique	7
4.2. Classification botanique	7
4.3. Noms vernaculaires	8
4.4. Composition chimique	8
4.5. Utilisations	8
5. <i>Eryngium maritimum</i>	8
5.1. Description botanique et répartition géographique	8
5.2. Classification botanique	9
5.3. Noms vernaculaires	9
5.4. Composition chimique	9
5.5. Utilisations	9
6. <i>Marrubium vulgare</i>	10
6.1. Description botanique et répartition géographique	10
6.2. Classification botanique	10
6.3. Noms vernaculaires	11
6.4. Composition chimique	11
6.5. Utilisations	11
Chapitre II : Radicaux libres et stress oxydant	12
1. Radicaux libres.....	12
1.1. Définition d'un radical libre	12
1.2. Sources et production des radicaux libres	12
1.2.1. Production interne (endogène)	13
1.2.2. Production externe (exogène)	13
1.3. Différents types de radicaux libres.....	14
1.4. Rôles physiologiques des radicaux libres	16
1.5. Rôles pathologiques des radicaux libres	16
2. Stress oxydant	17

2.1. Définition du stress oxydant.....	17
2.2. Maladies engendré par le stress oxydant.....	17
Chapitre III : Système antioxydants.....	18
1. Définition d'un antioxydant	18
2. Classification d'antioxydants	18
2.1. Antioxydants primaires	18
2.2. Antioxydants secondaires.....	18
3. Système de défense	19
3.1. Système de défense enzymatique (endogène).....	19
3.1.1. Super oxyde dismutase (SOD)	19
3.1.2. Glutathion peroxydase	19
3.1.3. Catalase	20
3.2. Système de défense non enzymatique (exogène).....	20
3.2.1. Composés phénoliques	20
3.2.1.1. Acides phénoliques	20
3.2.1.2. Flavonoïdes	20
3.2.1.3. Ortho-diphénols.....	21
3.2.1.4. Tanins	22
3.2.1.4.1. Tanins hydrolysables.....	22
3.2.1.4.2. Tanins condensés.....	22
3.2.2. Caroténoïdes.....	22
3.2.3 Vitamines	23
3.2.3.1. Vitamines C.....	23
3.2.3.2. Vitamine E.....	23
3.2.4. Oligo-éléments	23
3.2.4.1. Sélénium.....	23
3.2.4.2. Zinc.....	23
3.2.4.3. Manganèse	24
3.2.4.4. Cuivre	24
4. Antioxydants synthétiques	24

Partie expérimentale

I. Matériel et méthode

1. Echantillonnage.....	25
-------------------------	----

2. Traitement des échantillons.....	25
1.2. Nettoyage et lavage	25
1.3. Séchage et broyage.....	25
3. Préparation des extraits secs des plantes	26
4. Dosage des polyphénols	27
4.1. Dosage des polyphénols totaux2	27
4.2. Dosage des flavonoïdes.....	27
4. 3. Dosage des orthodiphénols.....	28
5. Détermination des pouvoirs réducteurs et scavenger	28
5.1. Pouvoir réducteur (ferricyanure de potassium).....	28
5.2. Pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP)	29
5. 3. Pouvoir réducteur utilisant le phosphomolybdate.....	29
5.4. Pouvoir scavenger du radical $ABTS^{\circ+}$	29
5.5. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote (NO)	30
5.6. Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).....	30
5.7. Pouvoir scavenger du radical hydroxyle (OH°).....	31
6. Etude statistique	31
II. Résultats et discussion.....	32
1. Préparation des extraits de plantes	32
2. Teneurs des composés phénoliques	32
2.1. Polyphénols totaux	32
2.2. Flavonoïdes	33
2.3. Ortho-diphénols.....	34
3. Pouvoir réducteur	35
3.1. Pouvoir réducteur (ferricyanure de potassium).....	35
3.2. Pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP)	36
3. 3. Pouvoir réducteur utilisant le phosphomolybdate.....	37
4. Pouvoir scavenger	38
4.1. Pouvoir scavenger du radical $ABTS^{\circ+}$	38
4.2. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote (NO)	39
4.3. Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).....	41
4.4. Pouvoir scavenger du radical hydroxyle (OH).....	42
Conclusion.....	44

Références bibliographiques

Références électroniques

Annexes

Introduction

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structures chimiques et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques. L'évaluation de ces activités demeure une tâche très intéressante qui peut faire l'intérêt de nombreuses études (**Nkhili, 2009**).

L'Algérie bénéficie d'un climat favorable qui permet le développement d'une flore très riche et hautement variée où on y trouve plus de 3000 espèces végétales. Parmi ces ressources naturelles, les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans l'économie nationale. Elles sont utilisées dans différents domaines : industrie alimentaire, conserverie, pharmaceutique et phytothérapie (**Duraffourd et al., 1997**).

L'oxygène, élément indispensable à la vie, peut dans certaines conditions devenir un danger mortel pour l'organisme via la formation d'espèces oxygénées activées hautement réactionnelles (radicaux libres, peroxyde d'hydrogène, oxygène singlet, acide hypochloreux). Une fois formées, les espèces oxygénées activées (EOA) peuvent en effet induire des cassures de l'ADN, inactiver des protéines ou induire des phénomènes de peroxydation lipidique (attaque d'acides gras polyinsaturés). Ces dernières conduisent à une perte de la perméabilité membranaire des cellules (**Pincemail et al., 1998**). Afin de limiter les effets délétères de ces espèces réactives, plusieurs stratégies des plantes médicinales sont mises en évidence pour renforcer le système antioxydant (**Heim et al., 2002 ; Rietjens et al., 2002 ; Cillard et Cillard, 2006**). Ainsi, le but de ce travail est d'évaluer le potentiel antioxydant de quelques plantes médicinales utilisées dans la médecine traditionnelle Algérienne.

La présente étude est scindée en deux parties : la première partie est une synthèse bibliographique donnant des généralités sur les plantes étudiées, leurs compositions chimiques et leurs utilisations, des définitions sur les radicaux libres et leurs origines et des généralités sur le système antioxydants. La deuxième partie comprend la préparation du matériel végétal en vue de son utilisation dans la deuxième étape qui consiste en dosage des antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, ortho-diphénols) et la détermination des activités antioxydantes des extraits des plantes par 7 méthodes différentes.

Synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralités sur les plantes étudiées

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales étudiées

1. *Inula viscosa* L.

1.1. Description botanique et répartition géographique

Inula viscosa est une plante annuelle, herbacée, visqueuse et glanduleuse, à odeur forte qui appartient à la famille des Astéracées (Composées). Elle peut atteindre de 50 cm à 1m de hauteur et présente des capitules à fleurs jaunes très nombreux au sommet de la tige.

Les feuilles sont entières ou dentées, aiguës, sinuées ; les caulinares amplexicaules, plus largement lancéolées, les capitules assez gros en longues grappes pyramidales (**Quezel et Santa, 1963**). Les racines sont forte pivotante lignifiées prouvent attendre 30 cm de long (**Bayer et al., 1990**). Les fleurs sont linguiformes et jaunes, dépassant l'involucre. Elles sont longues de 5 à 7 mm (**Judd et al., 1999**).

Inula viscosa appelée communément Inule visqueuse est abondante dans les Iles Canaris (**Bayer et al., 1990**). Répandue dans tout le bassin méditerranéen, sur les sols salés, les prairies humides et les bords de cours d'eau (**Quezel et Santa, 1963**), largement répandue dans le nord de l'Algérie dans les rocailles et les terrains argileux (**Benayache, 1991**).

1.2. Classification botanique

Elle est classée comme suit (**Judd et al., 1999**) :

- ✚ Règne : plantae
- ✚ Sous règne : Tracheobionta
- ✚ division : magnoliophyta
- ✚ Superdivision : Spermaphytes
- ✚ Classe : Magnoliopsida
- ✚ Ordre : Asterales
- ✚ Famille : Asteraceae
- ✚ Genre : *Inula*
- ✚ Espèce : *Inula Viscosa* L.



Figure 1: Photographie de *Inula viscosa* (Anonyme 1, 2013).

1.3. Noms vernaculaires

Nom commun : Inule, aunée visqueuse

Noms vernaculaires : Magramane ou Amagramane en Afrique du Nord (**Quezel et Santa, 1963**).

1.4. Composition chimique

Les travaux de **Benayache et al. (1991)** rapportent que les parties aériennes d'*Inula viscosa* contiennent des flavonoïdes, des acides sesquiterpéniques et des esters triterpènes. Les racines contiennent de nombreux composés : l'inuline, l'hélénine, paraffine, sesquiterpènes essentiels (l'alantole, l'alantolactone et l'acide allantique) (**Fournier, 1947 ; Ulubelen et Goun, 1986; Chiarl, 1986**).

La plante contient d'autres substances dites mineures comportant des résines et des pectines constituant une matière noirâtre : la phytomélane (**Oksuz, 1976**).

1.5. Utilisations

Inula viscosa est utilisée dans la médecine traditionnelle dans la région méditerranéenne pour traiter les blessures, les entorses et des contusions (**Fernandez-Ocana et al., 1996**), et à lutter contre les troubles intestinaux et la jaunisse (**Font Quer, 1978 ; Lopez, 1982**).

Les feuilles, en cataplasme ou en inhalation, sont utilisées contre la fièvre. En décoction. Elles sont recommandées en cas de coliques abdominales et de maux urinaires. Les branches fleuries sont utilisées, en décoction, contre les bronchites, la tuberculose, l'anémie et la malaria (**El Ouafi, 1997**).

2. *Pistacia Lentiscus L.*

2.1. Description botanique et répartition géographique

Pistacia lentiscus est un arbuste ou un arbre ligneux qui appartient à la famille des Anacardiaceae. Elle peut atteindre jusqu'à 3 ou 4 m. C'est une espèce dioïque (fleurs mâles et femelles), toujours verte sclérophylle, avec une forte odeur de résine. Les feuilles sont pennées persistant et de petite taille (4-5 mm Diamètre) (**Zohary, 1952**).

Les fruits femelles ont des ovaires uni et tri-carpelles et les fruits mâles ont 8 à 10 étamines (**Verdu et Garcia-Fayos, 1998**), les graines drupes en fin d'été et en automne. La couleur des fruits est fortement associée à la viabilité des semences: fruits noirs contiennent

généralement des graines viables alors que les rouges contiennent des graines non viables (avorté ou parthénocarpique) (Verdu et Garcia-Fayos, 1998).

Le pistachier lentisque est très commun dans le bassin méditerranéen, il se trouve à l'état sauvage, dans les maquis et les garrigues dans tout type de sols, bien qu'il préfère les terrains siliceux. En Algérie, le lentisque se trouve sur le long du tell et dans les zones forestières (More et White, 2005).

2.2. Classification botanique

La classification de *Pistacia lentiscus* est établie par Ansari et al. (2012) :

Règne: *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Ordre : *Sapindales*

Famille : *Anacardiaceae*

Genre : *Pistacia*

Espèce : *Pistacia lentiscus* L.



Figure 2 : Photographie de *Pistacia lentiscus* (Anonyme 2, 2013)

2.3. Noms vernaculaires

Anglais : Chios mastic tree.

Allemand : Mastixbaum.

Français : Arbre au mastic, Lentisque.

Espagnol : Lentisco.

Afrique du nord : Derw, darw (arabe).

Berber: Amadagh (Torkelson, 1996; Feidemann, 2005)

2.4. Composition chimique

Les composants les plus importants de *Pistacia* sont les résines et les terpinéols. L'huile essentielle des feuilles contient le β -caryophylline, le germaerene et le γ -cadinène. Les polyphénols des feuilles sont les acides galliques et dérivés galloyl, glycoside de flavonol

et anthocyanines (delphinidine 3-O-glucoside et glucoside de la cyanidine 3-O-), les nortriterpenoids, le α - tocophérol et les protéines (**Ansari et al., 2012**).

La composition des huiles des fleurs est : les monoterpènes, sesquiterpènes comme composant principal, de l' α -pinène, myrcène et terpinène-4-ol (**Castola et al., 2000**).

2.4. Utilisations

Pistacia lentiscus est connue pour ses propriétés médicinales depuis l'antiquité (**Palevitch et Yaniv, 2000**). La décoction des racines séchées est efficace contre l'inflammation intestinale et d'estomac ainsi que dans le traitement de l'ulcère (**Ouelmouhoub, 2005**).

Les feuilles possèdent des propriétés emménagogues, astringentes, diurétiques, analgésiques et antipyrétiques (**Bellakhdar, 1978, 1997; El Ouafi, 1997**). Les feuilles et l'écorce sont employées en décoction ou en poudre, dans le traitement des maux du ventre, de l'intestin, des diarrhées et de diabète (**Bellakhdar, 1978, 1997; El Ouafi, 1997**).

3. *Myrtus Communis L.*

3.1. Description botanique et répartition géographique

Myrtus communis ou le myrte vrai est un arbuste ou petit arbre appartenant à la famille des Myrtaceae , de hauteur 1à3 m, les feuilles sont ové-lancéolée, aigues, entières, coriaces, ponctuées et très aromatiques. Les fleurs sont blanches et peuvent atteindre jusqu'à 3 centimètres de diamètre. Le fruit est une baie multi-semée.

Le myrte se trouve dans l'Europe, l'Afrique du Nord et l'Asie occidentale. Il est distribué en Amérique du Sud, l'Himalaya occidental du nord et l'Australie et répandu dans la région méditerranéenne (**Messaoud et al., 2011**).

3.2. Classification botanique

Myrtus communis est classé selon **Guignard (2001)**.

- ✚ Règne : Végétal
- ✚ Division : Magnoliophyta
- ✚ Classe : Magnolipsida
- ✚ Ordre : Myrtales
- ✚ Famille : Myrtaceae
- ✚ Genre : *Myrtus*
- ✚ Espèce : *Myrtus communis* L.



Figure 3 : Photographie de *Myrtus communis* (Anonyme 3, 2013).

3.3. Noms vernaculaires (Bock, 2013)

Français : Herbe du lagui, Myrte commun.

Anglais: Common Myrtle, Greek Myrtle, Myrtle, Sweet Myrtle.

Italie : Mirtella, Mirto, Mortella, Mortine.

3.4. Composition chimique

Le myrte est principalement composée d'huiles volatiles, des tanins, des sucres, des flavonoïdes et des acides organiques tels que les acides citrique et malique (Martín Lopez et al., 1999). Ainsi que cette plante contient des fibres et beaucoup de composés biologiquement actifs. Les composés phénoliques, les flavonoïdes et les anthocyanines sont les principaux composants des baies. Les huiles de myrte sont constituées des acides gras tels que : acide oléique, linoléique, myristique, palmitique, linoléique et l'acide laurique (Sumbul et al., 2011).

3.5. Utilisations

Myrtus communis est traditionnellement utilisée comme un médicament désinfectant antiseptique et un agent hypoglycémiant (Elfellah et al., 1984). Différentes parties de la plante trouvent diverses utilisations : les feuilles en décoction sont indiquées contre les maux d'estomac et comme purgatif. En inhalation, elles sont employées contre la fièvre (Kamal, 1997).

Le décocté de la plante, mélangé au henné, est très utilisé pour noircir et assouplir les cheveux. L'infusion des feuilles est employée contre les affections respiratoires, les maladies cardiaques et hépatiques (**Kamal, 1997**).

Les fruits ont une longue histoire d'utilisation dans la parfumerie, industries cosmétique, alimentaire et pharmaceutique (**Nuvole et Spanu, 1996**). En Sardaigne (Italie), les fruits sont surtout employés pour le secteur industriel de formulation de liqueurs sucrées (**Mulas et al., 2000**).

4. *Globularia alypum* L.

4.1. Description botanique et répartition géographique

Globularia alypum est une plante vivace appartenant à la famille des Globulariaceae (**Es-Safi et al., 2007**). C'est un sous arbrisseau de 30-60 cm, très rameux en buisson, ordinairement dressé, des feuilles toutes éparses sur les rameaux, coriaces, persistantes, avec des fleurs larges de 15 à 20 mm, d'un beau bleu, odorantes, en têtes sub-sessiles, terminales et latérales (**Chocri et al., 2010 ; Anonyme 4, 2013**).

C'est une plante trouvée dans toute la région méditerranéenne (**Ben Mansour et al., 2012**).

4.2. Classification botanique

La classification de *Globularia alypum* est décrite par **Bock (2013)**.

- ✚ Règne : Végétal.
- ✚ Ebranchement : Angiospermes.
- ✚ Classe : Dicotylédone.
- ✚ Sous Classe : Astérides.
- ✚ Ordre : Lamiales.
- ✚ Famille : Globulariacées.
- ✚ Genre : *Globularia*.
- ✚ Espèce : *Globularia alypum* L.



Figure 4 : Photographie de *Globularia alypum* (**Anonyme 4, 2013**)

4.3. Noms vernaculaires

Français : Globulaire, Globulaire buissonnante (**Bock, 2013**).

Anglais : Shrubby Globularia (**Bock, 2013**).

Arabe : Ain Larneb (**Jouad et al., 2001**),

Berber : Tasselgha (**Taleb-Dida et al., 2011**).

4.4. Composition chimique

Globularia alypum contient des glycosides, iridoïdes et des polyphénols tels que les flavonoïdes et leurs dérivés tels que l'apigénine, la lutéoline et la quercétine (**Es-Safi et al., 2005, 2006 ; Taleb-Dida et al., 2011**),

4.5. Utilisations

Globularia alypum est utilisée comme agent hypoglycémiant, laxatif, cholagogue, stomachique, purgative et sudorifique, ainsi que dans le traitement des maladies cardiovasculaires et rénales. Elle est utilisée dans le traitement des maladies de la peau, notamment l'eczéma, les troubles digestifs, les douleurs intestinales, l'hypertension artérielle, troubles cardiaques et le diabète (**Es-Safi et al., 2007 ; Ben Mansour et al., 2012**).

5. *Eryngium maritimum* L.

5.1. Description botanique et répartition géographique

Eryngium maritimum, désignée plus couramment sous le terme de panicaut des mers, est une plante glauque, plus ou moins bleuâtre, parfois même d'une teinte bleue vers le haut, très épineuse, de 30 à 60 cm de hauteur, qui croît dans les sables maritimes où elle est souvent abondante.

La floraison s'étend depuis le mois de juin jusqu'au mois de septembre (**Giudicelli, 2011**). Les feuilles sont raides et très coriaces, ondulées sur les bords, à nervures très marquées, à lobes et à dents étalés de tous cotés et terminées par de fortes épines. Les fleurs sont groupées en capitules hémisphériques presque globuleux (**Giudicelli, 2011 ; Anonyme 5, 2013**). C'est l'une des espèces les plus caractéristiques de la Méditerranée, l'Asie occidentale et l'Europe (**Bock, 2013**).

5.2. Classification

La classification d' *Eryngium maritimum* est décrite par **Bock (2013)**

- ✚ Règne : végétal.
- ✚ Embranchement : Spermaphytes.
- ✚ Sous embranchement :
Angiospermes.
- ✚ Classe : Dicotylédone.
- ✚ Sous classe : Rosidae.
- ✚ Ordre : Apiales.
- ✚ Famille : Apiacées.
- ✚ Genre : *Eryngium*.
- ✚ Espèce : *Eryngium maritimum* L.



Figure 5 : Photographie d' *Eryngium maritimum* (Anonyme 5, 2013).

5.3 Noms vernaculaires

Français : Chardon bleu, Chardon des dunes, Panicaut de mer, Panicaut des dunes (**Bock, 2013**).

Anglais: Sea Holme, Sea-holly (**Bock, 2013**).

Arabe : Lahiet el Maaza (**Kholkhal et al., 2012**).

5.4. Composition chimique

Eryngium maritimum contient des polyphénols tels que les flavonoïdes, des coumarines, des terpènes, des saponines et des huiles essentielles (**Küveli et al., 2006 ; Kholkhal et al., 2012**).

5.5. Utilisations

Eryngium maritimum est une plante qui favorise les flatulences, élimine les obstructions du foie, des reins et la vésicule biliaire. Cette plante provoque les mictions et les menstruations. Elle est efficace dans le traitement de certains troubles neurologiques comme la paralysie et les convulsions (**Küveli et al., 2006**).

6. *Marrubium vulgare* L.

6.1. Description botanique et répartition géographique

Marrubium vulgare est une plante herbacée vivace de la famille des labiées. La plante présente des feuilles dentées et duveteuses, ainsi que des petites fleurs blanches à saveur très amère renfermant un principe actif essentiel « la marrubine » (Temani, 2006). Elle peut arriver jusqu'à 80 cm de hauteur, pousse dans les lieux incultes, les terres incultes et à proximité des chemins avec des fleurs blanches, en verticilles axillaires nombreux, multiflores, très compacts, espacés sur les tiges (Bock, 2013). Elle est très commune dans les régions méditerranéennes, l'Europe et l'Asie (Elberry et al., 2011 ; Bock, 2013). En Algérie, *Marrubium vulgare* est répandu au nord du pays (Temani, 2006).

6.2. Classification botanique

La classification du marrube blanc est décrite par Bock (2013) :

- ✚ Règne : végétal.
- ✚ Embranchement : Spermaphytes.
- ✚ Sous embranchement :
Angiospermes
- ✚ Classe : Dicotylédone.
- ✚ Ordre : Lamiales.
- ✚ Famille : Lamiacées.
- ✚ Genre : *Marrubium* .
- ✚ Espèce : *Marrubium vulgare* L.



Figure 6 : Photographie de *Marrubium vulgare* (Anonyme 6, 2013).

6.3. Noms vernaculaires

Français : Marrube blanc, Marrube commun, Marrube vulgaire (Bock, 2013).

Anglais : White Horehound (Bock, 2013).

Berber : marriouet (Temani, 2006).

6.4. Composition chimique

L'analyse chimique du marrube blanc a montrée la présence de terpènes, sesquiterpènes, des huiles essentielles, des alcaloïdes, et des composés phénoliques tels que les flavonoïdes (**Elberry et al., 2011**), auxquels s'ajoutent les glucosides et les lactates (**Sahpaz et al., 2001 ; Pukalskas et al., 2012**).

6.5. Utilisations

Le marrube blanc fluidifie les sécrétions bronchiques et facilite l'expectoration. Il est antitussif et soigne les toux rebelles. La présence de mucilages adoucissants et anti-inflammatoires le rend utile dans le traitement des inflammations de la gorge. Aussi, c'est un dilatateur des bronches, donc il a une action bénéfique sur l'asthme (**Temani, 2006**).

Il est employé pour favoriser la perte de poids en augmentant le métabolisme des graisses (diminution des triglycérides et du cholestérol) (**Temani, 2006**). Les huiles essentielles de la plante sont appréciées pour leurs efficacités bioactives : fongicides, bactériostatique et antioxydantes (**Kadri et al., 2011**).

Chapitre II : Radicaux libres et stress oxydant

Chapitre II : Les radicaux libres et le stress oxydant

1. Radicaux libres

1.1. Définition d'un radical libre

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un électron non apparié. Extrêmement instable, ce composé peut réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron. Il peut soit arracher un électron (se comportant comme un oxydant), soit en cédant un électron (agissant alors comme un réducteur) (Blandine, 2006).

La production de radicaux libres est largement physiologique : elle est déterminée, dirigée et utile. Parmi les exemples les plus communs, on peut citer la production de superoxyde pendant la phagocytose et la libération du monoxyde d'azote (NO) par l'endothélium, qui constitue un des mécanismes de régulation du tonus vasculaire. Les radicaux libres interviennent aussi dans la signalisation cellulaire (Mette et Berger, 2006)

1.2. Sources et production des radicaux libres

Les radicaux libres sont produits par un grand nombre de mécanismes soit par voie endogènes ou par voie exogènes figure 7.

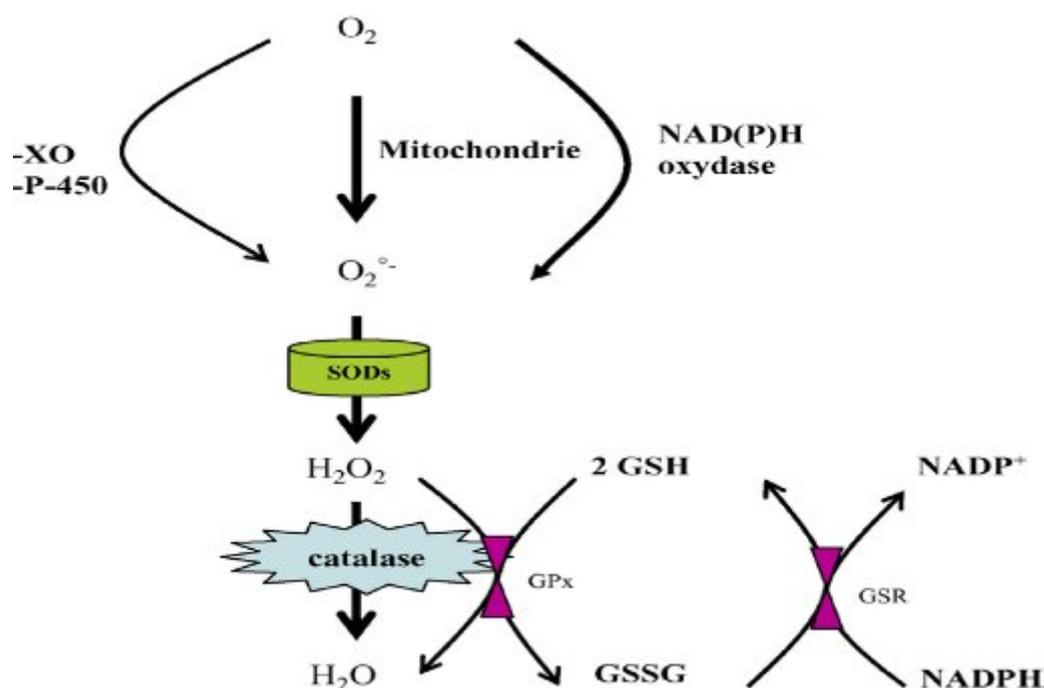


Figure 7 : Sources métaboliques de production et d'élimination des radicaux libres.

(Afonso et al., 2007)

1.2.1. Production interne (endogène)

1.2.1.1. Mitochondrie

La mitochondrie est la source de production majeure de superoxyde O_2^- dans la cellule intacte. Dans les conditions physiologiques, la formation de ce radical est liée à l'activité physique et à l'intensité d'oxygénation (**Favier, 2003**).

1.2.1.2. Cellules phagocytaires

Les cellules phagocytaires possédant une enzyme membranaire, la Nicotinamide adénine dinucléotide Phosphate réduit (NADPH oxydase), qui est spécialisée dans la fabrication du radical superoxyde (O_2^-). La production du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est à l'origine de la production de molécule comme l'anion superoxyde ou l'hypochlorite (ClO^-), indispensable à la distribution du matériel phagocyté (**Aruna et al., 2003 ; Mette et Berger, 2006**).

1.2.1.3. Xanthine-déshydrogénase

La xanthine -déshydrogénase est une enzyme ubiquitaire qui peut être modifiée en xanthine- oxydase. Cette enzyme génère du superoxyde en présence d'oxygène et de xanthine ou d'hypoxanthine (**Berger, 2006 ; Kœchlin-Ramonatxo, 2006**).

1.2.1.4. Ions métalliques

Les ions métalliques tels que le chrome, vanadium, cuivre, mais aussi le fer libres (existant lors de surcharges générales ou localisées) génèrent en présence de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) des radicaux hydroxyles très réactifs par une réaction appelée réaction de Fenton (**Favier, 2003**).

1.2.2. Production externe (exogène)

Les radicaux libres peuvent être produits par des sources exogènes comme les rayonnements UV, les particules inhalées, le tabac, l'ingestion de l'alcool et également les médicaments comme les antibiotiques des anticancéreux (**Favier, 2003**). La figure 8 montre la production et la neutralisation des espèces réactives de l'oxygène.

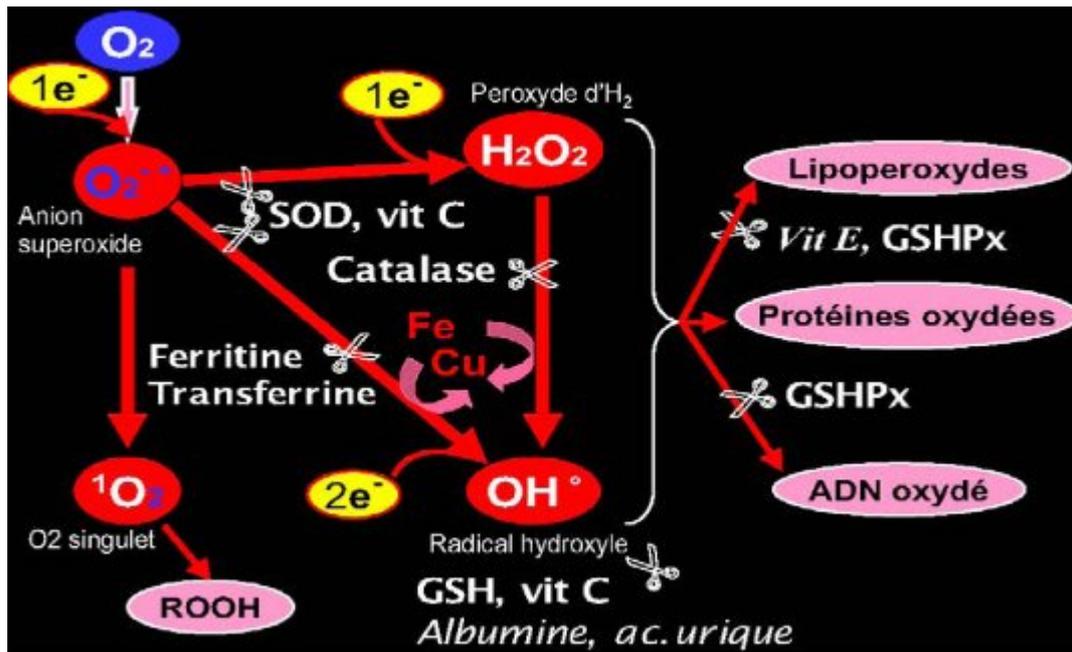


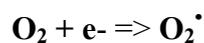
Figure 8 : Production et neutralisation des espèces réactives de l'oxygène (Berger, 2006).

1.3. Différents types de radicaux libres

1.3.1. Espèces réactives de l'oxygène

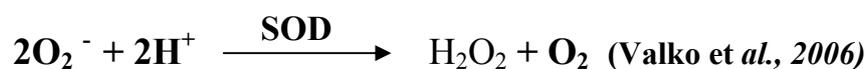
1.3.1.1. Anion superoxyde O_2^-

L'anion superoxyde est un radical chargé négativement provenant de la réduction monovalente de l'oxygène moléculaire qui capte un électron. La dismutation de cet O_2^- entraîne la formation d'oxygène fondamental et de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (Blandine, 2006).



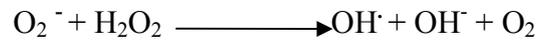
1.3.2. Peroxyde d'hydrogène H_2O_2

Le peroxyde d'hydrogène, appelé également eau oxygénée, résulte soit de la dismutation du radical superoxyde par la superoxyde dismutase (SOD) ou par la réduction biélectronique de l'oxygène catalysée par des enzymes comme le glucose oxydase (Cheeseman et Slater, 1993; Helliwell et al., 2000).



1.3.3. Radical hydroxyle OH°

Le radical hydroxyle est le radical le plus dangereux dans l'organisme, il est formé de la réaction de l'anion superoxyde avec l'hydrogène peroxyde.

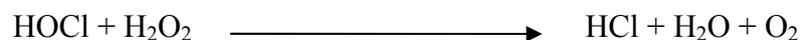


Le radical hydroxyle réagit avec les lipides, polypeptides, protéines, et ADN, spécifiquement la thiamine et la guanosine (Ashoka et Ali, 1999).

1.3.1. Oxygène singulet (¹O₂)

L'oxygène singulet n'est pas un radical libre, car il ne possède pas un électron non apparié, c'est une forme excitée de l'oxygène. Il est formé par action de la lumière sur l'oxygène (Houée-Levin, 2005).

L'oxygène singulet n'est pas un puissant oxydant, mais un pro-oxydant, via sa capacité de s'unir à différentes biomolécules. Sa formation nécessite la présence de l'acide hypochloreux (HOCl) et de l'eau oxygénée, selon la réaction suivante (Khan et Kashat, 1994) :



1.3.2. Espèces radicalaires de l'azote

Les espèces réactives de l'azote sont essentiellement produites à base d'arginine et d'oxygène par l'intermédiaire d'une enzyme, monoxyde d'azote synthétase (Rochette et Vergely, 2002).

1.3.2.1. Monoxyde d'azote

Le monoxyde d'azote est un radical avec un électron non apparié. Il est formé par l'action du NO synthétase sur L-arginine (Fang et al., 2002).



(Aurousseau, 2002).

Le monoxyde d'azote est toxique, il amorce indirectement la peroxydation. Il est relativement inerte, et oxydé en NO₂⁻, selon la réaction suivante (Fossey, 1993):



1.3.2.2. Peroxynitrite (ONOO⁻)

Le peroxynitrite ONOO⁻ est formé par la combinaison de monoxyde d'azote et l'anion superoxyde, agent non radicalaire à la fois oxydant et nitrosant responsable d'attaques tissulaires. Il est aussi impliqué dans l'hypertension artérielle, le diabète et l'athérosclérose (**Bonnefont-Rousselot et al., 2002**).



1.7. Rôles physiologiques des radicaux libres

Les radicaux libres sont indispensables à la vie. En effet, ils remplissent de très nombreuses fonctions utiles qui par la phagocytose, ont été découvertes récemment. Les radicaux libres participent au fonctionnement de certaines enzymes, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à la distribution par apoptose des cellules tumorales, au cycle cellulaire, à la différenciation cellulaire et à la régulation de la dilatation capillaire (**Favier, 2003**). Elles participent au fonctionnement de certains neurones et notamment ceux de la mémoire, à la fécondation de l'ovule, à la régulation des gènes, à l'amélioration du captage musculaire du glucose, à la reconstitution des stocks en glycogène musculaire (**Yohan, 2004 ; pastre, 2005 ; Kœchlin-Ramonatxo, 2006**).

Les radicaux libres tels (H₂O₂ et le NOO⁻) joueraient un rôle primordial dans la transduction du signal (**Pastre, 2005**).

1.8. Rôles pathologiques des radicaux libres

Le stress oxydant est un état caractérisé par un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène et les capacités antioxydantes de l'organisme. Cet équilibre peut être rompu lorsque l'alimentation ne contient pas assez d'antioxydants, les systèmes de défense enzymatique ne sont pas efficaces ou que la production de radicaux libres dans notre corps est anormalement élevée (**Hennebelle et al., 2004**).

2. Stress oxydant

2.1. Définition du stress oxydant

Le stress oxydant est le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et la capacité du corps à les neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (**Boyd et al., 2003**), soit par déficit en antioxydants ou suite à une surproduction de radicaux libre (**Favier, 2003**).

2.2. Maladies engendrées par le stress oxydant

Le stress oxydant est potentiellement impliqué dans le développement du vieillissement ou de pathologies associées au vieillissement telles que les maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives (**Pincemail et Defrangne, 2004**). Il est la principale cause initiale d'autres maladies comme la cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aigu, œdème pulmonaire, la maladie d'Alzheimer et les rhumatismes (**Favier, 2003**).

La relation entre le stress oxydant et le cancer s'avère très étroite, les radicaux libres interviennent dans l'activation des pro-carcinogènes en carcinogènes, créant des lésions de l'ADN (**Favier, 2003**). La surproduction des radicaux libres serait à la base du développement de complication du diabète et également accompagné d'un risque accru de maladies cardiovasculaires (**Ceriello, 2004**).

Chapitre III : systèmes antioxydants

Chapitre III : Système antioxydant

1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant peut être défini comme étant toute substance qui est capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (**Halliwell et Gutteridge, 1990 ; Pincemail et al., 2002**).

Dans l'organisme, il existe plusieurs types de molécules à activité anti-oxydante : les enzymes anti-oxydantes directement synthétisées par l'organisme (superoxyde dismutases, glutathion peroxydases, catalase...) et les composés antioxydants d'origine exogène c'est-à-dire alimentaire (les vitamines A, C et E ; les caroténoïdes comme le lycopène et la lutéine ; la taurine ; les polyphénols ; certains minéraux et oligoéléments comme le magnésium, le zinc, le sélénium et le manganèse). Ces systèmes antioxydants interviennent en protégeant les cellules des dommages oxydatifs induits par les radicaux libres (**Percival, 1998 ; Berger, 2006 ; Pastre et Priymenko, 2007**), ou issus d'une synthèse chimique (**Papas, 1999**).

2. Classification des antioxydants

Les antioxydants peuvent être classés selon leurs modes d'actions, leurs localisations cellulaires, leurs origines ou encore selon leurs caractéristiques physico-chimiques : liposolubles ou hydrosolubles (**Pastre, 2005**).

2.1. Antioxydants primaires

Les antioxydants primaires ou radicalaires ou vrais, permettent l'interruption de la chaîne autocatalytique : $AH + R\bullet \rightarrow A\bullet + RH$. La molécule AH est antioxydante si le radical formé $A\bullet$ est plus stable. La stabilité du radical $A\bullet$ peut s'expliquer par sa conversion en composés non radicalaires (**Rolland, 2004**).

Dans cette classe se trouve les antioxydants de synthèse tels que le BHA et le BHT et les antioxydants naturels parmi lesquels les tocophérols et les composés phénoliques (**Judde, 2004**).

2.2. Antioxydants secondaires

Les antioxydants secondaires ou préventifs qui assurent l'inhibition de la production des radicaux libres. Ce sont des substances décomposant les hydroperoxydes en alcool, des thiols (glutathion, acides aminés soufrés) ou les disulfures, des protecteurs vis-à-vis des UV, comme les carotènes, des chélatants des métaux promoteurs d'oxydation type fer et cuivre, comme l'acide citrique et les lécithines) ou enfin de séquestrant d'oxygène comme l'acide ascorbique (**Rolland, 2004**). Ils retardent l'oxydation lipidique selon différents modes d'action: absorption des radiations

ultraviolettes, inactivation de l'oxygène singulet, chélation des métaux, décomposition des hydroperoxydes (Himed, 2011).

3. Systèmes de défense antioxydant

Afin de protéger les cellules et les systèmes organiques du corps contre les espèces réactives de l'oxygène, l'organisme possède un complexe système de défense : les antioxydants. Il s'agit d'une défense à la fois endogènes et se compose d'enzymes (SOD, glutathion peroxydase, catalase) et exogène apportée par l'alimentation de fruits et légumes riche en éléments nutritifs dérivés d'acide ascorbique (vitamine C), tocophérols (vitamine E), caroténoïdes et flavonoïdes, (Percival, 1998 ; Hamadi, 2010), ou encor des oligo-éléments tels que le cuivre, sélénium et le zinc (Pelli et Lyly, 2002).

3.1. Système de défense enzymatique

3.1.1. Superoxydes dismutases (SOD)

Les superoxydes dismutases (SOD) sont des métalloenzymes qui catalysent la dismutation des ions peroxydes en oxygènes moléculaires et peroxydes d'hydrogènes composés stables et moins toxiques (Comhair and Erzurum, 2001) selon la réaction suivante :



Il existe trois isoformes compartimentées de l'enzyme SOD une SOD contenant du cuivre et du zinc (CuZnSOD), localisée dans le cytosol des cellules eucaryotes et dans les globules rouges; une SOD contenant du manganèse (Mn), située dans les mitochondries, et un facteur de haut poids moléculaire à activité SOD (EC-SOD) situé dans le plasma et les poumons humains (Pincemail et al., 1998 ; Afonso et al., 2007).

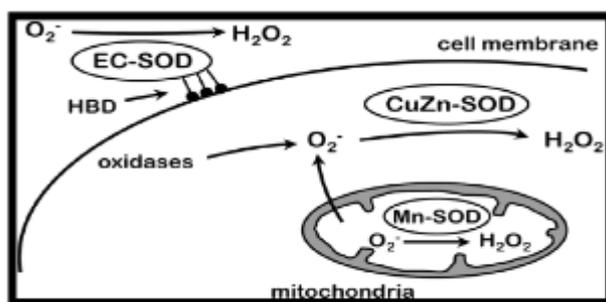


Figure 9: Les trois types de la SOD (Frank et al., 2004).

3.1.2. Glutathion peroxydase

La glutathion peroxydase (GPx) qui détruit le peroxyde d'hydrogène mais aussi tous les peroxydes lipidiques ROOH (où R représente un acide gras polyinsaturé). Il s'agit d'un sélénoenzyme (Se-GPx) utilisant le glutathion réduit (GSH) comme cofacteur et localisé dans le cytosol et les mitochondries des cellules (Pincemail et al., 1998).

3.1.3. Catalase

La catalase est une composante importante du système de défense antioxydant endogène elle est principalement présentée dans les peroxysomes de diverses cellules, dans les plaquettes et le stroma des érythrocytes. C'est une enzyme catalysant la dismutation de l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) en simple molécule d'eau. La réaction globale catalysée par les catalases est la suivante (Nadji, 2010).



3.2. Système de défense non enzymatique (exogène)

3.2.1. Composés phénoliques

L'appellation « polyphénols » ou « composés phénoliques » regroupe un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules, divisées 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). Les représentants les plus nombreux (plus de 5 000 molécules isolées) et les plus connus en sont les « flavonoïdes ». Néanmoins, de nombreuses autres structures existent, tels que les acides phénols (dérivés de l'acide cinnamique, par exemple), tanins hydrolysables, coumarines, lignanes, quinones et autres phloroglucinols (Hennebelle et al., 2004).

La classification des polyphénols est basée d'une part sur l'atome constitutif et d'autre part sur la structure de squelette de base, les principales classes les plus répandues sont : les flavonoïdes, les tanins et les lignines (Harborne, 1980).

3.2.1.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont universellement rencontrés chez les plantes. Deux sous-groupes peuvent être distingués, les acides hydroxybenzoïques, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique et les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (Harbone, 1980).

3.2.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels du règne végétal (Ghedira, 2005), qui sont caractérisés par la présence d'une structure phénolique dans leur molécule, et même d'une structure flavone ce qui les distingue des autres polyphénols (Toufektsian et al., 2008).

Les flavonoïdes possèdent un squelette de base à 15 atomes de carbone constitués de deux cycles phényles, les cycles A et B, reliés par une chaîne à trois carbones (structure en C6-C3-C6). La

chaîne en C3 entre les cycles A et B est communément cyclisé pour former le cycle C figure 10 (Bruneton, 1999).

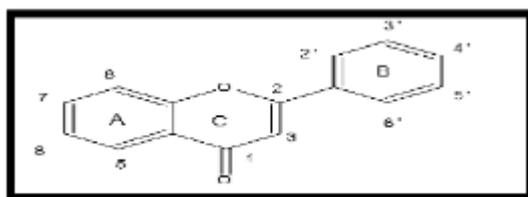


Figure 10 : Squelette de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

Les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes dont les plus importants sont : les flavones, les flavonols, les flavanols, les flavanones, les dihydroflavanols, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les aurones et les anthocyanes (Nkhili, 2009).

Les flavonoïdes sont capables d'inactiver et de stabiliser les radicaux libres grâce à leurs groupements hydroxyles fortement réactifs. Ils inhibent aussi l'oxydation des LDL et, de ce fait, peuvent prévenir l'athérosclérose et diminuer les risques de maladies cardiovasculaires. En plus des propriétés antioxydantes, les flavonoïdes ont des propriétés anti-inflammatoires, antiallergiques et antiulcérogènes (Bougandoura, 2011).

3.2.1. 3. Ortho-diphénols

Les ortho-diphénols représentent un groupe important parmi les polyphénols, et sont caractérisés par la fonction O-dihydroxyle dans le noyau catéchol figure 11. Ils exercent une activité antioxydante meilleure que celle des composés parahydroxylés (tyrosol) ou mono-hydroxylés, grâce à la présence d'un groupement hydroxyle donneur d'électrons en position ortho qui réduit l'énergie de dissociation de la liaison O-H, favorisant ainsi le transfert de l'atome d'hydrogène sur le radical peroxyde. Ce sont également de puissants chélateurs de métaux (Visioli et Galli, 1998).

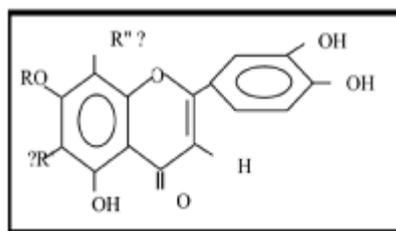


Figure 11: Structure chimique des ortho-diphénols (Akroum, 2006).

3.2.1.4. Tanins

Les tanins sont une famille complexe de principes actifs qu'on trouve dans l'ensemble des végétaux, et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles, etc.). Ils ont la capacité de former des complexes avec des macromolécules (les protéines ...) et des liaisons entre les fibres de collagènes, d'où leur viennent la plupart de leurs propriétés, leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie polyphénolique (**Paolini et al., 2003**). Il existe deux catégories de tanins : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Bruneton, 1999**).

3.2.1.4.1. Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables anciennement appelés tanins pyrogalliques, sont des polyesters de glucides et d'acide-phénols. Ils sont facilement scindés par les acides ou les enzymes (Tannases) en ose et en un acide-phénol. Selon la nature de ces tanins, on distingue: les tanins galliques dans le cas d'acide gallique et les tanins ellagiques dans le cas d'acide ellagique (**Bruneton, 1999**).

3.2.1.4.2. Tanins condensés

Les tanins condensés sont des structures plus complexes, on les appelle également proanthocyanidines, largement présents dans le règne végétal, et que l'on rencontre dans de nombreux produits alimentaires (fruits, légumes, boissons...). Ils ne renferment pas de sucres dans leurs molécules, ils ne sont hydrolysés ni par les acides, ni par les tannases mais en présence d'acide forts ou d'agents d'oxydation, ils se transforment en substances rouges : les phlobaphènes (exemple : rouge de cola) (**Boudjellal, 2009**).

3.2.2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles de couleur jaune, orangée à rouge. Malgré l'identification de plus de 600 caroténoïdes spécifiques, seul un nombre limité d'entre eux sont présents en quantité sensible dans le sang et les tissus humains. Les principaux caroténoïdes sont la provitamine A, le lycopène et la lutéine (**Curtay et Robin, 2000**).

Le plus important est le β -carotène. Il est apporté par l'alimentation et est doué de plusieurs capacités : il est précurseur de la vitamine A, il capte l'oxygène singulet sous faible pression d'oxygène et, avec les autres caroténoïdes, il a le pouvoir de terminer les réactions en chaîne de lipoperoxydation. Il protège aussi les structures cellulaires contre l'agression oxydante (**Goudable et Favier, 1997**).

3.2.3 Vitamines

3.2.3.1 Vitamines C

L'acide ascorbique ou vitamine C est considéré comme le plus important antioxydant dans les fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des ions superoxydes, du peroxyde d'hydrogène, de l'hypochlorite, des radicaux hydroxyles et peroxydes, et de l'oxygène singulet. Le rôle antioxydant de la vitamine C est basé sur sa réaction avec les radicaux peroxydes aqueux, le produit formé étant le radical ascorbyle. Empêchant les radicaux peroxydes dans la phase aqueuse avant qu'ils initient la peroxydation lipidique, la vitamine C protège les biomembranes et les lipoprotéines, ainsi participe à la régénération de la vitamine E (Delattre et al., 2005 ; Pastre, 2005).

3.2.3.2. Vitamine E

Sous le terme vitamine E est regroupée la famille des tocophérols (α -, α -, γ , δ -ocophérol, tocotriénols...). La forme la plus active étant l' α -tocophérol. Elle est capable, d'une part, de piéger chimiquement l'oxygène singulet (1O_2) en s'oxydant en quinone, d'autre part, de réagir avec le radical hydroxyle (OH \cdot). Mais son principal rôle biologique est de réagir avec les radicaux peroxydes (ROO \cdot) pour former un radical tocophéryle. L' α -tocophérol est régénéré essentiellement selon deux voies ; d'une part, la vitamine C, ou l'acide ascorbique, est capable de réduire le radical tocophéryle, d'autre part, une enzyme spécifique, glutathion dépendante, la tocophéryl réductase, est capable de réduire le radical tocophéryle en α -tocophérol (Pastre, 2005 ; Bouldjadj, 2009).

3.2.4. Oligo-éléments

3.2.4.1. Sélénium

Le sélénium joue un rôle clé dans la protection des cellules et de leurs constituants contre l'attaque radicalaire. Cette fonction est due à sa présence dans le site actif des glutathions peroxydases sélénodépendantes (Burk, 2002).

3.2.4.2. Zinc

Le zinc (Zn) joue un rôle d'antioxydant indirect en assurant la stabilisation du superoxyde dismutase aux ions cuivre zincCu-ZnSOD. Cependant, au-delà de cette fonction, le zinc possède d'autres propriétés antioxydantes pour lesquelles le mécanisme précis reste encore incomplètement connu (Powell, 2000).

- Le zinc inhibe la production des espèces radicalaires de l'oxygène ERO par les métaux de transitions, en entrant en compétition avec le fer et le cuivre dans la réaction de Fenton.
- L'activité antioxydante du zinc pourrait également passer par l'induction de metallothionéines pouvant piéger les ERO (Delattre et al., 2005).

3.2.4.3. Manganèse

Le manganèse appartient au superoxyde dismutase (SOD) mitochondriale. Cette enzyme fait partie du système de défense antioxydant endogène de l'organisme (**Pastre, 2005**).

3.2.4.4. Cuivre

Le cuivre est un oligo-élément qui participe au maintien des systèmes de défense antioxydants dans l'organisme car il a un effet protecteur contre l'oxydation nocive dans les globules rouges (**Pelli et Lyly, 2003**).

4. Les antioxydants synthétiques

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tels que le butylhydroxyanisole (BHA), butylhydroxytoluène (BHT), gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ), sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels. Cependant, leur sécurité est très discutée car ils génèrent un besoin de recherche comme matière de substitution d'après des sources naturelles comme antioxydants de la nourriture (**Lisu et al., 2003**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1. Echantillonnage

Des feuilles de six plantes médicinales sont étudiées dans le présent travail : *Inula viscosa*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Marrubium vulgare*, *Eryngium maritimum* et *Globularia alypum*.

La récolte a été effectuée d'une manière aléatoire, dans la région d'Aboudaou, Wilaya de Béjaïa (tableau I). L'identification botanique des six plantes est faite à l'état frais par les membres du laboratoire de Physiologie Végétale de l'université de Bejaïa.

Tableau I : Périodes de récolte des six plantes.

	<i>Inula viscosa</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Myrtus communis</i>	<i>Marrubium vulgare</i>	<i>Eryngium maritimum</i>	<i>Globularia alypum</i>
Date de récolte	Mars 2013	Mars 2013	Mars 2013	Mars 2012	Avril 2012	Avril 2012

2. Traitement des échantillons

Après récolte et identification, les six plantes doivent subir une série d'opérations afin d'obtenir des poudres des plantes qui vont servir pour l'extraction du matériel végétal.

2.1. Nettoyage et lavage

Les feuilles des différentes plantes sont débarrassées des branches, des poussières, des petites pierres, toutes impuretés, et toute partie qui ne fait pas l'objet de cette étude, puis sont soigneusement lavées à l'eau courante.

2.2. Séchage et broyage

Une fois le nettoyage et lavage sont faits, les feuilles sont séchées dans une étuve à 40°C jusqu'à la stabilisation du poids.

Les feuilles séchées sont broyées avec un broyeur électrique (IKA^R A₁₁basic) afin d'obtenir des poudres très fines. Ces dernières sont conservées dans des flacons en verre et stockées à l'abri de la lumière pour des utilisations ultérieures.

3. Préparations des extraits des plantes

Le protocole utilisé pour l'extraction est représenté dans la figure 12.

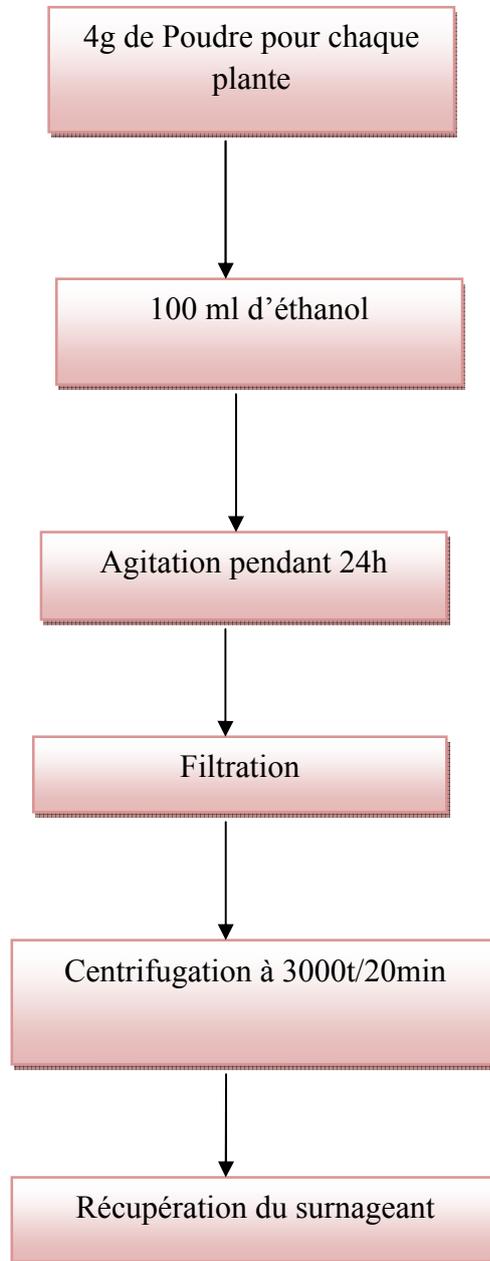


Figure 12 : Protocole de préparation des extraits.

Les solutions récupérées sont mises à l'étuve pour l'évaporation à 40°C jusqu'à l'évaporation totale du solvant (stabilisation du poids du bécher). L'extrait est récupéré puis pesé afin de calculer les taux d'extractions selon la formule suivante:

$$\text{Taux d'extraction} = [(P_1 - P_0) / E] * 100$$

Où :

P_1 : poids du bécher après évaporation en g.

P_0 : poids du bécher vide en g.

E : poids de la poudre en g.

4. Dosage des polyphénols

4.1. Dosage des polyphénols totaux

4.1.1. Principe

Le dosage des polyphénols est basé sur l'utilisation du réactif de Folin Ciocalteu qui est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des composées phénoliques, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène dans le milieu alcalin. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans les extraits (**Ribereau-Gayon, 1968**).

4.1.2. Mode opératoire

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée selon la méthode de **Marinova et al. (2005)**. Un volume de 100 μ l d'extrait est additionné de 100 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (50%). Après 3 min, 2 ml de carbonate de sodium Na_2CO_3 (2 %) sont ajoutés. Après incubation pendant 30min, la lecture est effectuée à 750 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec (mg EqAG/g d'extrait sec) (**annexe 1**).

4.2. Dosage des flavonoïdes

4.2.1. Principe

L'estimation de la teneur des flavonoïdes est couramment basée sur l'utilisation du chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes avec l'ion Al_3 après décomposition du chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ces complexes peuvent être utilisés pour la réalisation des spectres d'absorption de nombreux composés phénoliques des végétaux (**Ribereau-Gayon, 1968 ; Haenena et al., 2006**).

4.2.2. Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de **Djeridane et al. (2006)**. 400 µl d'extrait sont additionnés à 400 µl d'une solution de chlorure d'aluminium (2 %). Après 15 min, l'absorbance est lue à 420 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par g d'extrait sec (**annexe 1**).

4.3. Dosage des ortho-diphénols

La méthode adoptée pour le dosage des ortho-diphénols est celle de **Tovar et al. (2002)**. Un volume de 1 ml d'extrait est mélangé avec 1 ml de molybdate de sodium (5 %). L'absorbance est lue après 15 min d'incubation à 370 nm. La teneur en ortho-diphénols est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec (**annexe 1**).

5. Détermination des pouvoirs réducteurs et scavengers

Les pouvoirs réducteurs et scavengers des extraits de plantes médicinales sont déterminés par plusieurs méthodes : pouvoirs réducteurs en utilisant le ferricyanure de potassium, le test du pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP) et le test de Phosphomolybdate. Les pouvoirs scavengers d'acide 2,2'-azinobis (3 enthlbenzothianzoline-6-sulfonique) (ABTS^{o+}), du radical hydroxyle (OH), du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et du monoxyde d'azote (NO) sont aussi déterminés.

5.1. Pouvoir réducteur (ferricyanure de potassium)

5.1.1. Principe

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique du complexe ferricyanure en fer ferreux (**Blazovics et al., 2003**). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (**Balasundram et al., 2005**).

5.1.2. Mode opératoire

La méthode utilisée pour estimer la capacité réductrice des extraits est celle de **Gulcin et al. (2002)**. 250 µl d'extrait plus 2,5 ml de tampon phosphate (0,2M, PH 6,6) et 250 µl de ferricyanure de potassium (1 %) sont mélangés. Après incubation à 50° C pendant 20 min, 250 µl d'acide trichloracétique (10 %) et 1 ml d'eau distillée sont ajoutés. 250 ml de chlorure ferrique (0,1 %) sont additionnés au mélange, l'absorbance est lue à 700 nm.

5.2. Pouvoir réducteur du fer ferrique (test FRAP)

5.2.1. Principe

La méthode FRAP est un dosage colorimétrique basé sur le transfert d'électrons. Il évalue la réduction du fer c'est-à-dire le passage de fer ferrique en fer ferreux en présence d'un antioxydant (Pellegrini *et al.*, 2003; ; Cao et Prior, 1998).

5.2.2. Mode opératoire

La méthode de FRAP utilisées est celle décrite par Prior *et al.* (2005). 500µl d'extrait sont additionnés à 750µl d'une solution de FRAP puis le mélange est incubé pendant 50min. La lecture de l'absorbance est faite à 593nm. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent de catéchine par g d'extrait sec.

5.3. Pouvoir réducteur utilisant le Phosphomolybdate

5.3.1. Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des extraits est évalué par la méthode de Umamaheswari et Chatterjee (2008). 3 ml d'une solution de phosphomolybdate sont additionnés de 0,3 ml d'extrait. Le mélange est incubé à 90° C pendant 1 h. La lecture est faite à 795 nm. Le pouvoir réducteur est exprimé en mg Equivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec (mg Eq AG/g ES) (annexe 1).

5.4. Pouvoir scavenger du radical ABTS

5.4.1. Principe

Dans ce test, le principe repose sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS^{•+} qui a une coloration bleue et qui se transforme en une solution incolore. Le radical ABTS^{•+} est généré de la molécule stable d'ABTS avec le persulfate de potassium selon la réaction suivante (Re *et al.*, 1999):



5.4.2. Mode opératoire

Le pouvoir scavenger du radical cationique ABTS^{•+} est réalisé par la méthode de Ao *et al.* (2008). Un volume de 1 ml de la solution d'ABTS est ajouté à 100 µl d'extrait. Le mélange est tenu à température ambiante. Après 6 min, l'absorbance est lue à 734 nm. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent trolox par g d'extrait sec (EqTrolox /g ES).

5.5. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote (NO)

5.5.1. Principe

Le pouvoir scavenger du NO est basé sur le principe suivant : le nitroprusside de sodium, lorsqu'il se trouve dans une solution à pH physiologique, génère le radical NO. Ce dernier lorsqu'il interagit avec l'oxygène, il y'aura production des ions nitrites, qui peuvent être détectés par le réactif de Griess (**Ebrahimzadeh et al., 2009**).

5.5.2. Mode opératoire

Pour la détermination du pouvoir scavenger du NO, la méthode de **Gorinstein et al. (2004)** a été utilisée. A un volume de 500µl d'extrait sont ajoutés 500µl de tampon phosphate (10mM) à pH (7,4), 500µl de sodium nitroprusside, puis le mélange est incubé à 37°C pendant 2,5h. Après l'incubation 2ml du réactif de Griess sont ajoutés à 500ul du mélange précédent et une incubation est faite pendant 30min. L'absorbance est lue à 540nm. Le pourcentage d'inhibition est calculé par la formule suivante :

$$\text{Inhibition} = (\%) = [(A_c - A_e / A_c)] * 100$$

Où :

A_c : l'absorbance du contrôle.

A_e : l'absorbance de l'extrait.

5.6. Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

5.6.1. Principe

Le principe de cette réaction est basé sur la capacité des antioxydants à neutraliser le peroxyde d'hydrogène en facilitant sa décomposition en molécule d'eau (**Ruch et al., 1989 ; Rajeshwar et al., 2005**).

5.6.2. Mode opératoire

La capacité des extraits à piéger le peroxyde d'hydrogène est déterminée selon la méthode de **Ruch et al. (1989)**. 2 ml d'extrait sont mélangés avec 1,2 ml d'une solution de H₂O₂ préparée dans le tampon à pH 7,4 puis sont incubés pendant 10min. L'absorbance est lue à 230nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du H₂O₂ déterminés par la formule suivante :

$$(\%) \text{ Scavenging} = [(A_c - A_e / A_c)] * 100$$

Où :

A_c : l'absorbance du contrôle.

A_e : l'absorbance de l'extrait.

5.7. Pouvoir scavenger du radical hydroxyle (OH)

5.7.1. Mode opératoire

Le pouvoir scavenger du radical OH est déterminé selon la méthode de **Gu et al. (2008)**. 1ml d'extrait est mélangé avec 0,3ml de FeSO₄ (8mM), 0,25ml de H₂O₂ (20mM), 1ml d'acide salicylique (3mM) puis sont incubés pendant 30 minutes à température de 37°C. Après l'incubation, 0,45ml d'acide éthylène diamine tetracétique (EDTA) sont ajoutés puis centrifugés à 2000tour/ min). Enfin, l'absorbance est lue à une longueur d'onde de 540nm. Le pourcentage d'inhibition du radical OH est donné par l'équation suivante :

$$\text{Inhibition} = (\%) = [(A_c - A_e / A_c)] * 100$$

Où :

A_c : l'absorbance du contrôle.

A_e : l'absorbance de l'extrait.

6. Etude statistique

La comparaison entre les différents résultats obtenus à partir des différents tests réalisés sur les six plantes, est basée sur l'utilisation d'un logiciel « ANOVA/ MANOVA » (STATISTICA 5,5), et la comparaison des données est considérée significative à la probabilité $p < 0,05$, $p < 0,01$, et $p < 0,001$. Les moyennes et les écarts types sont calculés à partir des trois essais avec Excel Microsoft Office 2007.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Préparation des extraits de plantes

Les taux d'extraction à partir des feuilles sont calculés et sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II : Taux d'extraction obtenus à partir des feuilles de plantes.

Plantes	Taux d'extraction (%)
<i>Inula viscosa</i>	9,625
<i>Pistacia lentiscus</i>	10,2
<i>Myrtus communis</i>	27,76
<i>Globularia alypum</i>	30,42
<i>Marrubium vulgare</i>	11,93
<i>Eryngium maritimum</i>	3,97

Les résultats enregistrés dans le tableau II montrent que les taux d'extractions des plantes sont généralement moyens et varient de 3,97 à 30,42%. La valeur la plus élevée est observée pour *Globularia alypum* (30,42 %) suivie de *Myrtus communis* (27,76 %), *Marrubium vulgare* (11,93%), *Pistacia lentiscus* (10,2 %), *Inula viscosa* (9,625 %) et *Eryngium maritimum* avec un taux très faible (3,97%). Ces différences en taux d'extraction peuvent être influencées notamment par la composition chimique des plantes (Nawaza et al., 2006 ; Falleh et al., 2008). Selon Kordali et al. (2003), le taux d'extraction obtenu avec *Pistacia lentiscus* est de 11,32 %, ce qui est en concordance avec les résultats de cette étude.

2. Teneurs des composés phénoliques

2.1. Polyphénols totaux

Les résultats des teneurs en polyphénols des extraits des feuilles des plantes exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec sont représentés dans le tableau III.

Tableau III : Teneurs en polyphénols totaux dans les feuilles des plantes.

Plantes	Concentrations (mg EqAG/g ES)
<i>Inula viscosa</i> (c)	264,37±6,23
<i>Pistacia lentiscus</i> (a)	402,27±2,64
<i>Eryngium maritimum</i> (d)	188,65±2,38
<i>Marrubium vulgare</i> (b)	283,03±0,77
<i>Globularia alypum</i> (c)	263,09±0,45
<i>Myrtus communis</i> (e)	81,74±0,45

Les plantes qui portent les mêmes lettres ne présentent pas des différences significatives.

Selon les résultats illustrés dans le tableau III, les teneurs en polyphénols varient de 81,74 à 402,27 mg EqAG/g ES. La concentration en polyphénols la plus élevée est celle des feuilles de *Pistacia lentiscus*. Les teneurs en polyphénols des feuilles des six plantes sont représentés par un ordre décroissant: *Pistacia lentiscus* > *Marrubium vulgare* > *Inula viscosa* > *Globularia alypum* > *Eryngium maritimum* > *Myrtus communis*. Ces résultats confirment la richesse des feuilles en polyphénols. Une différence significative en terme de teneur ($p < 0,05$) est enregistrée au niveau de *Pistacia lentiscus*, *Marrubium vulgare*, *Eryngium maritimum* et *Myrtus communis*. Les plantes *Inula viscosa* et *Globularia alypum* ne présentent aucune différence significative. Les résultats obtenus par *Inula viscosa*, concorde avec ceux rapportés par plusieurs travaux (Ammar et al., 2003 ; Cohen et al., 2006 ; Catalan, 2007 ; Bassaibis et al., 2009).

La teneur en polyphénols obtenue par Djeridane et al. (2006) en travaillant sur l'espèce *Globularia alypum* est plus faible que celle obtenue dans la présente étude (21,54 mg EqAG/g ES). Les feuilles de *Myrtus communis* sont moins riches que celles étudiées par Tuberoso et al. (2010) (4,57 mg EqAG/g ES). La fluctuation des teneurs en polyphénols entre les plantes étudiées peuvent être liées non seulement à l'espèce végétale mais aussi la composition chimique et la période d'échantillonnage (Cabiddu et al., 1989).

2.2. Flavonoïdes

Les résultats des teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles de plantes sont illustrés dans le tableau IV.

Tableau IV : Teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles.

Plantes	Concentrations (mg EqQ/g ES)
<i>Inula viscosa</i> (c)	2069,47±13,18
<i>Pistacia lentiscus</i> (b)	2213±5,20
<i>Eryngium maritimum</i> (a)	2864±17
<i>Marrubium vulgare</i> (e)	666,67±9,81
<i>Globularia alypum</i> (f)	167,67±13,32
<i>Myrtus communis</i> (d)	1154,67±4,62

Les lettres correspondent à l'étude statistique.

Comme le montre le tableau IV, les teneurs en flavonoïdes varient de 167,67 à 2864 mg EqQ/ g ES. Elles sont élevées au niveau des feuilles de *Eryngium maritimum* et *Pistacia lentiscus* suivie d'*Inula viscosa*. Le tableau IV montre que les feuilles de plantes sont riches en flavonoïdes et présentent des différences très hautement significatives entre elles ($p < 0,001$).

La valeur obtenue dans cette étude pour l'extrait de *Pistacia lentiscus* est supérieure à celle trouvée par **Djeridane et al. (2007)** et **Lopez-lazaro (2010)**.

La teneur en flavonoïdes des feuilles d'*Inula viscosa* est supérieure à celle trouvée par **Victoriano Hernandez** et ses collaborateurs. Selon les résultats de **Ho et al. (2008)**, l'extrait méthanolique du *Myrtus communis* est riche en flavonoïdes ($243,1 \pm 0,00$ mg EqCa/g ES (équivalent de la catéchine par gramme d'extrait)). Un tel résultat est faible par rapport à celui trouvé dans la présente étude. Cette différence peut être due au type de standard utilisé pour le dosage des flavonoïdes. Dans une autre étude, **Athamena et al. (2010)** ont trouvés des valeurs bien supérieures.

La teneur en flavonoïde de l'espèce *Globularia alypum* étudiée est supérieure à celle trouvée par **Djeridane et al. (2006)**.

2.3. Ortho-diphénols

Les résultats du dosage des extraits des feuilles des six plantes sont représentés dans le tableau V.

Tableau V : Teneurs en ortho-diphénols des différents extraits des feuilles.

Plantes	Concentrations (mg EqAG/g ES)
<i>Inula viscosa</i> (c)	962,38±3,30
<i>Pistacia lentiscus</i> (a)	2371,67±5,17
<i>Eryngium maritimum</i> (d)	656,36±1,07
<i>Marrubium vulgare</i> (b)	1412,95±13,08
<i>Globularia alypum</i> (f)	192,10±2,51
<i>Myrtus communis</i> (e)	451,94±0,91

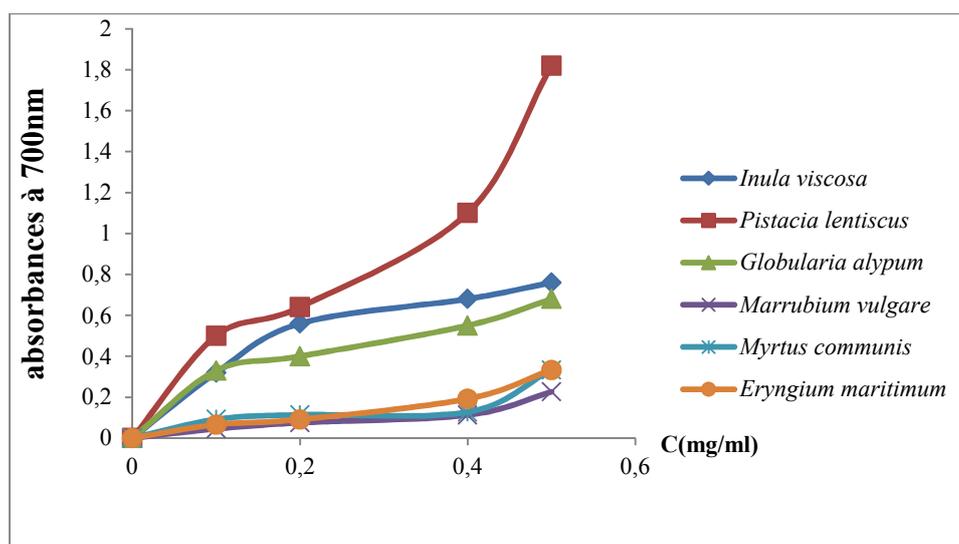
Les lettres correspondent à l'étude statistique.

Selon le tableau V, les teneurs en ortho-diphénols varient de 192,10 à 2371,67 mg Eq AG /g ES. Ces résultats indiquent que les teneurs en ortho-diphénols sont considérables et diffèrent significativement entre elles. Les feuilles de *Pistacia lentiscus* présentent la teneur la plus élevée. *Globularia alypum* présente la teneur la plus faible.

3. Pouvoirs réducteurs

3.1. Pouvoir réducteur (ferricyanure de potassium)

Le pouvoir réducteur des extraits des plantes est un test simple et direct (Kadri et al., 2011). Le pouvoir réducteur des extraits de plantes est représenté dans la figure 13.

**Figure 13** : Pouvoir réducteur des extraits des feuilles de plantes.

Les courbes obtenues dans la figure 13, montrent que l'absorbance augmente avec l'augmentation de la concentration ce qui indique une augmentation de la capacité de réduction. Tous les extraits ont une capacité réductrice et qui diffèrent significativement entre eux. Les pouvoirs réducteurs des extraits sont donnés par ordre décroissant : *Pistacia lentiscus* > *Inula viscosa* > *Globularia alypum* > *Eryngium maritimum* > *Marrubium vulgare*.

La grande capacité de *Pistacia lentiscus* à réduire le fer ferrique en fer ferreux peut être due à sa richesse en antioxydants par rapport aux autres plantes. L'activité réductrice observée peut être due principalement à la présence des polyphénols qui ont des propriétés redox qui leur permettent d'agir comme étant d'agents réducteurs et/ou donneurs d'électrons (Djeridane et al., 2006). D'après Sahreen et al. (2011), l'activité antioxydante est due à la présence de différents composés phénoliques notamment les flavonoïdes.

3.2. Pouvoir réducteur du fer ferrique (test FRAP)

D'après la figure 14, tous les extraits des feuilles possèdent un bon pouvoir réducteur.

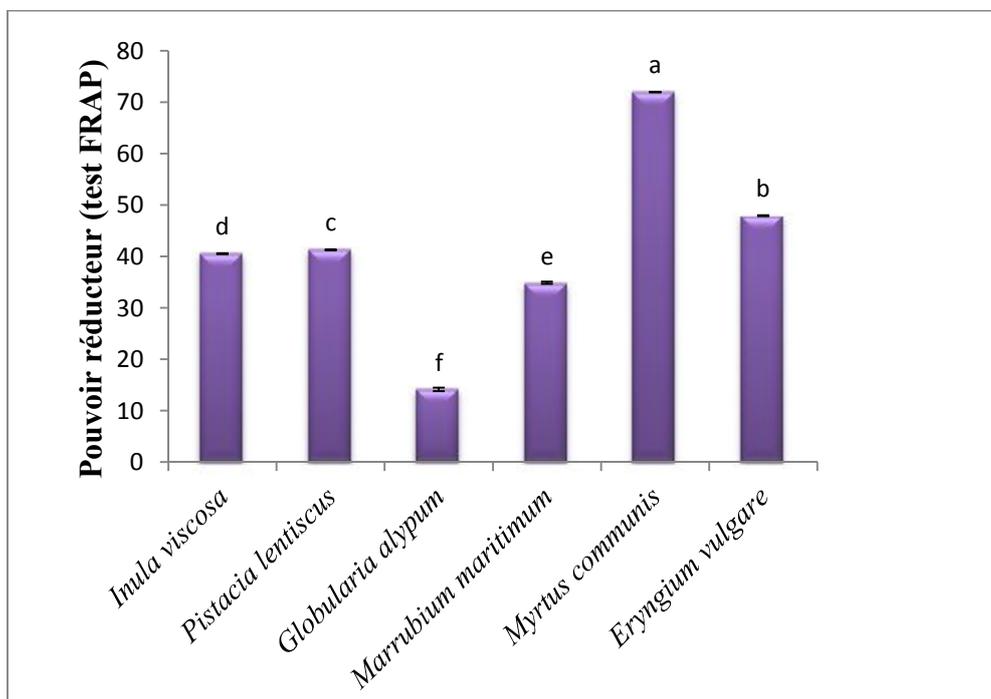


Figure 14: Pouvoir réducteur (test FRAP) des extraits des feuilles de plantes.

Les lettres correspondent à l'étude statistique.

Le pouvoir réducteur le plus élevé est obtenu au niveau des feuilles de *Myrtus communis* : 71,96 mg EqCa/g ES et *Eryngium maritimum* : 47,91 mg EqCa /g ES.

Les valeurs moyennes sont observées pour les feuilles de *Pistacia lentiscus*, *Inula viscosa* et *Marrubium vulgare* avec 41,29 mg EqCa /g ES, 40,54 mg EqCa /g ES et 34,88 mg EqCa /g ES, respectivement.

Par ailleurs, une faible activité réductrice du fer est observée au niveau des feuilles de *Globularia alypum*. Les résultats obtenus montrent des différences très hautement significatives pour toutes les plantes.

Les travaux d'Aidi **Wannes et al. (2010)** montrent que les capacités de réduction de fer par les extraits méthanoliques des différentes parties de *Myrtus communis* sont faibles comparées à celles trouvées pour le myrte étudié.

Pistacia lentiscus est connue par sa richesse en gallotannins, ces derniers, ayant un grand nombre de groupements hydroxyles incluant le groupe O-dihydroxyle qui lui confère une forte activité réductrice des ions ferrique en ions ferreux (**Mansouri et al., 2005 ; Tian et al., 2009**).

3.3. Pouvoir réducteur utilisant le phosphomolybdate

La méthode au phosphomolybdate présente un avantage d'être une méthode quantitative car l'activité antioxydante est donnée en mg équivalent d'acide ascorbique/g ES (**Boussalah, 2010**). Les résultats obtenus par cette méthode sont illustrés dans la figure 15.

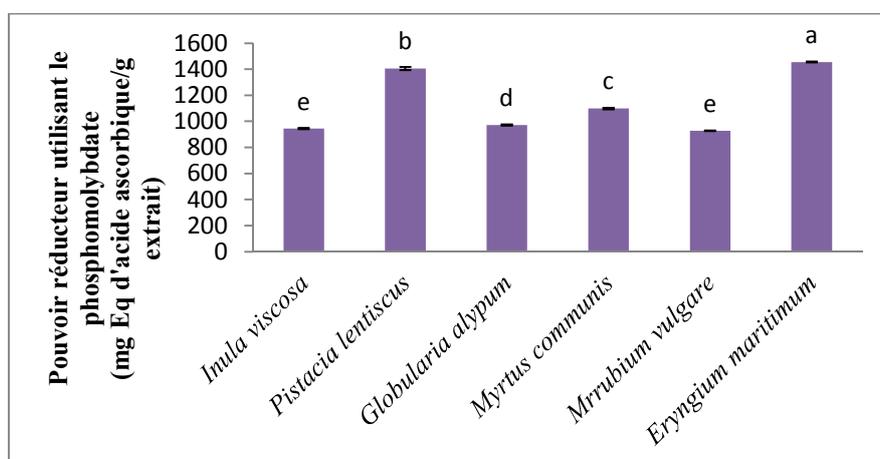


Figure 15: Activité antioxydante au phosphomolybdate des extraits des feuilles de plantes.

Les plantes qui portent les mêmes lettres ne présentent pas des différences significatives.

Les valeurs obtenues par les extraits des plantes, montrent que toutes les plantes présentent des pouvoirs réducteurs. Ces valeurs varient entre 928,01 et 1455,52 mg EqAasc/g ES. L'analyse statistique a montré qu'*Eryngium maritimum*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Globularia alypum* présentent des différences hautement significatives entre elles ($p < 0,01$), tandis que *Inula viscosa* et *Marrubium vulgare* ne présentent aucune différence significative.

La plus forte valeur de l'activité antioxydante est obtenue avec *Eryngium maritimum* (1455,02 mg EqAA/g ES) suivie de *Pistacia lentiscus* (1405,47mg EqAasc/g ES), *Myrtus communis* (1098,17mgEqAasc/g ES), *Globulariaalypum* (971,03mgEq Aasc/g ES), *Inula viscosa* (944,02mgEqAasc/g ES) et *Marrubium vulgare* (928,01mg EqAasc/g ES).

Il existe des corrélations significatives entre l'activité antioxydante utilisant le phosphomolybdate et les polyphénols totaux ($r = 0,49$) et flavonoïdes ($r = 0,77$), d'où ces métabolites secondaires peuvent être responsables de l'activité observée.

D'après **Aidi Wannas et al. (2010)**, l'inule, le chardon maritime, le marrube blanc, globulaire et le myrte sont riches en composés phénoliques.

Des études récentes ont montré que de nombreux flavonoïdes et polyphénols contribuent de manière significative dans l'activité antioxydante utilisant le phosphomolybdate (**Sharififar et al., 2009**).

Le pouvoir réducteur de *Marrubium vulgare* est bien nettement supérieur à celui trouvé par **Matkowski et Piotrowska (2006)** en étudiant des plantes appartenant à la famille Lamiaceae. Cette différence peut être expliquée par la nature du solvant, les concentrations des solutions mères utilisées, la méthode utilisée ainsi que la position géographique de la plante et les conditions climatiques.

4. Pouvoirs scavengers

4.1. Pouvoir scavenger du radical ABTS^{o+}

Le pouvoir scavenger des extraits des feuilles est évalué par la méthode TEAC (Trolox equivalent antioxydant capacity). Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 16.

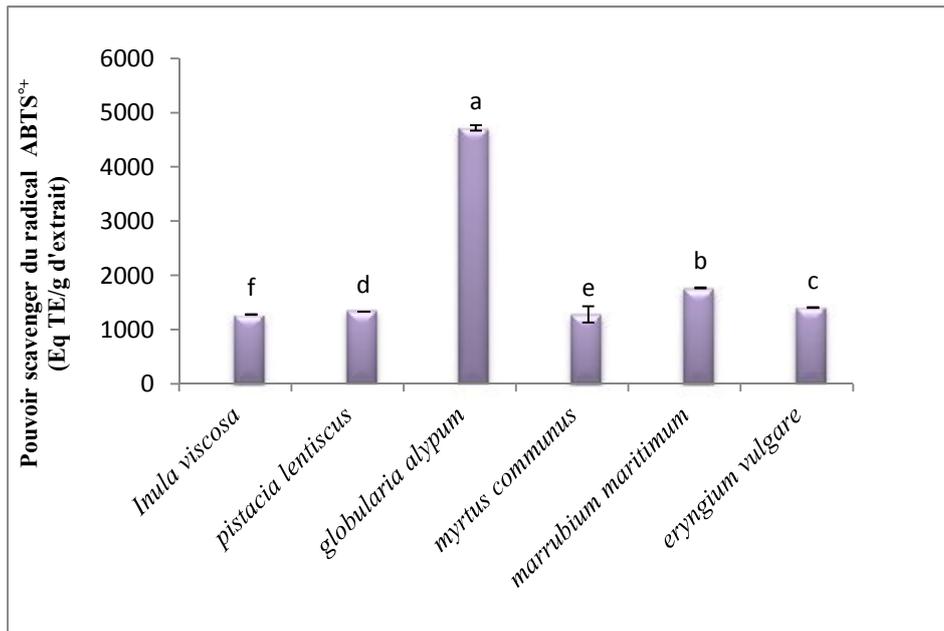


Figure 16 : Pouvoir scavenger du radical ABTS^{°+} des extraits des feuilles de plantes.

Les lettres correspondent à l'étude statistique.

Comme le montre la figure 16, le pouvoir scavenger le plus élevé parmi les extraits est celui des feuilles de *Globularia alypum* 4715, 18 mg EqTE/ g ES. En outre, la valeur la plus faible est celle d'*Inula viscosa* avec 1275,03 mg EqTE /g ES.

Toutes les feuilles présentent des différences très hautements significatives. Le pouvoir scavenger est donné par ordre croissant suivant : *Inula viscosa* < *Myrtus communis* < *Pistacia lentiscus* < *Eryngium maritimum* < *Marrubium vulgare* < *Globularia alypum*. **Djeridane et al. (2006)** ont obtenu des résultats plus faibles que ceux trouvés dans la présente étude.

4.2. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote

Les pourcentages du pouvoir scavenger du monoxyde d'azote obtenus sont représentés dans la figure 17.

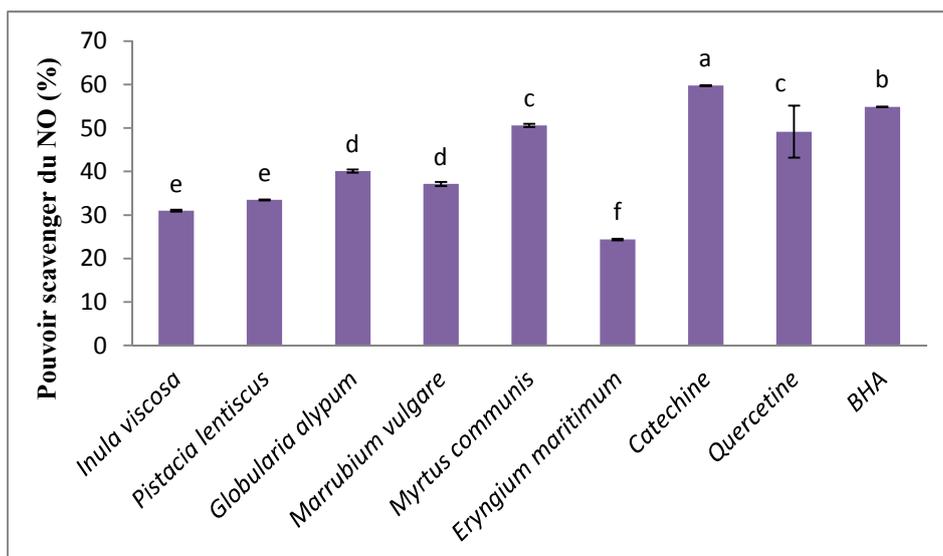


Figure 17: Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote des extraits des feuilles.

Les plantes qui portent les mêmes lettres ne présentent pas des différences significatives.

D'après les résultats obtenus, tous les extraits de plantes et les standards piègent le radical NO avec des pourcentages qui dépassent les 20 %. L'analyse statistique montre qu'il existe une différence significative au niveau des extraits de *Myrtus communis* et *Eryngium maritimum*. Les extraits de *Pistacia lentiscus* et *Inula viscosa* ne présentent pas de différences significatives. Il en est de même pour les extraits de *Globularia alypum* et *Marrubium vulgare*. Le pouvoir scavenger le plus élevé est celui de *Myrtus communis* (50,57 %) suivi de *Globularia alypum* (40,11%), *Marrubium vulgare* (37,15%), *Pistacia lentiscus* (33,47 %) et *Inula viscosa* (31,004%) et enfin *Eryngium maritimum* qui présente le pourcentage le plus faible (24,36 %).

Myrtus communis présente le pouvoir scavenger le plus élevé par rapport aux autres plantes et cela peut être dû à sa richesse en différents antioxydants et à l'effet de synergie entre eux.

Il existe une corrélation hautement significative entre les flavonoïdes et le pouvoir scavenger du NO ($r = 0,67$).

Les standards utilisés présentent eux même un pouvoir scavenger contre le monoxyde d'azote avec des pourcentages différents : la catéchine (59,75%) suivi de BHA (54,85%) et la quercétine (49,15%).

4.3. Pouvoir scavenger contre le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

Le peroxyde d'hydrogène lui même n'est pas très réactif, mais il peut parfois être toxique pour les cellules, car il peut donner lieu à des radicaux hydroxyles dans la cellule (Halliwell, 1991). La figure 18 représente le pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène par les extraits de plantes.

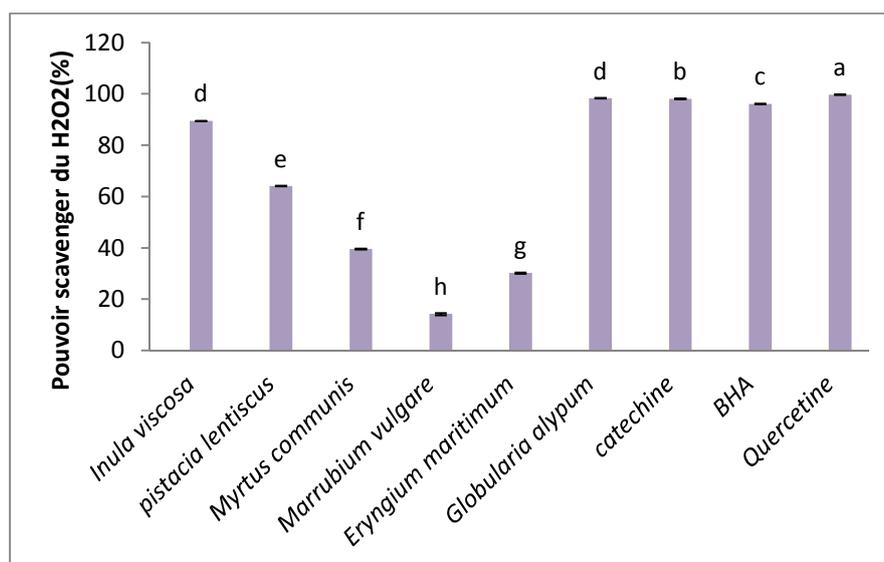


Figure 18: Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène par les extraits de feuilles de plantes.

Les plantes qui portent les mêmes lettres ne présentent pas des différences significatives.

Selon les résultats obtenus, tous les extraits de plantes et les standards piègent le radical H₂O₂ mais avec des pourcentages différents et varient entre 14,38 et 98,27 %. L'analyse statistique a montré que les extraits de *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Eryngium maritimum*, *Marrubium vulgare* ont des pouvoirs antiradicalaires qui sont significativement différents. Les extraits de *Globularia alypum* et *Inula viscosa* ne présentent pas des différences significatives. *Globularia alypum* présente le pouvoir scavenger le plus élevé avec un pourcentage de (98,27 %) suivi d'*Inula viscosa* (89,41%), *Pistacia lentiscus* (64,14 %), *Mrtus communis* (39,53%), *Eryngium maritimum* (30,22 %) et *Marrubium vulgare* (14,38 %).

Les pourcentages de réduction par les standards utilisés sont quercétine (99,63 %), catéchine (98,04%) et BHA (96,10 %). Le pouvoir scavenger de *Globularia alypum* et *Inula*

viscosa sont élevés en comparaison avec les autres plantes ce qui peut être dû à la présence d'antioxydants en quantité importantes.

4.4. Pouvoir scavenger du radical hydroxyle OH

Le radical hydroxyle est une espèce extrêmement réactive et réagit à une vitesse élevée (Halliwell and Gutteridge, 1999). La figure 19 présente les pourcentages du potentiel scavenger du radical OH obtenus par les extraits de plantes et les standards.

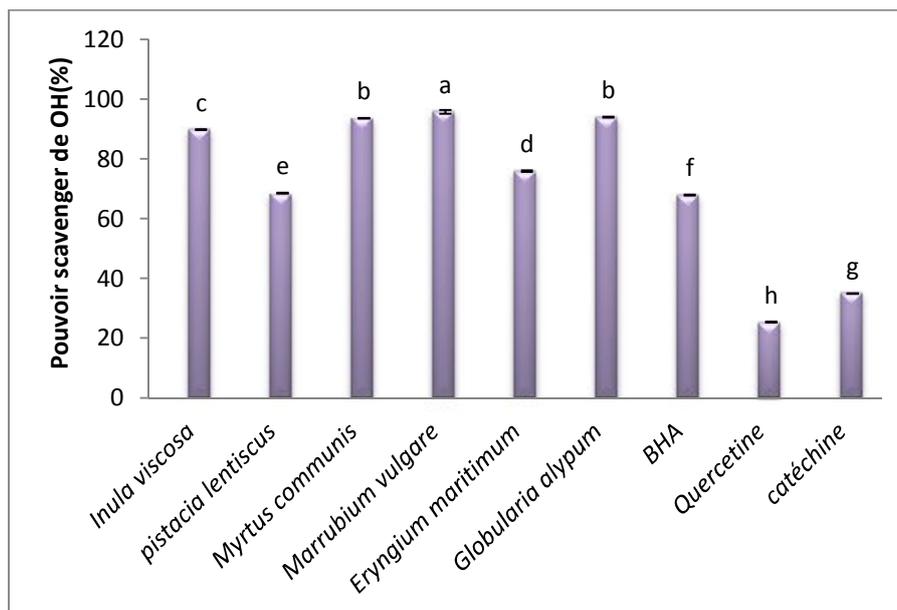


Figure 19: Pouvoir scavenger du radical OH par les extraits des plantes.

✚ Les plantes qui portent les mêmes lettres ne présentent pas des différences significatives.

Les résultats obtenus montrent que tous les extraits de plantes possèdent un pouvoir scavenger contre le radical OH avec des pourcentages qui dépassent les 60 %. L'analyse statistique montre que les extraits de *Marrubium vulgare* et *Pistacia lentiscus* ont des potentiels scavengers qui diffèrent significativement entre eux. Les extraits de *Globularia alypum* et *Myrtus communis* ne présentent pas des différences significatives. Le pouvoir scavenger le plus élevée est celui de *Marrubium vulgare* (95,72 %), suivi de *Globularia alypum*(93,91%), *Myrtus communis* (93,56 %), *Inula viscosa* (89,77 %), *Eryngium maritimum* (75,88 %) et *Pistacia Lentiscus* (68,51 %).

Les différents standards utilisés présentent des pouvoirs scavengers contre le radical OH : BHA (67,85 %), catéchine (34,92 %) et quercétine (25,30 %). Ces derniers sont faibles comparés à ceux obtenus par les plantes.

conclusion

Conclusion

Le but de ce travail est l'étude phytochimique et l'évaluation de quelques activités antioxydantes de quelques plantes médicinales.

Les taux d'extraction obtenus à partir des feuilles varient de 3,97 à 30,42 %. Le taux le plus élevé est obtenu pour *Globularia alypum* (30,42 %) suivie de *Myrtus communis* (27,76%), *Marrubium vulgare* (11,93 %), *Pistacia lentiscus* (10,2 %), *Inula viscosa* (9,625 %) et enfin *Eryngium maritimum* avec un taux très faible (3,97 %). Le dosage des phénols totaux des extraits éthanoliques a révélé des teneurs considérables. La plus forte teneur est enregistrée dans l'extrait de *Pistacia lentiscus* (402,27mg Eq AG/g extrait) et la plus faible est observée dans l'extrait de *Myrtus communis* (81,74 mg Eq AG/g extrait). L'étude statistique a montré une différence significative en terme de teneur entre les extraits de *Pistacia lentiscus*, *Marrubium vulgare*, *Eryngium maritimum* et *Myrtus communis*. Le dosage des flavonoïdes a montré que les extraits présentent des teneurs élevées en ces composés et qui varient de 167,67 à 2864 mg Eq Q/ g d'extrait. L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre ces teneurs. Le dosage des ortho-diphénols a révélé des teneurs très élevées et qui varient de 192,10 à 2371,67 mg EqAG /g d'extrait.

Les tests du pouvoir réducteur des extraits ont révélé que tous les extraits de plantes possèdent un pouvoir réducteur et ce dernier augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits. Quant à l'évaluation du pouvoir scavenger du radical l'ABTS^{•+}, tous les extraits des feuilles présentent un potentiel scavenger vis-à-vis de ce radical. De même, les pourcentages du pouvoir scavenger contre le monoxyde d'azote des extraits des feuilles dépassent les 20 %. Le test du pouvoir scavenger de H₂O₂ a montré que les pourcentages varient entre 14,38 et 98,27 %. Tandis que le test du pouvoir scavenger du radical OH a montré des pouvoirs scavenger qui dépassent les 60 %. Il existe des corrélations significatives entre les composés phénoliques et les tests du pouvoir scavenger.

L'ensemble des résultats obtenus au fil de cette étude n'est qu'une étape préliminaire dans la recherche. Alors, il est souhaitable d'accomplir et d'enrichir ce travail par :

- ❖ La sélection d'un bon protocole d'extraction.
- ❖ D'approfondir l'étude sur d'autres parties de plantes étudiées afin de déterminer la partie la plus riche en antioxydants.

- ❖ L'étude d'autres tests in vivo et la caractérisation des extraits pour cibler les molécules qui y sont responsables des activités déterminées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Afonso V., Champy R., Mitrovic D., Collin P. and Lomri A., 2007. Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases : rôle dans les maladies rhumatismales Reactive oxygen species and superoxide dismutases: role in joint diseases. *Revue du Rhumatisme*, 74 : 636–643.

Aidi Wnes W., Mhamdi B., Sriti J., Ben Jemia M., Ouichech O., Hamdaoui G., Kchouk M. and Marzouk B., 2010. Antioxydant activities of the essential oils and methanol extracts from Myrtle (*Myrtus communis* var. *Italica* L.) leaf stem and flower. *Food and chemical Toxicologie*, 48: 1362-1376.

Ain Larneb H., Maghrani M. and Eddouks M., 2002. Hypoglycaemic effect of *Rubus fruticosus* L. and *Globularia alypum* L. In normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 81: 351-356.

Alisi C.S. et Onyeze G.O., 2008. Nitric oxide scavenging ability of ethyl acetate fraction of methanolic leaf extracts of *chromolaena odorata* (Linn.). *Africans Journal Biochem. Res*, 7:145-150.

Akroum S., 2006. Etude des propriétés biochimiques des polyphénols et tannin issus de *Rosmarinus officinalis* et *Vicia faba*. *Mémoire de magister*. Université Mantouri Constantine, p: 91.

Ammar H., Boubaker A., Kayouli C. and López S., 2003. Chemical composition, in vitro digestibility and kinetics of gas production of foliage of some Tunisia shrubs. *Option Méditerranéennes*, 67: 355-359.

Ansari S.H.N. et Siddiqui A.N., 2012. *Pistacia lentiscus*: a review on phytochemistry and pharmacological properties. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4: 16-20.

Ao C., Li A., Elzaawely A.A., Xuan T.D. and Tawata S., 2008. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. Extract. *Food Control*, 19: 940-948.

Aruna P., Fred R. and Eugene M., 2003. Antioxidant Activity. *Food chemistry*, 44:701-705.

Références bibliographiques

Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., Laroui S. and Khebri S., 2010. Activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, 11 : 1,69-80.

Ashok B. and Ali R., 1999.The aging paradox: free radical theory of aging. *Exp Gerontol.* 34:293–303.

Aurousseau B., 2002. Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leur produit. *Animals*, 15: 67-82.

B

Babu B.H., Shylesh B.S. and Padikkala J., 2001. Antioxidant and hepatoprotective effect of *Alanthus icicifocus*. *Fitoterapia*, 72: 272-277.

Balasundram N., Yew R., Sambanthamurthi K., Sundram. and Samman S., 2005.Antioxydant properties of palm fruit extracts. *Asia Pac Journal Clinical Nutrition*, 4: 319-324.

Barboni T., Venturini N., Paolini J., Desjobert J. M, Chiaramonti N. and Costa J., 2010. Characterisation of volatiles and polyphenols for quality assessmentof alcoholic beverages prepared from Corsican *Myrtus communis* berries. *Food Chemistry*, 122: 1304-1312.

Barlow S.M., 1990. Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. *Edition Hudson, B.J.F, Food Antioxidants: 253-307.*

Bassaibis F., Gmira N. and Meziane M., 2009. Activité antibactérienne de *Dittrichia viscosa* (L).W. Greuter. *Microbiol, Ind, San et Environn*, 1 : 44-55.

Baudière A., Monange Y. and Gauquelin Th. ,2002. Le Monde des Plantes; *Intermédiaire des Botanistes, Toulouse*, 477 : 2 - 5.

Bayer E., Butter K.P., Finkenzeller X. et Grau J., 1990.Guide de la flore méditerranéenne. *Delachaux et Niestlé, S.A-Paris.*

Beaudeau J. L ., Delatter J ., Therond P., Bonnefont-Rousselot D., Legrand A. and Beecher G. R., 2003. Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *Journal Nutrition*, 133: 3248S-3254S.

Bellakhdar J., 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Saint. Etienne, *Edition. Ibis Press*, p : 764.

Bellakhdar J., 1978. Médecine traditionnelle et toxicologie ouest - saharienne, contribution à l'étude de la pharmacopée marocaine. *Edition technique Nord-africaine*, p : 357.

Références bibliographiques

- Ben Mansour R., Gargouri B., Gargouri B., Elloumi N., Ben haj Jilani I., Ghrabi-Gammar Z. and Lassoued S., 2012.** Investigation of antioxidant activity of alcoholic extract of *Globularia alypum* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6: 4193-4199.
- Benayache S., Benayache F., Dendougui H. and Jay M., 1991.** Les flavonoïdes d'*Inula viscosa* L. *Plantes médicinales et phytothérapie*, 25 : 170-176.
- Berger M., 2006.** Manipulation nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances nutritionnel manipulation of stress : *Review of the évidence nutrition clinique et métabolisme*, 20 :48-53.
- Blandine G., 2006.** Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la GliSODin .*Thèse de doctorat*. Université Joseph Fourier - Grenoble, p:196.
- Blazovics A., Lugasi K., Szentmihyi K. and Kéry., 2003.** Reducing power of the natural polyphenols of *Sempervivum tectorum* in vitro and in vivo. *Acta biologica szegediensis*, 47 :99-102.
- Bock B., 2013.** Base de données nomenclature de la flore de France. *Tela Botanica*.
- Bonnefont-Rousselot D., Peynet J., Beaudeau J. L., Therond P., Legrand A. and Delatter J., 2002.** Le stress oxydant, fonction vasculaires et athérosclérose. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16 : 260-267.
- Brenard B., 1997.** *Dictionnaire des plantes et champignons*, p : 216.
- Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales. *Technique et documentation*, p : 1120.
- Bougandoura N., 2011.** Pouvoir antioxydant et antimicrobien des extraits d'espèces végétales *Satureja calamintha spnepta* (nabta) et *Ajugaiva* L. (chendgoura) de l'ouest d'Algérie. *Mémoire de magistère*. Université d'Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, p : 125.
- Bouldjadj R., 2009.** Étude de l'effet antidiabétique et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso chez des rats sains et des rats rendus diabétiques par streptozotocine. *Mémoire de magistère*. Université Mentouri Constantine, p : 111.
- Boussalah N., 2010.** Propriétés antioxydante de deux variétés de grenade (*Punica granatum* L.) de la région de Bejaia. *Mémoire de magistère*. Université de Bejaia, p : 74.
- Boyd B., Ford C., Koepke Michael C., Gary K., Horn E., McAnalley S. and McAnalley B., 2003.** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose AOTM sur des personnes

Références bibliographiques

en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. 4: 7-14.

Burk R.F., 2002. Selenium, an antioxidant nutrient. *Nutrition Clinique Care*, 5: 47-49.

C

Cabiddu A., Decandia M., Sitzia M. and Molle G., 1989. A note on the chemical composition and tannin content of some Mediterranean shrubs browsed by sarda goats. *Mediterranean's options*, 11: 75-178.

Cao G., Booth S.L., Sadowski J.A and Prior R.L., 1998. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clin Chem*. 1998; 44:1309-1315.

Castola V., Bighelli A. and Casanova J., 2000. Intraspecific chemical variability of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Corsica. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28: 79-88.

Catalan J. V., 2007. Synthèse de Terpenoïdes Bioactifs utilisant des Synthèses Terpéniques et Cyclisations médiées par le Titane (III). *Tesis Doctoral*.

Cheeseman K. et Slater H., 1993. An introduction to free radicals biochemistry. *British Medical Bulletin*, 49: 481-493.

Ceriello A., 2004. La glycémie après les repas : est-ce important. *Métabolisme et alimentation*, 49: 8-11.

Chiarlo B., 1988. Sui costituenti de *Inula viscosa* Ait. *Bulletin. Chemical. Farm*, p: 370-380.

Chocri A., El Abida D.K. and Ben Cheikh R., 2010. Myorelaxant and spasmolytic effects of *Globularia alypum* L. Extract on rabbit jejunum. *International journal of pharmacology*, 6: 608-615.

Cillard J. et Cillard P., 2006. Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations. *OCL*, 13 : 24-29.

Cohen Y., Wang W., Daniel B. H. and Ben-Daniel Y., 2006. Extracts of *Inula viscosa* Control Downy Mildew of Grapes Caused by *Plasmopara viticola*. *Phytopathologie*, 96: 417-424.

Comhair S.A.A. et Erzurum S.C., 2002. Antioxidant responses to oxidant-mediated lung diseases. *Am Journal Physiology Lung Cellule Molecular Physiology*, 283: 246 – 255.

Références bibliographiques

Crapo J.D., 1997. Mouse extracellular superoxide dismutase: primary structure, tissuespecific gene expression, chromosomal localization, and lung in situ hybridization. *Journal Respir Cellule Molecular Biology*, 17: 393 -403.

Curtay J. P. et Robin J. M., 2000. Intérêt des complexes antioxydants. *Nutrithérapie Information*, p : 1-4.

D

Darriet-Giudicelli F., 2011. Caracterisation de nouvelles molecules et variabilite chimique de trois plantes du continuum corsesardaigue: *Chamaemelum mixtum*, *anthesis maritima* et *Eryngium maritimum* .*Thèse de doctorat*. Université de Corse-Pascal Paoli, p : 234.

Delattre J., Beaudoux J.L. and Bonnefont R., 2005. Radicaux libres et stress oxydant: aspects biologiques et pathologiques. *Lavoisier éditions médicales internationales Paris*,p: 1 - 405.

Dirsch V.M., H. et Vollmar A. M., 1998. The Griess assay : suitable for a bioguided fractionation of anti-inflammatory plant extrats. *Planta medica*, 64: 3938- 490.

Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. and Vidal N., 2006. Activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97: 654-660.

Djeridane A., Yousif M., Nadjemi B., Vidal N., Lesgards J.F.and Stocker P., 2007.Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic comounds and their antioxidant activity. *Eur Food Res Technol*, 224: 801-809.

Duraffourd C., Lapraz J.C. and Chemli R. ; 1997. La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès Intercontinental. Tunis. *Edition.Granche. Paris*, p : 222.

E

Ebrahimzadeh M. A.,Nabavi S. F., Nabavi S.M. and Pourmorad F., 2010. Nitric oxide radical scavenging potential of some Elburz medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 9 : 5212-5217.

Références bibliographiques

Elberry A. A., Harraz F.M., Ghareib S.A., Gabr S.A., Nagy A.A. and Abdel-Sattar E., 2011. Methanolic extract of *Marrubium vulgare* ameliorates hyperglycemia and dyslipidemia in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Diabetes Mellitus*, p: 1877-5934.

Elfellah M. S., Akhter M. H. and Khan M. T., 1984. Anti-hyperglycaemic effect of an extract of *Myrtus communis* in streptozotocin induced diabetes in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 11: 275-281.

El Ouafi F., 1997. Contribution à l'étude des plantes médicinales du Maroc. *Thèse Doctorat vétérinaire d'I.A.V Hassan II, Rabat.*

Es-Safi N., Khlifi S., Kerhoas L., Kollmann A., El Abbouyi A. and Ducrot P. H., 2005. Antioxidant constituents of the aerial parts of *Globularia alypum* growing in Morocco. *Journal of Natural Products*, 68 : 1293–1296.

Es-Safi N., Khlifi S., Kerhoas L., Kollmann A., El Abbouyi A. and Ducrot P. H., 2006. Iridoid glucosides from the aerial parts of *Globularia alypum* L. (Globulariaceae). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 54:85-88.

Es-Safi N., Kollmann A., Khlifi S. and Ducrot P.H., 2007. Antioxidative effect of compounds isolated from *Globularia alypum* L. structure–activity relationship. *LWT*, 40: 1246-1252.

F

Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. and Abdely C., 2008. Phénolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *C. R. Biologie*, 331: 372-379.

Fang Y.Z., Yang S. et Wu G., 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18:872-879.

Favier A., 2003. Le stress oxydant intérêt conception et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 7:108-115.

Feibt C., Franke L., Appendino G. and Werz O., 2005. Identification of molecular targets of the oligomeric nonprenylated acylphloroglucinols from *Myrtus communis* and their implication as anti-inflammatory compounds. *Journal Pharmacology Exp*, 315: 389-396.

Feidemann J., 2005. World Spices Plants: Economic Usage, Botany, Taxonomy Springer Verlag, Berlin Heidelberg, European Union, p: 196.

Références bibliographiques

Fernandez-ocana A. M., Irtunomoja I., Martos-gilabert A. I. and fernandez-lopez C., 1996. Boletin del Istituto de Estudios Giennenses, *Diputacion Provincial de Jaen*, 161: 223-224.

Font Quer P., 1948. Plantas Médicinales: *el Dioscorides Renovado*, p : 778-790.

Fossey J., Lefort D. and Sorba J., 1993. Les radicaux libres en chimie organique, in les radicaux en biochimie. *Masson Edition*, p : 201-210.

Fournier P., 1947. Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. *Edition. Lechevalier*, 1: 176-178.

Frank M. Faraci; Sean P. Didion., 2004. Vascular Protection Superoxide dismutase Isoforms in the Vessel Wall. *Thrombosis and Vascular Biology*, 24:1367.

G

Gardeli C., Vassiliki P., Athanasios M., Theodosios Kibouris T. and Michael., 2008. Essential oil composition of *pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L. Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food Chemistry*, 107: 1120-1130.

Gardli-Albert M., Bonnefont-Rosselot D., Abedinzadeh Z. et Jore D., 2003. Espèce réactif de l'oxygènes comment l'oxygène peut-il devenir toxique. *L'actualité Chimique*, p : 90-96.

Ghedira K., 2005. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3: 162-169.

Gião M. S., Pereira I. C., Pintado E. M. and Xavier Malcata F., 2013. Effect of technological processing upon the antioxidant capacity of aromatic and medicinal plant infusions: From harvest to packaging. *LWT - Food Science and Technology*, 50: 320-325.

Giudicelli F.D., 2011. Caractérisation de nouvelles molécules et variabilité Chimique de trois plantes du continuum corsesardaigue: *Chamaemelum mixtum*, *anthesis maritima* et *Eryngium maritimum*. *Thèse doctorat*. Université de Corse-Pascal Paoli, p : 234.

Gorinstein S., Cvickrova M., Machackova I., Haruenkit R., Park Y. S., Jung S T., Yamamoto K., Ayala A. L. M., Katrich E. and Trakhtenberg., 2004. Caractérisation of antioxidant compounds in Jaffa sweets and white grapefruits. *Food chemistry* 84: 503-510.

Références bibliographiques

Goudable J. et Favier A., 1997. Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition Clinique Metabolic*, 11: 115-120.

Grundwag M., 1976. Embriology and fruit development in four species of *Pisruca* L. (Anacardiaceae), *Bot. Journal. Linn. Sot.*, 73: 355-370.

Gu H.F., Li C.M., Xu Y.J., Hu W.F., Chen M.H. and Wan Q., 2008. Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. *Food Research International* ,41 : 208-217.

Guignard, J. L., 2001. Botanique systématique moléculaire. 12^{ème} édition, p : 195.

Martiin Lopez T., Rubio B., Villaescusa L., Fernaindez L. and Diiiaz, A.M., 1999. Polyphenolic compounds from pericarps of *Myrtus communis*. *Pharm. Biol.* 37: 28-31.

Gülçin İ., Oktay M., İrfan K Ö., Aslan A. (2002). Determination of antioxidant activity of lichen *Cetraria islandica* (L) Ach. *Journal of Ethnopharmacology*, 79: 325-329.

H

Haenen G. M., Arts M. J. T. J., Bast A. and Coleman M.D., 2006. Structure and activity in assessing antioxydant activity in vitro A critical appraisal illustated with the flavonoids.

Envorinemental Toxicology and Pharmacology, 101: 287-293.

Halliwell B et Gutteridge JMC 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymo*, 186: 1-85.

Halliwell B., 1991. The biological toxicity of free radicals and other reactive species. In Free radicals and food additives, Aruoma O. I., Halliwell, B., Eds.; Taylor and Francis: London, p:41.

Halliwell B. et Gutteridge J.M.C., 1999.*Free radicals in biology and medicine:* Oxford University Press.

Halliwell B., Clement M. V. and Long I. H., 2000. Hydrogne peroxide in the human body. *Federation of European Biochemical Societies*, 486: 10-13.

Halliwell B., 1991. The biological toxicity of free radicals and other reactive species. In Free radicals and food additives, Aruoma O. I.,Halliwell, B., Eds.; Taylor and Francis: London, p:41.

Références bibliographiques

Hamadi N., 2010. Effet du resveratrol sur les défenses antioxydantes chez les rats rendus diabétiques par l'injection de la streptozotocine. *Mémoire de magistère en biologie cellulaire et moléculaire.* Université Mentouri Constantine, p : 98.

Harborne J.B., 1980. Plant Phenolics: *Encyclopedia of Plant Physiology*, New series, 8 : 329-402.

Hernaàdez V., Recio M. C., Manez S., Giner R. M. and Rios J.L., 2007. Effects of naturally occurring dihydroflavonols from inula viscosa on inflammation and enzymes involved in the arachidonic acid metabolism. *Life Sciences*, 81: 480-488.

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

Hennebelle T., Sahpaz S. and Bailleul F., 2004. Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1: 3-6.

Himed L., 2011. Evaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Citrus limon* : application à lamargarine. *Mémoire de magister en Sciences Alimentaires.* Université de Mentouri – Constantine, p : 91.

Ho S.C., Tsai T.H., Tsai P.J. and Lin C.C., 2008. Protective capacities of certain spices against peroxynitrite-mediated biomolecular damage. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 920-928.

Houée Levin C, Sicard Roselli C. and Bergès J., 2005. *Chimie et Biochimie Radicalaires.* Edition Belin.

I

Ito N., Fukushima S. and Tsuda H., 1985. "Carcinogenicity and modification of the carcinogenic responses by BHA, BHT and other antioxidants". *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 15: 109-150.

J

Jerkovic I., Radonic A. and Borcic I., 2002. Comparative study of leaf, fruit and

Références bibliographiques

flower essential oils from Croatian *Myrtus communis* L. during a one-year vegetative cycle. *Journal of Essential Oil Research*, 14: 266–270.

Jordan P., 1988. Polinizacidny variabilidad de la production de semillas en *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae), *Anal. Jard. Bot. Mad*, 45: 213-231.

Jouad H., Haloui M., Rhiouani H., El Hilaly J. and Eddouks M., 2001. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac and renal diseases in North centre region of Morocco (Fez-Boulmane). *Journal of Ethnopharmacology*, 77 :175-182.

Judd W. S., Campbell C.S., Kellogg E.A. and Stevens P.F., 1999. Plant systematics, a phylogenetic approach. *By Sinauer Associates, Inc.*

Judde A., 2004. Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanisme, conséquences, moyens de mesure quels antioxydants pour quelle application ? *OCL, novembre décembre*, 11: 414-418.

K

Kadri A., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Damak M. and Gdoura R., 2011. *African Journal of Biotechnology*, 10: 3908-3914.

Kamal H., 1997. Les plantes médicinales de la région de Taounate, Etude ethnobotanique et utilisation thérapeutiques. *Thèse de pharmacie*, 4, Rabat, P : 184.

Karagozler A., Erdag B. and Calmaz Emek Y., 2008. Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*, *Food Chemistry*, 111: 400-407.

Khan A. et Kasht M., 1994. Singlet molecular oxygen in the Haber-Weiss reaction (superoxide dismutase/peroxide cleavage/electron transfer). *PNAS*, 91: 12365-12367.

Kholkhal W., Ilias F., Bekhechi C. and Bekkara A.F., 2012. *Eryngium maritimum*: A Rich Medicinal Plant of Polyphenols and Flavonoids Compounds with Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Activities. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 4: 437-443.

Kim D.k. et Lee C.Y., 2004. Comprehensive Study on Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Various Polyphenolics in Scavenging a Free Radical and its Structural Relationship. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44 : 253–273.

Koechilin-Ramonatxo C., 2006. Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme*, 12 :165-177.

Références bibliographiques

Kordli S.Cakir A., Zengi H. and Duru M. E., 2003. Antifungal activities of the leaves of three Pistacia species grown in Turkey. *Fitotherapia*, 74: 164-16.

Krief, S., 2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observation de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. *Thèse de Doctorat* du MNHN, Paris, p : 375.

K"upeli S., Kartal M., Aslan S. and Yesilada Y., 2006. Comparative evaluation of the anti-inflammatory and antinociceptive activity of Turkish *Eryngium* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 107: 32–37.

L

Lisu W., Jui-Hung Y., Hsiao-Ling L. and Wul M.J., 2003. Antioxidant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn). *Journal of food and Drug Analysis*, 11: 60-66.

Lopez G., 1982. La Guia de Incafo de los Arboles y Arbustos de la Peninsula Iberica. p: 957-959.

Lopez-Làzaro M., 2009. Distribution and Biological Activities of the Flavonoid Luteolin. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 9: 31-59.

M

Macheix J. J., Fleurit A. and Jay-Allemand C., 2005. Les composés phénoliques des végétaux. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*, p : 192.

Mansouri A., Markis D. P. and Kefalas P., 2005. Determination of hydrogen peroxide scavenger activity of cinnamic and benzoic acids employing a highly sensitive peroxyoxalate chemiluminescence-based assay: Structure-activity relationships. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis*, 39: 22-26.

Marinova D., Ribarova F. and Atanassova M., 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruit and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40:255-260.

Marfak A., 2003. Radiolyse Gamma des Flavonoïdes. Etude de Leur Réactivité avec Les

Références bibliographiques

Radicaux issus des Alcools : Formation de depsides. Thèse de doctorat. Université de LIMOGES, p : 187.

Matkowski A. et Piotrowska M., 2006. Antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants from the Lamiaceae. *Fitoterapia*, 77: 346–353.

Messaoud C., Béjaoui A. and Boussaid M., 2011. Fruit color, chemical and genetic diversity and structure of *Myrtus communis* L. var. *italica* Mill. *Morph populations. Biochemical Systematics and Ecology* , 39 : 570–580.

Mette M. et Berger M., 2006. Manipulations nutritionnelles du stress oxydant: Etat des connaissances. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20 :48-53.

Mitcheh A., 1986. Tous les Arbres de nos Forêts, *édition Bordas*, p: 319.

Moel G., Saverot-Dauvergne A. and Gousson T., 1998. Le statut vitaminique. France : *Editions Médicales Internationales*, p : 550.

More D. et White J., 2005. Encyclopédie des Arbres plus de 1800 Espèces et Variétés du Monde, *Flammarion*, p : 18- 797.

Mulas, M., Spano, D., Biscaro, S. and Parpinello, L., 2000. Parametri di qualità dei frutti di mirto (*Myrtus communis* L.) destinati all'industria dei liquori. *Ind. Bevande*, 29: 494-498.

N

Nacz M. and Shahidi F., 2006. Phenolics in cereals, fruit and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and biomedical Analysis*, 41: 1523-1542.

Nadji B., 2010. Derives phenoliques a activites antiatherogenes. *Thèse de doctorat Chimie-Biologie-Santé*. Université Toulouse III - Paul Sabatier, p : 244.

Nawaz H. , Shi J., Mittal G.S. and Kakuda Y., 2006. Extraction of polyphénols from grape seeds and concentration by ultrafiltration. *Separation and Purification Technology*, 48: 176-181.

Nkhili E., 2009. Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. *Thèse de doctorat*. Université cadi ayyad - faculté des sciences Semlalia – marrakech, p : 378.

Nuvole, F. et Spanu, D., 1996. Analise e prospettive economeche de l'utilisazione industriale del mirto. *Rivista ital. Eppos*, 12 : 231-236.

Références bibliographiques

O

Oksuz S., 1976. Taraxasterol acetate from *Inula viscosa*. *Planta medicinal*, 29: 343-345.

Ouelmouhoub S., 2005. Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier: cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie).

P

Palevitch D. and Yaniv Z., 2000. Medicinal plants of the Holy Land. Modan Publishing House, Tel Aviv, Israel.

Paolini V., Dorchie Ph. and Hoste H., 2003. Effet des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. *Alter. Agri*, p: 17-19.

Papas A. M., 1999. Determination of antioxidant status in human in antioxidant status , Deit, *Nutrition and Heath. Edition*, p : 21-36.

Pastre J.O.C., 2005. Intérêt de la supplementation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. *Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire*. Université Paul-Sabatier de Toulouse, p : 120.

Pellegrini N., Serafini M., Colombi B. and coll., 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal Nutrition*, 133:2812-2819.

Pelli K. et Lyly M., 2003. Les antioxydants dans l'alimentation. Institut National de la recherche Agronomique. *VTT Biotechnology Finlande. Edition* : Paris, 3 : 1-28.

Percival M., 1998. Antioxydants. *Clinical Nutrition Insights*, 31 : 1-4.

Pastre J. et Priymenko N., 2007. Intérêt des anti-oxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. *Revue Méd. Vét*, 4 : 180-189.

Peynet J., 2006. Le stress oxydant, composante physiopathologique de l'athérosclérose. *Immun-analyse et Biologie spécialisée*, 21: 144-150 .

Références bibliographiques

Pincemail J., Meurrisse M., Limet R. and Defraigne J. O., 1998. Mesure et utilisation des antioxydants en médecine humaine. *Medi Sphère*, 73 : 29-30.

Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K. and Defraigne J.O. 2002. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme* 16: 233–239.

Pincemail J. et Defraigne J.O. , 2004. Les antioxydants : un vaste réseau de défenses pour lutter contre les effets toxiques de l’oxygéné. Symposium « Antioxydants et alimentation » Institute Danone.

Powell S.R., 2000. The antioxidant properties of zinc, *Journal. Nutrition*, 130: 1447S-54S.

Prior R. I., Wu X. and Schaich K., 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *American Chemical Society*, 14:1-13.

Pukalskas A., Venskutonis P.R., Salido S., Waard P. and van Beek A.T., 2012. Isolation, identification and activity of natural antioxidants from horehound (*Marrubium vulgare L.*) cultivated in Lithuania. *Food Chemistry*, 130 : 695-701.

Q

Quezel P. et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques Méridionales. *Centre national de la recherche scientifique*, 2 : 218-940.

R

Rajeshwar Y., Senthil Kumar G.P., Malayand A.G. and Mazundar U.K. , 2005. Studies on *in-vitro* antioxidant activities of methanol extract of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) seeds. *Euro. Bull. Deus Res*, 13 :131-138.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. and Rice-Evans C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorisation assay. *Free Rad. Bio. M*, 26: 1231-1237.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Anath P. and MinYand Rice-Evans C., 1998. Antioxydant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *FREE Radicalbiology and medecine*, 26: 1231-1237.

Références bibliographiques

Ribéreau-Gayon P., 1968. Propriétés chimiques des phénols. In « Les composés phénoliques des végétaux » *Edition Dunod*, p : 1-62.

Rietjens I. M., Boersma M.G., Haan L., Spenklink B., Awad H. M., Cnubben N. H., van Zanden J. J., Woude H., Alink G.M. and Koeman J. H., 2002. The pro-oxidant chemistry of the 509 natural antioxidants vitamin C, vitamin E, carotenoids and flavonoids. *Environ Toxicol. 510 Pharmacol*, 11 : 321-333.

Robards K., Prenzler P. D., Tucker G., Swatstitang P and Glover W., 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative process in fruits. *Food Chemistry*, 66: 401-436.

Rochette L et Vergely C., 2002. Le point sur les NO synthases au niveau cardiovasculaire périphérique. *Annales de Cardiologie et d'Angéologie*, 51 : 109-116.

Rolland Y., 2004. Antioxydants naturels végétaux. *OCL*, p: 11.

Ruch R. J., Cheng S. J. and Klaunig J. E., 1989. Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. *Carcinogen*, 10: 1003-1008.

S

Sahpaz S., Garbacki N., Tits M. and Bailleul F., 2002. Isolation and pharmacological activity of phenylpropanoid esters from *Marrubium vulgare*. *Journal of Ethnopharmacology*, 79:389–392.

Sahreen S., Khan M. R. and Khan R. A., 2011. Phenolic compounds and antioxidant activities of *Rumex hastatus* D. Don. Leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5: 2755-2765.

Sharififar F., Dehghn-Nudeh G. and Mirtajaldini M., 2009. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry*, 112:885-888.

Sharma P.P., Samanta K.C. and Garg V., 2010. Evaluation of nitric oxide and hydrogen peroxide scavenging activity *dalbergia sissoo* roots. *Pharmacophore* , 1:77-81.

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

Sumbul S., Ahmad M. A., Asif M. and Akhtar M., 2010. *Myrtus communis* Linn. review. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2: 395-402.

Références bibliographiques

T

Taleb-Dida N., Krouf D. and Bouchenak M., 2011. Globularia alypum aqueous extract decreases hypertriglyceridemia and ameliorates oxidative status of the muscle, kidney, and heart in rats fed a high-fructose diet. *Nutrition Research*, 31 : 488-495.

Temani Y., 2006. Les plantes : le marrube. *Edition santé*, p : 1-2.

Tian F., Li B., Ji B., Yang J., Zhang G., Chen Y. and Luo Y., 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of consecutive extracts from *Galla chinensis*: The polarity affects the bioactivities. *Food Chemistry*, 113: 173-179.

Torkelson A. R., 1996. The Cross Name Index to Medicinal Plants, *CRC Press*, p: 1160.

Toufektsian M.C., de Lorgeril M., Nagy N., Salen P., Donati M.B., Giordano L., MockH-P., Peterek S., Matros A., Petroni K., Pilu R., Rotilio D., Tonelli C., de Leiris J., Boucher F. and Martin C., 2008. Chronic Dietary Intake of Plant-Derived Anthocyanins Protects the Rat Heart against Ischemia-Reperfusion Injury. *Journal of Nutrition*, 138: 747-752.

Tovar M.J., Romero M.P., Girona J. and Motilva M.J. 2002. L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing olive (*Olea europaea* L cv Arbequina) fruit grown under different irrigation regimes. *Journal Science Food Agricultural*, 82: 892-898.

Tuberoso C. I.G., Rosa A., Bifulco E., Melis M. P., Atzeri A., Pirisi F. M. and Dessì M. A., 2010. Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts. *Food Chemistry*, 123: 1242–1251.

U

Ulubelen A. et Goun S., 1986. Sesquiterpene acids from *Inula viscosa*. *Phytochemistry*, 26:1223-1224

Umamaheswari M. and Chatterjee T. K., 2008. In vitro antioxidant activities of the fractions of *Coccinia grandis* L. Leaf extract. *African Journal of traditional Complementary and Alternative Medicine*, 5:61-73.

V

Valko M., Rhodes C.J., Moncola J., Izakovic. and Mazura M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological Interaction*, 160:1-40.

Références bibliographiques

Verdu M. et Garcia-Fayos P., 1998. Ecological causes, function, and evolution of abortion and parthenocarpy in *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae). *Can. Journal. Bot.*76: 134-141.

Visioli F. et Galli C. ,1998. Olive oil phenols and their potential effects on human health.

Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46: 4292-4296.

W

Williams C.A. et Grayer R.J., 2004.Anthocyanins and other flavonoids. *Nat. Prod. Rep*, 21: 539-573.

Z

Zeghad N., 2009. Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. *Mémoire de Magistère*. Université Mentouri Constantine, p : 130.

Zelko I.N., Mariani T. J. and Folz R .J., 2002. Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution, and expression, *Free Radical. Biology. Medical*, 33: 337 - 345.

Zohary M., 1952. Amonographical study of the genus Pistucia. *Palest. Journal. Bot*, 4: 187-228.

Références électroniques

Anonyme 1, 2013. http://fr.wikipedia.org/wiki/Inule_visqueuse.

Anonyme 2, 2013. http://en.wikipedia.org/wiki/Pistacia_lentiscus.

Anonyme 3, 2013. <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/987276>.

Anonyme 4, 2013. http://fr.wikipedia.org/wiki/Globulaire_buissonnante.

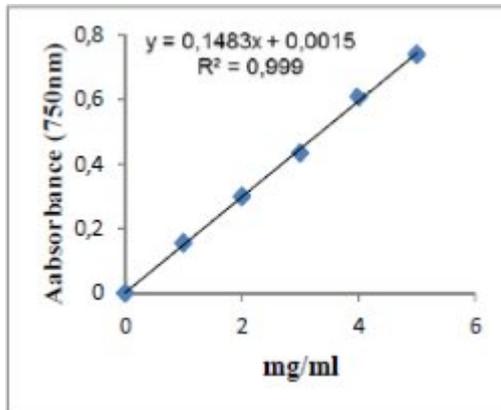
Anonyme 5, 2013. <http://www.topfleurs.eu/plantes/eryngium-maritinum.asp>.

Anonyme 6, 2013. <http://www.tela-botanica.org/bdtdfx-nn-40975>.

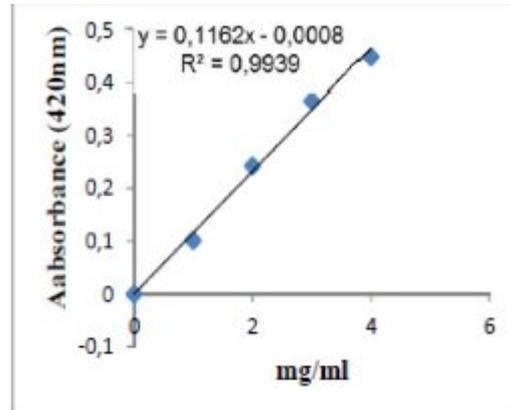
Les annexes

Annexe 1 : courbes d'étalonnages de composés phénolique (a), Flavonoïdes (b), Orthodiphénols (c), de phosphomolybdate (d), de FRAP (e) et de l'ABTS (f).

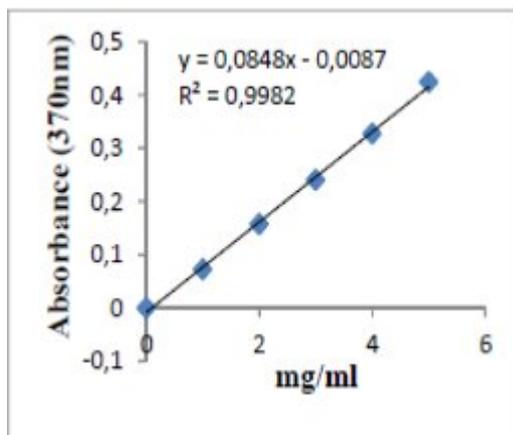
(a)



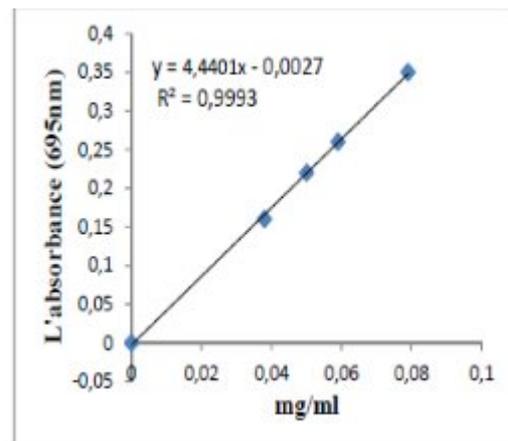
(b)



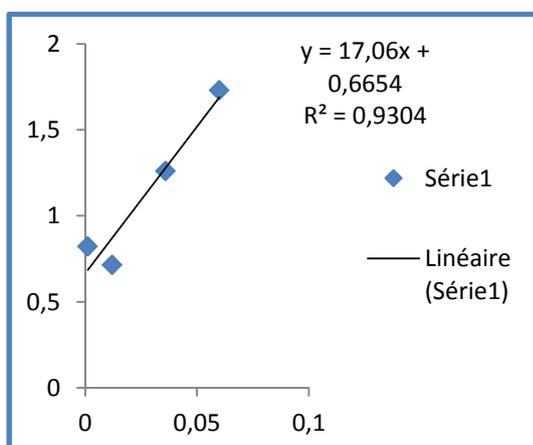
(c)



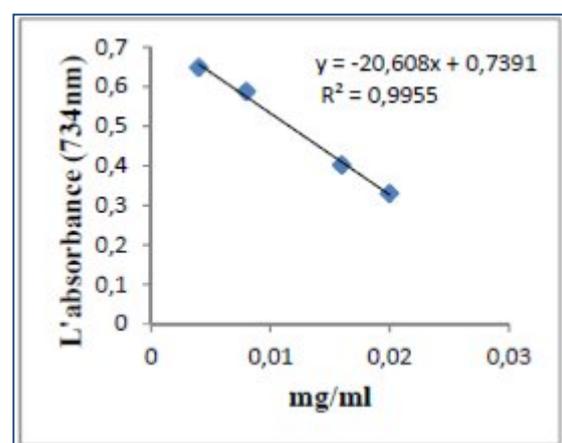
(d)



(e)



(f)



Annexe2 : Matériel et réactif utilisés

a. Matériel

- ✚ Agitateur magnétique(RAYPA)
- ✚ Balance de précision (BP 310 P)
- ✚ Bain-marie(MEMMERT)
- ✚ Broyeur électrique (A11 BASIC)
- ✚ Centrifugeuse (SIGMA 2-16K)
- ✚ Etuve (BD 53)
- ✚ pH mètre (HANNA,pH 211)
- ✚ Spectrophotomètre (UV mni 1240, SHIMADZU)
- ✚ Tube à essais
- ✚ Micropipettes (100 et 1000ul)
- ✚ Papier absorbant
- ✚ Réfrigérateur (ENIEM).
- ✚ Vortex (VELP).
- ✚ Bechers.
- ✚ Cuve.
- ✚ Erlenmayer

b- Réactifs

- ✚ Ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)
- ✚ Chlorure ferreux
- ✚ Solution de l'ABTS
- ✚ Molybdate de sodium
- ✚ Folin Ciocalteu(50%)
- ✚ Acétate de sodium (CH_3COONa)
- ✚ Carbonate de sodium (Na_2CO_3 2%)
- ✚ Catéchine ($\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_6^+$)
- ✚ Chlorure de potassium
- ✚ Acide sulfurique (Kcl)
- ✚ Méthanol (CH_3OH)
- ✚ chlorure d'aluminium (AlCl_3)

- ✚ Vitamine C ($C_6H_8O_6$)
- ✚ Ferricyanure de potassium (1%)
- ✚ Sodium nitroprusside (10mM)
- ✚ Tampon phosphate
- ✚ Solution de Griess
- ✚ Solution de FRAP
- ✚ Solution de H_2O_2
- ✚ Acide trichloroacétique
- ✚ Eau distillé.
- ✚ Acide salicylique.
- ✚ Solution de molybdate.
- ✚ BHA
- ✚ Quercétine

Annexe 3 :

Les concentrations des extraits de plantes

Les plantes	C (1mg/ml)	C (2mg/ml)	C (3mg/mg)
<i>Inula viscosa</i>	7,7	1,298	1,948
<i>Pistacia lentiscus</i>	8,16	1,227	1,888
<i>Myrtus communis</i>	55,53	0,450 (à partir de C : 22,212)	0,675
<i>Globularia alypum</i>	24,342	0,410	0,616
<i>Eryngium maritimum</i>	9,548	1,047	1,57
<i>Marrubium vulgare</i>	7,945	1,258	1,838

Les concentrations des extraits de plantes pour les différents tests effectués.

- ✚ Pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP) : Dilution 3/5 de l'extrait 0,5mg/ml.
- ✚ Pouvoir réducteur utilisant le phosphomolybdate : Dilution 1/ 2 de l'extrait 1mg/ml.
- ✚ Pouvoir scavenger du radical ABTS : Solution mère de 0,5mg/ml.
- ✚ Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote : Solution mère de 1mg/ml.
- ✚ Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène : Solution mère de 1mg/ml.
- ✚ Pouvoir scavenger du radical hydroxyle : Solution mère de 1mg/ml.

Les concentrations des solutions mères de standards (mg/ml) :

Pouvoir scavenger de	Quercetine	catéchine	BHA
NO	0,2	0,4	0,1
H2O2	0,2	0,4	0,7
OH	0,2	0,4	0,7

Résumé :

Les plantes médicinales sont largement utilisées par la population pour leur effets thérapeutiques à cause de leur richesse en différents métabolites secondaires : polyphénols, les huiles essentiels, les alcaloïdes, etc. Le but de ce travail est le dosage des antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes et ortho-diphénols) et la détermination des activités antioxydantes par plusieurs méthodes à partir de quelques espèces de plantes : *Inula viscosa*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Globularia alypum* et *Marrubium vulgare*. Les résultats expérimentaux ont montré que les taux d'extraction des plantes varient de 3,97% à 30,42%. Les plantes étudiées *Pistacia lentiscus*, *Eryngium maritimum* et *Marrubium vulgare* présentent des teneurs élevées en polyphénols totaux, flavonoïdes et en ortho-diphénols par rapport aux autres plantes. Les plantes *Eryngium maritimum*, *Myrtus communis* et *Pistacia lentiscus* présentent un pouvoir réducteur, ainsi que des pouvoirs scavengers importants par rapport aux autres plantes.

Mots clés : plantes médicinales, espèces radicalaires, antioxydants et activité antioxydantes.

Abstract:

The medicinal plants are largely used by the population for their therapeutic effect because of their wealth of different secondary metabolites with knowing polyphenols, essential oils, alkaloids,....The aim of this study is the proportioning of antioxydants (total polyphenols, flavonoïdes and ortho-diphenols) and the determination of the antioxydant activities by several methods starting from some species of plants:*Inula viscosa*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Globularia alypum* and *Marrubium vulgare*.The experimental results showed that the rates of extraction of the plants vary from 3,97% to 30,42%, the studied plants *Pistacia lentiscus*, *Eryngium maritimum* and *Marrubium vulgare* presents high percentages of total polyphenols, flavonoïdes and of ortho-diphenols compared to the other plants.The plants *Eryngium maritimum*, *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus* present a reduction power, as well as significant capacities scavengers compared to the other plants.

Keywords: medicinal plants, radical species, antioxidants and antioxydant activity.

