



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued
Faculté de la Technologie
Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine: Sciences et Technologies
Filière: Génie des Procédés
Spécialité: Génie Chimique

Présenté par:

Mlle **NOUAR Noura**

Mlle **YOUMBAI Doura**

Thème

Effet de l'activité antioxydante de plante
médicinale cactus les deux espèces : *Opuntia*
ficus- indica L et *Aloe vera*

Soutenu publiquement le 02/06/2019 devant le Jury composé de:

Mr	Dr. OUAHRANI M. Redha	Président	Université d'El Oued.
Mr	Dr. TAMMA Nouredine	Examineur	Université d'El Oued.
Mr	SALEMI Said	Encadreur	Université d'El Oued.

2018/2019

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

D'abord nous exprimons nos sincères remerciements aux membre de jury, à notre encadreur « Salemi Said » pour mener ce travail, la confiance et la liberté qui nous est donné, pour sa disponibilité, et nous apporter l'aide nécessaire, tant sur le plan scientifique que moral. Je remercie également la professeure « Hemmami Hadia » pour son soutien et nous aide dans notre travail

Nous tenons également à remercier tout le À tous les ingénieurs du laboratoire, T. Ali, M. Laouini, B. Djamil, département génie des procédés pour toute l'aide et les conseils précieux qu'ils nous ont donné.

Afin de n'oublier personne, mes vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui m'ont aidée à la réalisation de ce modeste mémoire.

Résumé

Ce travail est une contribution à l'étude de la teneur en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, flavanol totaux. L'activité antioxydante de la plante cactus avec deux échantillons *l'Aloe vera* et *l'Opuntia ficus-indica L* dans la région d'Oued Souf a été évaluée. La teneur en composés phénoliques totaux dans les différents extraits est estimés par la méthode de Folin-Ciocalteu. La méthode spectrophotométrique utilisée pour l'estimation des taux de flavonoïdes totaux, taux de flavanols totaux. La mesure de l'activité antioxydante est réalisée par deux méthodes, Un total d'antioxydants est évalué pour le test DPPH (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydante à piéger de radical DPPH. A cet effet, nous avons utilisé la méthode (spectrophotométrie UV-visible) qui permettant de donner des informations sur chaque milieu d'extraction pour comparer entre eux. Nous avons trouvé que les extraits de la plante *Aloe vera* sont riches en polyphénols totaux. Présentent une propriété antioxydante très élevée.

Mots clés : *Cactus*, polyphénols totaux, activité antioxydante.

الملخص

هذا العمل هو مساهمة في دراسة محتوى البوليفينول الكلي الفلافونويد الكلي و الفلافانول الكلي. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لنبته الصبار لعينتين متواجدين في منطقة وادي سوف. يقدر محتوى مركبات البوليفينول الكلية في المستخلصات المختلفة بطريقة Folin-Ciocalteu. طريقة الطيف الضوئي المستخدمة لتقدير نسبة الفلافونويد الكلي والفلافانول الكلي. النشاط المضاد للأكسدة يتم بواسطة طريقتين، يتم تقييم إجمالي مضادات الأكسدة لإختبار DPPH تستند هذه الطريقة على قياس قدرة مضادات الأكسدة على كبح DPPH الجذر الحر، لإنجاز هذا العمل تطلب استعمال طريقة: مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (spectrophotométrie UV-visible)، حيث وجدنا أن مستخلصات *Opuntia ficus-indica L* غنية بالمكونات الفيتو كيميائية كمادة البوليفينول الكلي، الفلافونويد الكلي و الفلافانول الكلي، كما أظهرت نشاط تثبيطي قوي كمضاد الاكسدة ضد الجذور الحرة DPPH.

الكلمات المفتاحية: الصبار، البوليفينول الكلي، مضاد الاكسدة.

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
BHA	Di tert-isobutyl hydroxy anisole
BHT	Di tert -isobutyl hydroxy toluène
CAT	Capacité anioxydante totale
DPPH	1,1- diphenyl-2-pierylhydrazyl
UV- visible	Spectrophotométrie ultra violet
IC₅₀	Concentration Inhibitrice IC ₅₀
R	Rendement
I%	Pourcentage D'inhibition
VC	Vitamine C Ou Acide Ascorbique
VE	Vitamine E Ou Tocopherol
AGE	Acide Gallique Equivalente
RE	Rutine équivalente
AAE	Acide ascorbique équivalente
GAE	Equivalent acide gallique
MS	matière sèche
Al	<i>Alo vera</i>
OP	<i>Opuntia ficus- indica L.</i>
ERO	Espèce réactive d'oxygène
DPPH•	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle

Sommaire

Résumé.....	
Liste des abréviations	
Sommaire.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE I: Généralité sur les plantes

Introduction :	4
I.1. Généralités sur les plantes médicinales :	4
I.1.1. L'histoire des plantes médicinales :	4
I.1.2. La phytothérapie:	5
I.1.3. Définition de la plante médicinale :	5
I.1.4. Les objectifs de l'étude des plantes médicinales :	6
I.2. Présentations de la plante étudiée :	6
I.2.1. Définition de cactées:	6
I.2.2. Origine et diffusion :	7
I.2.3. La famille de cactacée :	8
I.2.4. Division de la famille :	9
I.2.5. Morphologie :	10
I.2.6. Classification :	11
I.2.7. Généralités sur les deux genres étudiés :	12
I.2.7.1. Le genre <i>Opuntia</i> :	12
I.2.7.1.1. Clasifications :	12
I.2.7.1.2. Descriptions:	13
I.2.7.1.3. Utilisations :	14

I.7.1.2. Le genre <i>Aloe vera</i> :	15
I.7.1.2.1. Clasifications:	15
I.7.1.2.2. Descriptions:	15
I.7.1.2.3. Utilisations :	16

Chapitre II: Les polyphénols, l'activité antioxydant

II.1. Les Composés Phénoliques :	18
II.1.1 Définition :	18
II.1.2. Classification des composés phénoliques :	18
II.1.3. Le rôle des composés phénoliques :	19
II.1.3.1. Rôle physiologique :	19
II.1.3.2. Rôle technologique :	20
II.1.3.3. Rôle biologique :	20
II.2. Acides phénoliques et phénols simples :	21
II.2.1. Acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque :	21
II.2.2. Acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique :	21
II.2.3. Phénols simples :	21
II.3. Les flavonoïdes :	22
II.3.1. Flavonoïdes hétérosides :	22
II.3.2. Les flavonoïdes aglycones:	23
II.4. Propriétés physico-chimiques des flavonoïdes :	23
II.5. Classification des flavonoïdes:	23
II.5.1. Flavanols :	23
II.5.2. Anthocyanes:	24
II.5.3. Isoflavones:	24
II.5.4. Les flavones:	25
II.5.5. Flavan-3ols:	26

SOMMAIRE

II.5.6. Flavanones :.....	26
II.6. Tannins :.....	27
II.6.1. Tannins hydrolysables:.....	27
II.6.2. Tannins condensés :	27
II.7. Radicaux libres :	28
II.7.1. Définition :	28
II.7.2. Origine des radicaux libres :.....	29
II.7.2.1. Origine endogène :.....	29
II.7.2.2. Origine exogène :.....	29
II.7.3. Nature des radicaux libres :.....	30
II.7.4. Rôle des radicaux libres :	31
II.7.4.1. Rôle des radicaux libres chez l'homme :.....	31
II.7.4.2. Rôle des radicaux libres chez les plantes :	31
II.8. Antioxydante et activité antioxydants :.....	32
II.8.1. Définition des antioxydants :.....	32
II.8.2. Les systèmes antioxydants :	32
II.8.2.1. Systèmes de défense enzymatique :.....	33
II.8.2.2. les systèmes non enzymatiques :	34
II.8.2.2-1. Les antioxydants naturels :	34
II.8.2.2.2. Les antioxydants synthétiques:	35
II.8.2.2.3. Les oligo-éléments :.....	37

Chapitre III: Matériel et Méthodes

III.1. Matériels :.....	40
III.1.1. Matériels et Méthodes :.....	40
III.1.2. les logiciels.....	40
III.1.3. Réactif chimique :.....	40

SOMMAIRE

III.2. Matière végétale :	41
III.3.Méthodologie :.....	42
III.3.1. Préparation des extraits :.....	42
III.3.2.Protocole utilisé pour l'extraction des composés phénoliques :.....	43
III.3.3.Techniques d'identification par la spectrophotométrie UV :	45
III.3.4. Analyse Quantitative Des composés phénoliques :	47
III.3.4.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) :	47
III.3.4.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FVT) :.....	48
III.3.4.3. Dosage Des Flavanols :	48
III.3.4.4. Evaluation de l'activité antioxydante :.....	49
III.3.4.4.1.Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil) :	49

Chapitre IV:Résultats et discussion

IV- Résultats et discussions :.....	52
IV.1 Rendement d'extraction des composés phénoliques :	52
IV.2. Evaluation des concentrations équivalentes:	52
IV.3. Résultats et discussions des PPT, FVT et FLT :	53
IV.3.1. Quantification des polyphénols totaux (PPT) :.....	53
IV.3.2. Quantification de flavonoïde total (FVT) :	54
IV.3.3. Quantification des flavanols totaux :	56
IV.4. Résultats et discussions d'activité antioxydant DPPH :.....	57
Conclusion Générale.....	61
Référence bibliographique	62
Résumé	75

Liste des figures

Figure(I.1): Carte illustrant l'aire de distribution du cactus à son origine.....	7
Figure(I.2): Schéma illustrant quelques organes du cactus.....	11
Figure(I.3): Photo de l'Opuntia ficus- indica L.....	13
Figure(I.4): Photographie de figuier de barbarie avec ses cladodes.....	14
Figure(I.5): Photo d' <i>Aloe vera</i>	16
Figure (II.1) : Squelette de base des flavonoïdes	22
Figure (II.2) : Structure chimiques de flavanols	24
Figure(II.3) : Structures chimiques des anthocyanes	24
Figure (II.4): Deux exemples des structures chimiques des isoflavones.	25
Figure(II.5): Des exemples des structures chimiques des flavones.....	25
Figure(II.6): Structures chimiques de certains flavan-3-ols.....	26
Figure (II.7) : Structure chimique des flavanones.....	26
Figure(II.8): Structures des acides galliques et éllagique.....	27
Figure (II.9) : Structure chimique de tannin condensé.....	28
Figure(II.10) : Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical super oxyde.....	31
Figure (II.11): Quelques antioxydants de synthèse.....	36
Figure (III.1) : Photo d' <i>Opuntia ficus- indica</i> L.....	42
Figure (III.2) :Photo d' <i>Aloe vera</i>	42
Figure (III.3): A et B deux échantillons après le séchage	42
Figure(III.4): Appareil d'une étuve	43
Figure(III.5): Séchage A et B deuxéchantillons d'une étuve.	43
Figure (III.7): d'extraction d'échantillon <i>Opuntia ficus- indica</i> L.....	43
Figure (III.6) : d'extraction d'échantillon <i>Aloe vera</i>	43
Figure (III.8): appareil utilise à l'étape de filtration.....	44
Figure (III.9): Appareil Rotavapeur utilisé dans notre étude.	45

SOMMAIRE

Figure (III.10): Spectrophotomètre UV-visible.....	45
Figure (III.11): Réduction du radical libre DPPH.	49
Figure(IV.1) : Courbe d'étalonnage de l'acide Gallique (polyphénol).	53
Figure (VI.2): Teneurs des polyphénols totaux des extraits.....	54
Figure(IV. 3) :Courbe d'étalonnage de Quercitine (flavonoïde).	55
Figure (IV.4): Teneurs des flavonoïdes totaux des extraits.....	56
Figure(IV.5) :Courbe d'étalonnage de Rutine (flavanols).	56
Figure (IV.6): Teneurs des flavanols totaux des extraits.	57
Figure (IV.7) : Effet d'extrait de l'Alo vera sur le radical DPPH.....	58
Figure (IV.8) : Effet d'extrait de l'Alo vera sur le radical DPPH.....	59

Liste des tableaux

Tableau(I.1): La classification d'Opuntia. 13

Tableau(I.2): Les utilisations du figuier de Barbarie. 14

Tableau (I.3): La classification cronquist de l'*Aloe vera*..... 15

Tableau (II.1): Classification des composés phénoliques 18

Tableau (II.2): Activités biologiques des composés phénoliques. 20

Tableau (III .1) : Appareillage..... 40

Tableau (III.2): les produits chimiques et les réactifs 40

Tableau (III-3) : Masse des extraits des deux échantillons de Cactus..... 44

Tableau (IV .1): rendements des extraction. 52

Tableau (IV.2) :Taux en polyphénols totaux des différents extraits : 54

Tableau (IV.3) :Teneur en flavonoïde totaux des différents extraits 55

Tableau(IV.4): rassemble les taux en flavonoïdes totaux dans les différents extraits étudiés. 57

Tableau (IV.5): Présente la concentration et l'absorption et pourcentage d'inhibition *Alo vera* et *Opuntia ficus- indica L.*..... 58

Tableau (IV.6): Présente la Concentration équivalente à 50% de DPPH perdu. 59

Introduction générale

Introduction générale

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise les plantes trouvées dans la nature, pour traite et soigner des maladies [1].

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments. Elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte des nouvelles molécules nécessaire à la mise au point de futurs médicaments [2].

Actuellement plus de 80 % de la population africaine ont recours aux drogues faites Essentiellement de matières végétales qui poussent autour de leur ville. En plus dans le monde, près de 25% des prescriptions sont à base de plantes et 60 à 70% des médicaments antibactériens et anticancéreux sont des substances d'origine naturelle [3].

Ces plantes médicinales sont utilisées dans l'industrie, l'alimentation, les cosmétiques et la médecine, parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les lignanes, les terpènes et les flavonoïdes.

En Algérie pays très riche de sa biodiversité florale, la médecine traditionnelle y a sa place mais on ne voit pas cette complémentarité de la phytothérapie à la médecine Botanistes, phytochimistes, pharmacologues et médecins sont appelés à conjuguer leurs connaissances scientifiques pour que la phytothérapie soit une discipline thérapeutique officielle comme c'est le cas dans plusieurs pays (Chine, Turquie, etc...) [4].

Le cactus a fait l'objet de récentes recherches dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et agro-alimentaires. Il est d'une famille des cactaceae, appréciée pour ses propriétés antioxydantes, antibactériens, largement utilisée dans le produit pharmaceutique et en médecine traditionnelle.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail était de mettre en évidence l'activité antioxydante du cactus de deux échantillons *Opuntia ficus-indica* L et *Aloe vera* (celle de la région d'Oued Souf. Notre travail a été divisé en quatre chapitres, dans le premier chapitre nous avons effectué une présentation de morphologie sur la plante et notre plante.

Dans la deuxième chapitre était consacré aux polyphénols, flavonol, Flavonoïde à l'activité antioxydante.

Dans la troisième chapitre, on a cité la méthode d'extraction des échantillons étudiés, leurs rendements d'extraction, leurs teneurs en polyphénols totaux, ainsi que l'évaluation des activités antioxydantes totales, par la méthode du test DPPH.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous avons rapporté les résultats obtenus entre autre les Rendements, les teneurs des composés phénoliques et l'étude de l'activité antioxydante des extraits des différents échantillons.

Chapitre I

Généralité sur les plantes

Introduction :

La Section des Plantes Médicinales a démarré au Centre ORSTOM de Cayenne en juillet 1974. Son but consiste à faire l'inventaire ethnobotanique et phytochimique préliminaire de la flore guyanaise en général et des plantes utilisées dans la pharmacopée traditionnelle en particulier. Il s'agit de relever d'une part les propriétés thérapeutiques des plantes et d'autre part de mettre en évidence leurs constituants chimiques susceptibles d'avoir une action pharmacodynamique [5].

I.1.Généralités sur les plantes médicinales :

D'après la Xème édition de la Pharmacopée française, les plantes médicinales "sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses". Ces plantes médicinales peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques [6].

La définition d'une plante médicinale est très simple. En effet il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager des divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses [7].

I.1.1.L'histoire des plantes médicinales :

Des plantes médicinales ont été employées pendant des siècles comme remèdes pour les maladies humaines parce qu'elles contiennent des composants de valeur thérapeutique [8].

Récemment, l'acceptation de la médecine traditionnelle comme forme alternative de santé et le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques disponibles a mené des auteurs à étudier l'activité antimicrobienne des plantes médicinales et en raison d'une conscience croissante des effets secondaires négatifs infligés par les drogues modernes, beaucoup cherchent les remèdes normaux sans effets secondaires et bien sûr coût élevé de médecine conventionnelle.

Depuis toujours les plantes ont constitué la source majeure de médicaments grâce à la richesse de ce qu'on appelle le métabolisme secondaire. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, en particulier à partir du néolithique.

L'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours du temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade [8].

I.1.2. La phytothérapie:

La phytothérapie concerne le traitement des maladies par les plantes ou par leurs extraits [9]. Il est recommandé d'utiliser la plante entière, appelée aussi «totum» plutôt que des extraits obtenus en laboratoire.

Il existe différents types de phytothérapie :

-L'aromathérapie : c'est une thérapeutique Historique Des Plantes Médicinales :

Des nombreuses espèces végétales qui sont réputées avoir une action physiologique et qui sont qui utilise les huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes.

-La gemmothérapie : se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les radicules.

-L'herboristerie : correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboriste se sert de la plante fraîche ou séchée, soit entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs).

La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération.

Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélules de poudre de plante sèche que le sujet avale [10].

I.1.3. Définition de la plante médicinale :

Il existe plusieurs définitions pour désigner une plante médicinale mais, pour faire simple, le terme désigne une plante ou une partie d'une plante possédant des substances appelées principes actifs, pouvant être utilisés à des fins thérapeutiques sans effets nocifs aux doses recommandées [11].

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le

but de se soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7.000 ans avant notre ère par les Hommes et sont à la base de la phytothérapie [12].

On qualifie de plante médicinale toute plante possédant des propriétés agissant sur l'organisme humain ou animal de façon bénéfique. Les plantes médicinales sont utilisées en médecine naturelle. Généralement, seule une partie de la plante est utilisée, que ce soit le bulbe, les branches, les feuilles, les graines, les fruits ou les fleurs. La branche de la médecine qui utilise des plantes médicinales est appelée phytothérapie. Parmi les principes actifs les plus courants des plantes médicinales, on peut nommer les polyphénols, les terpènes, les stéroïdes et les alcaloïdes [13].

I.1.4. Les objectifs de l'étude des plantes médicinales :

Les objectifs d'étude les plantes médicinales sont :

- Les plantes médicinales utilisées par une ethnie ou une communauté sont multiples.
- Accélérer l'intégration des connaissances ethno médicales dans la médecine moderne.
- Rechercher de nouvelles plantes méconnues ou mal connus dans la flore médicinale.
- Rechercher également de nouvelles propriétés éventuelles et de nouvelles formes d'utilisation plus pratique.
- Constituer une banque de données de plantes médicinales nécessaire à la contribution d'élaboration de la pharmacopée nationale.
- Un intérêt économique de l'utilisation des ressources nationales en produits phytopharmaceutique revêt une grande importance l'économique d'un pays, en particulier pour les pays en développement [14].

I.2. Présentations de la plante étudiée :

I.2.1. Définition de cactées:

La famille des cactées appartient aux plantes grasses. Elles ont la capacité de survivre sur leurs réserves durant une période de sécheresse temporaire grâce à un système de stockage de l'eau. Dans une situation similaire, la plupart des autres plantes dépériraient et mourraient par manque d'eau [15].

Leur aspect souvent étrange est lié aux mutations qu'elles ont mises au point pour stocker l'eau dans leurs tiges, leurs feuilles ou leurs racines qui sont très charnues. D'autres évolutions plus importantes ont permis d'augmenter les réserves d'eau en réduisant

l'évaporation. Elles présentent souvent un épiderme soit charnu, soit couvert de poils ou d'une couche cireuse qui réduit l'évaporation. Le revêtement dense en épines joue un rôle décisif et limite les effets de la chaleur solaire intense en fournissant une ombre partielle à la plante. Les cellules de ces plantes supportent de grandes variations de leur teneur en eau que les autres plantes « normales » [15].

Il existe des mythes très anciens concernant les cactées. Le cactus était un symbole important à la fois chez les Aztèques au Mexique et chez les Incas au Pérou, et l'on retrouve des illustrations de ses vertus curatives et divinatoires sur de nombreux bâtiments, poteries et autres objets usuels [15].

I.2.2. Origine et diffusion :

Les cactus sont presque tous originaires du Nouveau Monde, certaines espèces allant jusqu'au Nord de l'Alberta au Canada, d'autres poussant une pointe au Sud jusqu'en Patagonie (**fig.1**). (Les seules exceptions sont quelques espèces présentes en Afrique orientale et à Madagascar ou il se peut qu'elles aient été apportées par des oiseaux migrateurs et qu'elles y aient continué leur évolution [15].



Figure(L1): Carte illustrant l'aire de distribution du cactus à son origine [16].

La culture du cactus est originaire des plateaux du Mexique qui sont caractérisés par un climat chaud et sec. L'utilisation alimentaire de l'espèce date de l'époque préhistorique grâce à la découverte de graines fossiles datant du septième millénaire av. J.-C [17].

Ces régions semi-arides du Mexique présentent une grande diversité génétique de variétés cultivées et variétés sauvages du cactus. Plusieurs espèces ont été introduites dans d'autres régions du monde ayant un climat semi-aride, telles que l'Australie, l'Afrique du Sud, le Madagascar ou la région méditerranéenne. Le cactus a été introduit en Europe méditerranéenne vers la fin du 15ème et le début du 16ème siècle pour l'alimentation des populations indigènes. Il a été aussi introduit, au 16ème siècle, au Nord et au Sud de l'Afrique et tout au long du bassin méditerranéen. Actuellement, il est cultivé dans les régions arides et semi-arides de plusieurs pays. Le cactus, comme culture, était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb. Il fut décrit de façon précise pour la première fois en 1535 par l'espagnol Gonzalo Fernandez de Oviedo y Valdés dans son histoire des Indes occidentales. Sa morphologie insolite marqua les esprits des premiers conquistadors. Outre les fruits, c'est l'élevage de la cochenille qui attira surtout leur attention ; mais l'élevage de cette dernière aux îles Canaries ne fut réussi qu'au 19ème siècle. Son fruit constituait depuis longtemps un aliment important dans le régime alimentaire des Indiens (Rapport du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche maritime du Maroc, 2010).

Le genre *Opuntia* a été utilisé au Mexique depuis l'époque préhispanique, en association avec le maïs et l'agave, constituant ensemble la pièce maîtresse de l'économie agricole de la civilisation aztèque. Au cours des dernières années il y'a eu un intérêt accru pour diverses espèces d'*Opuntia*, en raison du rôle qu'elles sont supposées jouer dans le succès des systèmes d'agriculture durable dans les zones marginales ; notamment les zones arides et semi- arides [18].

I.2.3.La famille de cactacée :

Les Cactacées sont des végétaux phanérogames appartenant à la classe des angiospermes dicotylédones, polypétales.

Ce sont des herbes vivaces, des arbres ou des arbustes apparemment aphyllés (exception faite de la tribu des Pereskiées), dont l'appareil assimilateur est constitué par un rameau ou un système de rameaux charnus, épineux, à surface lisse ou ridée, continue ou articulée

Les fleurs sont solitaires, rarement groupées en panicules, hermaphrodites, actinomorphes ou faiblement zygomorphes.

Le périanthe est formé de très nombreuses pièces souvent concrescentes à la base, la plupart pétaloïdes et brillamment colorées, les plus externes tendant toutefois à devenir sépaloïdes.

Les étamines sont extrêmement nombreuses, se réunissant souvent à leur base avec la partie interne du tube périanthaire.

Le pistil est formé d'un ovaire infère, inclus dans un réceptacle cupuliforme, uniloculaire, contenant un nombre indéfini d'ovules répartis sur des placentas pariétaux.

Le style est très long, grêle, portant à son extrémité autant de stigmates qu'il existe de placentas.

Le fruit est le plus souvent charnu, c'est alors une baie renfermant dans sa pulpe de très nombreuses graines ; chacune de celles-ci contient un embryon enroulé autour d'un albumen réduit [19].

I.2.4.Division de la famille :

Cette grande famille englobant plus de deux mille espèces si diverses dans leur morphologie est divisée depuis BRITTON et ROSE en trois grandes tribus :

• Tribu 1. — PERESKIEES.

Plantes offrant de grandes ressemblances avec les autres dicotylédones. Feuilles grandes, caduques, plates. Rameaux cylindriques non articulés, pas de glochides, fleurs grandes à pédoncule (parfois très court), souvent groupées en panicule, graines à court spermatophore et à deux téguments très minces.

Cette tribu ne renferme que deux genres : *Pereskia* et *Maihuenia*.

• Tribu 2. — OPUNTIEES.

Plantes à port souvent arborescent, à rameaux ramifiés et articulés ; tige continue ou décomposée en articles globuleux plats ou cylindriques. Feuilles généralement petites sur les parties végétatives, manquant souvent, toujours fugaces. Aréoles portant des glochides. Fleurs rotacées, grandes, étalées ; graines à téguments très épais, assez grandes.

Dans cette tribu très importante, près de huit cents plantes ont été rangées dans huit genres seulement, dont *Pereskia*, *Nopalea*, *Opuntia*.

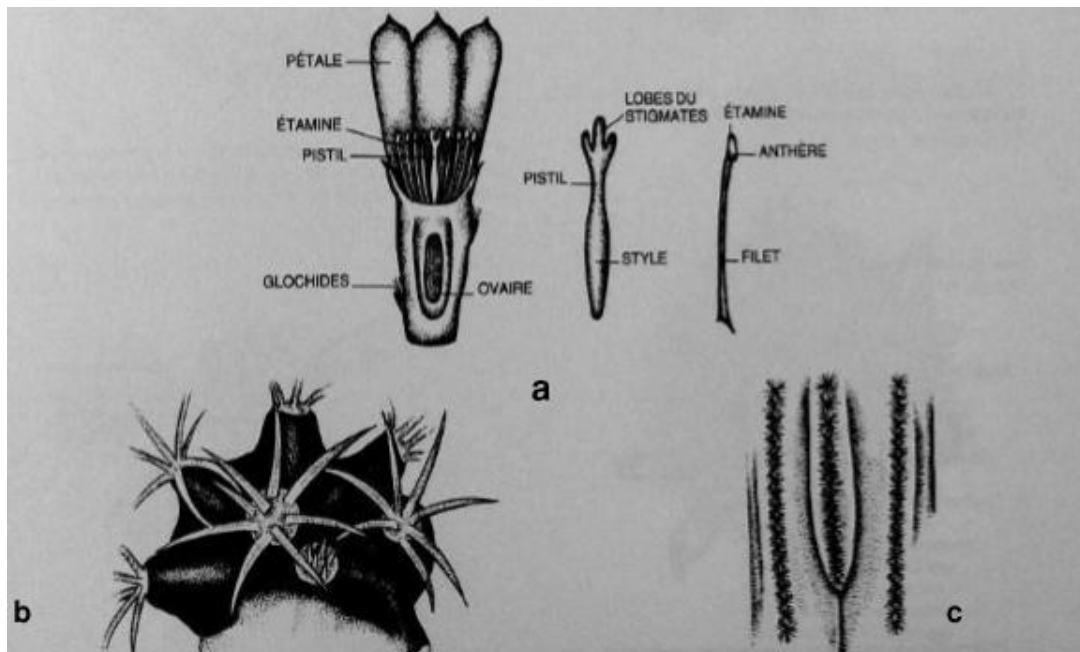
• **Tribu 3. — CEREES.**

Tiges à côtes cylindriques ou globuleuses, pas de feuilles apparentes sur les parties végétatives, réduites à des écailles. Aréoles sans glochides. Fleurs à tube défini le plus souvent (quelques exceptions chez les Rhipsalidées). Graines généralement petites, très polymorphes à enveloppe mince sans anneaux, ni ailes [20].

I.2.5.Morphologie :

Les cactées ont des formes diverses, allant de plantes miniatures jusqu'à de grands arbres atteignant près de 25 m de hauteur. Cependant à l'exception du genre *Preskia* et des genres proches qui ont des feuilles normales, des aiguillons et une structure un peu élémentaire pour les fleurs et les fruits, tous les autres genres sont très similaires. Ces autres genres sont pratiquement dépourvus de feuilles, les processus de photosynthèse se produisant en revanche dans des tiges vertes charnues [16].

C'est au niveau des aréoles qu'apparaissent les aiguillons, les nouveaux rameaux et les fleurs. Il y'a des exceptions telles que les *Echinocereus* dont les boutons floraux percent la paroi de la tige près d'une aréole, les *Mammillaria* et les *Corphanta* chez qui les boutons sortent d'un emplacement axillaire entre les tubercules ou d'une gorge partant de l'aréole du tubercule. Les fleurs des cactus sont sessiles, la seule exception étant fournie par les *Pereskias* à fleurs pédonculées (**fig I.2**). Les fruits sont habituellement des baies juteuses, mais dans quelques genres, il s'agit de capsules sèches d'où les graines s'échappent soit par un pore basal ou par une fente irrégulière [16].



Figure(I.2): Schéma illustrant quelques organes du cactus, (a) : fleur de cactus d'après l'exemple d'*Opuntia*, (b) : jeune plante montrant sa structure tuberculée, qui en approchant de la maturité, deviendra une formation à côte, (c) : coupe d'une tige de *Carnegiea gigantea* montrant la structure côtelée et la façon dont une autre côte se forme au fur et à mesure du développement de la tige. [16].

I.2.6.Classification :

La famille des cactacées est subdivisée en huit groupes, dont chacun d'entre eux comprend plusieurs genres [16] :

- ❖ **Groupe *Pereskia*** : Plante à feuilles, mais sans glochides. Les graines noires sont sans arilles (enveloppe extérieure ou appendice fixé au pédoncule de l'ovule).

Genres : *Maihuenia*, *Pereskia*, *Aloe vera*

- ❖ **Groupe *Opuntia*** : Plantes à petites ou minuscules feuilles et glochides. Les graines sont ailées ou munies d'un arille.

Genres : *Opuntia*, *Pereskopsis*, *Pterocactus*, *Quiabentia*, *Tacinga*.

- ❖ **Groupe *Cereus*** : Plantes sans feuilles ni glochides, à graines noires ou brunes. Ces plantes sont ordinairement colonnaires, côtelées et généralement pourvues de nombreux aiguillons. L'extérieur de la base du tube floral est nu ou épineux.

Genres : *Armatocereus*, *Arrojadoa*, *Jasminocereus*, *Monvillea*, *Wilcoxia* etc.

- ❖ **Groupe Echinopsis** : Comme le groupe *Cereus*, sauf que les plantes peuvent être naines et que l'extérieur du tube floral est généralement pourvu de poils ou peut posséder des écailles étroites.

Genre: *Acanthocalycium, Arequipa, Espostoa, Mila, Oroya, Weingartia* etc.

- ❖ **Groupe Hylocereus**: Comme le groupe *Cereus*, mais les plantes sont épiphytes, souvent à racines aériennes, et côtelées. Les aiguillons sont souvent assez peu nombreux ou complètement absents.

Genres : *Aporocactus, Cryptocactus, Hylocereus, Rhipsalis, Wittia* etc.

- ❖ **Groupe Neoporteria** : Plantes généralement naines, globuleuse à courtes, cylindriques et côtelées. La base du tube floral est un peu laineuse, avec des aiguillons dans le haut.

Genres : *Austrocactus, Frailea, Nonocactus, Parodia, Wigginsia, etc.*

- ❖ **Groupe Melocactus** : Comme le groupe *Neoporteria*, la base du tube floral est nue ou laineuse, mais sans aiguillons. Les fleurs sont portées sur un cephalium terminal, sauf chez les *Buiningia* où il est latéral.

Genre : *Buiningia, Discocactus, Melocactus.*

- ❖ **Groupe Echinocactus** : Comme le groupe *Melocactus*, sauf que les fleurs apparaissent au centre, mais sans cephalium.

Genre : *Ariocarpus, Aztekium, Islaya, Solisia, Strombocactus, Toumeyia, etc.*

I.2.7. Généralités sur les deux genres étudiés :

I.2.7.1. Le genre *Opuntia*:

I.2.7.1.1. Clasifications :

Tableau(I.1): De nombreux auteurs ont élaboré des classifications du genre *Opuntia* [21].

Ont rapporté celle qui suit:

Tableau(I.1): La classification d'*Opuntia*.

Règne	Plantae
Sous-règne	Spermaphyte
Division	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous- classe	Caryophyllale
Famille	Cactaceae
Sous-famille	Opuntioideae
Genre	<i>Opuntia</i>
Espèce	<i>Opuntia ficus indica L</i>

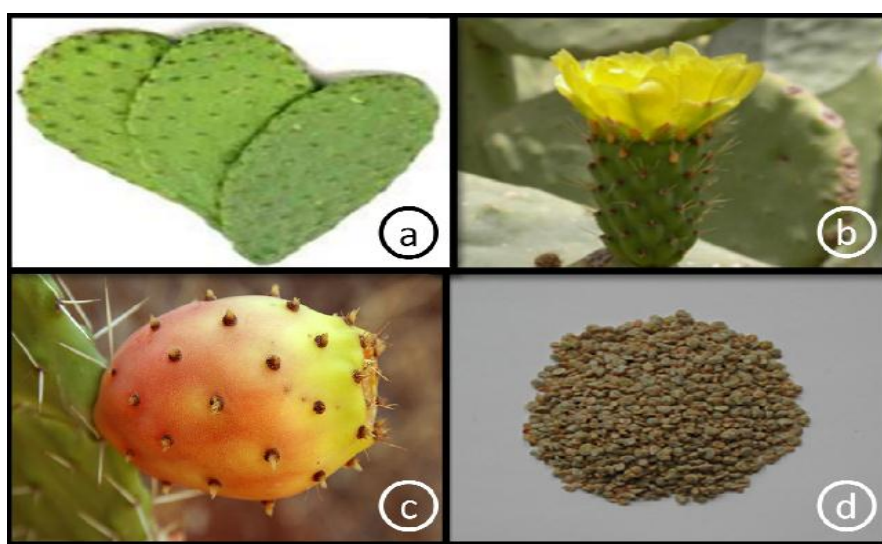
**Figure(I.3):** Photo de l'*Opuntia ficus- indica L*.**I.2.7.1.2. Descriptions:**

Le figuier de barbarie est une plante arborescente qui peut atteindre de 3 à 5 mètres de haut. Son organisation en cladodes, couramment appelés « raquettes », est particulière. Les cladodes sont des tiges modifiées de forme aplatie, de 30 à 40 cm de long, qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique et dont la surface est parsemée d'alvéoles [22]; [23]; [24] (**figure I.4**). L'appareil racinaire est superficiel, se concentre dans les 30 premiers centimètres du sol, mais en revanche très étendu [25]. Les fleurs sont à ovaire infère, avec de grandes corolles latérales jaunes, orange ou rouges [22]; [26]. Un cladode fertile peut porter

jusqu'à une trentaine de fleurs. Ce nombre varie selon la position du cladode sur la plante et les facteurs physiologiques [26] (figure I.4).

Ces fleurs donnent naissance aux fruits ; une grosse baie (100 à 150g) ovale ou allongée et charnue, avec une pulpe juteuse, en générale contenant de nombreuses graines (polysémique). La couleur et la forme du fruit sont variables selon les variétés : jaune, rouge, blanche [22]; [27] ; [24]; [26].

Les graines sont dures, indigestes, mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante [22].



Figure(I.4): Photographie de figuier de barbarie avec ses cladodes(a), fleur(b), fruits(c) et graines(d) [28] ; [29].

I.2.7.1.3.Utilisations :

Tableau(I.2): Les utilisations du figuier de Barbarie [30].

Aires commerciales	Usages spécifiques
Production alimentaire	Fruits, Nopalitos, jus de fruits, extraction l'huile des graines
Production d'énergie	Alcool, biomasse fraîche
Aliment de bétail	Fourrage, déchets de fruits.
Usage médical	Fleurs pour les diurétiques, cladodes pour diabète, mucilages.
Usage agronomique	Fixation du sol, source d'eau complémentaire, brise-vent
Colorants	Bétalanines dans les fruits, acide carminique

I.7.1.2. Le genre *Aloe vera* :

I.7.1.2.1. Clasifications:

La classification de Cronquist est une classification des Angiospermes. Elle est la dernière version des classifications majeures. Elle repose essentiellement sur des critères morphologiques, anatomiques et chimiques. Ainsi, les végétaux présentant un nombre élevé de ressemblance sont réunis au sein d'une même famille (**Tableau I.3**) [31].

L'*Aloe vera* est donc classé comme suit :

Tableau (I.3): La classification cronquist de l'*Aloe vera* [31].

Règne	Plante (plantae)
Sous règne	Trachéophytes (trachéobionta)
Embranchement	Spermaphytes (spermatophyta)
Sous Embranchement	Angiospermes (magnoliophyta)
Classe	Monocotylédones (liliopsida)
Sous classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	Aloaceae
Genre	<i>Aloe.L</i>
Espèce	<i>Aloe vera (L.) burm.f</i>

I.7.1.2.2. Descriptions:

Aloe vera ou *Aloe Barbadensis* Miller est une plante vert de la famille des Liliacées à feuilles charnues évoquant un cactus, originaire d'Afrique du Sud. Prénommée également «Le Lys du désert», cette plante est facile à cultiver car malgré le fait qu'elle pousse à l'extérieur dans les pays chauds, elle peut également pousser à l'intérieur, dans des pots, dans le monde entier. L'*Aloès* est une plante arborescente de 60 à 80 cm de haut, avec des racines peu profondes et des feuilles charnues lisses de couleur verte, à section triangulaire, aux extrémités pointues, dont les plus grandes peuvent atteindre 80 cm de hauteur et 10 cm dans leur plus grande largeur avec des bords munis d'épines jaune clair [32].

I.7.1.2.3. Utilisations :

Aujourd'hui, *Aloe vera* est utilisé dans de nombreux produits notamment dans le domaine de la cosmétologie partout dans le monde. Il est courant d'en retrouver dans des crèmes pour le visage ou pour les mains, dans des fonds de teint, des nettoyants, des crèmes solaires, des shampoings ou toniques pour cheveux, des crèmes de rasages, du maquillage, des produits pour le bain, et même des lotions ou lingettes pour bébé [33].

Cette utilisation intensive est en partie due à l'histoire de la plante, au marketing autour de celle-ci qualifiée souvent de plante des miracles, mais surtout à tous les bienfaits qui lui sont attribués comme généralement ses actions apaisantes pour la peau notamment en cas de brûlures, d'irritations ou de plaies [34]. **Figure(I.5)**



Figure(I.5): Photo d' *Aloe vera*

Chapitre II

Les polyphénols, l'activité antioxydant

II.1. Les Composés Phénoliques :

II.1.1 Définition :

Les composants phénoliques sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides.

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) ; et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogénèse, la germination des graines et la maturation des fruits.

Les principales classes des composants phénoliques sont les acides phénoliques (acide caféique, acide hydroxycinnamique, acide ferulique, acide chlorogénique...), les flavonoïdes, les tanins, et les coumarines.

Les composants phénoliques sont des molécules biologiquement actives, ils sont largement utilisés en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants et antiradicalaires, antimicrobiens [35].

II.1.2. Classification des composés phénoliques :

Le terme de composés phénoliques couvre un groupe très vaste et diversifié de produits chimiques. Ces composés peuvent être classés dans un certain nombre de façons. Harborne et Simmonds (1964) ont classé ces composés dans les groupes en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule.

Tableau (II.1): Classification des composés phénoliques.

C_6	Phénols simple
C_6-C_1	Acides phénoliques et composés dérivés
C_6-C_2	Acétophénone et acides phénylacétiques
C_6-C_3	Acides, cinnamiques, coumarines, isocoumarines, chromones .

C₁₅	Flavanols, flavonones, anthocyanines et anthocyanidines
5C₃₀	Biflavonyles
C₆- C₁- C₆, C₆- C₁- C₆	Benzophénones, xanthones et stilbéne
C₆, C₁₀, C₁₄	Quinones
C₁₈	Bétacyanines
Lignanes ,neolignanes	Dimères ou oligomères
Lignine	Polymères
Tanins	Condensé et hydrolysable

Une autre classification a été utilisée par Swain et Bate-Smith(1962). Ils ont regroupé les phénols dans les catégories "commune" et "moins fréquent". Ribéreau-Gayon (1972) a regroupé les phénols en trois familles comme suit:

1. Phénols largement distribués - omniprésente à toutes les plantes, ou de importance dans une usine spécifique.
2. Phénols qui sont moins largement distribués - nombre limité de composés connus.
3. Constituants phénoliques présents dans les polymères [36] .

II.1.3.Le rôle des composés phénoliques :

II.1.3.1.Rôle physiologique :

Des travaux plus anciens ont montré que les phénols seraient associés à de nombreux processus physiologiques: croissance cellulaires, différenciation, organogenèse, dormance des bourgeons, floraison et tubérisation[37].

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles. Ils sont universellement présents dans la cuticule foliaire et dans les cellules

épidermiques de feuilles, ils sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs des rayonnements UV [38].

Ils sont impliqués dans la réaction de défense du palmier dattier contre le bayoud, maladie infectieuse due à un champignon telle que *Fusarium oxysporum*[38].

II.1.3.2. Rôle technologique :

Les polyphénols interviennent dans la qualité alimentaire des fruits. Les anthocyanes et certains flavonoïdes participent à la coloration des fruits murs, ils confèrent aux fruits et légumes leurs teinte rouge ou bleuté, ils sont aussi responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux. L'astringence et l'amertume des nourritures et des boissons dépendent de leurs teneurs[40].

II.1.3.3. Rôle biologique :

Tableau (II.2): Activités biologiques des composés phénoliques [41].

Polyphénols	Activité
Acides Phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, Antifongiques, Antioxydantes
Coumarines	Protectrices vasculaires et antioedémateuses
Flavonoïdes	Antitumorales, Anticarcinogènes, Anti-inflammatoires, Hypotenseurs et diurétiques Antioxydantes
Anthocyanes	Protectrices capillaroveineux
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes, Antitumorales, Antifongiques, Anti-inflammatoires.
Tannins galliques et catéchiqes	Antioxydantes

II.2.Acides phénoliques et phénols simples :

Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. En phytochimie, l'emploi de cette dénomination est réservé aux seuls dérivés des acides benzoïque et cinnamique. Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. En phytochimie, l'emploi de cette dénomination est réservé aux seuls dérivés des acides benzoïque et cinnamique. Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. En phytochimie, l'emploi de cette dénomination est réservé aux seuls dérivés des acides benzoïque et cinnamique.

II.2.1.Acide phénoliques dérivés de l'acide benzoïque :

Les acides phénols en C₆-C₁ dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque, sont très communs, aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'ester ou d'hétéroside. L'acide gallique et son dimère (l'acide hexahydroxydiphénique) sont les éléments constitutifs des tannins hydrolysables. D'autres aldéhydes correspondants à ces acides, comme la vanilline, est très utilisé dans le secteur pharmaceutique [42].

II.2.2. Acide phénoliques dérivés de l'acide cinnamique :

La plupart des acides phénols en C₆-C₃ (acides p-coumarique, caféique, férulique, sinapique) ont une distribution très large; les autres (acides o-coumarique, o-férulique) sont peu fréquents[42]. Les acides cinnamique et caféique sont des représentants communs du groupe de dérivés phénylpropaniques qui diffère par son degré d'hydroxylation et de méthylation [43].

II.2.3. Phénols simples :

Tels que le catéchol, guaiacol, phloroglucinol... sont plutôt rares dans la nature à l'exception de l'hydroquinone qui existe dans plusieurs familles (Ericaceae, Rosaceae...). Les deux phénols hydroxylés, le catéchol avec deux groupes OH et le pyrogallol avec trois ont été montré pour sa toxicité vis-à-vis des microorganismes [43].

II.3. Les flavonoïdes :

Du latin flavus, jaune, sont des substances généralement colorées très répandues chez les végétaux: on les trouve dissoutes dans les vacuoles à l'état d'hétérosides ou comme constituant des plastes particuliers, les chromoplastes [44].

Les flavonoïdes ont tous la même structure chimique de base, ils possèdent un squelette carboné de quinze atomes de carbones constitué de deux cycles aromatiques (A) et (B) qui sont reliés entre eux par une chaîne en C₃ en formant ainsi l'hétérocycle (C)[45]. Généralement, la structure des flavonoïdes est représentée selon le système C₆-C₃-C₆ [46] en formant une structure de type diphenyle propane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule. [47; 48] Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits, légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin ...)

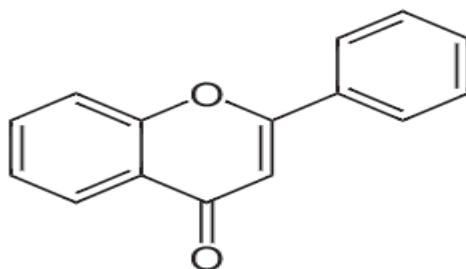


Figure (II.1) : Squelette de base des flavonoïdes [49].

Il existe plusieurs classes de flavonoïdes, dont les principales sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. La structure de base de ces différents flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions, les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. Ces substances existent généralement sous forme de glycosides[50].

II.3.1. Flavonoïdes hétérosides :

La partie osidique peut être mono, di ou trisaccharidique. En général, les hétérosides sont hydrosolubles et solubles dans les alcools, bon nombre d'entre eux ont une hydrosolubilité plutôt faible (rutoside, hespéroside).

II.3.2. Les flavonoïdes aglycones:

Les gènes sont, pour la plupart, solubles dans les solvants organiques apolaires. Les lipophiles des tissus superficiels des feuilles (ou des frondes) sont directement extraits par des solvants moyennement polaires (dichlorométhane) ; il faut ensuite les séparer des cires et des graisses extraites simultanément (on peut certes laver d'abord à l'hexane, mais la sélectivité de ce solvant n'est pas absolue) [36] [51].

II.4. Propriétés physico-chimiques des flavonoïdes :

Les hétérosides de flavonoïdes sont en général solubles dans l'eau et les alcools. Les gènes sont pour la plupart, solubles dans les solvants organiques apolaires. L'extraction par macération est réalisée habituellement à l'aide du méthanol ou éthanol ou de mélanges méthanol-eau ou de éthanol-eau parfois d'acétonitrile-eau [52].

II.5. Classification des flavonoïdes:

La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, de degré d'hydroxylation et de méthylation, de degré de polymérisation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle C. Les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes : anthocyanidines, flavonoles, isoflavonoles, flavones, isoflavones, flavanes, isoflavanes, flavanols, isoflavanols, flavanones, isoflavanones et auronés [53].

II.5.1. Flavanols :

Les flavanols se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C₃ et d'une double liaison en C₂-C₃. Ils peuvent exister soit sous forme d'aglycones, soit sous forme d'hétérosides. Les trois principales structures sont la quercétine, le kaempférol et la rutine. Les sources les plus riches sont les oignons (350-1200 mg/kg de matière fraîche) [54 ; 55], le poireau, le chou et les baies telles que le cassis 5115 mg/kg de matière fraîche) [56]. Le thé contient aussi des flavanols à hauteur de 45 mg/L [57].

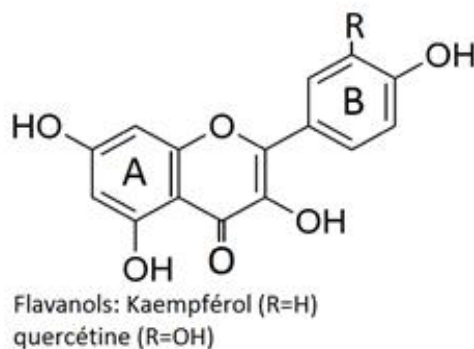
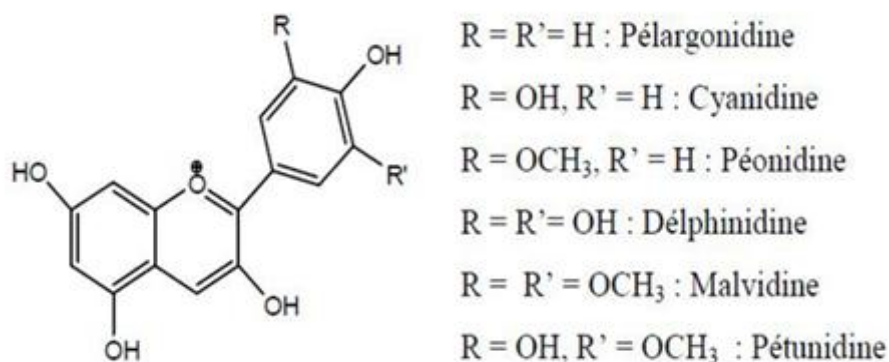


Figure (II.2) : Structure chimiques de flavanols [58].

II.5.2. Anthocyanes:

le terme « anthocyanes » a une valeur générale désignant, soit les formes naturelles glycosylées, soit les molécules non glycosylées. Chez les anthocyanes, en plus de la position 3 qui est toujours glycosylée, il y a aussi préférentiellement la position 5 est glycosylée [59] [60].



Figure(II.3) : Structures chimiques des anthocyanes [61].

II.5.3. Isoflavones:

Les isoflavones sont considérées comme des dérivés des flavones, elles représentent une sous-classe importante et très distinctive des flavonoïdes [62]. Contrairement à la plupart des autres flavonoïdes, les isoflavones sont caractérisées par la présence d'un cycle B fixé à C₃ plutôt que la position C₂ (figure II.4). Ils ont une distribution très limitée dans le règne végétal [63].

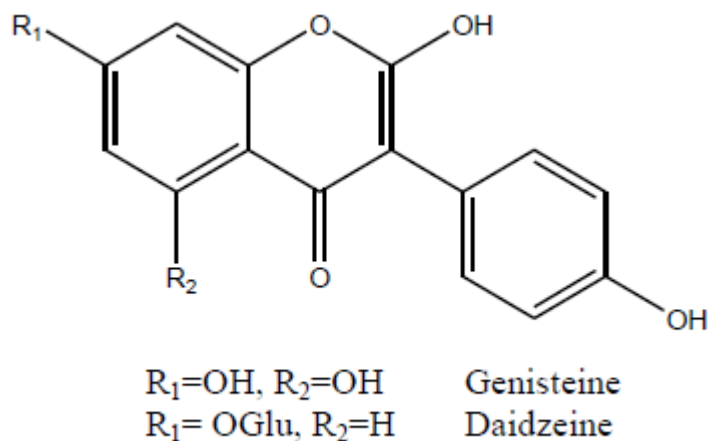
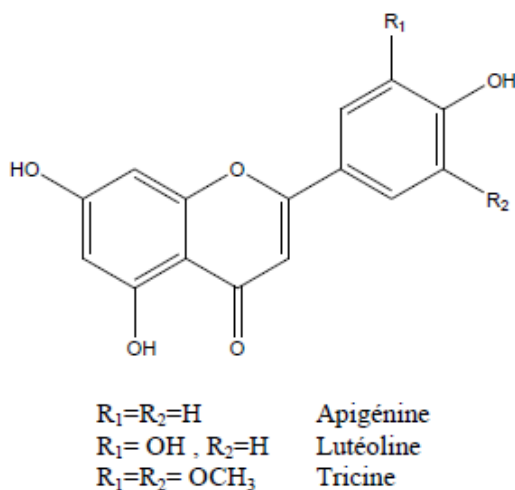


Figure (II.4): Deux exemples des structures chimiques des isoflavones.

II.5.4. Les flavones:

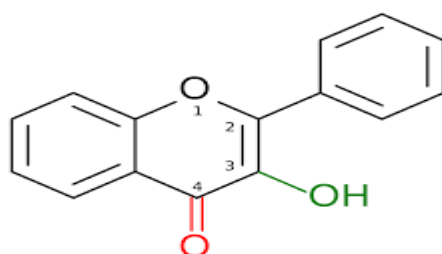
Les flavones sont structurellement très similaires aux flavonols et ne diffèrent que par l'absence d'hydroxylation en position 3 sur le cycle C (**figure II.5**). Elles sont principalement représentées dans l'alimentation par l'apigénine et la lutéoline. Contrairement aux flavonols, elles sont moins répandues dans les fruits et les légumes. Par conséquent, leur apport alimentaire est très faible [63].



Figure(II.5): Des exemples des structures chimiques des flavones.

II.5.5. Flavan-3-ols:

Les flavan-3-ols ou dérivés de catéchine sont la catégorie de flavonoïdes la plus complexe. De plus, les flavan-3-ols peuvent être estérifiés par l'acide gallique ou hydroxylés pour former les gallocatéchines (épicatechine gallate, épigallocatechine, épigallocatechine gallate) [64]. Les catéchines sont présentes dans le chocolat (jusqu'à 132,4 mg/kg de matière fraîche de chocolat noir), le thé (jusqu'à 120 mg du thé noir de Chine) et dans les fruits comme l'abricot [65] [66].



Figure(II.6): Structures chimiques de certains flavan-3-ols [64].

II.5.6. Flavanones :

Les flavanones sont caractérisées par l'absence de la double liaison entre C₂ et C₃ et par la présence d'un centre de chiralité en C₂ [67 ; 68]. Les agrumes constituent la principale source alimentaire de flavanones. Les principaux aglycones sont l'ériodictyol dans le citron, la maringénine dans le pamplemousse et l'hésperétine dans l'orange, un jus d'orange contient Entre 200 et 600 mg d'hésperétine/L [69].

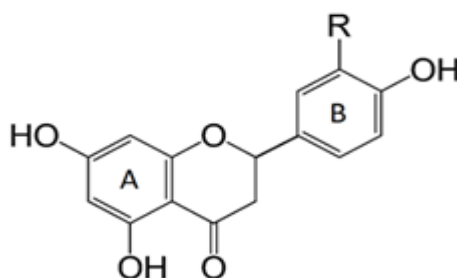


Figure (II.7) : Structure chimique des flavanones [70]

II.6. Tannins :

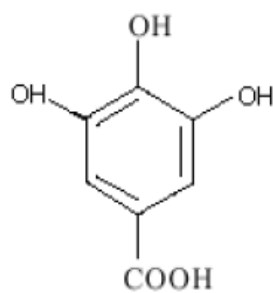
Les tannins sont des composés phénoliques polaires d'origines végétales [71] ; ils existent presque dans chaque partie de la plante (écorce, bois, feuilles, fruits et racines) avec des poids moléculaires très élevés (500-3000 Daltons) [43];[72].

La caractéristique la plus déterminante des tannins est leur capacité à former des complexes (par précipitation) avec les polymères naturels comme les protéines, les polysaccharides (la pectine, la cellulose, l'hémicellulose...), les alcaloïdes, les acides nucléiques et les minéraux [73].

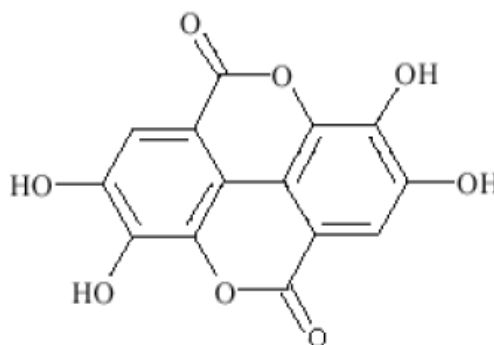
Sur le plan structural, les tannins sont divisés en deux groupes :

II.6.1. Tannins hydrolysables:

Les tannins hydrolysables sont des molécules complexes qui font intervenir des liaisons de type ester. Ils se caractérisent par leur hydrolyse en conditions chimiques ou enzymatiques avec libération d'une fraction glucidique et d'une fraction phénolique dont les éléments constitutifs sont l'acide gallique ou l'acide éllagique (**figure II.8**) [74] [75].



Acide gallique



Acide éllagique

Figure(II.8): Structures des acides galliques et éllagique [76]. .

II.6.2.Tannins condensés :

Ils sont, également, appelés les pro anthocyanidines car les tannins condensés produisent les anthocyanidines quand ils sont chauffés dans des conditions acides. Ce sont des polymères de flavan-3-ols (appelés aussi catéchines) et de flavan-3,4-diols (appelés leucoanthocyanidines), ou un mélange des deux.

Les tannins condensés sont des polymères de très fort poids moléculaires, les plus couramment décrits faisant 5000 Da, mais on en a découvert de plus de 30 000 Da. Plus le poids moléculaire des tannins condensés augmente plus ces derniers deviennent insolubles dans les solutions physiologiques et perdent leur capacité à précipiter les protéines [75] (figure II.9).

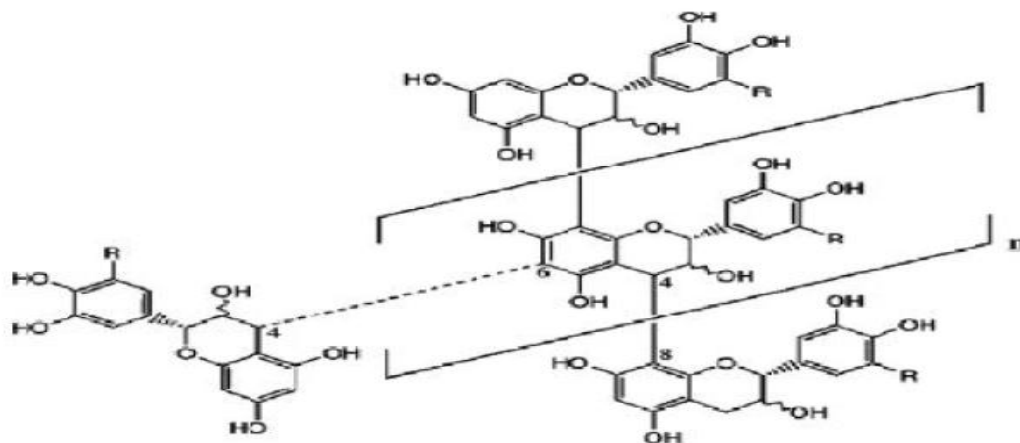


Figure (II.9): Structure chimique de tannin condensé [77].

Les tannins sont les composés phénoliques majeurs des graines de la figue de barbarie et représentent près de 50%. Leur teneur varie entre 137 à 205 mg ECa / 100g MS ; ces valeurs dépendent du type de cultivar et des différents stades de maturités [78].

II.7. Radicaux libres :

II.7.1. Définition :

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se réappairer, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique [79].

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux libres primaires, qui dérivent directement de l'oxygène.

Les autres radicaux libres, dits radicaux libres secondaires (radical peroxyde ROO• et radical alkoxyde RO•), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule [80].

L'ensemble des radicaux libres primaires est souvent appelé "espèces réactives de l'oxygène" (ROS). Cette appellation n'est pas restrictive. Elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit: radical superoxyde O₂•, radical hydroxyl OH•, monoxyde d'azote NO•, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante: l'oxygène singulet, peroxyde d'hydrogène H₂O₂, peroxyde ONOO⁻ [81].

II.7.2. Origine des radicaux libres :

II.7.2.1. Origine endogène :

Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques, la plupart des radicaux libres se forment au cours de métabolisme de l'oxygène (réduction de l'oxygène moléculaire en eau) dans les mitochondries. Le passage d'une molécule d'oxygène à deux molécules d'eau nécessite l'action de quatre électrons selon l'équation :



Cependant, et jusqu'à 5 % des cas, on peut assister à une réduction incomplète de l'oxygène en eau. Cette réduction incomplète aboutit à la production de l'oxygène singulet (¹O₂) mais surtout de l'anion superoxyde (O₂•⁻). La dismutation de O₂•⁻ va donner naissance au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) puis indirectement au radical hydroxyl (•OH) [82] ; [83].

Les radicaux libres peuvent également être produits lors de la défense antibactérienne. Les cellules phagocytaires (macrophages, neutrophiles...) activées pendant la réaction inflammatoire, vont libérer un anion superoxyde O₂•⁻. Ce phénomène est appelé la flambée respiratoire. Les radicaux superoxydes formés peuvent alors subir eux aussi des transformations donnant naissance aux dérivés oxygénés toxiques.

La régulation des fonctions cellulaires létales telle la mort cellulaire programmée (apoptose). fait appelle aussi à la production endogènes des radicaux libre [82] ; [83] .

II.7.2.2. Origine exogène :

L'organisme humain est soumis à l'agression de différents agents extérieurs capables de donner naissance à des espèces oxygénées réactives [84] :

Les rayonnements UV (par l'intermédiaire d'agents photo sensibilisants) et les radiations ionisantes induisent la synthèse de radicaux libres dérivés de l'oxygène tels que $O_2^{\cdot -}$, $OH\cdot$, 1O_2 et de molécules génératrices de radicaux libres.

L'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2), des toxiques présents dans notre environnement (suie, goudron, tabac, polluants industriels) sont également responsables de la synthèse de radicaux libres. Ils sont à l'origine d'une auto-oxydation des acides gras poly-insaturés (AGPI) des alvéoles pulmonaires [84].

Il a aussi été montré que l'ingestion d'alcool pouvait être à l'origine de la production de radicaux libres. Ils sont produits au cours de l'oxydation de l'acétaldéhyde. Mais aussi certains médicaments anti-cancéreux antibiotiques [84]; [85]. L'infection au VIH a pour effet d'accroître la production de radicaux libres.

D'autres facteurs sont également capables de générer des radicaux libres dans l'organisme, en citant, les rayonnements UV, les particules inhalées (amiante, silice) l'ingestion d'alcool, des anticancéreux [84].

II.7.3. Nature des radicaux libres :

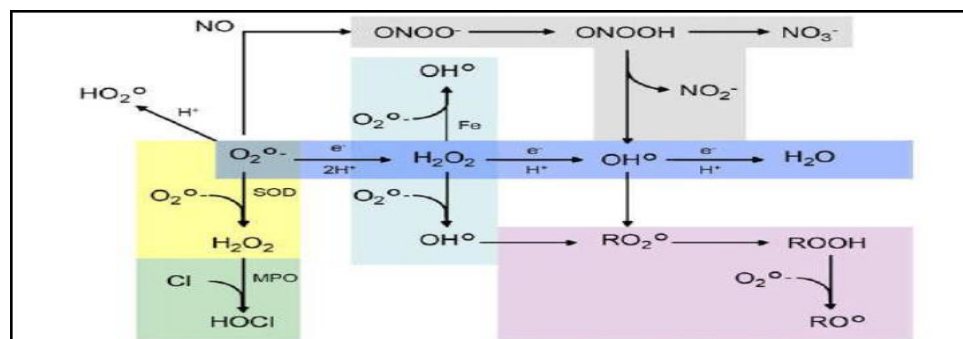
Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule [84].

Du point de vue de la terminologie, il est souvent fait mention d'espèces réactives de l'oxygène. Ces espèces incluent non seulement des radicaux libres dérivés de l'oxygène : anionsuperoxyde ($O_2^{\cdot -}$), radical hydroxyle ($\cdot OH$), radical hydroperoxyde ($HO_2\cdot$), radical peroxyde ($RO_2\cdot$), radical alcoxyde ($RO\cdot$), mais d'autres espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène : peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), acide hypochloreux (HOCl), Ozone (O_3), Oxygène singulet (1O_2), [86] peroxydinitrite ($ONOO^-$), qui ne sont pas réactives mais peuvent être des précurseurs de radicaux [84].

Par ailleurs, tous les radicaux libres ne sont pas des dérivés de l'oxygène, par exemple le monoxyde d'azote ($\cdot NO$) est un radical libre dérivé de l'azote (Bonfont-rousselot et al., 2003). mais d'autres espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène : peroxyde d'hydrogène

(H_2O_2), acide hypochloreux (HOCl), Ozone (O_3), Oxygène singlet ($^1\text{O}_2$), peroxydinitrite (ONOO^-) [86]. qui ne sont pas réactives mais peuvent être des précurseurs de radicaux [84].

Il ne faut pas penser que tous les radicaux d'oxygène sont extrêmement réactifs, cette réactivité étant très variable selon la nature du radical. Ainsi parmi les radicaux formés chez les êtres vivants, l'anion radicalaire superoxyde comme le monoxyde d'azote ne sont pas très réactifs, mais constituent des précurseurs d'autres espèces plus réactives [84]; [87].



Figure(II.10) : Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical super oxyde [88].

II.7.4. Rôle des radicaux libres :

II.7.4.1. Rôle des radicaux libres chez l'homme :

De nombreux ligands extracellulaires sont capables d'induire la production cellulaire d'ERO, après interaction avec leur récepteur spécifique.

Ces ERO contribuent donc à la transduction du signal, mais assurent également l'amplification de ce signal. Par exemple, cela va se traduire par l'activation de la NAD(P)H oxydase qui formera l'anion super oxyde, et contribuera à l'activation de phosphorylases, dont les cibles sont des protéines.

En résumé, les mécanismes d'action principaux des ERO sont alors de déclencher ou d'amplifier un signal intracellulaire par deux mécanismes principaux (par modification de l'équilibre redox intracellulaire et par modification oxydative des protéines). Les ERO sont également à l'origine de l'action bactéricide par les leucocytes [89].

II.7.4.2. Rôle des radicaux libres chez les plantes :

Les ERO sont continuellement produites chez les plantes selon le métabolisme aérobie. En fonction de leur nature, certaines, très toxiques, sont rapidement détoxifiées par divers mécanismes enzymatiques et non-enzymatiques.

Alors que les végétaux génèrent pléthore de processus pour combattre la croissance des ERO produites dans les conditions de stress abiotique (chocs thermiques, irradiation excessive, couche d'ozone, sécheresse, salinité...), dans d'autres circonstances, ils peuvent tout aussi engendrer délibérément des ERO au titre de molécules signal afin de contrôler de nombreux phénomènes comme la défense contre des pathogènes (stress biotique), la mort cellulaire programmée (apoptose) et le comportement stomatique[90]; [91].

II.8. Antioxydante et activité antioxydants :

II.8.1. Définition des antioxydants :

Les antioxydants sont des composés chimiques capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit.

En outre, l'antioxydant alimentaire idéal, doit être soluble dans les graisses, efficace à faible dose, et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni d'odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus technologiques, et stable dans le produit fin [92].

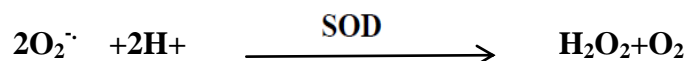
Les épices en générale, sont très riches en métabolites antioxydants, une vaste revue scientifique a classé la cannelle moulue au quatrième rang parmi les 50 aliments renfermant le plus d'antioxydants [93].

II.8.2. Les systèmes antioxydants :

L'organisme a développé des systèmes de défense très efficaces contre la production des EOA. Les molécules contrôlant cette production sont appelés les antioxydants que désignent « toutes substances qui, présentes à faible concentration par rapport à celle du substrat oxydable, retardent ou inhibent significativement l'oxydation de ce substrat » [94]. Les antioxydants non nutritionnels comprennent des produits naturels extraits de plantes, utilisés tels quels ou après modifications chimiques, des produits extraits d'animaux terrestres ou marins (enzymes ou protéines antioxydantes), des produits de synthèse imitant les enzymes, chélatant le fer ou piégeant les radicaux [84].

II.8.2.1. Systèmes de défense enzymatique :

❖ La superoxyde dismutase (SOD) :

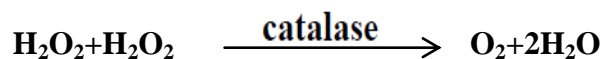


Les superoxyde dismutases (SOD) sont des métalloprotéines, qui représentent une des premières lignes de défense contre le stress oxydant, assurent l'élimination de l'anion superoxyde $\text{O}_2^{\cdot-}$ par une réaction de dismutation, en le transformant en peroxyde d'hydrogène et en oxygène [95] ; [96]. Chez l'homme, on décrit 3 isoenzymes : la Cu/Zn-SOD₁ cytosolique, la Mn-SOD₂ mitochondriale et la Cu/Zn-SOD₃, qui diffèrent par la localisation chromosomique du gène, leur contenu métallique, leur structure quaternaire et leur localisation cellulaire [97]. La SOD3 est sécrétée par les cellules musculaires lisses et constitue le système antioxydant majeur de la paroi artérielle : son expression et sa sécrétion sont augmentées par les facteurs vasoactifs (histamine, endothéline 1, angiotensine II) et diminuées par l'homocystéine [98]; [84]; [99]. Le rôle des SOD et des peroxydases est complémentaire car une bonne protection ne peut être obtenue par les superoxydes dismutases seules [84].

❖ Les glutathions peroxydases (GPxs) :

La GPX est une enzyme séléno-dépendante, dont il existe plusieurs isoformes, réparties différemment dans la cellule, qui jouent un rôle très important dans la détoxification du peroxyde d'hydrogène, mais aussi d'autres hydroperoxydes résultants de l'oxydation du cholestérol ou des acides gras en couplant la réduction de ces dérivés réactifs avec l'oxydation de substrats réducteurs comme le glutathion (GSH) [100]; [101]. Elle catalyse la réaction de transformation des H_2O_2 . Cette réaction met en jeu une molécule antioxydante non enzymatique, le glutathion, sous sa forme réduite GSH. En réalité, 2 molécules de GSH sont nécessaires pour donner la forme oxydée du glutathion à savoir le glutathion disulfide (GSSG). La glutathion réductase (GR) a pour rôle de régénérer le GSH à partir du GSSG grâce au NADPH qui est utilisé comme donneur d'électrons [102]. La GR est chargée de réduire le glutathion qui a été oxydé par les nombreux processus cellulaires. Elle utilise l'oxydation du NADPH en NADP^+ pour réduire le GSSG.

❖ **La catalase :**



C'est un enzyme héminique joue un rôle important dans les voies de défense antioxydants, elles réduisent le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 en libérant de l'oxygène et de l'eau [103]. Elles sont localisées surtout dans les peroxysomes, formées de quatre sous unités. Chaque sous unité comporte un groupement ferriprotoporphyrine dans son site actif avec un atome de fer à l'état Fe^{3+} [104].

Il existe de nombreuses autres enzymes antioxydantes comme les peroxyredoxines, l'hème-oxygénase, la glutathion transférase, les thiorédoxines réductases ou les thiorédoxines peroxydases [84].

II.8.2.2. les systèmes non enzymatiques :

II.8.2.2-1. Les antioxydants naturels :

Parmi les antioxydants naturels on trouve la Vitamine E, Vitamine C, le β -carotène, coenzyme Q_{10} , et les composés phénoliques exemple les flavonoïdes.....

❖ **Le vitamine E :**

Le terme générique de vitamine E désigne en fait la famille constituée des tocophérols, la forme la plus active étant l'alpha-tocophérol. Cette vitamine est décrit comme étant le principal antioxydant liposoluble dans le plasma et les érythrocytes chez l'homme. Elle empêche ou réduit l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL). Cette oxydation des LDL est associée à l'apparition de l'athérosclérose et donc aux maladies cardiovasculaires [89] et elle est capable, d'une part, de piéger chimiquement l'oxygène (O_2) en s'oxydant en quinone. D'autre part, de réagir avec le radical hydroxyle ($\cdot\text{OH}$), mais son principale rôle biologique est de prévenir la peroxydation des lipides membranaires in vivo en capturant les radicaux peroxydes ($\text{ROO}\cdot$) [105].

Elle est présente dans les huiles végétales (huiles d'arachide, de soja, de chardon, de tournesol et d'olive pressées à froid) ainsi que dans les noix, les amandes, les graines, le lait, les oeufs, et les légumes à feuilles vertes [106].

❖ **Le vitamine C :**

L'acide ascorbique ou la vitamine C est un antioxydant dans les fluide extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des anions superoxydes, du peroxyde d'hydrogène, des radicaux

hydroxyles et peroxydes, et de l'oxygène. Il est présent dans les légumes, le chou, le poivron, les agrumes. Elle joue un rôle important dans la régénération de la vitamine E [106].

❖ **β-carotène :**

Le β-carotène est un type de caroténoïdes et précurseur de la vitamine A. Leur rôle protecteur dans les systèmes biologiques implique la désactivation des EOA telle que $ROO\cdot$, qui peuvent faire des dommages oxydatifs [107]. Il est présent dans les légumes verts, la salade, les carottes, l'abricot, le melon, les épinards... [108].

❖ **Le coenzyme Q₁₀ :**

Le coenzyme Q₁₀ forme prédominante d'ubiquinone chez l'homme et l'animal, peut agir comme un antioxydant liposoluble, en complément de son rôle dans le métabolisme énergétique. Sa fonction serait de stimuler un recyclage efficace de la vitamine E, plutôt que d'agir directement sur les radicaux libres [109].

❖ **Les polyphénols :**

Ils constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. L'alimentation fournit environ 1g de polyphénols par jour principalement par l'apport en fruits et, dans une moindre mesure, en légumes et en céréales. Ils sont présents sous forme d'anthocyanine dans les fruits rouges et le vin rouge, sous forme de flavonoïdes dans les agrumes, l'huile de lin et sous forme d'épicatéchine dans le vin, le thé, le chocolat, les pommes, les oignons et les algues brunes. Globalement, ce sont d'excellents piègeurs des EOA et de très bons chélateurs des métaux de transition comme le fer et le cuivre [98].

II.8.2.2.2. Les antioxydants synthétiques:

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tel 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 [110]. Cependant, il a été montré que ces antioxydants de synthèse pouvaient être toxiques [111]. En effet, le BHA convertirait certains produits ingérés en substances toxiques ou carcinogènes en augmentant la sécrétion des enzymes microsomaux du foie et des organes extra-hépatiques [112].

❖ Le Butylhydroxyanisole (BHA) :

C'est un produit qui n'existe pas dans la nature mais on le synthétise avec la méthode de butylation du paraméthoxyphénol.

BHA ayant deux formules (**figure II.11**), parmi les importants caractéristiques de ces produits est la possibilité de résister même à la chaleur, par exemple le cas des fritures, c'est pour cette cause, certains pays permettent son ajout avec une concentration ne dépassant pas 200 ppm [113].

❖ Le Butylhydroxytoluène (BHT) :

Ce produit n'existe pas dans la nature, on le fabrique pour ses utilisations dans les produits pétroliers comme l'élastique et aussi son utilisation dans les produits alimentaires. BHT est un produit net de couleur blanche (**figure II.11**), il est sous forme d'une matière cristallisée qui n'a pas d'odeur, il ne se dissout pas dans l'eau, il se dissout dans d'autres solvants organiques [114].

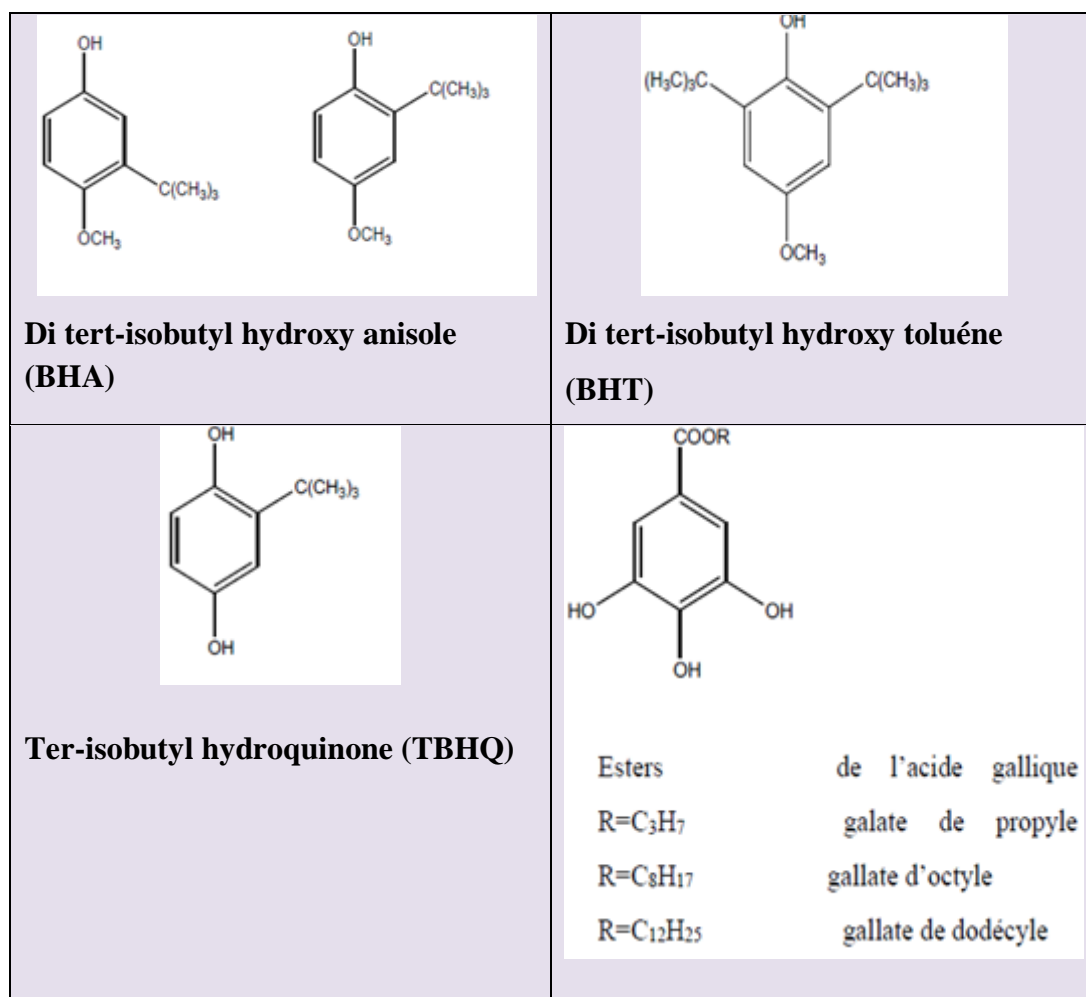


Figure (II.11): Quelques antioxydants de synthèse.

II.8.2.2.3. Les oligo-éléments :

❖ Le sélénium :

Le sélénium n'est pas un antioxydant en tant que tel, car il ne peut piéger les radicaux libres, mais il joue un rôle primordial comme cofacteur de la GPx [115]; [116]. Dans l'alimentation, on retrouvera essentiellement du sélénium organique, lié à un acide aminé, la cystéine. Le sélénium organique est mieux absorbé, il subit une métabolisation hépatique qui conduit à des intermédiaires nécessaires à la synthèse de dérivés physiologiquement actifs comme la GPx. La dose journalière recommandée est de 50-70 µg/jour. Les aliments riches en sélénium sont, notamment, les noix de Brésil, l'ail, viande...[98].

L'activité antioxydante maintient l'intégrité membranaire et réduit la probabilité de propagation de lésions oxydatives à des biomolécules telles que les lipides, les lipoprotéines et l'acide désoxyribonucléique (ADN). Les sélénoprotéines assurent, en synergie avec d'autres molécules de nature enzymatique (superoxyde dismutase, catalase) ou non (vitamine E, C, caroténoïdes, groupes thiols, poly phénols, coenzyme Q₁₀) l'équilibre intra- et extracellulaire de la balance pro et antioxydants [117]; [118].

❖ le zinc :

Le zinc est un oligo-élément indispensable à la vie de tous les organismes vivants, y compris l'homme [119]. Le zinc est l'élément de trace le plus répandu dans l'organisme après le fer. On le trouve dans les produits de la mer, les viandes et le jaune d'œuf. L'organisme adulte en contient 2 à 3 g en moyenne et n'est pas stocké par l'organisme. La majorité du zinc est concentrée dans le squelette, la peau, le cheveu, la prostate et l'œil [120]. Les besoins quotidiens en zinc varient de 4 à 20 mg selon l'âge et le sexe [121].

Le zinc est présent dans toutes les cellules et est essentiel pour le fonctionnement normal des tissus et organes du corps [122]. Il entre dans la composition de nombreuses enzymes et joue un rôle dans la synthèse des protéines. Le zinc stimule les défenses immunitaires ainsi que le renouvellement cellulaire. Le zinc intervient dans l'activité des enzymes, dans l'expression des gènes, dans la stabilisation des structures nucléiques, protéiques et hormonales.

❖ le cuivre :

A concentration physiologique, le cuivre est le cofacteur d'enzymes comme la SOD, la cytochrome C oxydase, la dopamine β-hydroxylase. Cependant, en tant que métal de

transition, il joue un rôle important dans le déclenchement de réactions de production d'EOA (réactions de Fenton) et peut – lorsque sa concentration est élevée devenir pro-oxydant. Les apports journaliers recommandés sont de l'ordre de 2,5 mg. Il est présent dans le son, l'avoine, le seigle, le foie de veau, ... [98].

Chapitre III

Matériel et Méthodes

III.1. Matériels :

III.1.1. Matériels et Méthodes :

Le tableau (III.1) suivant représente appareillage utilisé dans ce travail.

Tableau (III.1) : Appareillage.

Appareillage
✓ Spectrophotomètre (UV-1800 SHIMADZU)
✓ Evaporateur rotatif (Rotavapor BUCHI Heating bath R-210)
✓ Etuve (Mommert, Beschickung-Loadig Modell 100-800)
✓ Balance analytique (Shanghai Sunrise Instrument précision 0.001g)
✓ Verrerie : béchers, pipettes, ballons, éprouvettes graduées, tubes à essais, pipète et micro pipète.

III.1.2.les logiciels

- ❖ Logiciel OriginPro 8, pour dessiner les voltamogrammes, aussi que pour l'élaboration des courbes d'étalonnages et facteur de corrélations.
- ❖ Logiciel Microsoft office Excel 2007, pour le calcul des concentrations à partir des courbes d'étalonnage et pour la présentation des résultats.

III.1.3.Réactif chimique :

Le tableau (III.2) suivant représente les produits chimiques et les réactifs utilisé dans ce travail.

Tableau (III.2): les produits chimiques et les réactifs.

Produits	Propriétés
Carbonate de sodium (Na₂CO₃)	M=105.99 g/mol, 96% Production par BIOCHEM Chemopharma.
DPPH	M = 394.3g/mol Production par ALFA AESAR.
Réactif Folin Ciocalteu	d = 127 Production par SIGMA-ALDRICH.

(3H₂O,P₂O₅,13WO₃,5MoO₃,10H₂O)	
méthanol (CH₃-OH)	M=32.04 g/mol, 99% Production par Watania Scientific Products W.S.P.
Ethanol (CH₃-CH₂-OH)	M=46.07 g/mol, 96% Production par Watania Scientific Products W.S.P.
Trichlorure d'aluminium (AlCl₃ .6H₂O)	M=241.43 g/mol Production par BIOCHEM Chemopharma.
Acide gallique (C₇H₆O₅)	M=170.12 g/mol, 99% Production par PROLABO.
Acide chlorhydrique (HCl)	M =36.5g/mol Production par (BIOCHEM Chemopharma).
Eau distillée.(H₂O)	M=18g/mol Production par Watania Scientific Products W.S.P.
Quercitaine dihydraté (C₁₅H₁₀O₇)	M= 182 g/mol 97%(Production par (ALFA AESAR)

III.2. Matière végétale :

Les variétés des cactus à étudier ont été collectées en période de Janvier 2019 des différentes régions du à la wilaya d'El-Oued. Notre travail a porté sur l'étude de :

- ✓ Procéder d'extraction brute des composés à partir des *Opuntia ficus- indica* L et *Aloe vera* de notre plante cactus.
- ✓ L'utilisation pour confirmer la spectrophotométrie UV présence des composés phénoliques.
- ✓ Dosage des composés phénoliques.
- ✓ Evaluation de l'activité antioxydant.

III.3.Méthodologie :

III.3.1. Préparation des extraits :

La récolte de la plante est effectuée le 05/03/2019 dans la zone du waziten commune d'El Oued, à 10H30. La plante étudiée est divisée en deux échantillons, la plante *Opuntia ficus- indica* L et la plante *Aloe vera*. Puis, les deux échantillons sont soumis à un lavage par l'eau distillé pour éliminer le sable et les sels. On laisse les échantillons séchés à la température ambiante à l'air libre. **Figure (III.1, III.2)**



Figure (III.1) : Photo d'*Opuntia ficus- indica* L



Figure (III.2) :Photo d'*Aloe vera*

Après lavage, on a calculé les poids de deux échantillons, pour *Opuntia ficus- indica* L est égale à 95.31 grammes, Les *Aloe vera*. sont égales à 72.55 grammes. Le séchage des échantillons sont effectuées à l'aide d'une étuve à 50°C. On mesure chaque fois la masse de chaque échantillon pour contrôler la cinétique de séchage. **Figure (III.3, III.4, III.5)**



Figure (III.3): Les deux échantillons après le séchage .



Figure(III.4): Appareil d'une étuve.



Figure(III.5): Séchage Les deux échantillons d'une étuve.

Dans le cinquième jour et après le séchage en mesure la masse de deux échantillons étudiés. Pour les *Opuntia ficus- indica L* est égale à 28.01grammes, pour les *Aloe vera* est égale à 24.01 grammes.

III.3.2. Protocole utilisé pour l'extraction des composés phénoliques :

En fin on broyé les deux échantillons, On prend 28.01 gramme pour les *Opuntia ficus- indica L* et on ajoute 84 ml d'éthanol c'est à dire trois fois la masse des *Opuntia ficus- indica L*. On prend 24.01 grammes pour les *Aloe vera* et on ajoute 72 ml d'éthanol.

On laisse les deux échantillons dans l'éthanol 48 heures avec l'agitation. **Figure (III.6, III.7)**



Figure (III.6) : D'extraction d'échantillon *Aloe vera*.



Figure (III.7): D'extraction d'échantillon *Opuntia ficus- indica L*.

Après on passe à l'étape de filtration, cet appareil est basé sur la pression et on utilise une pompe à vide pour séparer les extraits et la matière solide. Après, on utilise le rota vapeur pour récupérer l'extrait solide de chaque échantillon. **Figure (III.8)**

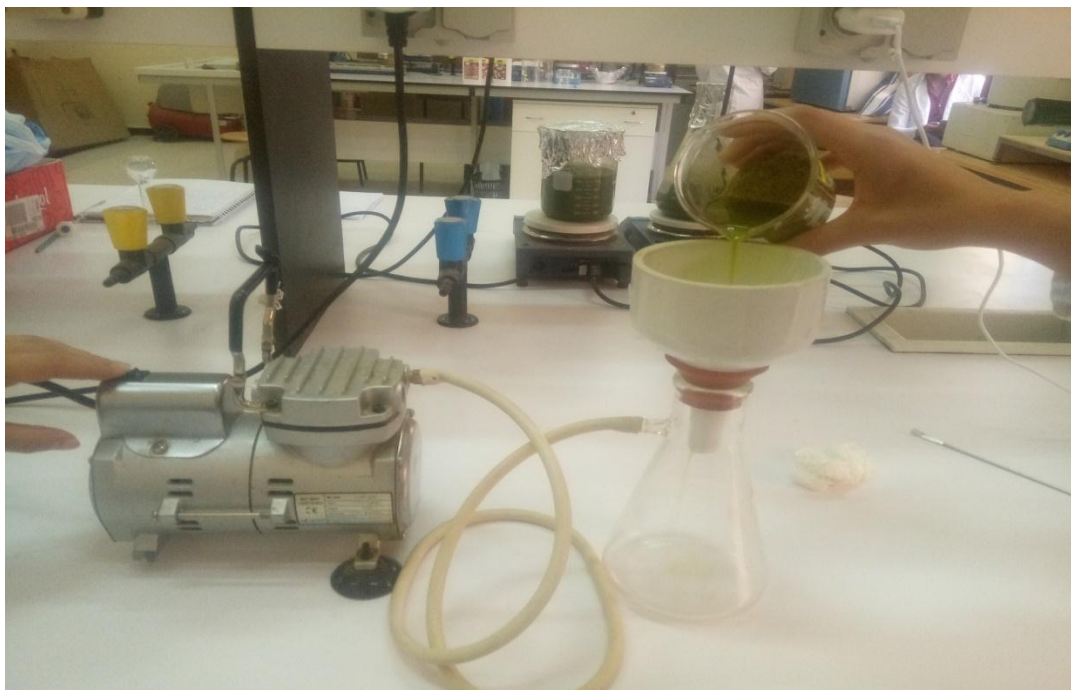


Figure (III.8): Appareil utilisé à l'étape de filtration.

On mesure les masses des extraits récupérés de deux échantillons et on résume les résultats dans le **tableau (III.3)** suivant:

Tableau (III.3) : Masse des extraits des deux échantillons de Cactus.

Extrait	La masse de l'extrait
<i>Opuntia ficus- indica L.</i>	0.3497 grammes
<i>Aloe vera</i>	0.2276 grammes



Figure (III.9): Appareil Rotavapeur utilisé dans notre étude.

III.3.3. Techniques d'identification par la spectrophotométrie UV :

✓ Définition :

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. Plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalités énoncées par la loi de Beer-Lambert.



Figure (III.10): Spectrophotomètre UV-visible.

✓ Principe :

Le principe repose sur l'absorption de la lumière par les espèces chimiques, l'appareil comporte une source de lumière blanche, un système dispersif permettant de sélectionner la longueur d'onde de la radiation et un système détecteur permettant la mesure de l'intensité

lumineuse de la radiation monochromatique traversant la solution. Le spectrophotomètre effectue une comparaison entre les intensités lumineuses incidentes et transmises et permet par l'intermédiaire d'un circuit électronique d'afficher l'absorbance

$$A = \epsilon \cdot L \cdot C \dots \dots \dots (\text{III.10})$$

Où :

ϵ : Coefficient d'extinction de la substance (l/g cm).

L: Longueur de la cuve « cellule ».

C: Concentration de la solution visée.

Pour valider la loi de Beer-Lambert il faut travailler en lumière monochromatique, les solutions utilisées doivent être diluées, homogènes, et le soluté ne doit pas donner de réactions sous l'effet de la lumière incidente. [123].

III.3.4. Analyse Quantitative Des composés phénoliques :

III.3.4.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) :

Le dosage des polyphénols totaux dans les différents extraits est réalisé par la méthode de Singleton et Ross en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu [124].

- **Principe :**

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolibdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), il est réduit par les phénols en un mélange d'oxyde bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). Cette coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle aux taux de composés phénoliques présents dans le milieu donne un maximum d'absorption à 760 nm [125].

- **Mode opératoire :**

Mettre 0,2 ml de chaque extrait dans des tubes à essais ; ajouter 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois dans l'eau distillée; puis laisser agir 5 min avant d'ajouter 0,8 ml de carbonate de sodium à 7.5%. Après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, lire les absorbances à partir du spectrophotomètre UV-visible à 760 nm.

On effectue la même opération pour l'acide gallique à différentes concentrations. Le blanc est représenté par le solvant utilisé additionné du Folin-Ciocalteu et de carbonate de sodium.

Toutes les mesures sont répétées 3 fois.

Les concentrations des polyphénols totaux contenus dans les extraits sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent en acide gallique/ g Extrait.

III.3.4.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FVT) :

La méthode utilisée pour l'estimation des taux de flavonoïdes est celle décrite par Ordonez [126].

- **Principe :**

La coloration jaunâtre donnée dans cette méthode est due à la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes [127].

- **Mode opératoire**

Mettre 1 ml d'extrait dans un tube à essai ; Ajouter 1 ml de solution éthanolique de chlorure d'aluminium à 2 % ; laisser incuber 1h à température ambiante et à l'abri de la lumière. Lire les absorbances à partir du spectrophotomètre UV-visible à 430 nm.

Toujours toutes les mesures sont répétées 3 fois.

On effectue la même opération pour la quercétine à différentes concentrations en introduisant 1 ml de ces dernières dans une série de tubes et ajout de 1 ml d' AlCl_3 à 2%.

Le blanc est représenté par le solvant utilisé additionné à l' AlCl_3 à 2%.

Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard.

III.3.4.3. Dosage Des Flavanols :

- **Principe :**

La méthode utilisée pour l'estimation de taux de flavanols est celle décrite par Kumaran et Karunakaran [128]; [129].

- **Mode opératoire :**

Poser 0.1 ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 0.1 ml de chlorure d'aluminium à 2% (dissout dans l'éthanol). ajouter 1.5 ml d'acétate de sodium à 50g/l, Le mélange est agité au vortex et gardé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min lire les absorbances à partir du spectrophotomètre à 355 nm.

Toutes les mesures sont répétées 3 fois.

Le blanc est préparé dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait par l'éthanol seul.

Une courbe d'étalonnage est établie avec des concentrations précises de Quercitane (5-10-12.5-15-20-25 $\mu\text{g}/\text{ml}$). La quantité de polyphénols totaux est exprimée en microgrammes d'équivalents de Quercitane par milligramme de résidu éthanolique sec (μg d'EQ/mg de résidu sec).

III.3.4.4. Evaluation de l'activité antioxydante :

L'activité antioxydant des extraits *Opuntia ficus-indica L* et *Aloevera* du traduit leur aptitude à piéger les radicaux libres de l'organisme. Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydant des extraits: ce sont capacité antioxydante totale (CAT), le piégeage du radical libre DPPH.

III.3.4.4.1. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) :

Le DPPH* (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 515nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH* est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 515 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (**figure III .10**) [130].

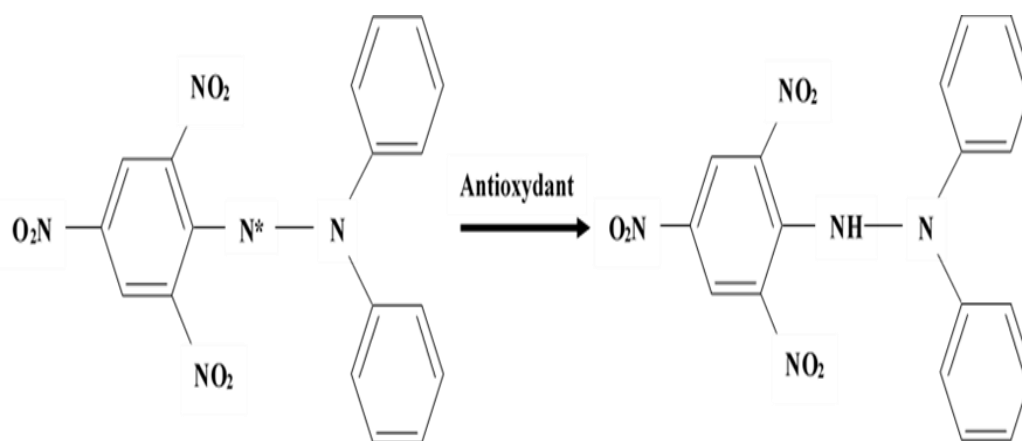


Figure (III.11): Réduction du radical libre DPPH [131].

- **Mode opératoire :**

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par Brand-Williams, Cuvelier et Berset [132].

Une solution méthanolique de 0,1 mM de DPPH est mélangée avec différentes concentrations des extraits, mettre 1 ml de chaque dilution de ces extraits dans un tube à essai, ajouter 2 ml solution méthanolique de DPPH, puis laisser incuber 15 min à l'abri de la lumière à température ambiante. Lire l'absorbance à 515 nm contre un blanc qui contient de méthanol pur. Le contrôle est la solution DPPH avec le solvant [133].

L'activité antioxydante d'un extrait est caractérisée par la valeur d'IC₅₀ (concentration permettant d'obtenir 50% d'inhibition) : une faible valeur de l'IC₅₀ correspond à une forte activité antioxydant. Cette valeur est calculée à partir d'une droite de régression établie à l'aide des pourcentages d'inhibition enregistrés en fonction de la concentration de l'extrait [134].

$$I \% = [(A_0 - A) / A_0] \times 100$$

I (%) : pouvoir d'inhibition en %.

A₀ : absorbance de la solution de DPPH en absence de l'extrait.

A : absorbance de la solution de DPPH en présence de l'extrait.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV- Résultats et discussions :

IV.1 Rendement d'extraction des composés phénoliques :

Les rendements des extractions des composés phénoliques sont calculés suivant la formule ci-dessous:

$$R(\%) = \frac{M_{ext}}{M_{éch}} \times 100 \dots \dots \dots (IV.1)$$

Où:

R: Rendement en %.

M_{ext} : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg.

M_{éch} : Masse sèche de l'échantillon végétal en mg [95].

Les rendements qui ont été déterminés par rapport à 24,44 g du matériel végétale *Aloe vera* et 28,22 g d'*Opuntia ficus- indica L* sont exprimés en pourcentage. Les résultats obtenus sont illustrés dans le **tableau (IV.1)**.

Tableau (IV.1): rendements des extractions.

Extrait	Rendement (%)
OP	1,2481%
AL	0,9482%

Les résultats obtenus pour les extraits bruts, montrent que le rendement le convergent est celui de l'extrait *Opuntia ficus- indica L* (1,2481%) suivi des *Aloe vera* (0,9482%).

IV.2. Evaluation des concentrations équivalentes:

L'étude quantitative des extraits bruts des échantillons de deux états des différents cactus au moyen de dosages spectrophotométriques avait pour objectif la détermination de la teneur en polyphénols.

La quantité des polyphénols correspondante a été rapportée en milligramme par un gramme de la matière végétale équivalent en solution standard. L'équation obtenue d'après la courbe linéaire de solution standard est :

$$y = ax \pm b \dots \dots \dots (IV.2)$$

Où :

y: représente la valeur d'absorbance.

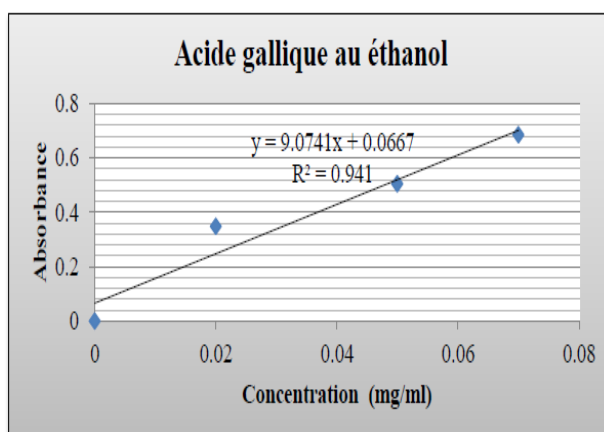
x: représente la valeur de la concentration du standard en mg. ml-1.

En remplaçant à chaque fois la valeur d'absorbance dans l'équation précédente, on trouve la valeur de la concentration équivalente de solution standard C_{éq} en mg/g.

IV.3. Résultats et discussions des PPT, FVT et FLT :

IV.3.1. Quantification des polyphénols totaux (PPT) :

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (mg GAE/g), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique. (**Figure IV. 1**).



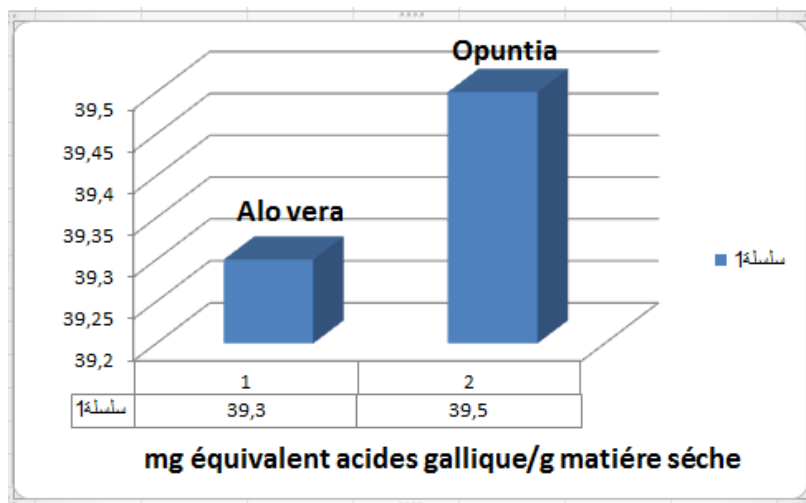
Figure(IV.1) : Courbe d'étalonnage de l'acide Gallique (polyphénol).

Pour la quantification des polyphénol dans notre extrais de cactus on utilise la même mode opératoire illustré dans paragraphe (**III.3.4.1**) mais on remplace l'acide gallique par notre extrait a différents concentration.

Les résultats obtenus ont permis de donner des estimations sur les quantités des polyphénols contenues dans les échantillons cactus et le **tableau (IV.2)** rassemble les taux en polyphénols totaux dans les différents extraits étudiés.

Tableau (IV.2) : Taux en polyphénols totaux des différents extraits

Solvant	Extrait	Concentration (mg/ml)	L'absorption (nm)	C _{éq} (mg/g)
Ethanol	AL	1(mg/ml)	0,423	39,3
	OP	1(mg/ml)	0,425	39,5

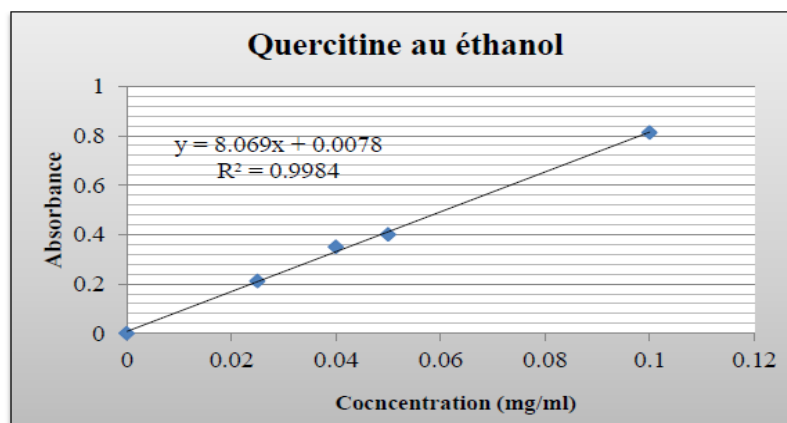
**Figure (VI.2):** Teneurs des polyphénols totaux des extraits.

D'après ces résultats, nous avons remarqué une variabilité des teneurs en phénols totaux. La teneur la plus élevée est enregistré dans l'extrait de *Opuntia ficus- indica L*, elle est de l'ordre de 39,5 mg EAG/g extrait par rapport l'extrait de la plante *Alo vera* avec une teneur 39,3 mg EAG/g extrait.

D'après les résultats, il est clair que la teneur en polyphénols dans les échantillons *Opuntia ficus- indica L* est Convergent par rapport à les échantillons *Alo vera*.

IV.3.2. Quantification de flavonoïde total (FVT) :

Comme nous avons l'indiqué dans le paragraphe (III.3.4.2) pour la détermination de la teneur en flavonoïde total, une droite d'étalonnage (**figure IV.2**) à été tracée pour cette objectif qui est réalisé avec des solutions d'étalons à des concentrations différentes.



Figure(IV. 3) : Courbe d'étalonnage de Quercitine (flavonoïde).

La quantité des flavonoïdes : C'est un rapport en milligramme par un gramme de la extrait équivalent en Quercitine.

Le **tableau(IV.3)** rassemble les taux en flavonoïdes totaux dans les différents extraits étudiés.

On répète le même étapes des traitements solution standard de quercitine avec différentes extraits des Cactus.

Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de la quercitine par gramme de l'extrait (mg EC/g).

Tableau (IV.3) : Teneur en flavonoïde totaux des différents extraits.

Solvant	Extrait	Concentration (mg/ml)	L'absorption (nm)	C _{éq} (mg/g)
Ethanol	AL	1mg/ml	0,794	97,4
	OP	1mg/ml	0,218	26,1

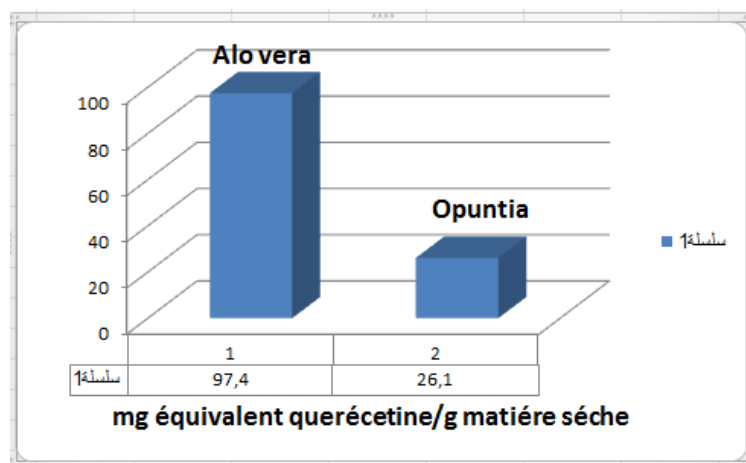


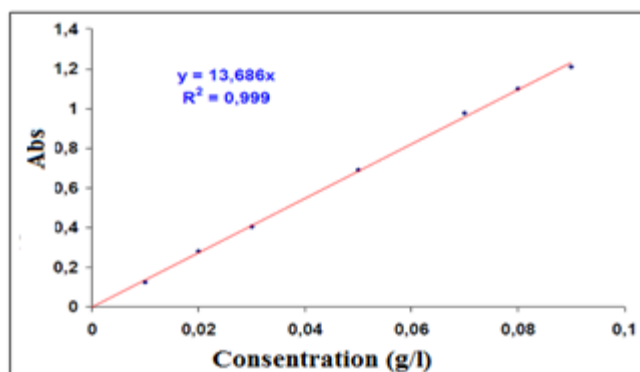
Figure (IV.4): Teneurs des flavonoïdes totaux des extraits.

D'après ces résultats, nous avons remarqué une variabilité des teneurs en phénols totaux. La teneur la plus élevée est enregistré dans l'extrait de *Alo vera*, elle est de l'ordre de 97,4 mg EAG/g extrait par rapport l'extrait de la plante *Opuntia ficus-indica L* avec une teneur 26,1 mg EAG/g extrait.

Dans cette composition nous trouvons que l'extrait de la plante *L'Alo vera* plus riche en flavonoïdes, par rapport l'extrait de *L' Opuntia ficus-indica L*.

IV.3.3. Quantification des flavanols totaux :

Le dosage des flavanole totaux dans les différents extraits de cactus se fait d'après une droite d'étalonnage (**Figure. IV.3**) qui est réalisée avec des solutions d'étalons de rutine a des différents concentrations paragraphe (III.3.4.3).



Figure(IV.5) : Courbe d'étalonnage de Rutine (flavanols).

On prépare des échantillons extraits des cactus par même méthode de préparation de solution standard de Rutine pour déduire la quantité des flavanols totaux d'après la courbe d'étalonnage.

Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de la Rutine par gramme de l'extrait (mg /g).

La quantité des flavanols : c'est le rapport en milligramme par un gramme de l'extrait équivalent en Quercitine.

Tableau(IV.4): rassemble les taux en flavonoïdes totaux dans les différents extraits étudiés.

Solvant	Extrait	Concentration (mg/ml)	L'absorption (nm)	C _{éq} (mg/g)
Ethanol	AL	1mg/ml	0,230	16,8
	OP	1mg/ml	0,146	10,7

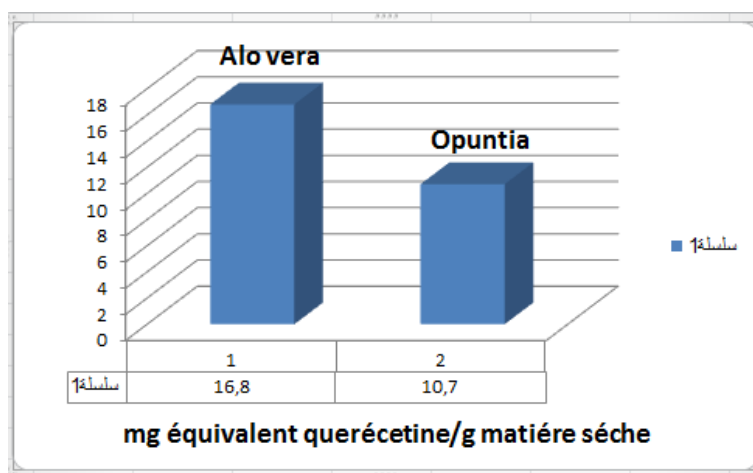


Figure (IV.6): Teneurs des flavanols totaux des extraits.

Dans cette composition nous trouvons que l'extrait de la plante *Alo vera* est quantitativement plus riche en flavanol, par rapport l'extrait de la plante *Opuntia ficus- indica L.*

IV.4. Résultats et discussions d'activité antioxydant DPPH :

En préparée cinq échantillons à déférente concentration partir de 0.0625 mg/ml à 1 mg/ml de la plante *Alo vera* et *Opuntia ficus- indica L.* et en suite en préparée le blanc méthanol pur 96°. Et en suite en préparée le contrôle de la solution DPPH avec le solvant méthanol. et en utilisée le teste DPPH à partir de cette concentration de l'extrait en obtienne les résultats dans le (Tableau IV.5) Suivant :

L'absorption de solution DPPH avec le solvant éthanol est égale $A_{t_0} = 1$.

En fin en obtienne les résultats dans le tableau suivante (**tableau IV.5**):

Tableau (IV.5): Présente la concentration et l'absorption et pourcentage d'inhibition *Alo vera* et *Opuntia ficus- indica L.*

Solvant	Extrait	Concentration (mg/ml)	L'absorption (nm)	Ip%	
Ethanol	AL	0	0,0625	0,61	39
		1	0,125	0,60	40
		2	0,25	0,53	47
		3	0,5	0,55	45
		4	1	0,49	50
	OP	0	0,0625	0,60	40
		1	0,125	0,59	41
		2	0,25	0,51	49
		3	0,5	0,22	78
		4	1	0,18	82

En utilisée les valeurs de cette tableau pour trace la courbe d'effet d'extrait de l'*Alo vera* sur le radical DPPH (% IP en fonction des concentrations). En obtienne la courbe suivant (**figure IV.7**):

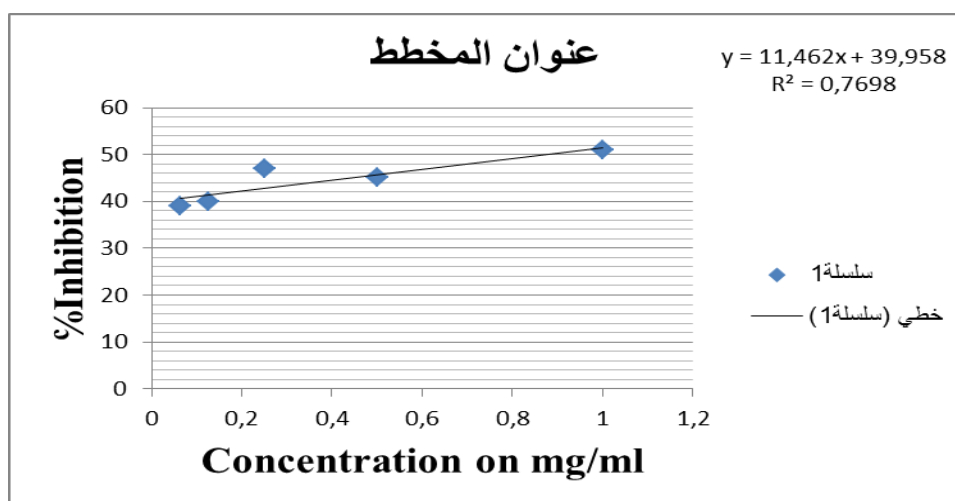


Figure (IV.7) : Effet d'extrait de l'*Alo vera* sur le radical DPPH.

En utilisant les valeurs de ce tableau pour tracer la courbe d'effet d'extrait d'*Opuntia ficus-indica L* sur le radical DPPH (% IP en fonction des concentrations). On obtient la courbe suivante (**figure IV.8**) :

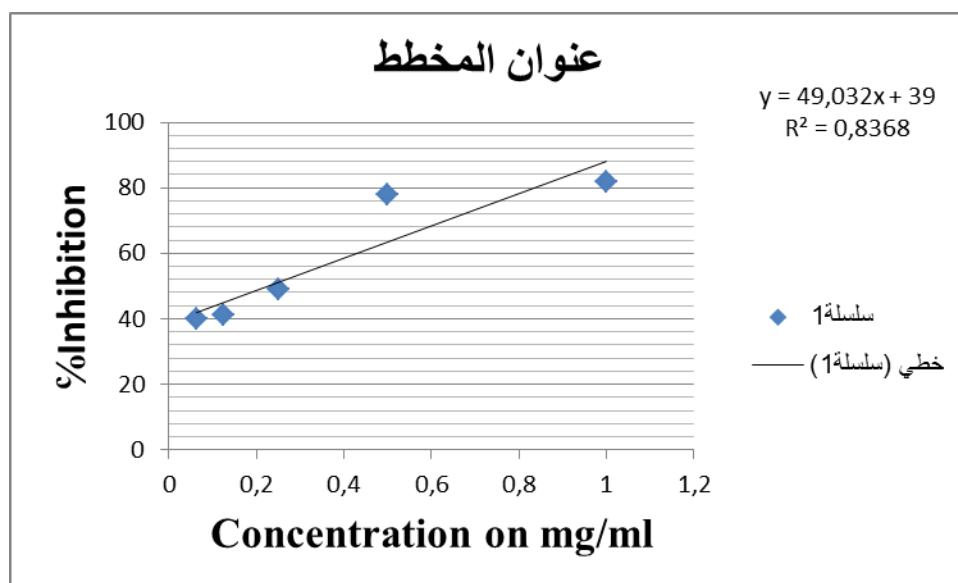


Figure (IV.8) : Effet d'extrait de l'*Opuntia ficus-indica L* sur le radical DPPH.

Tableau (IV.6): Présente la Concentration équivalente à 50% de DPPH perdu.

Solvant	Extrait	I _{C50} (mg/ml)
Ethanol	AL	0,87
	OP	0,23

L'activité de piégeage de radical DPPH de l'extrait éthanolique de deux échantillons de cactus est présentée dans les (**figure IV.7**), (**figure IV.8**), successivement. Pour l'extrait de l'*Opuntia ficus-indica L* ont obtenu la valeur moins (I_{C50} = 0.23 mg/ ml) et la valeur grande dans la variété de la plante de l'*Alo vera* (I_{C50} = 0.87 mg / ml).

Le meilleur résultat qui en obtient dans les feuilles de l'*Opuntia ficus-indica L* par ce qu'en utilise moins concentration pour dégradée 50 % de DPPH cette concentration est égale 0.22mg /ml, et le deuxième plante de l'*Alo vera* a concentration 0.87 mg /ml.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. La connaissance et l'usage de ces plantes constituent un vrai patrimoine de l'être humain. Leur importance dans le domaine de la santé publique est très accentuée dans ces dernières années grâce aux thérapeutiques qu'elles procurent.

Le présent travail a porté sur l'étude phytochimique, l'activité antioxydante des extraits bruts de deux échantillons de la plante médicinale l'*Aloe vera* et l'*Opuntia ficus-indica* L de la famille Cactaceae collectée au Sahara septentrional Est Algérien (la région de Oued Souf).

L'extraction de la partie aérienne de la plante a permis d'obtenir des rendements qui diffèrent la plante *Aloe vera* est de 1,2481% par contre la plante. *Opuntia ficus-indica* L est de 0,9482%,

Quantitativement, l'évaluation du contenu des polyphénols totaux en adoptant la méthode de Folin-Ciocalteu et dosage des flavonoïdes par la méthode d' AlCl_3 , qui nous mène à conclure que la plante *Aloe vera* contient une quantité importantes de polyphénols et flavonoïdes par rapport la plante *Opuntia ficus-indica* L.

Pour l'évaluation de l'activité antioxydante, les résultats ont montré que le meilleur résultat est obtenu pour l'extrait de la plante *Opuntia ficus-indica* L.

Donc en peut dire que la plante *Opuntia ficus-indica* L. à l'état sèche de la région (wilaya d'El-Oued) peut être utilisée comme de bonne source naturelle des antioxydants.

Notons enfin que ce travail va nous ouvrir des horizons de recherche ciblés dans le domaine des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans les zones arides, notamment en terme de mise en évidence des principes actifs et l'évaluation de leurs activités biologiques.

Référence bibliographique

Référence Bibliographique

- [1] Lhuillier, A. (2007), "Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches *Agauria salicifolia* Hook.f ex Oliver, *Agauria polyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissa trichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embelia concinna* Baker (Myrsinaceae)." Thèse de doctorat. Toulouse
- [2] Maurice N, (1997) L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI^e siècle ; Ed. Lavoisier, Paris, p. 12-14.
- [3] A-M. DIALLO, 2005. Etude des plantes médicinales de niafunke (region Tombouctou) Photochimie et pharmacologie de *Maerua crassifolia* Forsk. (Capparidacée).Thèse de Doctorat. Université de Bamako.125p
- [4] KABOUCHE, A. (2005), " Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae". Thèse Doctorat, UNIVERSITE MENTOURI-Constantine, p2.
- [5] H. Jacquemin, les plantes médicinales, république française : office de la recherche scientifique et technique outre-mer.
- [6] Chaberier J.Y., (2010) Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de docteur d'Etat en pharmacie. Université H.P. Nancy1 France, p 173
- [7] Farnsworth N.R., Akerele O., Bingel A. S., Soejarto D., Guoz D., (1986) Places de plantes médicinales dans la thérapeutique. Bulletin de l'organisation mondiale de la santé – Vol. 64 (2):159 – 164.
- [8] Z.MOHAMMEDI, 2005. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région du Tlemcen, Thèse de magistère, Université-Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.
- [9] BORDEAUX., 2009. Progrès en dermato - Allergologie. Ed. John libbey Eurotext, Paris:51p.
- [10] BESANÇON., 2012. Progrès en dermato - Allergologie. Ed. John libbey Eurotext. Paris: 111p.
- [13] Santé Médecine - Le journal des femmes,» Le journal des femmes, 12 Jun Validité du certificat: 12 Jun 2013 - Jun 2015.

- [14] Laouer H., (2004) Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif. Bejaia. Djelfa. Thèse de doctorat en écologie végétale. Uni. Sétif.
- [15] MACE TONY, MACE SUZANNE. Cactées et succulentes. Hachette livre, 2003,p.12-20.
- [16] LAMB B. Le guide des cactus dans le monde. Delachaux et Niestlé, 1991, 2-144.
- [17] MULAS M., MULAS G. (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *atriplex* et *opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium - Term Priority Environmental Action Programme.
- [18] FAVIER A. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique, p. 108-115.
- [19] J.SOULAIRE, CACTUS ET MEDECINE, EDITION THEBAUT, London, 1947, P13.
- [20] J.SOULAIRE, CACTUS ET MEDECINE, EDITION THEBAUT, London, 1947, P15.
- [21] Wallace, R. S., and Gibson, A. C. (2002). Evolution and systematics. Cacti biology and uses, PS Nobel (ed.). University of California Press, Berkeley, CA, 1-21.
- [22] Schweizer, M. (1997). "Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu," Aloe Plantes et Beauté.
- [23] Stintzing, F. C., and Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular nutrition & food research*, 49, 175-194.
- [24] Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., and Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11, 2574-2589.
- [25] Mulas, M., and Mulas, G. (2004). Potentialites d'utilisation strategique des plantes des genres *atriplex* et *opuntia* dans la lutte contre la desertification.
- [26] Reyes-Agüero, J., Aguirre R, J., and Valiente-Banuet, A. (2006). Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of arid environments*, 64, 549-585.

- [27] Piga, A. (2004). Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6, 9-22.
- [28]] Habibi, Y. (2004). Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique, Thèse soutenue en vue d'obtention du grade de Docteur de l'université Josef Fourier et l'université Cadi Ayyad.
- [30] Inglese P, Barbera G, La Mantia T. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. *J.Arid. Envir.*, 1995, 29: 455-468.
- [31] Michayewi Natacha (2013). L'Aloe vera, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université de lorraine. P : 33-76.
- [32] Geagea Alice Gerges (2014). L'Aloe vera, une plante médicinale à vertus hydratantes et cicatrisantes. *Photothérapie, Human&Health* N°29.
- [33] Guo, X.; Mei, N. Aloe Vera - A Review of Toxicity and Adverse Clinical Effects. *J. Environ. Sci. Health. C. Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 2016, 501, 0.
- [34] Global demand for Aloe Vera Extracts to Reach 60,720 tonnes in 2016 .
- [35] S.DJEMAI ZOUGHLACHE. 2008, Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L, mémoire magister, Université -El Hadj Lakhder –Batna.
- [36] M.BELGUIDOUM. 2012, Une approche phytochimique pour différencier deux espèces de genre *Zygophyllum*, mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ourgla.
- [37] Albert L. (1998), " La santé par les fruits." Ed. Veechi, Paris. p 44-74.
- [38] Hadi M, (2004) "La quercétine et ses dérivés: molécules à caractères pro-oxydants ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques." These doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg, p 155.
- [39] Daayf F, El Bellaj M, El Hassni M, Jaiti F and El Hadrami I, (2003) "Elicitation of soluble phenolics in date palm (*Phoenix dactylifera*) callus by *Fusarium oxysporum* f.sp. *albidnis*." *Environ.Experiment.Botany.* 49: 41-47.

- [40] Lugasi A, Hovari J, Sagi, K V and Biro L, (2003) "The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases." *Acta Biologica Szegedientis*.1-4: 119-125.
- [41] Saliha Daas Amiour, (2009) "Etude Quantitative des Composes Phenoliques des extraits de trois Variétés de dattes (*Phoenix Dactylifera* L.) et évaluation in vitro de leur activité Biologique." Thèse de magister, Université El-Hadj Lakhdar - Batna, p 41.
- [42] Bruneton, J. (1993). *Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales*. 2ème édition. Tec & Doc. Paris.
- [43] Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564-582.
- [44] Guignard J, (2001) "Botanique systématique moléculaire", 2ème édition Lavoisier, Paris. P 122
- [45] W–Erdman J, Balentine J. D, Arab L, Beecher G, Dwyer J. T, Folts J., Harnly, Hollman J. P, L–Keen C, Mazza G, Messina M, Scalbert A, Vita J, Williamson G et Burrowes J, (2007) "Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids" workshop, may 31-june 1, 2005, Washington. *Journal of Nutrition*, 137 (3 supp 1): 718-737.
- [46] Emerenciano V. P, Barbosa K. O, Scotti M. T et Ferriro M. J. P (2007) "Self organising maps in chemotaxonomic studies of Asteraceae: a classification of tribes using flavonoid data." *Journal of brazilian chemical society*. 18 (5): 891-899.
- [47] Narayana K. R, Reddy M. S, Chaluvadi M. R et Krishna D. R, (2001) "Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential." *Indian journal of pharmacology*. 33: 2-16.
- [48] Malešev D et Kuntić V, (2007) "Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions." *Journal of the Serbian chemical society*. 72 (10): 921-939.
- [49] Korkina L.G., Afanas'ev I.B. (1997) "Antioxidant and chelating properties of flavonoids." *Adv. Pharmacol*. 38: 151–163.
- [50] Afanas'eva, I.B., Ostrakhovitch, E.A., Mikhal'chik, E.V., Ibragimova, G.A., Korkina, L.G. (2001), "Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoid rutin by complexation with transition metals. *Biochemical Pharmacology*." 61(6): 677-684.

- [51] M. M. R. KANSOLE, Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques Lamiaceae du Burkinafaso : cas de *Leucas Martinicensis*(Jacquin) R. Brown, *hoslundia opposita vahl* et *orthosiphon pallidus* Royle ex Benth. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université d'Ouagadougou.
- [52] P. Sarni-Manchado, V. Cheynier, Les polyphénols en agroalimentaire, Lavoisier, Editions Tec & Doc, 2006, 398 p. (ISBN 2-7430-0805-9).
- [53] Boukr, N.H. (2014)," Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout" Thèse de master, Université Kasdi merbah Ouargla, p19.
- [54] Malešev D et Kuntić V, (2007) "Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions." *Journal of the serbian chemical society.* 72 (10): 921-939.
- [55] Simic A, Manojlović D, Segan D, et Todorović M, (2007) "Electrochemical behavior and antioxidant and prooxidant activity of natural phenolics." *Molecules.* 12(10): 2327-2340.
- [56] Kostyuk, V.A, Potapovich A.I, Kostyuk T.V, Cherian M.G, (2007) "Metal complexes of dietary flavonoids: evaluation of radical scavenger properties and protective activity against oxidative stress in vivo." *Cell. Mol. Biol.* 53: 62–69.
- [57] Guo M, Perez C, Wei Y, Rapoza E, Su G, Bou-Abdallah F, et Chasteen ND, (2007) "Ironbinding properties of plant phenolics and cranberry's bio-effects." *Dalton Transactions.* 43: 4951–4961.
- [58] Bellebcir Leila, (2008), "Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales." Thèse de magister Université Mentouri de Constantine, p17, p 21.
- [59] MACHEIX J J, FLEURIET A ET JAY-ALLEMAND C., 2005 "Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique." Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes. p4-5.
- [60] ROLLAND Y., 2004. Actualités des lipides en cosmétique .Antioxydants naturels végétaux. OCL. Vol 11(6) : 419 - 424.

- [61] BERRA DJAMILA., 2015. " Etude de l'effet du milieu d'extraction sur la composition des feuilles de *Matricaria Pubescens* " Mémoire magister académique, Université el oued.
- [62] BOUHEROUM, M. (2007). Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes : *Rhantherium adpressum* et *Ononis angustissima*. Thèse de Doctorat : Université MENTOURI de CONSTANTINE-ALGERIE.
- [63] Fraga, C. G. (2009). Plant phenolics and human health : Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology. John Wiley & Sons Edition, pp 5-13.
- [64] GUO M, PEREZ C, WEI Y, RAPOZA E, SU G, BOU-ABDALLAH F, ET CHASTEEN ND, 2007 "Iron-binding properties of plant phenolics and cranberry's bio-effects." Dalton Transactions. 43: 4951–4961.
- [65] DE SOUZA, R.F., SUSSUCHI E.M., 2003" Synthesis, electrochemical, spectral, and antioxidant properties of complexes of flavonoids with metal ions." Synthesis and reactivity in inorganic and metal-organic chemistry. 33(7): 1125-1144.
- [66] BELLEBCIR LEILA., 2008.»Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. " Thèse de magister Université Mentouri de Constantine, p17,p 21.
- [67] Afanas'eva, I.B., Ostrakhovitch, E.A., Mikhal'chik, E.V., Ibragimova, G.A., Korkina, L.G. (2001), "Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoid rutin by complexation with transition metals. Biochemical Pharmacology." 61(6): 677-684.
- [68] Thompsen J. C, et Mottola H. A, (1984) "Kinetics of the complexation of iron (II) with ferrozine." Analytical Chemistry. 56(4): 755-757.
- [69] Murota K, Mitsukuni Y, Ichikawa M, Tsushida T, Miyamoto S, et Terao J, (2004) "Quercetin-4'-glucoside is more potent than quercetin-3-glucoside in protection of rat intestinal mucosa homogenates against iron ion-induced lipid peroxidation." Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52(7): 1907-1912.
- [70] Bellebcir Leila, (2008), "Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. "Thèse de magister Université Mentouri de Constantine, p17, p 21.

- [71] Berthod, A., Billardello, B., and Geoffroy, S. (1999). Polyphenols in countercurrent chromatography. An example of large scale separation. *Analisis*, 27, 750-757.
- [72] Zimmer, N., and Cordesse, R. (1996). Influence of tannins on the nutritive value of ruminant feed. *INRA Production Animale*, 9, 167-179.
- [73] Frutos, P., Hervás, G., Giráldez García, F., and Mantecón, A. (2004). Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish journal of agricultural research*, 2, 191-202.
- [74] Ribéreau-Gayon, P. (1968). "Les Composés phénoliques des végétaux," Dunod.
- [75] Bennick, A. (2002). Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13, 184-196.
- [76] Chabaane, L., Tahiri, S., Albizane, A., Krati, M. E., Cervera, M. L., and de la Guardia, M. (2011). Immobilization of vegetable tannins on tannery chrome shavings and their use for the removal of hexavalent chromium from contaminated water. *Chemical Engineering Journal*, 174, 310-317.
- [77] Schofield, P., Mbugua, D. M., and Pell, A. N. (2001). Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology* 91, 21-40.
- [78] Cardador-Martínez, A., Jiménez-Martínez, C., and Sandoval, G. (2011). Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 782-788.
- [79] Dacosta, Y. (2003), "Les phytonutriments bioactifs" 669 références bibliographiques. Ed. Yves Dacosta, Paris, p317.
- [80] Novelli, G. P., (1997), "Role of free radicals in septic shock. J." *Physiol. Pharmacol*, 48: 517-527.
- [81] Favier, A., (2003), "Le stress oxydant: intérêt conceptuel et expérimental dans la Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique." *L'Actualité Chimique*; 108-117.
- [82] PINCEMAIL J., BONJEAN K., CAYEUX, K., DEFRAIGNE J O., 2002. Mécanismes physiologiques de la défense anti-oxydante *Physiological action of antioxidant defences. Nutrition clinique et métabolisme*. 16: 233-239.

- [83] VALKO M., RHODES C J B., MONCOL J., IZAKOVIC M., MAZUR M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*. 160:1-40.
- [84] FAVIER A., 2003. Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*. p108-11.
- [85] MOHAMMEDI Z., 2005. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et falvonoides de quelques plantes de la région du Tlemcen , Thèse de magistère . Université-Abou Bakr Belkaid-Telemcen. P
- [86] DELATTRE J., BEAUDEUX ET J.L., D. BONNEFONT., ROUSSELOT 2005. Radicaux libres et stress oxydant. *Aspects biologiques et pathologiques* . P 87 .108.
- [87] BOUHADJRA K., 2011. étude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. thèse pour l'obtention du diplôme de magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. P .
- [88] KOECHLIN-RAMONATXO C., 2006. Oxygène, stress oxydant et suppléments anti-oxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme*. 20: 165-177.
- [89] Delattre, J., Beaudeau, J.-L. et Bonnefont-Rousselot, D. (2005c). Radicaux libres et stress antioxydant, aspects biologiques et pathologiques. 60-80.
- [90] Apel, K. et Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* 55: 373-399.
- [91] Smirnoff, N. (2005). Antioxidants and reactive oxygen species in plants. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. 53-86.
- [92] HELLAL Z., 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.
- [93] HALVORSEN B L., CARLSEN M H ., PHILIP K M., BOHEN S K ., HOLTE K ., JACOBS D R., JR AND BLOMHOFF R ., 2006 .Content of redox-active compounds (antioxidants) in foods consumed in the United States *Am J Clin Nutr*. P 84,95-135.

- [94] B.Halliwell, How to characterize a biological antioxidant, *Free Radical Res. Commun.* (1990); 9, 1-32.
- [95] Gardner, R., Salvador, A., & Moradas-Ferreira, P. Why does SOD overexpression sometimes enhance, sometimes decrease, hydrogen peroxide production? A minimalist explanation. *Free Radical Biology and Medicine.* (2002); 32(12), 1351-1357.
- [96] McCord JM, Fridovich I. . Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte (hemocuprein). *J Biol Chem.* (2000) ; 244, 6049-6055.
- [97] Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P., & Lomri, A. Reactive oxygen species and superoxide dismutases: role in joint diseases. *Joint Bone Spine.* (2007); 74(4), 324-329.
- [98] Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. Le stress oxydant. *Revue Medicale de Liege.* (2007); 62(10) : 628-38.272.
- [99] Menvielle-Bourg, F. J. La superoxyde dismutase, puissant antioxydant naturel, désormais disponible par voie orale. *Phytothérapie.* (2005) ; 3(3), 118-121.
- [100] Sorg. O. Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality. *Comptes Rendus Biologies.* (2004); 327, 649-662.
- [101] Souchard, J.P., Arnal, J.F., Rochette, L., Les radicaux Libres et le Stress Oxydatif Radicalaire.(2002).
- [102] Marfak, A. Radiolyse gamma des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux libres issus des alcools : Formation de diapsides. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Limoges.(2003) ; 10-11.
- [103] Forsberg, L., de Faire, U., & Morgenstern, R. Oxidative stress, human genetic variation, and disease. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* (2001); 389(1), 84-93.
- [104] Ko, T. P., Safo, M. K., Musayev, F. N., Di Salvo, M. L., Wang, C., Wu, S. H., & Abraham, D. J. Structure of human erythrocyte catalase. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography.* (2000); 56(2), 241-245.
- [105] Rondeau, P. (2009). Stress oxydant et glycation: relation structure et activités biologiques de l'albumine in vitro et in vivo dans le cadre de la pathologie diabétique (Doctoral dissertation, Université de la Réunion).

- [106] Bossokpi, I. P. L. (2002). Etude des activités biologiques de *Fagara zanthoxyloïdes* Lam (Rutaceae) (Doctoral dissertation, Thèse de pharmacie, Université de Bamako, Bamako).
- [107] Stahl, W., et Sies, H., Carotenoïde and protection against UV radiation. *Skin Pharmacol.Appl. Skin Physiol.* (2002); 15, 291-296.
- [108] Boss.I.P.L. Etudes des activités biologiques *fagara xanthoxyloides* LAM (Rutaceae).Thèse de Pharmacie, Bamako. (2002) ; 133.
- [109] Beyer, R. E., the role of ascorbate in antioxidant protection of biomembranes, Interaction with vitamin E and coenzyme Q.J *Bioenerg Biomembr.* (1994); 26, 349-358.
- [110] Lisu, W., Jui-Hung, Y., Hsiao-Ling, L.,Ming-Jiuan, W. (2003), "Antioxydant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifeca* Gertn)." *Journal of food and drug analysis*, 11(1): 60-66. [80]
- [111] Yu, R, Mandlekar, S., Tony Kong, A.N. (2000), "Molecular mechanisms of butylated hydroxyanisoleinduced toxicity: induction of apoptosis through direct release of cytochrome c." *Molecular Pharmacology*, 58.
- [112] Barlow, S.M. (1990)," Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. "Ed. Hudson, B.J.F, *Food Antioxidants*.
- [113] Gunckel, S. Santander, P.G., Cordano, J., Ferreira, S., Munoz, L.J., Vergara, N., Squella, J.A. (1998) ,"Chemico-Biological Interactions." 114; 45–59
- [114] Hammerich, O., Svensmark, B. (1990), "Anodic oxidation of oxygen-containing compounds." in: H. Lund, M. Baizer (Eds.), *Organic Electrochemistry*, Marcel Dekker, New York, p 615.
- [115] Burk, R. F., Selenium, and antioxidant nutrient. *Nutr Clin Care.* (2002); 5, 47-49.
- [116] Rayman, M. P., the argument for increase selenium intake. *Proc Nutr Soc.* (2002); 61, 203-215.
- [117] Roussel, T. H., Ferry, M., Le stress oxydant, nutrition et vieillissement. *Nutr Clin Metabol.* (2002); 16, 285-292.

- [118] Brahim, b. e. l. a. d. e. l. (2015). these de doctoratessciences en physique (doctoral dissertation, université de tlemcen).
- [119]Herber , M. Trace Element Analysis in Biological Specimens (Techniques and instrumentation in analytical chemistry). Edited by: R.F.M. Herber , M. Stoepler. ISBN: 0444898670 Elsevier science B. V. Edition Hardcover. (1994); 15, p 576.
- [120] Halsted, J. A., Smith, J. C., & Irwin, M. I. A conspectus of research on zinc requirements of man. *The Journal of nutrition* .(1974) ; 104(3), 345-378.
- [121] Seve M, Favier A. Métabolisme du zinc. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Endocrinologie-Nutrition. (2002); 359 (10).
- [122] Pories, W.J., Mansour, E.G.,. In: Prasad, A.S., D'Oberleas (Eds.), Trace Elements in Human Health and Diseases. Acad. Press, New York. (1976) ;115–142.
- [123] 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 magister, Université Constantine.
- [124] Yogita Chavan, Rekha S. Singhal, (2013) "Ultrasound-assisted extraction (UAE) of bioactives from arecanut (Areca catechu L.) and optimization study using response surface methodology." *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 17 106-113.
- [126] Mbaebie .BO, Edeoga. HO, Afolayan. AJ, (2012) "Phytochemical analysis and antioxidants activities of aqueous stem bark extract of Schotia latifolia Jacq". *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 118-124.
- [127] Lagnika. L, (2005), "Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises." Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur. Strasbourg, 249p.
- [128] Manuel D'utilisation DR 3900 04/2013 Edition 3A DOC022.77.90323.
- [129] BURITS, M., BUCAR, F., 2000. Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil.*Phytotherapy Research* 14, 323–328.

[130] Kanoun Khadidja, (2011), "Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine)". Mémoire de magister, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

[131] Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C, (1995) "Use of free radical method to evaluate antioxidant activity". *Lebensm Wiss. Technol.* 28 : 25-30.

[132] Selma Dziri, Imed Hassen, Saloua Fatnassi, Yassine Mrabet, Herve Casabianca, Belgacem Hanchi, Karim Hosni, (2012) "Phenolic constituents, antioxidant and antimicrobial activities of rosy garlic (*Allium roseum* var. *odoratissimum*) ". *Journal of Functional Food*.

[133] Harrar Abd El Nacer, (2012) "Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Rhamnus alaternus* L." Thèse de magister, Université Ferhat Abbas-Setif .

[134] LAGNIKA . L., 2005, "Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises." Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur. Strasbourg, 249 p.

Les sites électroniques

[11] doctissimo.fr/html/dossiers/phytotherapie/articles/16260-plante-medicinale.htm.20:15

[12] futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-plante-medicinale-11529.11:00

[29] Anonyme(2007).<http://www.cactustunisie.com>. Consulté le 19/05/2012.15:06

Les références arabes

[125] بوقوادة. م ، «دراسة فيتوكيميائية للبيبيدات والفينولات في بعض أنواع التمر المحلى»، مذكرة ماجستير ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، 2008.

Résumé

Ce travail est une contribution à l'étude de la teneur en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, flavanol totaux. L'activité antioxydante de la plante cactus avec deux échantillons *Aloe vera* et *Opuntia ficus-indica L* dans la région d'Oued Souf a été évaluée. La teneur en composés phénoliques totaux dans les différents extraits est estimés par la méthode de Folin-Ciocalteu. La méthode spectrophotométrique utilisée pour l'estimation des taux de flavonoïdes totaux, taux de flavanols totaux. La mesure de l'activité antioxydante est réalisée par deux méthodes, Un totale d'antioxydants est évaluée pour Le test DPPH (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydante à piéger de radical DPPH. A cet effet, nous avons utilisé la méthode (spectrophotométrie UV-visible) qui permettant de donner des informations sur chaque milieu d'extraction pour comparer entre eux. Nous avons trouvé que les extraits de la plante *Aloe vera* sont riches en polyphénols totaux. Présentent une propriété antioxydante très élevée.

Mots clés : *Cactus*, polyphénols totaux, activité antioxydante.

المخلص

هذا العمل هو مساهمة في دراسة محتوى البوليفينول الكلي، الفلافونويد الكلي و الفلافانول الكلي. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لنبته الصبار لعينتين متواجدين في منطقة وادي سوف، يقدر محتوى مركبات البوليفينول الكلية في المستخلصات المختلفة بطريقة Folin-Ciocalteu طريقة الطيف الضوئي المستخدمة لتقدير نسبة الفلافونويد الكلي والفلافانول الكلي النشاط المضاد للأكسدة ويتم بواسطة طريقتين، تقييم إجمالي لمضادات الاكسدة لإختبار DPPH ، تستند هذه الطريقة على قياس قدرة مضادات الأكسدة على كبح DPPH الجذر الحر ، لإنجاز هذا العمل تطلب إستعمال طريقة مطيافية الاشعة فوق البنفسجية (spectrophotométrie UV-visible) ، حيث وجدنا أن مستخلصات *Opuntia ficus-indica L* غنية بالمكونات الفيتو كيميائية كمادة البوليفينول الكلي، الفلافونويد الكلي و الفلافانول الكلي، كما أظهرت نشاط تثبيطي قوي كمضاد الاكسدة ضد الجذور الحرة DPPH.

الكلمات المفتاحية: الصبار، البوليفينول الكلي، مضاد الاكسدة.