



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



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued
Faculté de la Technologie

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:
ATOUSI Abdelkrim
HOUIDEG Nabil

Thème

Etude phytochimique et substance bioactive de
la plante médicinale dans la région d'El-Oued

"Zygophyllum album L"

Soutenu le 27 / 05 / 2017

Devant le Jury:

M ^{me} . MENACEUR Souhila	Présidente	MAA	Université d'El Oued.
M ^{me} . BOUBEKRI Cherifa	Examinatrice	MCA	Université d'El Oued.
Mr. SALEMI Said	Rapporteur	MAA	Université d'El Oued.

2016/2017

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant qui nous a donnés la force et la foi pour mener à bien ce projet.

Au terme de cette étude, nous tenons à adresser nos profondes reconnaissances à toutes nos familles qui nous ont soutenues, aidées et encouragées tout au long de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissances au professeur :

Monsieur : SALEMI Said.

tout d'abord pour nous avoir fait confiance et pour nous avoir inspirer le sujet ensuite pour ses conseils précieux, ses orientations judicieuses et ses directives efficaces, ainsi que

pour les réflexions avisées qu'elle nous ont apportées.

nous tenons a remercié les membres de jury qui vont charger d'examiner et corriger ce mémoire **Madame MENACEUR Souhila** pour avoir accepté de présider le jury et **Madame BOUBEKRI Cherifa** pour avoir accepté d'examiner ce travail, nous vous remercions énormément et nous sommes très heureuses et fières de présenter notre travail devant des professeurs ainsi compétents comme vous, merci beaucoup encore.

nous remercions ainsi le Professeur **Monsieur LANEZ Touhami** pour nous avoir donner l'autorisation de prendre les produits nécessaires pour notre projet de son laboratoire de recherche

Nous adressons aussi nos remerciements à l'équipe de laboratoire de chimie à l'université d'El-Oued

.Nous remercions vivement :

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles qui se reconnaîtront, pour leur contribution à la réalisation de ce travail: surtout les enseignants de département de chimie et biologie; nous adressons une pensée spéciale, pour leur précieuse aide.

Résumé

Le *Zygophyllum album* L est une plante pousse principalement dans les régions aride et salines ainsi au Sahara Algérien. Cette espèce connue sous le nom de «aaggaya», est très répandue dans le sud algérien est considérée comme l'une des plus anciennes plantes médicinales utilisées comme médicament pour le traitement de nombreuses maladies.

L'objectif de cette étude est d'extraire les molécules bioactives de deux échantillons de la plante *Z. album* sec et frais, avec la détermination de la concentration de certains groupes, comme il vise à tester les activités biologiques surtout l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne.

Les résultats obtenus montrent que le meilleur rendement d'extraction dans la plante sèche que la plante fraîche.

Le screening phytochimique a mis en évidence la présence de quantités considérables de flavonoïdes, Saponosides, alcaloïdes, et des tanines, et l'analyse quantitative des extraits bruts montrent que les rendements d'extraction des polyphenols totaux et des flavanoides totaux sont variables à chaque extrait. En comparant les teneurs de ces compositions que les taux élevés enregistrés dans la plante sèche.

L'extrait de la plante *Z. album* sèche a donné un très bon pouvoir antioxydant en utilisant le DPPH et PPM.

L'activité antimicrobienne a été déterminée sur trois souches bactériennes, selon la méthode de diffusion de disque. Tous les extraits ont un effet sur les microorganismes testés sauf sur *Pseudomonas*.

Cette étude explique que la plante *Z. album* étudiée peut être utilisée comme de bonne source naturelle d'agents antioxydants et antibactériennes, et à l'état sèche plus efficace à l'état fraîche.

Mots Clé : *Z. album*, Phénols Totaux, Flavonoïdes, L'activité antioxydants, DPPH, L'activité antibactérienne.

Liste des tableaux

Chapitre I : Etude des plantes médicinales		
Tableau (I.1)	Position systématique de la plante <i>Zygophyllum album L.</i>	11
Chapitre II : Étude des métabolites secondaires		
Tableau (II.1)	Propriétés thérapeutiques de quelque métabolite secondaire des plantes.	15
Tableau (II.2)	Activités biologiques des composés phénoliques.	26
Tableau (II.3)	Quelques exemples des différents types de terpenoïdes.	30
Chapitre III : Activité biologique		
Tableau (III.1)	Quelques exemples d'utilisation réglementée des antioxydants de synthèse.	35
Chapitre V : Résultats et discussion		
Tableau (V.1)	Résultat de Screening phytochimique de la plante <i>Z. album</i> sèche et fraîche.	56
Tableau (V.2)	Résultats de l'activité antibactérienne des extraits de la plante <i>Z. album</i> sur les souches bactériennes.	66

Liste des figures

Chapitre I : Etude des plantes médicinales		
Figure (I.1)	Image de la plante <i>Zygophyllum album L</i>	10
Chapitre II : Étude des métabolites secondaires		
Figure (II.1)	Structures chimiques de base d'acides phénoliques	18
Figure (II.2)	Squelette de base des flavonoïdes.	19
Figure (II.3)	Structure chimique des flavanones.	19
Figure (II.4)	Structure chimiques de flavanols.	20
Figure (II.5)	Structure chimiques de certains flavan-3-ols.	20
Figure (II.6)	Structure chimiques de flavone.	21
Figure (II.7)	Structure chimiques des isoflavones.	21
Figure (II.8)	Structure chimiques des anthocyanes.	22
Figure (II.9)	Structures de l'hydroxytyrosol (a) et du tyrosol (b)	22
Figure (II.10)	Structures générale d'un tannin hydrolysable	24
Figure (II.11)	Structure chimique des unités monomériques constitutives des tanins condensé.	24
Figure (II.12)	Structure de base de l'isoprène.	29
Chapitre IV : Matériels et méthodes		
Figure (IV.1)	Protocole d'extraction de la plante <i>Z. album</i> .	42
Figure (IV.2)	Appareil Rotavapeur utilisé dans notre étude.	43
Figure (IV.3)	Le spectrophotomètre UV-visible	44
Figure (IV.4)	Réduction du radical libre DPPH.	48
Figure (IV.5)	<i>Escherichia coli</i>	50
Figure (IV.6)	<i>Staphylococcus aureus</i>	50
Figure (IV.7)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	51
Figure (IV.8)	Lecture de zone d'inhibition	53
Chapitre V : Résultats et discussion		
Figure (V.1)	Rendement d'extraction de la plante <i>Z. album</i> sèche et fraîche.	55
Figure (V.2)	Résultat de Screening phytochimique	57

Figure (V.3):	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour dosage des polyphénols totaux.	58
Figure (V.4)	Teneurs des polyphénols totaux des extraits.	59
Figure (V.5)	Courbe d'étalonnage de quercetine pour dosage des flavanoides totaux.	60
Figure (V.6)	Teneurs des flavanoides totaux des extraits	60
Figure (V.7)	Comparaisons de composés phénoliques des différents extraits.	61
Figure (V.8)	Courbe d'étalonnage d'acide gallique.	62
Figure (V.9)	La capacité antioxydant totale des extraits de la plante <i>Z. album</i> sèche et fraîche.	63
Figure (V.10)	Effet d'extrait de la plante <i>Z. album</i> sèche sur le radical DPPH.	64
Figure (V.11)	Effet d'extrait de la plante <i>Z. album</i> fraîche sur le radical DPPH.	64
Figure (V.12)	Comparaison entre EA de différents extraits.	65
Figure (V.13)	La sensibilité des souches (E-Coli).	66
Figure (V.14)	La sensibilité des souches (Staphy).	67

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
BHA	Tertiobutyl hydroxyanisole
BHT	Tertiobutyl hydrox toluène
DPPH	1,1- diphenyl-2-pierylhydrazyl
CAT	Capacité anioxydante totale
EQ	Equivalente quercitine
EA	Efficacité anti-radicalaire
MS	Masse sèche
EAG	Acide gallique équivalente
UV- visible	Spectrophotométrie ultra-violet-visible
IC ₅₀	Concentration inhibitrice IC ₅₀
VIH	Virus d'immunodéficience humaine
m, mm, nm	Mètre, millimètre, nanomètre
g	Gramme.
h, min	Heure, Minute
µm/l	Micron /litre
ml	Millilitre
E-coli	Escherichia coli
Staph	Staphylocoque
Pseudo	Pseudomonas
Z. album	<i>Zygothymus album</i>

Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	2

Partie Bibliographique

Chapitre I : Etude des plantes médicinales

I.1. Généralités sur les plantes médicinales	5
I.1.1. Les objectifs de l'étude des plantes médicinales	5
I.1.2. L'origine des plantes médicinales	5
I.1.3. Mode d'emploi des plantes médicinales	6
I.2. Présentation de la plante étudiée	8
I.2.1. La famille des Zygophyllaceae	8
I.2.2. Le genre Zygophyllum	8
I.2.3. Intérêt biologique du genre Zygophyllum	9
I.2.4. <i>Zygophyllum album L</i>	9

Chapitre II : Étude des métabolites secondaires

II.1. Définition	14
II.2. Intérêts des métabolites secondaires	14
II.2.1. Rôle pour la plante	14
II.2.2. Rôle pour l'Homme	15
II.3. Utilisations des métabolites secondaires	15
II.3.1. En médecine :	15
II.3.2. En Agriculture	16
II.3.3. En alimentation	16
II.3.4. En cosmétique :	16
II.4. Classification des métabolites secondaire	16
II.4.1. Les composés phénoliques	17

II.4.1.1. Généralités :	17
II.4.1.2. Localisation	17
II.4.1.3. Classification des composés phénoliques:	18
II.4.1.3.1. Polyphénols simples	18
II.4.1.3.1.1. Acides phénoliques	18
II.4.1.3.1.2. Flavonoïdes	18
II.4.1.3.1.3. Alcools phénoliques	22
II.4.1.3.2. Polyphénols complexes (tannins)	22
II.4.1.3.2.1. Les tannins hydrolysables	23
II.4.1.3.2.2. Les tannins condensés	23
II.4.1.4. Le rôle des composés phénoliques	25
II.4.1.4.1. Rôle physiologique	25
II.4.1.4.2. Rôle technologique	25
II.4.1.4.3. Rôle biologique	26
II.4.2. Les alcaloïdes	26
II.4.2.1. Généralités	26
II.4.2.2. Structure	27
II.4.2.3. Classification des alcaloïdes	27
II.4.2.4. Propriétés des alcaloïdes	27
II.4.2.5. Le Rôle des alcaloïdes	28
II.4.3. Les terpenoïdes	28
II.4.3.1. Définition	28
II.4.3.2. Structure des terpenoïdes	29
II.4.3.3. Classification des terpenoïdes	29
II.4.3.4. Activités biologiques de composés triterpéniques	30
II.4.3.5. Huiles essentielles	30
II.4.3.5.1. Définition	30
II.4.3.5.2. Effets biologiques	31
Chapitre III : Activité biologique	
III.1. Activité antioxydante	33

III.2. Définition d'un radical libre	33
III.3. Antioxydants	33
III.3.1. Définition	34
III.3.2. Les sources des antioxydants	34
III.3.2.1. Les antioxydants synthétisés	34
III.3.2.2. Les antioxydants naturels	35
III.3.2.2.1. Les vitamines	35
III.2. L'activité antibactérienne	36
III.2.1. Généralités sur les bactéries :	36
III.2.2. L'activité antibactérienne :	36
III.2.3. Les antibiotiques :	36
III.2.4. Classification des antibiotiques	36
III.2.5. Propriétés antibactériennes :	37

Partie Expérimentale

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV. Matériels et méthodes	39
IV.1. Matériels	39
IV.1.1. Matériels de laboratoire	39
IV.1.2. Matière végétale	40
IV.1.2.1 Préparation des échantillons	40
IV.2. Méthodes	40
IV.2.1. Extraction	40
IV.2.2. Rendement d'extraction	43
IV.2.3. Techniques d'identification par la spectrophotométrie UV	43
IV.2.4. Screening phytochimique	45
IV.2.5. Dosage quantitatif par des réactions colorimétriques	46
IV.2.5.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT)	46
IV.2.5.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FVT)	47
IV.2.6. Evaluation de l'activité antioxydante	47
IV.2.6.1. Activité antioxydante totale (CAT)	47

IV.2.6.2. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil)	48
IV.2.7. Evaluation de l'activité antibactérienne	49
IV.2.7.1. Description des bactéries étudiées	49
IV.2.7.2. Tests d'activité antibactérienne	51
IV.2.7.2.1. Les souches antibactérienne testées	51
IV.2.7.2.2. Matériel et produits	51
IV.2.7.2.3. Conservation des souches	51
IV.2.7.2.4. Les milieux de culture	52
IV.2.7.2.5. Préparation des solutions tests	52
IV.2.7.2.6. Préparation des prés cultures	52
IV.2.7.2.7. Préparation des disques	52
IV.2.7.2.8. Méthode de diffusion à partir d'un disque solide:	52
IV.2.7.2.9. Test de sensibilité eaux l'extrait de plante : antibioaromatogramme:	52
Chapitre V : Résultats et discussion	
V. Résultat et discussions	55
V.1. Rendement d'extraction	55
V.2. Résultat de Screening phytochimique	56
V.3. Résultats de Dosage des composés phénoliques par la méthode colorimétrique	58
V.3.1. Dosage des polyphénols totaux	58
V.3.2. Dosage de flavonoïdes totaux	59
V.4. Comparaisons de composés phénoliques des différents extraits	61
V.5. Evaluation de l'activité antioxydante	61
V.5.1. Méthode de la Capacité anioxydante totale (CAT)	62
V.5.2. Test anti-radicalaire (Test DPPH)	63
V.6. Evaluation de L'activité antibactérienne	65
V.6.1. Test antibactérienne	65

INTRODUCTION GENERALE



Introduction générale

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité, pour soulager et guérir les maladies humaines. On fait, leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence de centaines, voire des milliers de composés naturels bioactifs appelés: les métabolites secondaires. Ces derniers sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécialisées de la plante. [1]

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

L'étude de la chimie des plantes est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté. Cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives. Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes. [3]

Actuellement, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques et la toxicité des antioxydants synthétiques ont conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse. [1]

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, se trouve le genre *Zygophyllum*. Ce dernier est largement distribué surtout dans les régions semi arides. Cette plante largement utilisée dans la médecine traditionnelle comme un remède pour les rhumatismes, la goutte, asthme et comme diurétique. [1]

C'est dans ce contexte, que notre travail va s'inscrire vu l'implication de notre laboratoire, dans cet axe de recherche consacré principalement à la phytochimie et à l'évaluation biologique des plantes sahariennes reconnues médicinales de façon traditionnelle.

Le présent travail a pour objectif d'extraire les molécules bioactives de deux échantillons de la plante *Z. album* sec et frais, avec la détermination de la concentration de certains groupes, comme il vise à tester les activités biologiques surtout l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne.

Notre travail a été divisé en cinq chapitres:

- ↳ Le premier chapitre concerne une Généralité sur plantes médicinales et une description détaillée de la plante étudiée « *Zygophyllum album L* ».
- ↳ Le deuxième chapitre intitulé Etude des métabolites secondaires, contient la définition des composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpenoïdes.
- ↳ Le troisième chapitre intitulé les activités biologique, définitions des activités antioxydants, et antibactériennes, caractéristiques, classification des systèmes antioxydants.
- ↳ Le quatrième chapitre décrit les matériels et les méthodes utilisées dans ce travail qui porte sur :
 - L'extraction solide-liquide par la méthode de macération.
 - Dosage des Polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux.
 - Test d'évaluation d'activité antioxydante PPM et DPPH.
 - Test d'évaluation d'activité antibactérienne.
- ↳ Enfin dans le cinquième chapitre nous présentons les résultats obtenus et leurs discussions ainsi qu'une conclusion finale.

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I



ETUDE DES PLANTES MÉDICINALES

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. [5]

La définition d'une plante médicinale est très simple. En fait 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. [6]

I.1.1. Les objectifs de l'étude des plantes médicinales

Les objectifs de l'étude des plantes médicinales utilisées par une ethnie ou une communauté sont multiples. En outre, pour accélérer l'intégration des connaissances ethno-médicales dans la médecine moderne, afin de mieux répondre aux besoins de santé, pour rechercher de nouvelles plantes méconnues ou mal connues dans la flore médicinale et d'y rechercher également de nouvelles propriétés éventuelles et de nouvelles formes d'utilisation plus pratiques. Enfin, constituer une banque de données de plantes médicinales nécessaire à la contribution d'élaboration de la pharmacopée nationale, est un souhait de la communauté scientifique. Un autre intérêt économique de l'utilisation des ressources nationales en produits phytopharmaceutiques revêt une grande importance pour l'économie d'un pays, en particulier pour les pays en développement. [7]

I.1.2. L'origine des plantes médicinales

➤ Les plantes spontanées

Ce sont des plantes difficiles ou impossibles de les cultiver. Elles représentent encore, d'après certaines firmes importatrices, 60 à 70% des drogues du marché Européen. Quant à la valeur médicinale des plantes spontanées, elle se montre inégale puis qu'elle varie suivant l'origine, le terrain et les conditions de croissance. [8]

➤ Les plantes cultivées

La culture des plantes évite ces inconvénients. Elle assure une matière première en quantité suffisante, homogène au double point de vue aspect et composition chimique. Elle peut être intensifiée ou non suivant les besoins médicaux. Naturellement, la culture doit s'effectuer dans les meilleures conditions possibles et tenir compte, entre autres, des races chimiques. [8]

I.1.3. Mode d'emploi des plantes médicinales

Pour assurer l'action du médicament, il est nécessaire de traiter la plante, de la transformer pour en tirer la substance ayant une action spécifique. Etant donné la multiplicité des composants constituant les principes actifs de chaque plante et la spécificité d'action de chacun d'entre eux, il a été nécessaire d'élaborer des méthodologies diverses, qui permettent, selon le but recherché, leur extraction. [10]

▪ La décoction

La décoction s'applique en général aux racines, écorces, bois, rameaux, fruit ... [10]. Le processus d'extraction par décoction consiste à faire bouillir, dans l'eau, une partie ou la totalité de la plante, pendant un temps déterminé (10 à 30 mn), de la laisser ensuite macérer pendant un autre laps de temps et procéder enfin au filtrage à l'aide d'un papier spécial ou d'une toile à trame fine. On prend, généralement, 10g d'eau pour un gramme de produit végétal. [11]

▪ Poudre

Les plantes des séchées (entières ou feuilles, graines, racines ou écores) sont broyées, puis incorporées aux aliments (marmelade, confiture). [12]

▪ La macération

Les macérations concernent généralement les plantes dont les substances actives risquent de disparaître ou de se dégrader sous l'effet de la chaleur (par ébullition). Elles peuvent être définies comme des infusions froides de longue durée (de plusieurs jours) [10]. Cette préparation s'obtient en mettant les plantes, en contact, à froid, avec un liquide quelconque. Ce liquide peut être du vin, de l'alcool, de l'eau ou de l'huile. Le temps de contact est parfois très

long, en effet, les plantes aromatiques ou amères devront macérer entre deux et douze heures. Les macérations à l'eau sont plus rarement employées, car elles ont l'inconvénient de fermenter facilement ne doivent pas de toute manière, excéder une dizaine d'heures. Sauf indication médicale, macérations se préparent à raison d'une de plante pour vingt parts de liquide. [11]

- **Teintures**

Couper la plante en petits morceaux et la mettre dans un bocal ou une bouteille en verre, couvrir la plante avec un alcool fort (rhum); bien fermer et laisser reposer une semaine à l'obscurité; filtrer et garder le liquide dans un flacon bien fermé, à l'ombre conservation plusieurs mois. [11]

- **Compresses**

Elles stimulent les tissus et les organes au travers de la peau. On les utilise en cas de douleurs musculaires, de blessures ou de contusions. Pour ces dernières, tout comme pour les inflammations de la peau, on recommande d'employer des compresses froides. Pour faire soit même une compresse, il est nécessaire de préparer une infusion ou une décoction d'herbes (proportions, 1 à 2 cuillerées à soupe pour chaque 20 ou 30 cl d'eau) tremper un morceau de coton ou une compresse dans le mélange, égoutter un peu appliqué sur la zone concernée durant cinq à dix minutes fréquence 1 à 3 fois par jour. [13]

- **Cataplasme**

Le cataplasme s'obtient en broyant la plante fraîche, et en l'appliquant ensuite sur la zone à traiter. les plantes doivent être parfaitement propres avant d'être broyées, et doivent même être trempées dans une solution antiseptique neutre si elles doivent être appliquées sur une plaie, et qu'elles ne sont pas elles-mêmes antiseptique. On peut aussi faire des cataplasmes chauds, en utilisant des plantes cuites dans ce cas faire attention de ne poser le cataplasme qu'une fois qu'il a atteint une température acceptable (afin d'éviter de brûler la personne) une fois posé, le cataplasme doit être recouvert d'un linge, ou d'une bande si nécessaire. [14]

- **L'infusion**

L'infusion est la forme de préparation la plus simple; on l'applique généralement aux organes délicats de la plante : fleurs, feuilles aromatiques, sommités ... Cette forme

permet d'assurer une diffusion optimale des substances volatiles : essences, résines, huiles... [10]. L'infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes, il s'agit d'un procédé semblable à la préparation d'un thé commun dans une théière. On emploie, en général, comme pour la décoction, un produit végétal pour dix parts d'eau. [15]

I.2. Présentation de la plante étudiée

I.2.1. La famille des Zygophyllaceae

Cette famille comprend environ 25 genres et 500 espèces; elle est représentée dans tous les continents mais principalement dans les régions arides: ainsi au Sahara on observe 7 genres et 27 espèces, c'est-à-dire que les Zygophyllacées forment plus de 3% de la flore de notre désert. Parmi ces Zygophyllacées sahariennes, plus de tiers des espèces et de nombreuse variétés sont des endémiques du Sahara ; c'est, sous le rapport de l'endémisme, le groupe le plus intéressant de toute la flore nord-africaine [16]. Les plantes appartenant à cette famille, sont très reconnaissables à l'aspect de ses herbes, arbustes, ou arbres, elles ont des feuilles stipulées, très polymorphes.

Les fleurs de 4 à 5 mètres, isolées ou inflorescences, la corolle, est également de 4 à 5 mètres, et parfois nulle. Généralement, ces plantes renferment 10 étamines, le plus souvent, à stipules unies, un ovaire de 4 à 5 carpelles, à un ou plusieurs ovules par loge. Ses fruits, sont en général, capsulés, loculicides, ou septicides, se dissociant en coques, parfois bacciformes, ou drupacés. [17]

I.2.2. Le genre *Zygophyllum* :

Le genre *Zygophyllum*, numériquement le plus important de la famille, comprend une centaine d'espèces des désert et des steppes du Vieux Mondes. Ce sont des buissons ramifiées, à feuilles opposées pourvues d'une paire de folioles ; celle-ci tantôt étroite et cylindrique comme chez les espèces nord-africaines, tantôt aplaties en raquette comme chez beaucoup de types sud-africaines ou asiatiques. Sept espèces en Afrique de nord , dont l'une (*Zygophyllum simplex*) est aisément reconnaissable à ses feuilles simples et sa racine grêle , et les six autres étant par contre difficiles à distinguer entre elles ; leur morphologie est en effet très analogue, les seuls caractères distinctifs valables reposent sur la forme de fruit , les

échantillons sont à peu près toujours indéterminables et comme la forme de fruit se modifie sensiblement au cours de son développement, les échantillons présentant des fruits immatures sont eux-mêmes d'une détermination délicate ; il paraît d'ailleurs exister de nombreux termes de passage entre ces espèces, dont certaines sont probablement des hybrides. [16]

I.2.3. Intérêt biologique du genre *Zygophyllum* :

Beaucoup d'espèces de ce genre ont des propriétés thérapeutiques remarquables, et sont utilisées en médecine traditionnelle. Nous allons citer quelques exemples d'espèces de très grande importance thérapeutique :

- *Zygophyllum album* : ses extraits aqueux sont utilisés dans le traitement des diarrhées [18], et du diabète [19]. Ils sont carminatifs, antiseptiques, et stimulants. [20]
- *Zygophyllum cornutum* : cette espèce est utilisée dans le traitement du diabète. [21]
- *Zygophyllum eichwaldii*: cette espèce a de nombreuses propriétés, antiseptiques, anti-eczéma, anti-diabétiques, anti-bactériennes et anti-fongiques. [22]
- *Zygophyllum coccineum*: c'est une plante commune en médecine traditionnelle dans les pays méditerranéens, elle est utilisée contre le rhumatisme, la goutte et l'hypertension [23], et le diabète. [24]
- *Zygophyllum gaetulum*: très connue pour ses propriétés anti-diabétiques [25], elle est également anti-spasmodique, anti-eczéma et est un bon remède pour l'estomac. [26]
- *Zygophyllum geslini*: cette espèce est utilisée contre le diabète [27], elle a également des activités cytotoxiques. [28]

I.2.4. *Zygophyllum album* L

Le *Zygophyllum album* connu sous le nom «Aggaya», est une espèce du genre *Zygophyllum* de la famille des *Zygophylaceae*, Cette plante vivace est haute de 60 cm. Sa tige est très ramifiée. Les rameaux ligneux, nombreux et de couleur blanche voire grise, sont garnis par des feuilles opposées, réduites, gorgées d'eau. Les fleurs sont blanches. Les étamines sont nombreuses. L'ovaire est anguleux, à 5 lobes plus ou moins saillants. La floraison a lieu au mois de Mars. Le fruit est dilaté en lobes au sommet.

Le genre *Zygophyllum* est le plus répandu de la famille. Ce sont des plantes très adaptées au milieu désertique par leur système de racines horizontales qui parcourent de longues distances et absorbent la moindre goutte d'eau. [29]

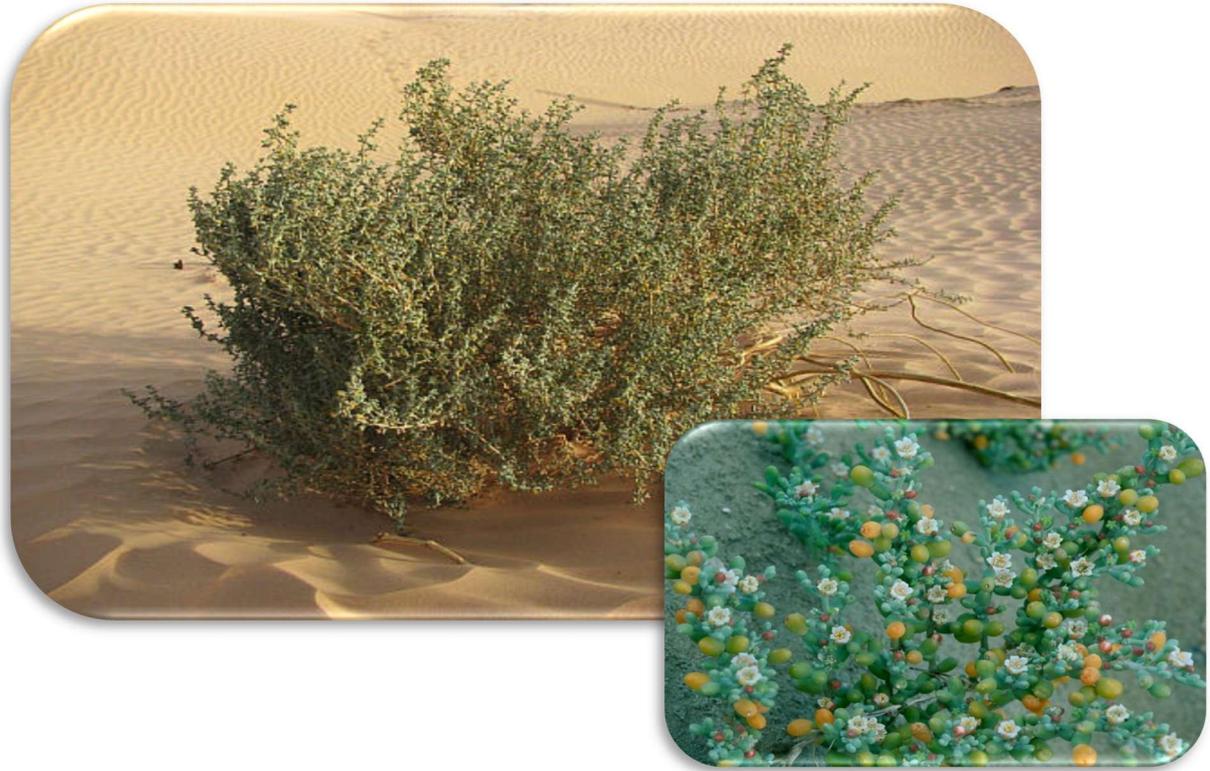


Figure (I.1) : Image de la plante *Zygophyllum album* L [29]

➤ **Classe dans la systématique :**

Tableau (I.1) : Position systématique de la plante *Zygophyllum album L.* [30]

Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Division	Magnoliophyta
Classe	Endicots
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Zygophyllaceae
Genre	Zygophyllum
Espèce	<i>Zygophyllum album L</i>
Noms vernaculaires :	Aggaya, Bougriba

➤ **La morphologie et localisation :**

C'est une plante vivace, en petit buisson très dense, pouvant dépasser les 50 cm de haut et 1 m de large, de couleur vert blanchâtre. Tiges très ramifiées. Feuilles opposés, charnues, composée, à deux folioles. Fleurs blanchâtres. Fruits dilatés en lobe au sommet.

Elle se rencontre, en pieds isolés dans les zones sableuses un peu salées, et en colonies sur de grandes surfaces, sur sols salés et sabkha. Elles sont communes dans tout le Sahara septentrional. [31]

Zygophyllum album : pédoncule fructifère bien plus court que le fruit, la partie libre des carpelles sensiblement aussi longue que la partie soudée. Commun dans le sud-tunisien, plus rare dans le sud-algérien : El Golea, Fort-Polignac (Illizi). [16]

➤ **L'utilisation :**

La plante est utilisée dans la médecine traditionnelle comme un remède pour les rhumatismes, la goutte, asthme et comme diurétique.

- Pharmacopée : elles sont utilisées, en décoction, en poudre ou en pommade pour les traitements des diabètes, des indigestions et des dermatoses. [16]
- Intérêt pastoral : ce sont des plantes bien broutée par les dromadaires. [17]

CHAPITRE II



ÉTUDE DES MÉTABOLITES SECONDAIRES

II.1. Définition

Ces substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit en industrie agroalimentaire, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés bioactifs on retrouve les métabolites secondaires. Ces substances font l'objet de nombreuses recherches basées sur les cultures *in situ* et *in vitro* de tissus végétaux. Les métabolites secondaires sont des substances dont les fonctions ne sont pas indispensables à la plante; la plupart de ces métabolites jouent un rôle dans la défense contre les prédateurs et les pathogènes. Ils interviennent également dans le but d'attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination des fruits. Ils ont des rôles écologiques (allomone, phéromone...). Ces molécules furent sélectionnées au cours de l'évolution pour l'interaction qu'elles ont avec un récepteur d'un autre organisme. [32]

II.2. Intérêts des métabolites secondaires

II.2.1. Rôle pour la plante

Les molécules issues du métabolisme secondaire remplissent des fonctions très importantes différents niveaux de la vie des plantes; on cite comme exemple:

- ☑ Co-piégeurs de photons: Lors de la photosynthèse certains pigments captent l'énergie lumineuse dans les mêmes longueurs d'ondes de la chlorophylle. [33; 34]
- ☑ Guides à nectar en lumière visible ou en UV (exemple les flavonoïdes). [33]
- ☑ Défense de la plante contre les virus, les microorganismes, les insectes, les herbivores et les autres plantes pour éliminer la concurrence. [34] On note aussi que des très nombreuses molécules de métabolisme secondaire ont des propriétés thérapeutiques intéressantes comme les alcaloïdes, les hétérosides, les flavonoïdes, les tannins. [34] Quelques exemples sont cités dans le tableau (II.1).

Tableau (II.1): Propriétés thérapeutiques de quelque métabolite secondaire des plantes [34]

Flavonoïdes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couleur et contrôle de la croissance et du développement des plantes, effet attracteur sur les insectes et les oiseaux pollinisateurs, rôle de phytoalexines. [33] ▪ Inhibiteurs d'enzymes, Activité anticancéreuse. ▪ Antibactérienne, antifongique et hypoglycémiant, [34] ▪ Antioxydants.
Tanins	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colorants naturels. ▪ Antimicroorganismes [34]
Alcaloïdes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antitoxiques, défense contre les agressions des insectes et des animaux, control la croissance et la reproduction. Activité analgésique (cocaine), contre la goutte (colchicine), diurétique (theobromine) excitant cardio- respiratoire (théophylline) [34]
Saponosides	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Activités analgésique, antidiabétique, anticancéreuse, cardiovasculaire, diurétique et spasmolytique. Activité hypoglycémiant. [34]

II.2.2. Rôle pour l'Homme

Les métabolites secondaires végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. Ces composés sont en grande mesure illustrés en thérapeutique. [35]

II.3. Utilisations des métabolites secondaires

II.3.1. En médecine :

Les métabolites secondaires qui font la base des remèdes pour l'Homme :

- En urologie, dermatologie, gastrites aiguës, toux, ulcères d'estomac, laxatifs, sommeil et désordres nerveux.
- Systèmes cardiovasculaires, ex : Flavoce est un médicament constitué par la flavone non substitué en combinaison avec la rutine et isoquercétine est utile dans le traitement de l'athérosclérose.
- Drogues immunostimulantes, antispasmodiques et anti-inflammatoire extraits des plantes *Melaleuca alternifolia* et *Echinacea angustifolia*.
- Contre le diabète (*Azadirachta indica*).

- Les maladies du stress, ces métabolites ont une activité antioxydante, tels le thé noir, le thé vert et le cacao sont riches en composé phénoliques, parmi lesquels theaflavine, le resveratrol, le gallate et epigallocatechine procyanidine. [36]
- Activité antimicrobienne, antivirale, antiparasitaire: depuis des périodes très anciennes ces substances naturelles ont joué un rôle important dans la découverte de nouveaux agents thérapeutiques tels : la quinine obtenue à partir du quinquina "Cinchona" a été avec succès employée pour traiter le malaria, Et l'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*) est renommé aussi pour ses propriétés : anti-infectieux, antifongiques, mais aucune plante n'est aussi efficace que les médicaments antirétroviraux pour arrêter la réplication du VIH. [37]

II.3.2. En Agriculture

Les huiles de l'arbre *Azadirachta indica* ont des utilisations dans l'agriculture, dans le contrôle de divers insectes et nématodes (vers parasites). [37]

II.3.3. En alimentation

Les épices et les herbes aromatiques contenant des diverses métabolites sont utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsables des plaisirs de la table, considérées comme condiments et aromates, ont été et reste très liée à leurs propriétés organoleptiques. Mais également ces métabolites trouvent leur utilisation comme suppléments diététiques. [37]

II.3.4. En cosmétique :

Des produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène. [37]

II.4. Classification des métabolites secondaire

Les métabolites secondaires sont produits en très faible quantité, il existe plus de deux cent mille (200 000) métabolites secondaires classés selon leur appartenance chimique en l'occurrence, les terpènes, les alcaloïdes, les composés acétyléniques, les cires, et les composés phénoliques [38 ; 39]. On distingue trois classes principales: [40]

- ↳ Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques flavonoïdes, anthocyanines tannins) et les quinones.

- ↳ Les alcaloïdes.
- ↳ Les terpenoïdes et leurs dérivés.

II.4.1. Les composés phénoliques

II.4.1.1. Généralités :

Les composés phénoliques également dénommés les polyphénols, sont des métabolites secondaires présents chez toutes les plantes vasculaires [41], ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction. [42]

Ils constituent un des groupes les plus nombreux et largement distribué des substances dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connues. [43]

Ces composés ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés). Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées. [44]

Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. [45]

II.4.1.2. Localisation

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) [46]. Ils sont présents aussi dans diverses substances naturelles comme les fruits rouges, le raisinetc. [47] Parmi les composés phénolique, dont 8000 sont connus : les flavonoïdes, les quinones phénoliques, ligans, les xanthones, les coumarines et d'autres classes existent en nombre considérable. [46]

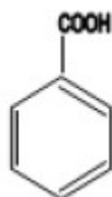
II.4.1.3. Classification des composés phénoliques:

La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux. On peut distinguer deux catégories: les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes. [48 ; 49]

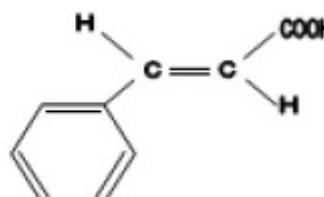
II.4.1.3.1. Polyphénols simples

II.4.1.3.1.1. Acides phénoliques

Ce sont des composés possédant une fonction acide en plus de la fonction phénol [50], représentés par deux groupes essentiels: les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques. Ils sont constitués d'un noyau phénolique et d'une chaîne latérale insaturée en C₃ [51]. Ces acides abondant dans les aliments se présentent sous forme d'esters, soit solubles s'accumulant dans les vacuoles, ou bien insolubles comme constituants de la paroi cellulaire. [52]



Acide Benzoïque



Acide Cinnamique

Figure (II.1) : Structures chimiques de base d'acides phénoliques. [53]

II.4.1.3.1.2. 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. [42]

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). [54]

Généralement, la structure des flavonoïdes est représentée selon le système C₆-C₃-C₆ [55] 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. [56; 57]

Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits, légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin ...)

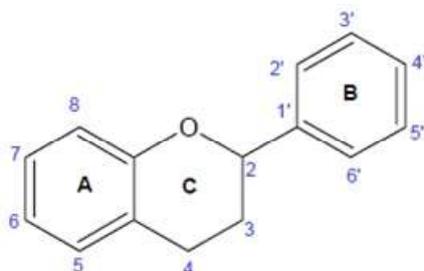


Figure (II.2) : Squelette de base des flavonoïdes. [58]

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. [59]

➤ 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 [59 ; 60]. 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'hésperitine dans l'orange, un jus d'orange contient entre 200 et 600 mg d'hésperitine/L. [61]

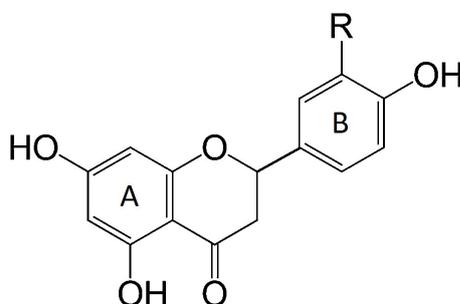


Figure (II.3) : Structure chimique des flavanones. [62]

➤ 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) [57 ; 63], le poireau, le chou et les baies telles que le cassis 5115 mg/kg de matière fraîche) [64]. Le thé contient aussi des flavanols à hauteur de 45 mg/L. [65]

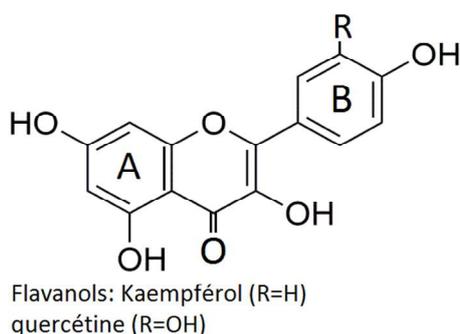


Figure (II.4) : Structure chimiques de flavanols. [62]

➤ 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, épigallocatéchine, épigallocatéchine gallate) [59]. 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]

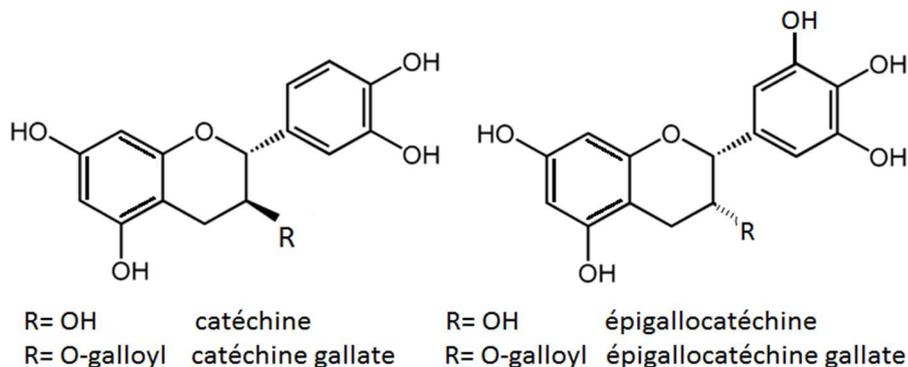


Figure (II.5) : Structure chimiques de certains flavan-3-ols. [59]

➤ **Flavones**

Dérivent des flavanones par une oxydation qui introduit une seconde double liaison dans l'hétérocycle. Dans plus de 90%, le cycle A est substitué par deux hydroxyles phénoliques n C₅ et C₇. Par exemple : Glucoside d'apigénine chez le blé et la tricéine chez blé. [62]

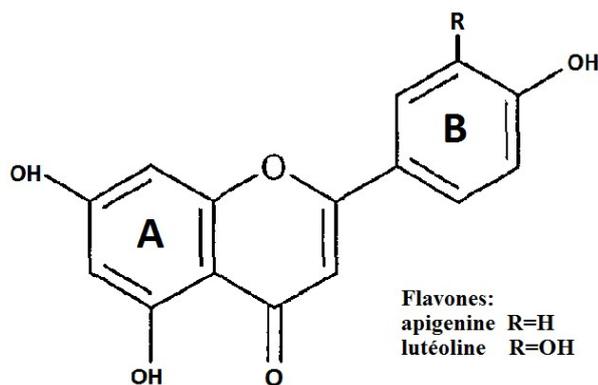


Figure (II.6) : Structure chimiques de flavone. [62]

➤ **Isoflavones**

Dérivent aussi des flavanones mais outre une oxydation centrale, il y a transposition du cycle latérale du C₂ au C₄ de l'hétérocycle. [62]

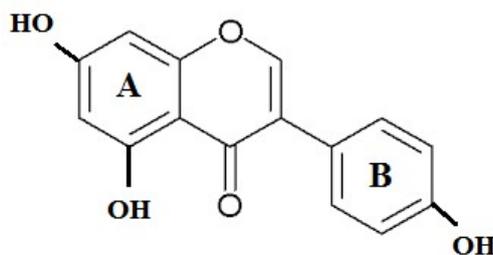


Figure (II.7) : Structure chimiques des isoflavones. [62]

➤ **Antocyanes**

Le terme « anthocyanes » à 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. [45]

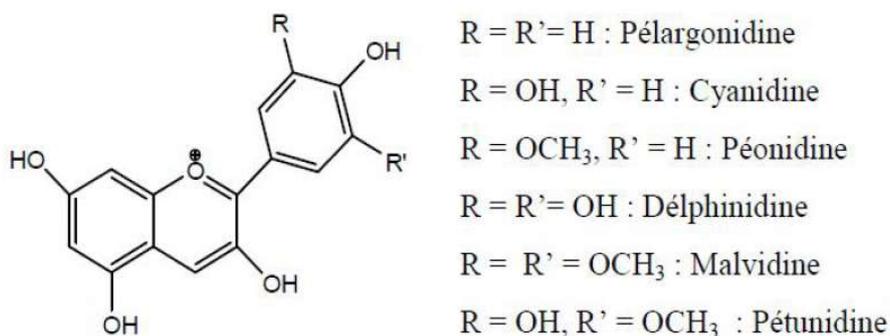


Figure (II.8) : Structure chimiques des anthocyanes. [62]

II.4.1.3.1.3. Alcools phénoliques

Un alcool phénolique est un composé organique possédant au moins un alcool aliphatique et un hydroxyle phénolique. Le tyrosol (4-hydroxyphenylethanol) et hydroxytyrosol (3,4 dihydroxyphenylethanol) sont les principales molécules de cette classe.

Ces composés sont très abondants dans l'olive (fruit et feuille), libres ou associés à l'acide élénolique. [67 ; 68]

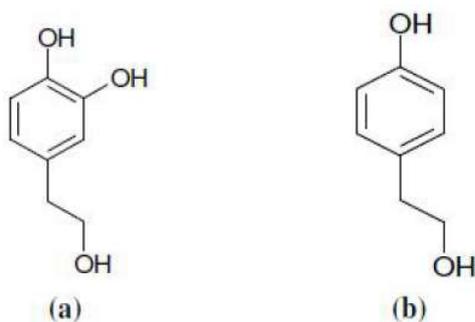


Figure (II. 9) : Structures de l'hydroxytyrosol (a) et du tyrosol (b). [69]

II.4.1.3.2. Polyphénols complexes (tannins)

Les tannins sont des composés phénoliques très abondants chez les angiospermes, les gymnospermes (tannins condensés) et les dicotylédones (tannins hydrolysables). Ces composés ont la capacité de se combiner et de précipiter les protéines. Ces combinaisons varient d'une protéine à une autre selon les degrés d'affinités.

Le terme tannin vient de la source de tanins utilisée pour le tannage des peaux d'animaux en cuir. Dans ce processus, les molécules de tanins se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques fongiques et bactériennes.

Selon la structure, on a deux types de tannins: les tannins hydrolysables et les tannins condensés, dits aussi: proanthocyanidines. [70]

II.4.1.3.2.1. Les tannins hydrolysables

Sont formés par liaison de plusieurs acides galliques à un carbohydrate (généralement le glucose). On parle de gallotannins, aussi des unités galloyles peuvent être ajoutées par liaisons esters, généralement en position C₃ de l'acide gallique. Et les unités d'acide gallique voisines s'accouplent formant les esters d'acide hexahydroxydiphénique, dits : ellagitannins. Ces deux groupes, les gallotannins et les ellagitannins sont appelés tannins hydrolysables. Comme leur nom l'indique, ces composés peuvent être dégradés en fragments simples (acides phénols et sucres).

L'acide gallique provient de la β -oxydation des composés C₆-C₃, comme l'acide coumarique ou les acides oxygénés correspondants. Mais, l'acide shikimique est considéré comme le meilleur précurseur. [71]

II.4.1.3.2.2. Les tannins condensés

Les tanins condensés, appelés aussi les proanthocyanidines sont des polymères formés d'unités répétitives monomériques qui varient par leur centre asymétrique et leur degré d'oxydation. Les formes naturelles monomériques des flavan-3-ols se différencient par la stéréochimie des carbones asymétrique C₂ et C₃ et par le niveau d'hydroxylation du noyau B. On distingue ainsi les catéchines (dihydroxylées) des gallocatéchines (trihydroxylées). [72]

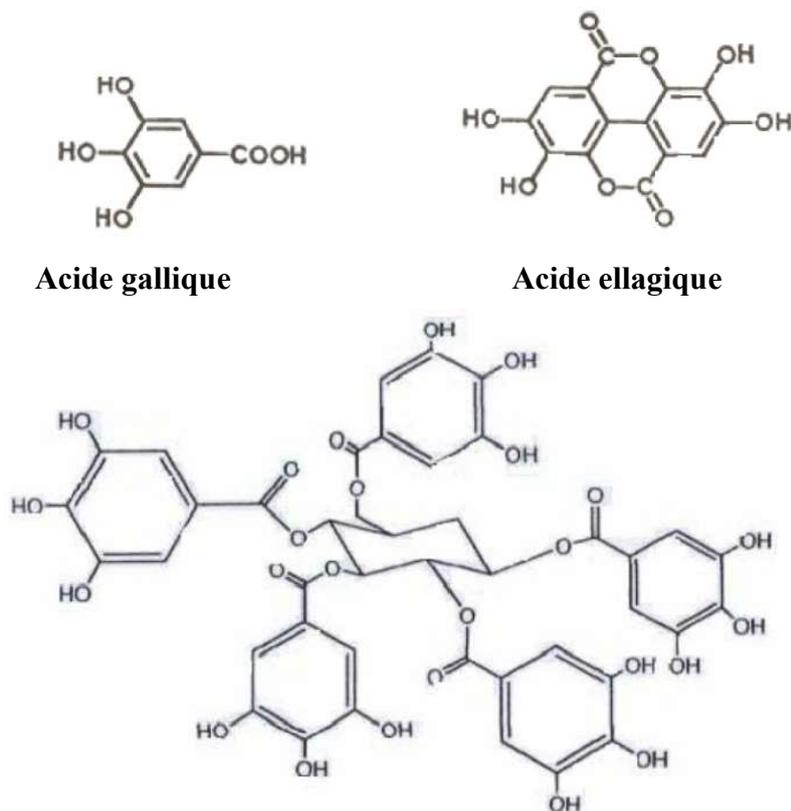
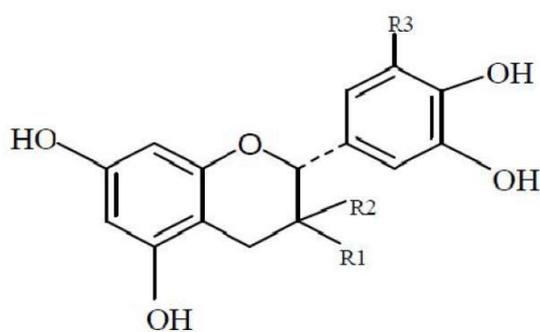


Figure (II. 10) : Structures générale d'un tannin hydrolysable. [72]



Nom	R1	R2	R3
(+) - catechine	OH	H	H
(-) - épicatechine	H	OH	H
(+) - gallo catechine	OH	H	OH
(-) - épigallo catechine	H	OH	OH

Figure (II.11) : Structure chimique des unités monomériques constitutives des tanins condensés. [72]

II.4.1.4. Le rôle des composés phénoliques

II.4.1.4.1. 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. [73]

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. [74]

Ils sont impliqués dans la réaction de défense du palmier dattier contre le bayoud, maladie infectieuse due à un champignon telle que *Fusarium oxysporum*. [75]

II.4.1.4.2. 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. [76]

II.4.1.4.3. Rôle biologique

Tableau (II.2): Activités biologiques des composés phénoliques. [77]

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 catéchiques	Antioxydantes

II.4.2. Les alcaloïdes

II.4.2.1. Généralités

Le terme «alcaloïde» a été introduit par W. Meisner au début du XIXème. La définition admise des alcaloïdes est celle donnée par Winterstein et Trier en 1910. Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe. [78]

Généralement, les alcaloïdes sont produits dans les tissus en croissance : jeunes feuilles, jeunes racines. Puis, ils gagnent ensuite des lieux différents et, lors de ces transferts, ils peuvent subir des modifications. Ainsi, la nicotine, produite dans les racines, migre vers les feuilles où elle est diméthyle. Chez de nombreuses plantes, les alcaloïdes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines, ces substances sont trouvées concentrées dans les

vacuoles [79]. Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques. [80]

Le plus souvent, la synthèse de ces alcaloïdes s'effectue au niveau de site précis (racine en croissance, cellules spécialisées de laticifères, chloroplastes); ils sont ensuite transportés dans leur site de stockage. [81]

II.4.2.2. Structure

Un alcaloïde est un composé organique hétérocyclique avec l'azote comme hétéroatome, sa structure moléculaire est complexe plus ou moins basique et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose. [51]

L'atome de l'azote provient, en général, d'un acide aminé dont la structure carbonée reste souvent intacte dans la structure finale de l'alcaloïde. [51]

II.4.2.3. Classification des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont divisés en trois classes :

Les alcaloïdes vrais représentent le plus grand nombre d'alcaloïdes, sont toxiques et disposent d'un large spectre d'activités biologiques. Ils dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ils sont présents dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme de sel, soit comme N-Oxyde. [78]

Les pseudo-alcaloïdes présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés [78]. Dans la majorité des cas connus, ce sont des dérivés d'isoprénoïdes (alcaloïdes terpéniques) et du métabolisme de l'acétate. [37]

Les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle, ils ont un caractère basique et sont élaborés in vivo à partir d'acide aminé. Ils sont souvent appelés « amines biologiques » et sont soluble dans l'eau. [78]

II.4.2.4. Propriétés des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont caractérisés par une solubilité faible dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et peuvent donner des colorations spécifiques avec certains réactifs (réactifs de

Mayer, de Dragendorf, de Wasicky, de Bouchardat), ils exercent en générale de puissantes action pharmacologique.

Les alcaloïdes ayant des masses moléculaires très variables de 100 à 900 g/mol. La plupart des bases non oxygénées sont liquides à température ordinaire celles qui comportent dans leur formule de l'oxygène sont des solides cristallisables, rarement colorés. [81]

II.4.2.5. Le Rôle des alcaloïdes

➤ Effet pharmacologique

Les alcaloïdes sont utilisées dans plusieurs médicaments, ils affectent chez l'être humain le système nerveux particulièrement les transmetteurs chimiques tels l'acétyl choline, norépinephrine, acide γ aminobutyrique (GABA), dopamine et la sérotonine d'autres effets pharmacologiques sont attribués également aux alcaloïdes telles que l'effet analgésique (cocaïne), anti-cholinergique (atropine), anti-malaria (quinine), anti-hypertensive (résérpine), antitussive (codéine), stimulant centrale (caféine), dépressant cardiaque et diurétique narcotique (morphine), anti-tumeur et sympathomimétique (éphédrine). [78]

➤ Effet sur la plante

Les alcaloïdes tout d'abord, ont des effets bénéfiques sur la plante synthétisante, parmi cet effet, selon DA CONCEICAO en (2010): Ils Régulent la croissance et le métabolisme interne végétaux, ils désintoxiquent et transforment les substances nocives au végétal, ils Protègent la plante contre les rayons ultraviolets comme ils ont des effets contre les herbivores. [80]

II.4.3. Les terpenoïdes

II.4.3.1. Définition

Le terme terpène inventé par Kekulé, vient de leur origine historique de l'arbre de terebinth: « *Pistacia Terebinthus* ». [82]

Le terme de terpénoïde est attribué à tous les composés possédant une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène, ces composés sont

majoritairement d'origine végétale [83]. Synthétisés par les plantes, organismes marins, les champignons et même les animaux. [84]

L'exploitation de ces composés s'effectuait sous forme d'huiles extraites de plantes (huiles essentielles) par le moyen de la distillation. [83]

II.4.3.2. Structure des terpenoïdes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte : leur formule brute est $(C_5H_x)_n$ dont le x est variable en fonction du degré d'insaturation de la molécule et n peut prendre des valeurs (1-8) sauf dans les polyterpènes qui peut atteindre plus de 100 (le caoutchouc). La molécule de base est l'isoprène de formule C_5H_8 .

Le terme terpenoïde désigne un ensemble de substances présentant le squelette des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone, etc.). [83 ; 84]

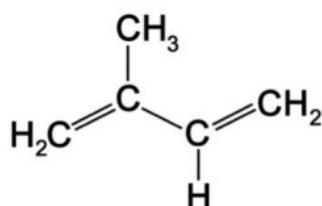


Figure (II.12): Structure de base de l'isoprène. [85]

II.4.3.3. Classification des terpenoïdes

La classification des terpenoïdes est basée sur le nombre de répétitions de l'unité de base isoprène en donnant des hémiterpènes (C_5), monoterpènes (C_{10}), sesquiterpènes (C_{15}), diterpènes (C_{20}), sesterpènes (C_{25}), triterpènes (C_{30}), tetraterpènes (C_{40}) et polyterpènes. [86]

Le terpenoïde le plus simple est un hydrocarbure, l'isoprène (C_5H_8). On peut classer tous les terpenoïdes en fonction du nombre de leurs unités isoprène. [87]

Tableau (II.3): Quelques exemples des différents types de terpenoïdes. [88]

N	Type de terpenoïdes	Squelette carboné	Exemples de molécule
1	Hémiterpène	C5	Isoprène
2	Monoterpènes	C10	Géranol Nérol, Myrcène, Citronnelle, Huiles essentielles
3	Sesquiterpènes	C15	Farnésol β -Cadinène, la chaîne de la chlorophylle, vitamine E
4	Diterpènes	C20	Rétinol, Sclaréol, Phytol
5	Sesterpènes	C25	Haslène
6	Triterpènes	C30	Squalène, phytostérol, lanostérol
8	Tetraterpènes	C40	α -Carotène
> 8	Polyterpènes	C > 40	Caoutchouc, Cytoquinine

II.4.3.4. Activités biologiques de composés triterpéniques

Les activités biologiques des triterpènes sont diverses, ces composés étant reconnus comme antimicrobiens, antimycotiques, virostatiques, toniques, hémolytiques, cytostatiques immun modulateurs, hépato protecteurs, ce qui peut les rendre favorables à l'usage pharmacologique [89], mais la plus importante des activités biologiques des triterpènes, est celle d'anti-inflammatoire non-stéroïdienne. [90]

II.4.3.5. Huiles essentielles

II.4.3.5.1. Définition

Les huiles essentielles sont des composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par, une forte et caractéristique odeur, les terpènes (principalement les monoterpènes) représentent la majeure partie (environ 90%) de ces composants [91]. Ils

constituent entre autre le principe odoriférant des végétaux. Ces molécules sont employées comme condiment (girofle) ou comme parfum (rose, lavande). [88]

Les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras (lipides) [85 ; 91]. Usuellement, sont obtenues par hydro-distillation, et elles sont plus ou moins modifiées au cours de la préparation. [81]

II.4.3.5.2. Effets biologiques

Plusieurs activités sont attribuées aux huiles essentielles: cholérétique, cicatrisante, neurosédative, spasmolytique, digestive, stomachique, antimicrobienne, anti-inflammatoire, désinfectante du système respiratoire [92], acidifiante, tonocardiaque, fluidifiante du sang, antivenimeuse, antispasmodique, pour la conservation tissulaire, sédation épidermique locale, revitalisation par oxygénation et défloculation du sang...etc. [93]

CHAPITRE III



ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE ET ANTIBACTERIENNE

III.1. Activité antioxydante

La protection contre les effets délétères induits par les radicaux oxygénés s'effectue à l'aide de trois types d'agents différents: les protéines non enzymatiques, Les enzymes tels que les superoxyde-dismutases et les glutathion-peroxydases et enfin les antioxydants d'origine nutritionnelle tels que les caroténoïdes, les tocophérols (vitamine E), l'acide ascorbique (vitamine C) et les polyphénols qui sont des antioxydants essentiels pour l'homme. [94]

III.1.1. Définition d'un radical libre

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 ré-apparier, 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. [95]

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 secondaires (radical peroxyde ROO•, radical alkoxyde RO•), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule. [96]

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 1O₂, peroxyde d'hydrogène H₂O₂, peroxy-nitrite ONOO⁻. [97]

III.1.2. Antioxydants

L'oxydation fait partie d'une réaction d'oxydo-réduction qui transfère des électrons d'une substance vers un agent oxydant. Cette réaction peut produire des radicaux libres qui entraînent des réactions en chaîne destructrices. Les antioxydants sont capables de stopper ou

de retarder ces réactions en chaîne en se réduisant avec les radicaux libres et annihilant ainsi leur action. Ces propriétés se trouvent beaucoup dans les familles des thiols et des phénols. [94]

III.1.2.1. Définition

Un antioxydant est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques. Il est défini par HALLIWELL comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat ». C'est une molécule qui est capable de neutraliser les formes actives de l'oxygène et permet de maintenir au niveau de la cellule et de l'organisme des niveaux non cytotoxiques de radicaux libres. [98]

III.1.2.2. Les sources des antioxydants

III.1.2.2.1. Les antioxydants synthétisés

Les antioxydants de synthèse sont introduits dans toutes les formulations contenant des corps gras insaturés et parfois aussi dans des phases aqueuses où se trouvent des extraits végétaux riches en oxydases. Leur concentration d'utilisation est généralement dix fois plus faible que celle des conservateurs et se situe entre 0,02 et 0,05 %. Ce sont: [99]

- le butylhydroxytoluène (BHT)
- le butylhydroxyanisole (BHA)
- les gallates de propyle, octyle et de dodécyle

Le tableau (III.1) montre quelques limites d'utilisation des antioxydants de synthèse.

Tableau (III.1): Quelques exemples d'utilisation réglementée des antioxydants de synthèse. [99]

Nature de l'aliment	Antioxydant	Concentration maximale (ppm)
Saindoux, graisse de boeuf, de volaille et de mouton, huile de poisson.	Gallates et BHA seuls ou en mélange	200
	BHT	100
Compléments alimentaires	Gallates, BHT et BHA	400
Soupes et viandes déshydratées, lait en poudre	Gallate et BHA seuls ou en mélange	200

III.1.2.2.2. Les antioxydants naturels

Les antioxydants naturels sont présents dans toutes les parties des plantes supérieures. Elles incluent le bêta carotène, l'albumine, les vitamines (E, C, P.), les composés phénoliques. [100]

III.1.2.2.3. Les vitamines :

➤ La Vitamine C (Acide ascorbique):

Est largement répandue dans les fruits comme : les légumes, les choux, le poivron, le persil, les agrumes et le kiwi. Elle joue un rôle important dans la régénération du vitamine E.

➤ La vitamine E :

Elle semble devoir fixer le radical hydroxyle avec formation d'une molécule d'ouverture de cycle. On la retrouve dans les huiles végétales (arachides, soja, chardon, tournesol, olive pressé à froid), les amandes, les graines, le lait, les oeufs, les légumes à feuilles vertes.

➤ Le β carotène

Il est présent dans les légumes verts, la salade, les carottes, l'abricot, le melon, les épinards, la papaye. [101]

III.2. L'activité antibactérienne

III.2.1. Généralités sur les bactéries

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires classés parmi les procaryotes, car ils ne possèdent pas de membrane nucléaire. Ce caractère les distingue des autres organismes unicellulaires classés parmi les eucaryotes (champignons, algues, protozoaires). Elles sont divisées en bactéries proprement dites (Bactérie) et bactéries primitives (Archaea). Toutes les bactéries rencontrées en pathologie appartiennent aux Bactérie.

Les bactéries ont généralement un diamètre inférieur à 1 μ m. On peut les voir au microscope optique, à l'état frais ou après coloration. Leur forme peut être sphérique (cocci), en bâtonnet (bacilles), incurvée (vibrions) ou spiralée (spirochètes). Les détails de leur structure ne sont visibles qu'en microscopie électronique. [122]

III.2.2. L'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne d'un antibiotique est caractérisée par la **CMI** (concentration minimale inhibitrice de la croissance bactérienne *in vitro*) et par la **CMB** (concentration minimale bactéricide laissant un nombre de survivants $\leq 0,01$ % de l'inoculum bactérien de départ). [122]

III.2.3. Les antibiotiques

L'élimination des microorganismes pathogènes fait appel à des substances dites antibiotiques. Ces derniers sont synthétisés par des microorganismes (le plus souvent des champignons). Ils ont la capacité soit de détruire les bactéries (effet bactéricide), ou d'inhiber leur croissance (effet bactériostatique). [122]

III.2.4. Classification des antibiotiques

Il existe plusieurs classifications des antibiotiques, elles sont basées sur le spectre d'action, la cible, ou la famille chimique. Les principales familles chimiques des antibiotiques sont: [122]

- ✓ Bêtalactamines: pénicilline et céphalosporines.
- ✓ Aminosides: streptomycine, gentamycine; Chloramphénicol et thiamphénicol.

- ✓ Cyclines: tétracyclines, doxycycline. Macrolides et apparentés érythromycine, léandomycine.

III.2.5. Propriétés antibactériennes

La thérapeutique des infections bactériennes se base principalement sur l'usage des antibiotiques. La prescription à grande échelle et parfois inappropriée de ces agents a entraîné la sélection de souches multi résistantes d'où l'importance d'orienter les recherches vers la découverte de nouvelles voies qui constituent une source d'inspiration de nouveaux médicaments à base des plantes, sous forme de métabolites secondaires dont les composés phénoliques, sont toujours utilisés dans l'industrie alimentaire et cosmétique et comme agents antimicrobiens en médecine populaire. Polyphénols notamment les flavonoïdes et les tannins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases et les carbohydrases) ou d'autres interactions pour inactiver les andésines microbiens, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire. [123]

PARTIE

EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE IV



MATÉRIELS ET MÉTHODES

IV. Matériels et méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau de laboratoire de valorisation et technologie des ressources sahariennes (VTRS) d'université Echahide Hamma Lakhdar d'El Oued. Ce travail comprend l'évaluation de l'activité antioxydant et antibactérien de la plante médicinale "*Zygophyllum album L*" dans la région d'El Oued.

IV.1. Matériels

IV.1.1. Matériels de laboratoire :

➤ Appareillages

- UV spectrophotomètre (UV-1800 SHIMADZU).
- Evaporateur rotatif (Rotavapor BUCHI Heating bath R-210).
- Etuve (Mommert, Beschickung-Loadig Modell 100-800).
- Balance électronique.
- Pompe sous vide.
- Bain Marie

➤ Produits chimiques

- Acide gallique 99% ($C_7H_6O_5$) Production par (PROLABO).
- Quersetine.
- DPPH 95% ($C_{18}H_{12}N_5O_6$) Production par (ALFA AESAR).
- Trichlorure d'aluminium ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$) Production par (BIOCHEM Chemopharma)
- Carbonate de sodium (Na_2CO_3) Production par (BIOCHEM Chemopharma).
- Réactif Folin Ciocalteu ($3H_2O, P_2O_5, 13WO_3, 5MoO_3, 10H_2O$) Production par (PROLABO).
- Ethanol 96% (CH_3-CH_2-OH) Production par (SIGMA- ALDRICH).
- Méthanol 99% (CH_3-OH) Production par (BIOCHEM Chemopharma).
- Acide Sulfurique 98% (H_2SO_4) Production par (BIOCHEM Chemopharma).
- Chloroforme ($CHCl_3$)
- Acide chlorhydrique (HCl)
- L'eau distillée

IV.1.2. Matière végétale

IV.1.2.1 Préparation des échantillons

La matière végétale utilisée est constituée de deux échantillons de la plante *Zygophyllum album* L secs et frais. La récolte a été effectuée à la wilaya d'El-Oued, à côté de l'université Echahid Hamma Lakhdar. Dans cette étude Nous utilisons les parties aériennes seulement.

L'espèce sélectionnée (*Z. album*) a été collectée dans leur habitat naturel en mois de novembre 2016. Les échantillons sont nettoyés puis mis à sécher dans un endroit sec et aéré, à température ambiante et à l'abri de la lumière solaire. Afin de préserver au maximum l'intégrité de sa composition chimique. Après le bien écrasé par la machine électrique, on garde la plante sèche dans un récipient en verre.

En mois de février 2017 et en même habitat naturel de notre plante, on choisit la plante comme elle est, et on le découpe pour des petits morceaux, on garde la plante fraîche dans un récipient en verre.

IV.2. Méthodes

IV.2.1. Extraction

Pour l'isolation des matières naturelles ou composées de la matière première avec l'utilisation des solvants, si la matière qu'on veut séparer est liquide on applique la méthode liquide-liquide ; si la matière est solide on applique l'extraction solide-liquide. [102]. Dans notre travail on utilise l'extraction par macération.

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. Elle consiste à la mise en contact du matériel végétal avec le solvant sans ou avec agitation, L'opération bien que généralement longue et a rendement souvent médiocre, est utilisée dans le cas d'extraction de molécules thermosensibles. [103]

➤ Mode d'opération

Après séchage (pour l'échantillon sèche), les plantes sont broyées, puis pesées (m=30g). Les matières végétale obtenue sont mise à macérer dans un mélange hydro-alcoolique 200 ml (Ethanol / eau distillée ; 70/30 ; V/V) à la température ambiante avec l'agitation pendant 24

heures. Les macéras sont filtrés sur un papier filtre. Les filtrats sont évaporés presque à sec au moyen d'un évaporateur rotatif muni d'une pompe à vide à une température 70°C pour éliminer le solvant. Les résidus secs obtenus ont été récupérés dans des flacons en verre hermétiquement fermé et conservé à -2°C pour protéger ses caractéristiques physicochimique. [104]

Les résidus obtenus sont dosés à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible afin de quantifier les teneurs en composés phénolique et évaluer le pouvoir antioxydant des polyphénols contenus dans les différents échantillons.

Le protocole d'extraction avec la macération est résumé dans la figure (IV.1).

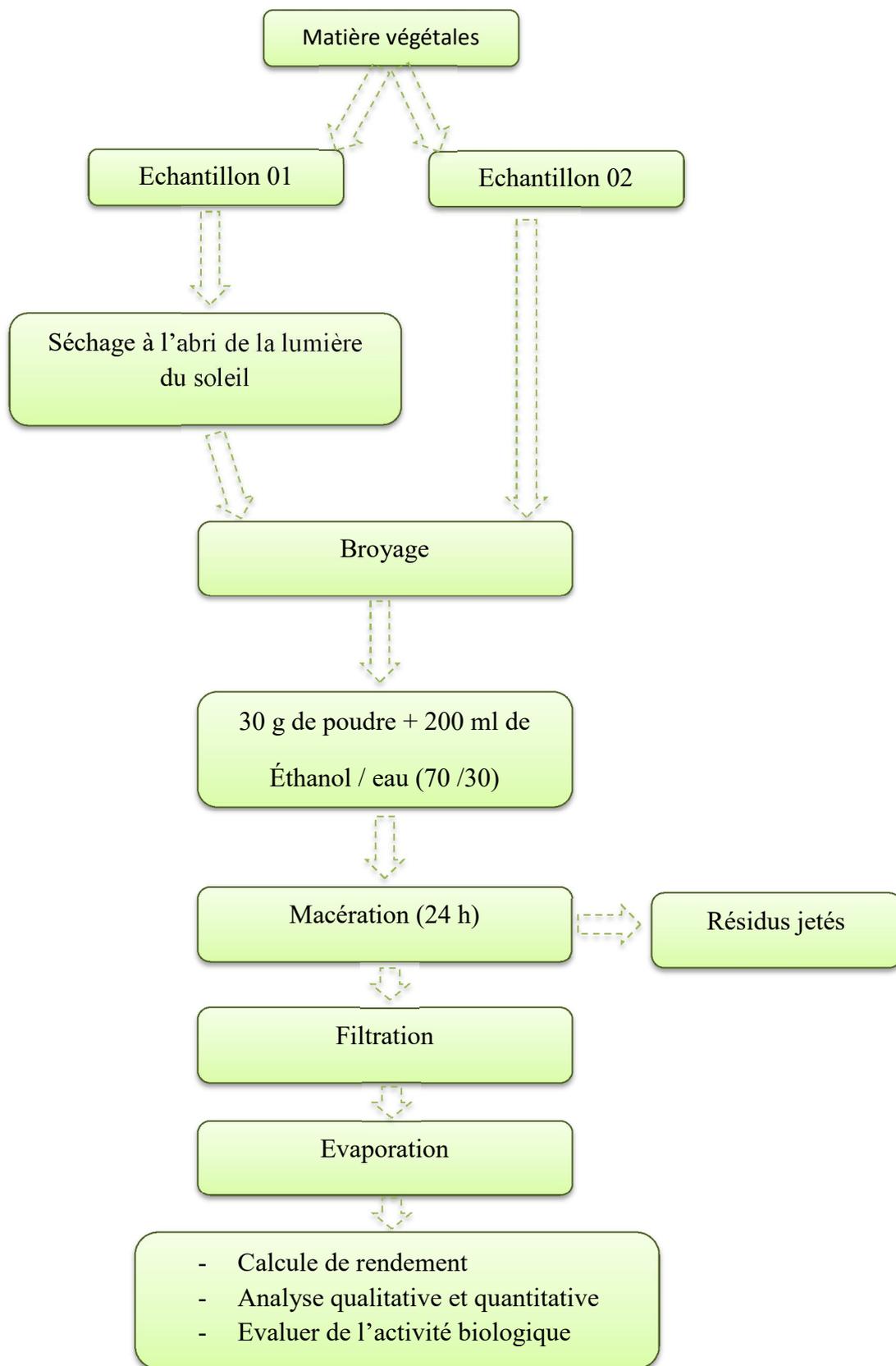


Figure (IV.1): Protocole d'extraction de la plante *Z. album*.

IV.2.2. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse de la matière végétal traité. Ce rendement est calculé via l'équation :

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

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. [105]



Figure (IV.2): Appareil Rotavapeur utilisé dans notre étude.

IV.2.3. 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 structure chimique donnée en solution, plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert.

- **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

$$A = \varepsilon \cdot L \cdot C \dots \dots \dots (IV.2)$$

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. [106]



Figure (IV.3): Le spectrophotomètre UV-visible

IV.2.4. Screening phytochimique

Le screening phytochimique représente l'ensemble des techniques qualitatives permettant la détermination des différents groupes chimiques contenus dans un organe végétal. Ce sont des réactions chimiques qui permettent d'identifier la présence des substances chimiques.

Les groupes phytochimiques sont nombreux, mais les principaux sont les polyphénols totaux y compris les flavonoïdes, les anthocyanes, les tannins, les coumarines, les alcaloïdes, les saponosides, les stéroïdes, les stérols, les terpènes...etc.

Le screening phytochimique a été réalisé tant sur les phases aqueuses qu'organiques par des réactions usuelles à l'aide des réactifs de caractérisation classiques. [107]

IV.2.4.1. Teste des alcaloïdes

On ajout des gouttes de réactif de Wagner à 1 ml de chaque extrait. L'apparition d'un précipité marron indique la présence des alcaloïdes. [120]

IV.2.4.2. Teste des Tanins

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 2 ml de chaque l'extrait, 1 à 2 gouttes de solution de chlorure ferrique (FeCl_3) diluée à 0,1%. L'apparition d'une coloration vert foncée indique la présence de tanins cathéchiques ou bleu-vert indique la présence des tanins galliques. [107]

IV.2.4.3. Test des Flavonoïdes

2 ml de chaque extrait a été traité avec 1 ml d'hydroxyde de sodium à concentration 0,5 Molarité la couleur vert jaunâtre indique la présence de flavonoïdes. [120]

IV.2.4.4. Test des Saponosides

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant un peu d'eau à 2 ml de l'extrait aqueux, puis la solution est fortement agitée. Ensuite, le mélange est laissé pendant 20 minutes et la teneur en saponosides est évaluée :

- Pas de mousse = test négatif

- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif
- Mousse de 1-2 cm = test positif
- Mousse plus de 2 cm = test très positif [107]

IV.2.5. Dosage quantitatif par des réactions colorimétriques

IV.2.5.1. 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. [108]

➤ 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 765 nm. [121]

➤ 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 765 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 matière sèche.

IV.2.5.2. Dosage des flavonoïdes totaux (FVT) :

La méthode utilisée pour l'estimation des taux de flavonoïdes est celle décrite par Ordonez. [109]

➤ 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. [110]

➤ 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 420 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'AlCl₃ à 2%.

Le blanc est représenté par le solvant utilisé additionné à l'AlCl₃ 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.

IV.2.6. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydant des extraits du *Zygophyllum album L* 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.

IV.2.6.1. Activité antioxydante totale (CAT) :

La capacité antioxydante totale (CAT) des extraits est évaluée par la méthode de phosphomolybdène. Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent

sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} à molybdène Mo (V) MoO_2^+ en présence de l'extrait pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V). [111]

➤ Mode opératoire

Un volume de 0.1 ml de chaque extrait est mélangé avec 1 ml de solution du réactif (0.6 M acide sulfurique, 28 mM phosphate de sodium et 4 mM molybdate d'ammonium). Les tubes sont vissés et incubés à 95°C pendant 90 min. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm contre le blanc qui contient 1 ml de la solution du réactif et 0.1 ml du solvant utilisé et il est incubé dans les mêmes conditions que l'échantillon. La capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme équivalents d'acide gallique par gramme de la matière sèche (mg EAG/ g MS). [112]

IV.2.6.2. 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 (IV.4)). [113]

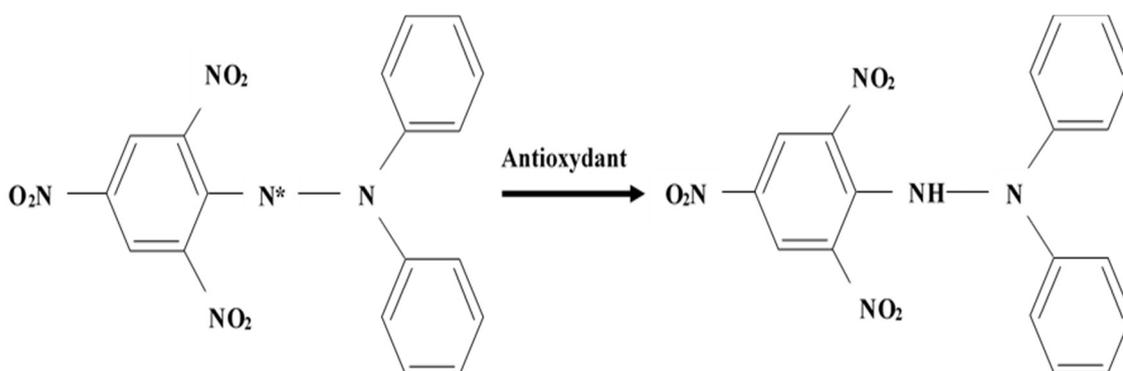


Figure (IV.4): Réduction du radical libre DPPH. [114]

➤ **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. [115]

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 de 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.

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

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{Abs_{Control} - Abs_{Extrait}}{Abs_{Control}} \times 100 \dots \dots \dots (IV.3)$$

Avec :

$Abs_{Control}$: Absorbance du control (ne contenant aucun antioxydant).

$Abs_{Extrait}$: Absorbance des extraits.

Le pourcentage d'inhibition est exprimé ensuite par la valeur de la IC_{50} , sachant que l' IC_{50} est la concentration d'extrait nécessaire pour l'obtention de 50% de la forme réduite du radical DPPH. [116]

IV.2.7. Evaluation de l'activité antibactérienne

IV.2.7.1. Description des bactéries étudiées :

- **Escherichia coli** : Escherichia coli est un bacille à gram négatif, de forme non sporulée, de type anaérobie facultatif, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6 μm , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5 μm . [122]



Figure (IV.5) : Escherichia coli

- **Staphylococcus aureus** : Les espèces Staphylococcus aureus sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique, avec un diamètre de 0.8 à 1 μm . [122]

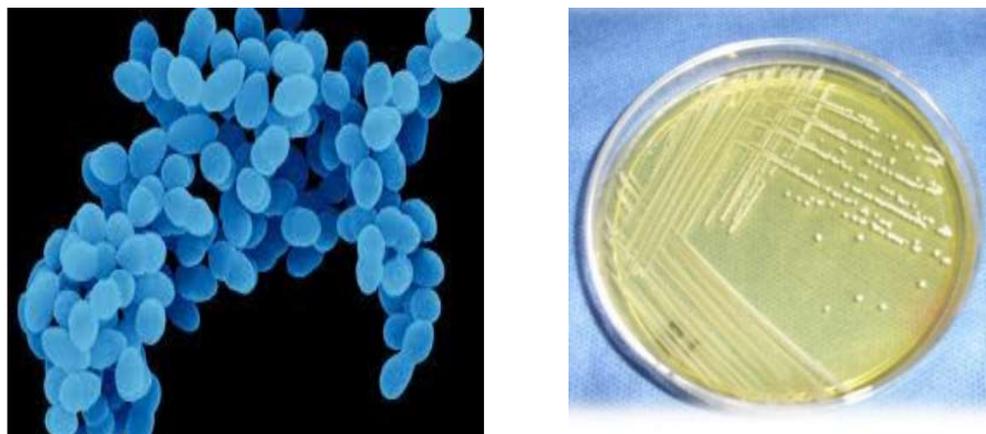


Figure (IV.6): Staphylococcus aureus

- **Pseudomonas aeruginosa** : Les espèces Pseudomonas aeruginosa sont des bacilles à Gram négatif, ces bactéries fines sont de 1.5 à 3 μm de long et 0.5 à 0.8 μm de large. [122]



Figure (IV.7) : *Pseudomonas aeruginosa*

IV.2.7.2. Tests d'activité antibactérienne :

Les tests d'activité antibactérienne sont réalisés au niveau du laboratoire de faculté de sciences de la nature et de la vie de l'université Echahid Hamma Lakhdar – El-Oued.

IV.2.7.2.1. Les souches antibactérienne testées :

Les germes qui ont été testés pour déceler l'activité antimicrobienne des extraits de la plante (*Z. album*) sèche et fraîche sont les suivants : trois souches de collection internationale ATCC (American Type Culture Collection).

- ✓ *Escherichia coli* ATCC 25922.
- ✓ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923,
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

IV.2.7.2.2. Matériel et produits :

Boîtes de Pétri, pipettes graduée, éprouvettes graduée, pinces fines, bec Bunsen, Gélose Nutritive, Milieu de culture, Mueller Hilton, solution physiologique, papier de Wattman, antibiotique Gentamicine.

IV.2.7.2.3. Conservation des souches :

Les souches sont conservées à 5°C dans des tubes stériles contenant 10 ml de milieu de culture incliné (gélose nutritive).

IV.2.7.2.4. Les milieux de culture :

Les milieux de culture utilisés pour la réalisation des tests antimicrobiens sont les suivants :

- La gélose nutritive pour l'isolement et l'entretien des souches bactériennes.
- La gélose Mueller Hinton pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux différents extraits de plantes.

IV.2.7.2.5. Préparation des solutions tests :

Pour la préparation des solutions des différentes concentrations, on a utilisé éthanol et l'eau distillée (70/30 ; v/v) comme solvant de dilution pour les extraits.

IV.2.7.2.6. Préparation des prés cultures :

Les souches microbiennes à tester ont été cultivées dans des boîtes de pétrie contenant de la gélose nutritive. Après 18 h d'incubation à 37°C.

IV.2.7.2.7. Préparation des disques :

Cette préparation se fait à partir du papier Wathman n° 3 qui est découpé en disques stérile de 5 mm de diamètre.

IV.2.7.2.8. Méthode de diffusion à partir d'un disque solide:

La méthode de diffusion à partir d'un disque solide a été utilisée pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne des germes pathogènes vis-à-vis des antibiotiques et des extraits bruts.

IV.2.7.2.9. Test de sensibilité aux l'extrait de plante : antibioaromatogramme:**✓ Milieux de culture :**

Cette étape consiste à faire couler les boîtes de pétrie avec le milieu chaud Mueller Hinton pour les souches bactériennes, milieu. L'épaisseur de la gélose doit être de 4mm.

✓ **L'ensemencement :**

L'ensemencement de la surface gélosée, Les boîtes ainsi ensemencées sont mises à sécher 15 mn à 37°C.

✓ **Application des disques :**

Trois boîtes sont utilisées pour chaque souche. Un disque de papier Wathman N03 stérile de 5 mm de diamètre est imbibé de 10µl d'extrait par un micro pipette, puis déposé à la surface de la gélose ensemencée. L'ensemble est incubé pendant 24 heures à 34°C.

✓ **Lecture :**

Dès l'application des disques imprégné l'extrait diffuse de manière uniforme et après 24 heures d'incubation, la présence autour des disques d'une zone d'inhibition circulaire dans laquelle il n'y a pas de croissance de micro-organismes dénote la sensibilité de ceux-ci à cet extrait. Plus la zone d'inhibition est grande, plus le germe est sensible. Le screening antimicrobien a été effectué avec 3 types de concentrations pour chaque extrait. [4]

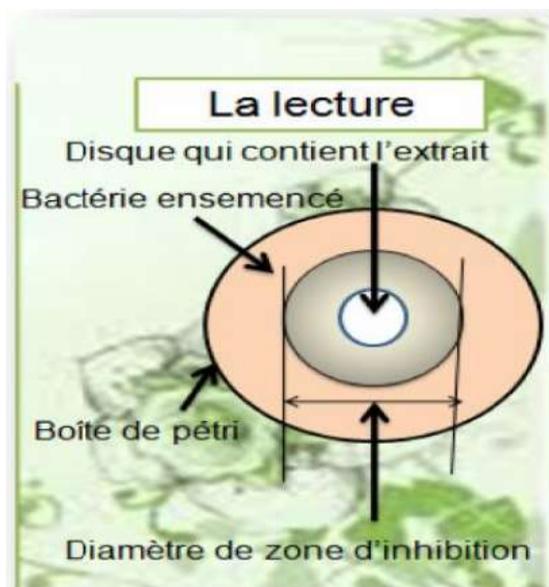


Figure (IV.8): Lecture de zone d'inhibition

CHAPITRE V



RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

V. Résultat et discussions

V.1. Rendement d'extraction

Le rendement qui a été déterminé par rapport à 30g de matière sèche et fraîche est exprimé en pourcentage. Les résultats obtenus sont présentés graphiquement dans la figure (V.1) :

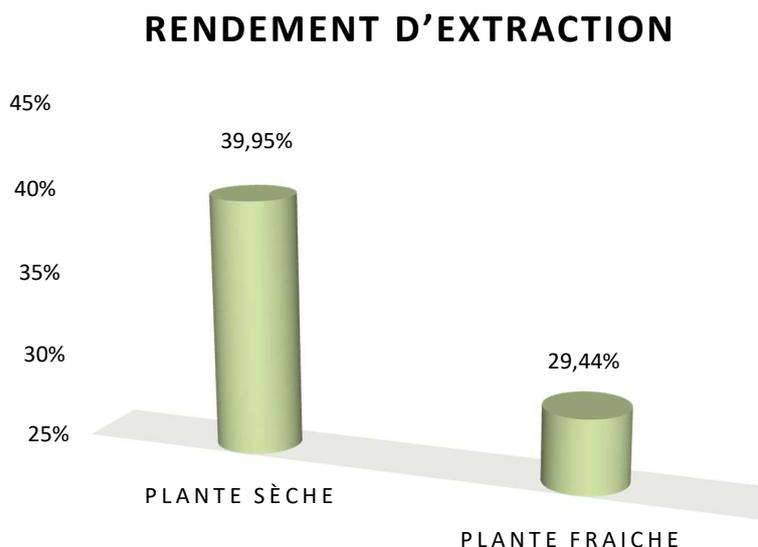


Figure (V.1): Rendement d'extraction de la plante *Z. album* sèche et fraîche.

Au vu des résultats rapportés dans la figure (V.1), il apparait un écart de 10,51% entre le rendement d'extraction de la plante *Z. album* sèche est de 39,95% par contre la plante *Z. album* fraîche est de 29,44%, Cette différence est due au poids de l'échantillon frais ne sont pas précis, et que la présence d'eau dans ce dernière plus que l'échantillon sèche.

D'une manière générale, le meilleur rendement d'extraction est obtenus avec un teneur d'eau moins dans la plante. [117]

V.2. Résultat de Screening phytochimique

Le screening phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence de métabolites secondaires au niveau de notre plante. La détection de ces composés chimiques est basée sur des essais des réactions de précipitation et un changement de couleur spécifique.

Les tests phytochimiques ont été réalisés sur les deux extraits, mentionnés dans le tableau (V.1), montrent la présence des flavonoïdes, des saponosides, des tanins et des alcaloïdes.

La mise en évidence des flavonoïdes par l'apparition d'un couleur vert jaunâtre.

La quantité des Saponosides dans l'extrait de la plante *Z. album* sèche présente une quantité élevée par rapport l'extrait de même plante fraîche.

Le test positif des alcaloïdes et des tanins nous a montré leur présence avec une apparition d'un précipité marron et une couleur vert foncée.

Tableau (V.1) : Résultat de Screening phytochimique de la plante *Z. album* sèche et fraîche.

	<i>Z. album</i> sèche	<i>Z. album</i> fraîche
Flavonoïdes	+	+
Saponosides	++	+
Alcaloïdes	+	+
Tanins	+	+

+++ indique relativement une très forte présence

++ indique relativement une présence moyenne

+ indique relativement une présence faible

- indique relativement une présence nulle

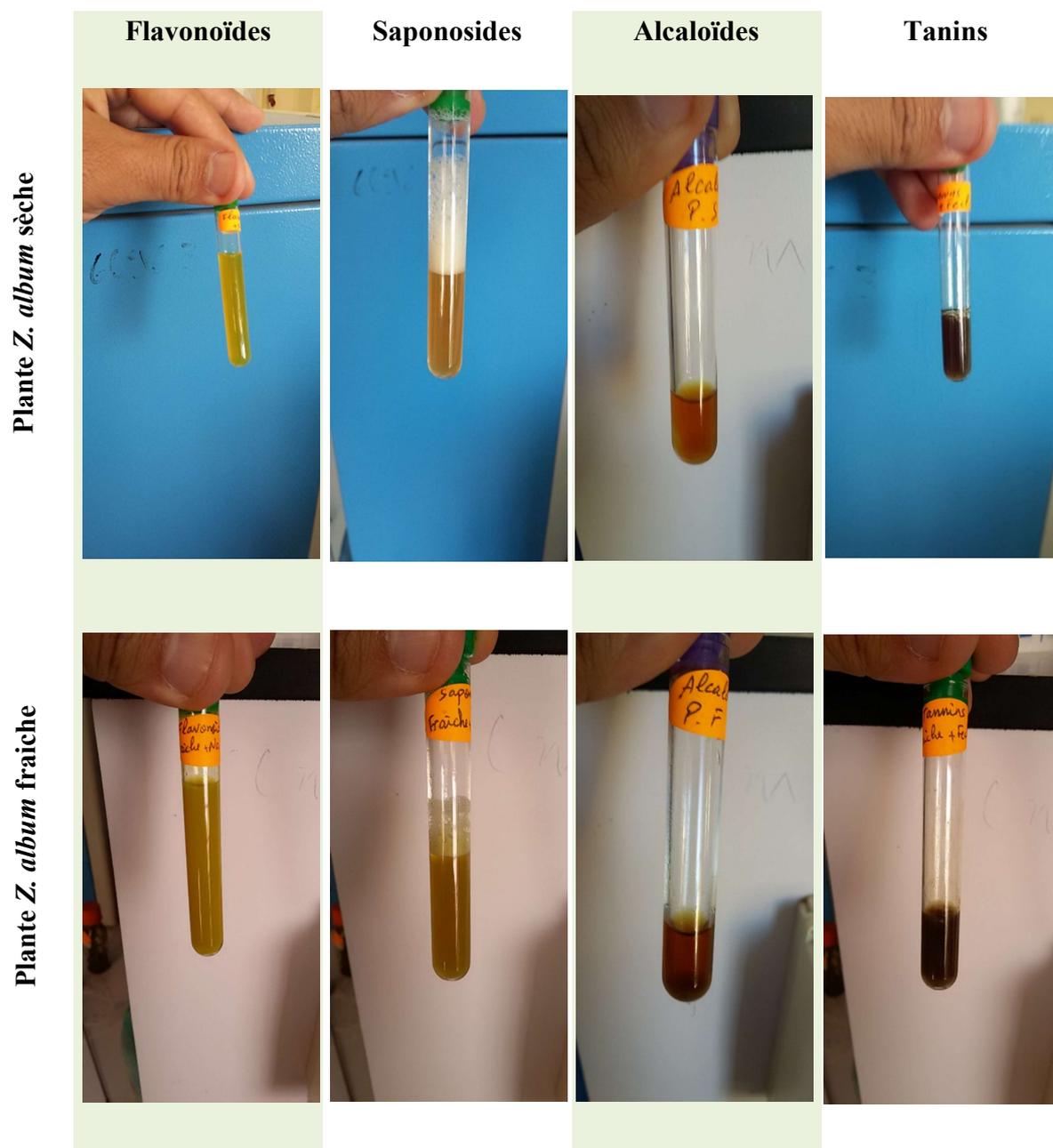


Figure (V.2) : Résultat de Screening phytochimique

V.3. Résultats de Dosage des composés phénoliques par la méthode colorimétrique :

L'étude quantitative des extraits bruts, préparés à partir de la plante *Z. album* sec et frais, au moyen des dosages spectrophotométriques avaient pour objectif la détermination de la teneur des composés phénoliques. La raison principale pour le choix de ces substances liées avec des effets pharmacologiques des plantes. Les droites d'étalonnages ont été tracées pour cette objectif qui sont réalisées avec des solutions d'étalons à différentes concentrations. [118]

Les quantités des composés phénoliques ont été rapportées en milligramme d'équivalents de l'étalon utilisé par gramme d'extrait et déterminés par l'équation de type :

$$y = ax + b \dots \dots \dots (IV. 1)$$

Avec :

y : la valeur d'absorbance.

x : la concentration d'étalon en mg/ml.

V.3.1. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée de Singleton et Ross avec le réactif de Folin-Ciocalteu. La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différentes concentrations, la courbe montre une linéarité de l'absorbance en fonction des concentrations (figure V.3).

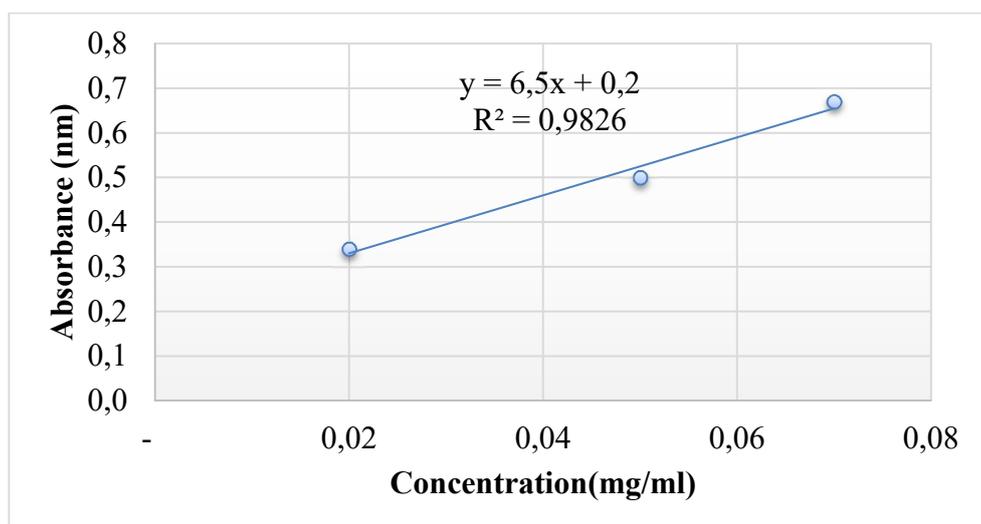


Figure (V.3): Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour dosage des polyphénols totaux.

La figure (V.4) résume les résultats obtenus des teneurs en polyphénols totaux des extraits bruts de la plante *Z. album* sèche et fraîche.

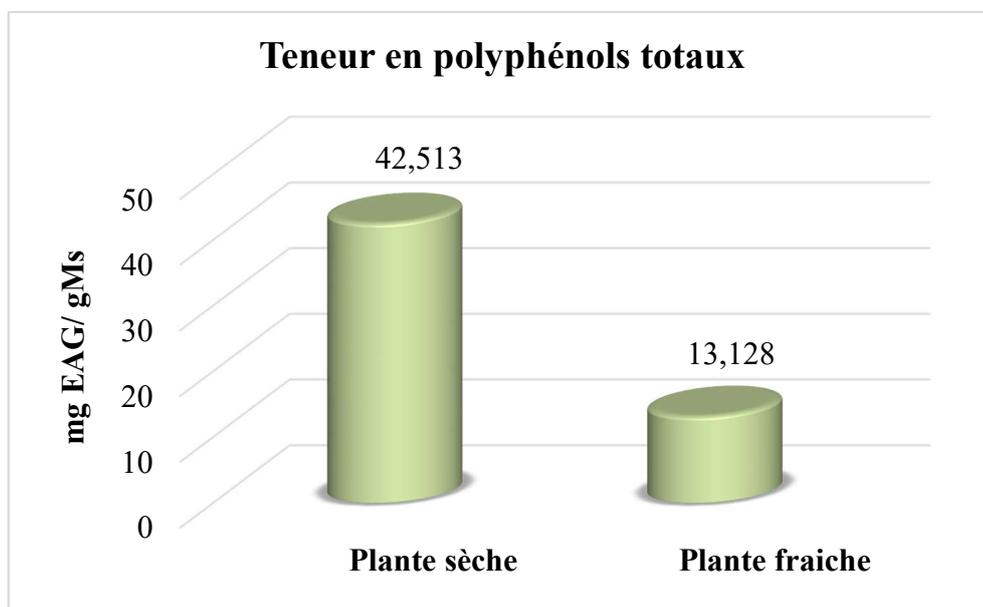


Figure (V.4): Teneurs des polyphénols totaux des extraits.

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 la plante sèche, elle est de l'ordre de $42,513 \pm 0,471$ mg EAG/g MS par rapport l'extrait de la plante fraîche avec une teneur $13,128 \pm 0.101$ mg EAG/g MS.

V.3.2. Dosage de flavonoïdes totaux :

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3) et l'étalon été la quercétine. La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g de MS).

Les taux des flavonoïdes des extraits ont été obtenus à partir de la courbe d'étalonnage de quercétine (Figure V.5).

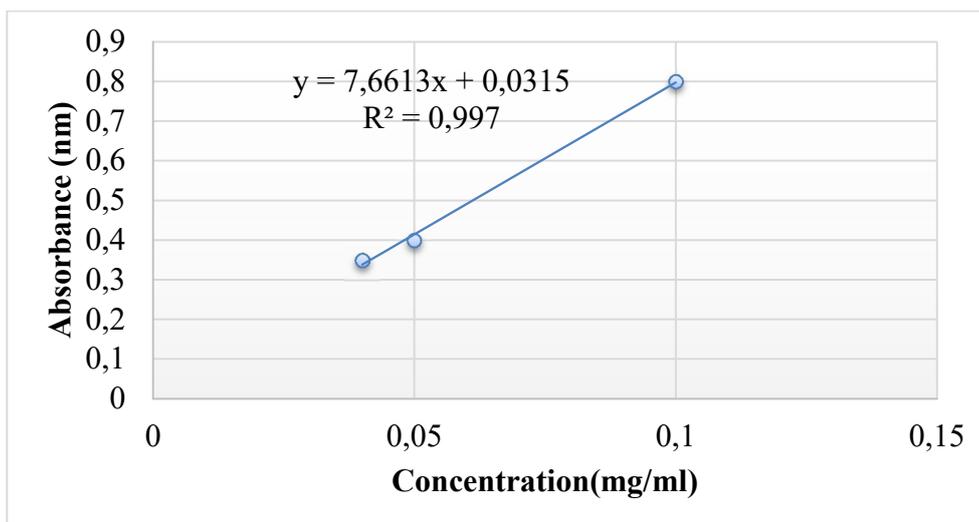


Figure (V.5) : Courbe d'étalonnage de quercétine pour dosage des flavanoides totaux.

Les teneurs des différents extraits en flavonoïdes sont représentées dans la figure (V.6).

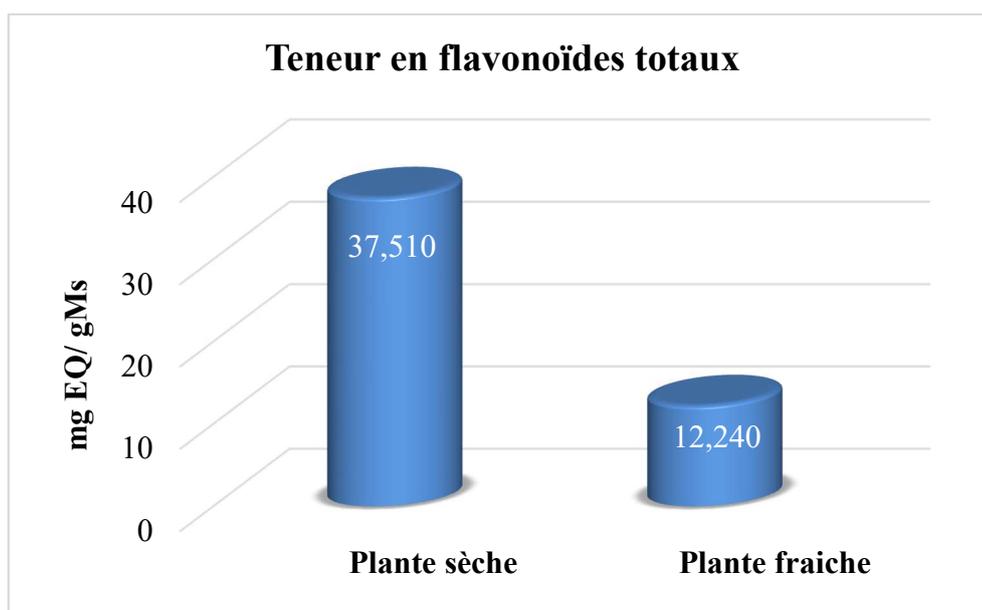


Figure (V.6): Teneurs des flavanoides totaux des extraits.

Les résultats illustrés dans la figure (V.6) montrent que l'extrait du plant *Z. album* sèche contient $37,510 \pm 0,162$ mg EQ/g MS suivi par l'extrait de la même plante fraîche avec $12,240 \pm 0,124$ mg EQ/g MS.

V.4. Comparaisons de composés phénoliques des différents extraits :

Les résultats des analyses quantitatives par spectrophotomètre UV-visible des extraits étudiées sont représentés dans la (figure V.7) :

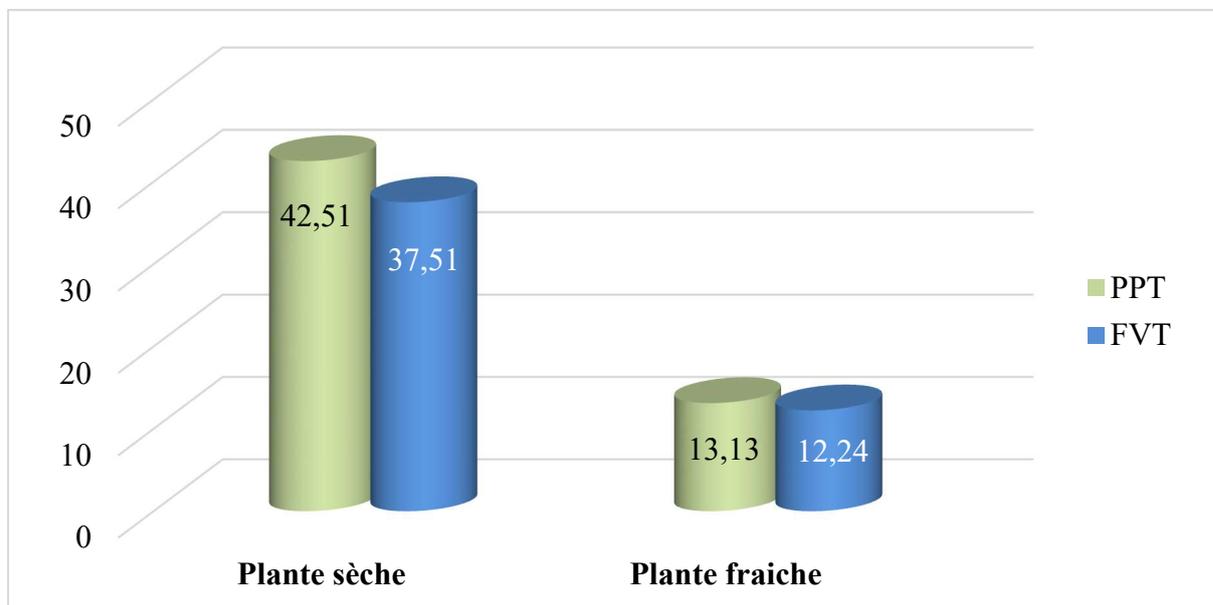


Figure (V.7): Comparaisons de composés phénoliques des différents extraits.

PPT : Polyphénols totaux, FVT : Flavonoïdes totaux.

Les résultats des analyses quantitatives par spectrophotomètre UV-visible des extraits montrent que les rendements d'extraction des polyphénols totaux, des flavanoïdes totaux sont variables à chaque extrait. En comparant les teneurs de ces compositions que les taux élevés enregistrés dans la plante sèche.

V.5. Evaluation de l'activité antioxydante

Les extraits sont des mélanges de plusieurs composés, avec différents groupements fonctionnels, polarités et comportements chimiques. Cette complexité chimique des extraits pourrait mener à des résultats dispersés selon l'essai utilisé. Par conséquent, une approche avec des analyses multiples pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits serait plus instructif et même nécessaire. [119]

Dans ce travail, deux méthodes sont utilisées : capacité antioxydante totale (CAT) et le piégeage du radical libre DPPH.

V.5.1. Méthode de la Capacité antioxydante totale (CAT) :

L'acide gallique a été utilisée comme étalon à différentes concentrations, La teneur en capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/ g d'extrait). Le taux de capacité antioxydante totale des extraits ont été obtenus à partir d'une courbe d'étalonnage d'acide gallique figure (V.8).

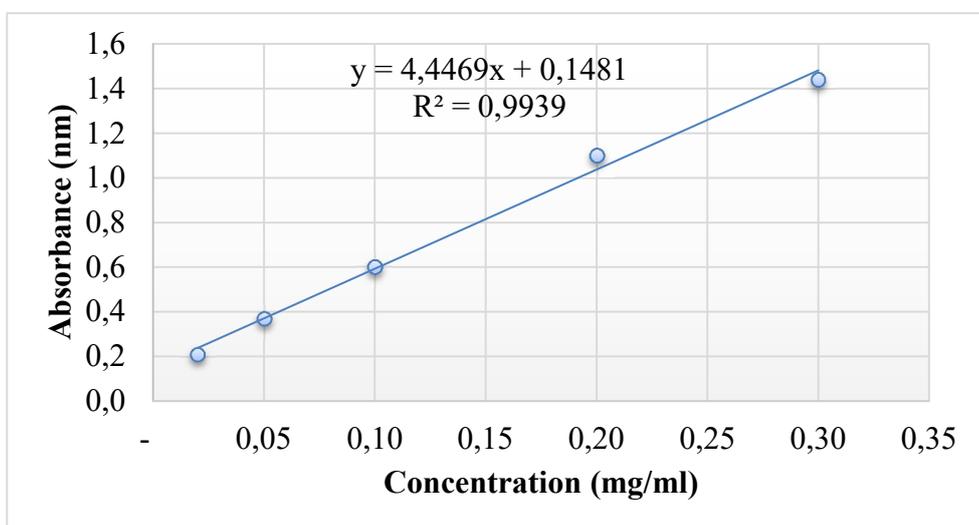


Figure (V.8): Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

La figure (V.9) résume les résultats obtenus des teneurs en capacité antioxydante totale des extraits.

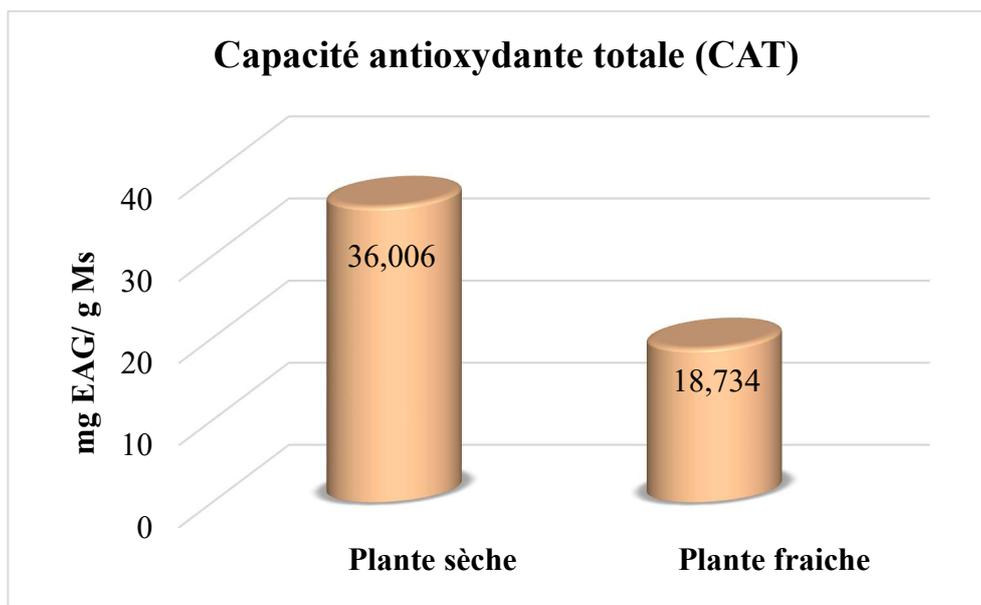


Figure (V.9) : La capacité antioxydant totale des extraits de la plante *Z. album* sèche et fraîche.

Les résultats montrent que les deux extraits présentent des activités antioxydantes considérables. L'extrait de la plante *Z. album* sèche présente la meilleure capacité antioxydante totale de l'ordre de $(36,006 \pm 0,191)$ mg /g, suivi par l'extrait de la plante *Z. album* fraîche avec $(18,734 \pm 0,096)$ mg/g.

V.5.2. Test anti-radicalaire (Test DPPH)

L'activité anti radicalaire est réalisée par la méthode du radical 2,2-diphényl-1 picrylhydrazyle (DPPH) qui est une méthode fréquemment utilisée pour sa simplicité. Cette méthode est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de DPPH en présence d'un antioxydant qui donne un hydrogène ou un électron, la forme non radicalaire DPPH-H est formée. L'inhibition de la décoloration du radical DPPH est en fonction de la concentration des différents extraits utilisés. [116]

L'activité antioxydante des extraits est exprimée en IC_{50} , il définit la concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du radical DPPH. Un autre paramètre exprime la puissance anti-radicalaire a été calculée à partir du premier paramètre notée : "EA" (efficacité anti-radicalaire, égale à $1/IC_{50}$).

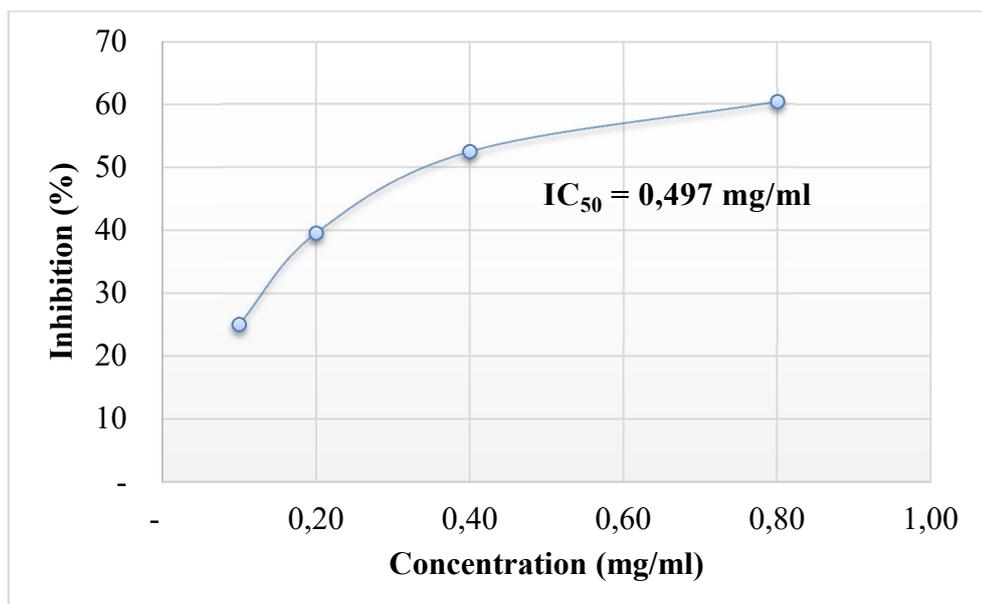


Figure (V.10): Effet d'extrait de la plante *Z. album* sèche sur le radical DPPH.

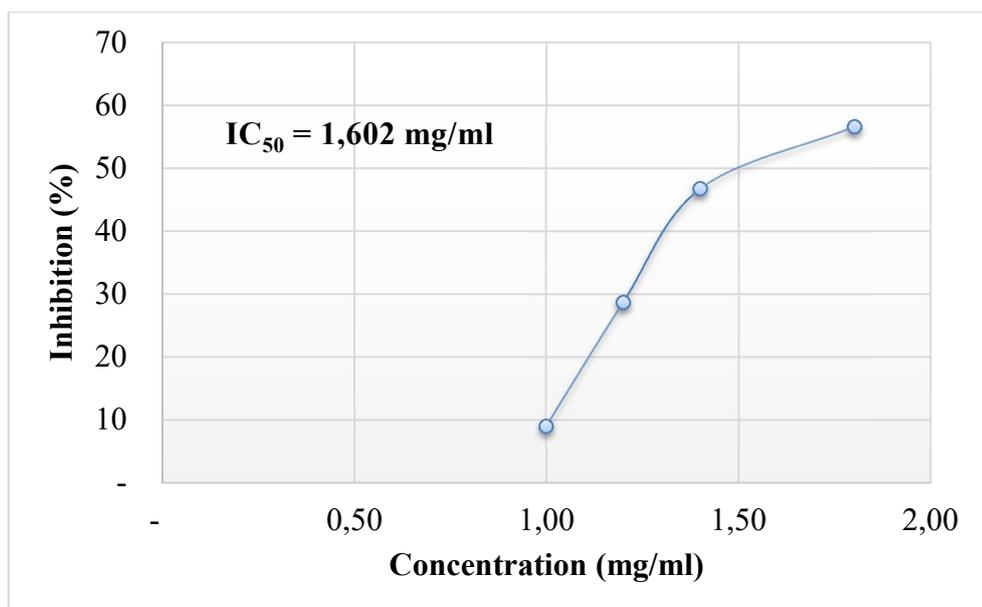


Figure (V.11): Effet d'extrait de la plante *Z. album* fraîche sur le radical DPPH.

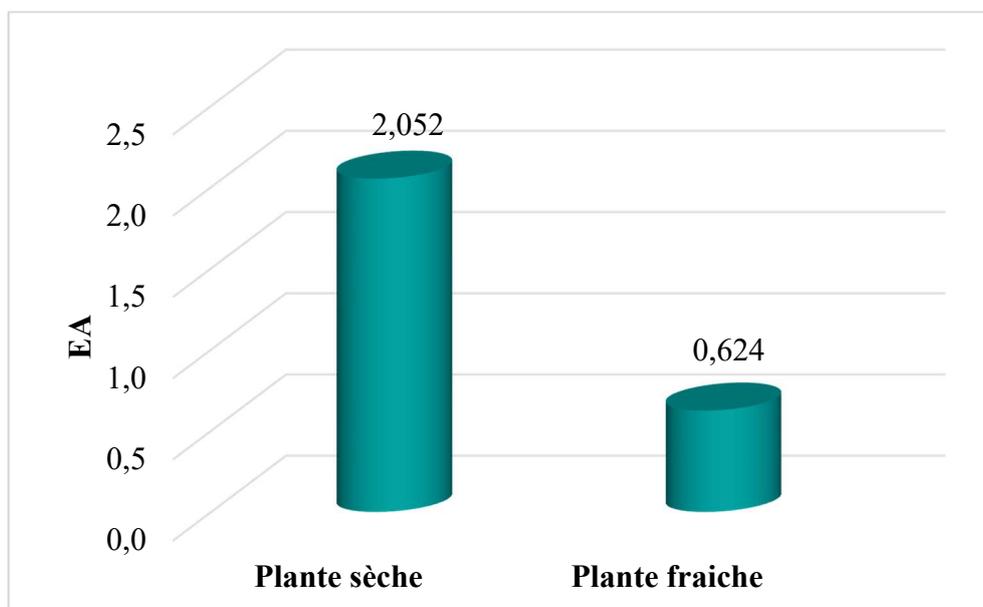


Figure (V.12): Comparaisons entre EA de différents extraits.

Les figures ci-dessus montrent que l'extrait de la plante *Z. album* sèche possède une activité antiradicalaire plus importante 0.497 mg/ml et EA de l'ordre de 2.052, suivi par l'extrait de la plante *Z. album* fraîche avec 1.602 mg/ml et EA de l'ordre de 0.624.

V.6. Evaluation de L'activité antibactérienne :

V.6.1. Test antibactérienne :

Les résultats obtenus de l'activité antibactérienne en fonction de concentration sont les suivants :

☒ Les zones d'inhibition :

Les diamètres d'inhibition (mm) de chaque souche bactérienne en fonction de la concentration des extraits sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau (V.2) : Résultats de l'activité antibactérienne des extraits de la plante *Z. album* sur les souches bactériennes.

Concentration de l'extrait	Les souches antibactérienne - Diamètre d'inhibition (mm)					
	Escherichia coli		Pseudomonas		Staphylocoque	
	Plante sèche	Plante fraîche	Plante sèche	Plante fraîche	Plante sèche	Plante fraîche
2 mg/ml	8	-	-	-	8	6
4 mg/ml	10	6	-	-	9	6
8 mg/ml	13	8	-	-	12	8

La présentation des résultats graphiquement en mm :

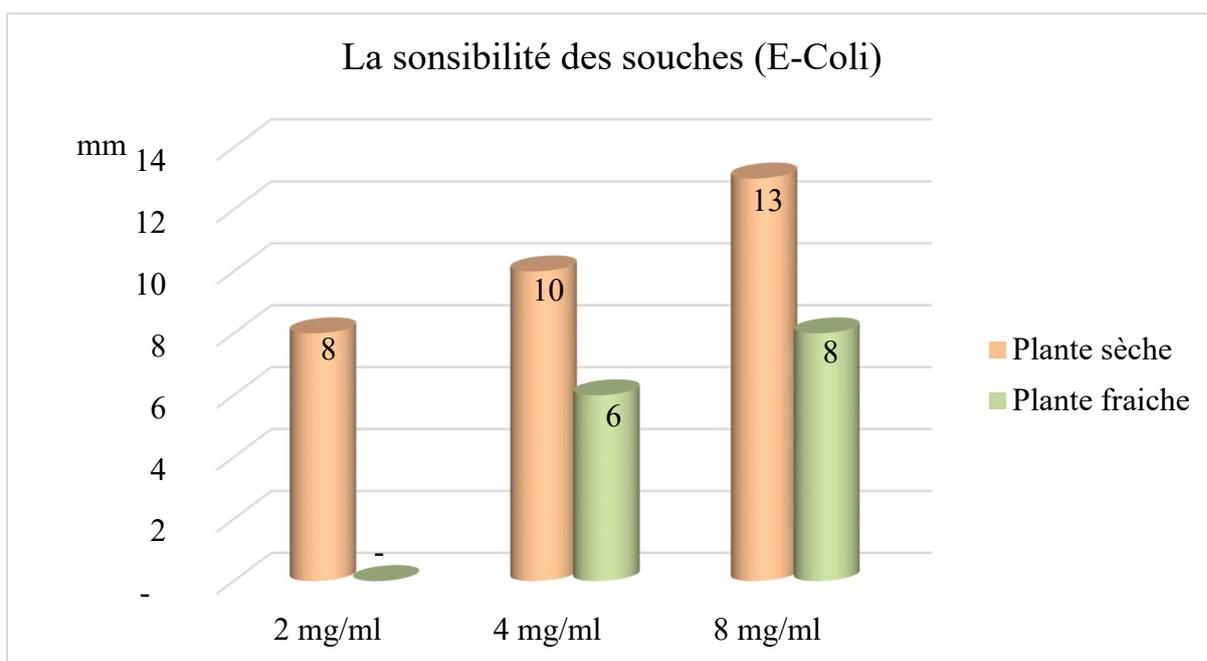


Figure (V.13) : La sensibilité des souches (E-Coli)

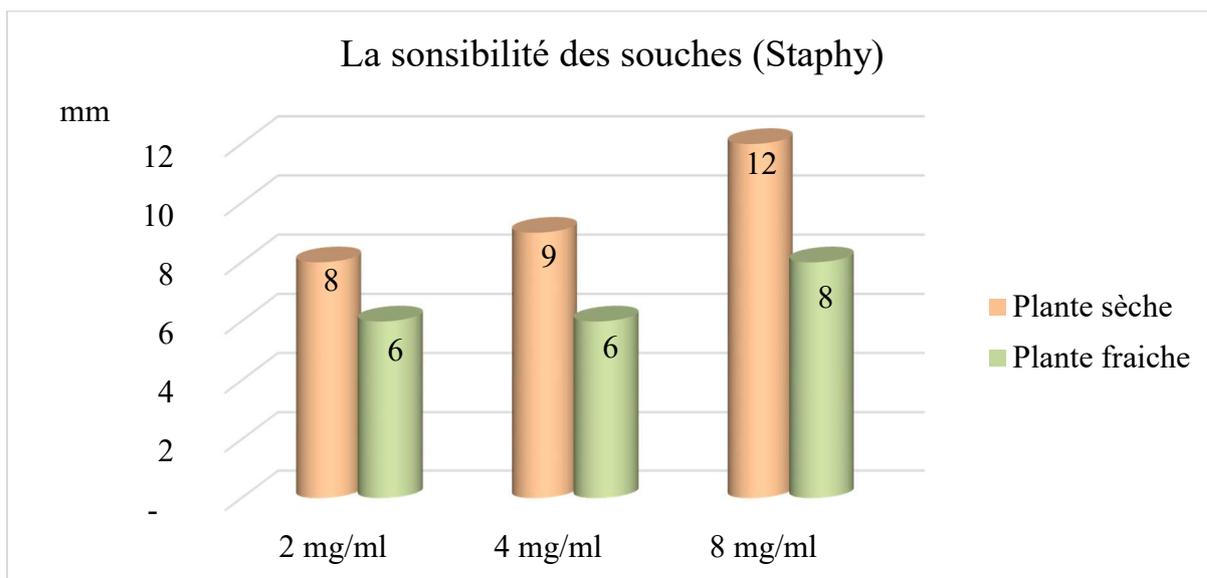


Figure (V.14) : La sensibilité des souches (Staphy).

D'après les résultats obtenus dans le tableau et les figures nous constatons que:

- ✓ Les tests antibactériens pour les trois concentrations avec les trois souches nous remarquons qu'il y a un effet avec (**E-coli** et **Staph**) par rapport (**Pseudo**).
- ✓ Les diamètres des zones d'inhibition mesurés changent en fonction de la concentration des extraits.
- ✓ Les meilleures zones d'inhibition sont obtenues avec les extraits à concentration 08 mg/ml de chaque plante (sèche et fraîche).
- ✓ L'extrait de plante sèche à concentration de 08 mg/ml est bien actif sur les souches *Escherichia coli* (13 mm) de diamètre, *Staphylocoque* (12 mm) de diamètre.

On peut dire que si la quantité des polyphénols augmente, la zone d'inhibitions élevées donc l'activité antibactérienne augmente.



CONCLUSION

Conclusion

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 et l'activité antibactérienne des extraits bruts de deux échantillons de la plante médicinale *Zygophyllum album* sec et frais de la famille Zygophyllaceae 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 entre *Z. album* sèche est de 39,95% par contre la plante *Z. album* fraîche est de 29,44%,

Quantitativement, l'évaluation du contenu des polyphénols totaux en adoptant la méthode de Folin-Ciocalteu et dosage des flavonoïdes par la méthode d'AlCl₃, qui nous mène à conclure que la plante *Z. album* sèche contient une quantité importantes de polyphénols et flavonoïdes par rapport la plante *Z. album* fraîche.

Pour l'évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne, les résultats ont montré que le meilleur résultat est obtenu pour l'extrait de la plante *Z. album* sèche.

Donc on peut dire que la plante *Zygophyllum album* à l'état sèche de la région d'Echett à côté de l'université Echahid Hamma Lakhdar (wilaya d'El-Oued) peut être utilisée comme de bonne source naturelle des antioxydants et antibactérien.

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] Boudjouref M., (2011) Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L; diplôme de Magister, Université Ferhat Abbes, Sétif.
- [2] Maurice N, (1997) L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI^e siècle ; Ed. Lavoisier, Paris, p. 12-14.
- [3] Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J. C. and Pinkas M, (1996) Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung*; 46: 1086-1089.
- [4] Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K., Abu-Shanab F. (2009) "Antibacterial effects of Nutraceutical Plants Growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa*" *Turk. J. Biol.* 30: 239-242.
- [5] 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
- [6] 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.
- [7] Laouer H., (2004) Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif. Bejaia. Djelfa. Thèse de doctorat en écologie végétale. Uni. Sétif.
- [8] Bezanger-Beauguesne L., Pinkas M., Torck M., Trotin F., (1975) Plantes médicinales des régions tempérées. 2:344-365.
- [9] Kothe., Hans W., (2007) 1000 Plantes aromatiques et médicinales, terre édition. Dunod, Paris, p 496.
- [10] Baba Aissa F., (1999) Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, p 108.
- [11] Volack J., Stodola J., (1983) Les plantes médicinales. Ed. Guinde, p 283.
-

- [12] Abdelouahid D., Bekhechi C., (2010) Les huiles essentielles. 1^{ère} Ed. OPU, Algérie, p 55.
- [13] Haddana N., Medekhel A., Douget N ; Mahda A., (2014) Identification des usages thérapeutiques traditionnelles des quelques espèces des plantes médicinales alcaloïdiques situées dans la région d'El-Oued. Mémoire de fin d'étude, p 74.
- [14] Iserin P., (2001) Larousse Encyclopédie des plantes médicinales, p 360.
- [15] Sofwora A., (2010) Les plantes médicinales et médecine traditionnel d'Afrique 2^{ème} Ed. Khartala, Suisse, p 171.
- [16] P. Ozenda., (1977) La flore du Sahara. Deuxième édition, C.N.R.S. Paris.
- [17] P. Quezel, S. Santa (1963), Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.
- [18] K. Maiza, V. Hammiche, R.A. (1993) Brac de la Perrière, Traditional Saharian pharmacopoeia., Medicinal and Aromatic Plants.
- [19] X.L.Meng, N.H.Riordan, J.J.Casciari, Y.Zhu, J.Zhong, M.J.Gonzlez, J.R.Miranda-Massari, H.D.Riordan. (2002) Effects of a high molecular mass *Convolvulus arvensis* extract on tumor growth and angiogenesis. PR Health Science Journal 21, 323–328.
- [20] A.H. Atta, (2004) S.M. Mouneir, Antidiarrhoeal activity of some Egyptian medicinal plant extracts. Journal of Ethnopharmacology 92, 303–309.
- [21] J.Poey, J.Elsair, R.Denine, (1977) Hypoglycemic effects of a sahara plant (*Zygophyllum cornutum*) in normal unfed rabbit. Journal de Physiologie Volume: 73 Issue: 1 Pages: A53-A53.
- [22] S.A. Sasmakov, M. Zh. Putieva, Z. Saatov, V.V. Kachala, A.S. Shashkov, (2001) Triterpene glycosides of *Zygophyllum eichwaldii* C.A.M. Chemistry of Natural Compounds 37, 91–92.
- [23] A.H. Saber, A.M. El-Moghazy Shoaib, (1960) *Zygophyllum coccineum*. Chemistry of leaf and stem. Journal of Pharmaceutical Science of the U.A.R. 1, 1–6.
-

- [24] E.F. Eskander, H. Won Jun, (1995) Hypoglycemic and hyperinsulinic effects of some Egyptian herbs used for the treatment of diabetes mellitus (type II) in rats. *Egyptian Journal of Pharmaceutical Sciences* 36, 331–342.
- [25] J.T. Jaouhari, H.B. Lazrek, M. Jana, (2000) The hypoglycemic activity of *Zygophyllumgaetulum* extracts in alloxan-induced hyperglycemic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 69, 17–20.
- [26] J. Bellakadhar, R. Claisse, J. Fleurotin, C. Younos, (1981) Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoea. *Journal of Ethnopharmacology* 35,123–143.
- [27] H. Schilcher, J.D. Phillipson, D. Loew, (1993) Medicinal and Aromatic Plants Conference. Maastricht, Netherlands.
- [28] D. Smati, A. Longeon, M. Guyot, (2004) 3 β -(3, 4-Dihydroxycinnamoyl)-erythrodiol, a cytotoxic constituent of *Zygophyllum geslini* collected in the Algerian Sahara. *Journal of Ethnopharmacology* 95, 405-407.
- [29] Kherraze. M ; Lakhdari. K ; Kherfi. Y ; Benzaoui. T ; Berroussi. S ; Bouhanna. M ; Sebaa. A, (2010) Atlas Floristique de la Vallée de l’Oued Righ par Ecosysteme ; p 48 et 169.
- [30] Benhammou N., (2011) Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l’Ouest et du Sud-Ouest Algérien, Thèse Doctorat, Université boubakr Belkaïd-Tlemcen, P 28.
- [31] A. Chehma (2006), Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional Algérien, L.R: P.E.Z.A.S, Dar El Houda.
- [32] Bahorun, T. (1997) Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne. Une source d’approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritiias. p83-94.
- [33] Bernard P., Lallemand M., Balansard G., (1974) Etudes des acides aromatiques et des composés flavonoïdes des feuilles de Globulaire. *Plante médicinale et phytothérapie*, Tome VIII ; N 3: p 174-179.
-

- [34] Pell A.N., Woolston T.K., Nelson K.E., Schofield P., (2002) biological activity Tannin and bacterial tolerance. Department of animal science, Cornell University, Ithaca, NY, USA, p 148.
- [35] Lee, K.W., Hur, H.J., Lee, C.Y. (2005) Antiproliferative effects of dietary phenolic substances and hydrogen peroxide. J. Agric. Food Chem. p53, 1990-1995.
- [36] Mohammedi, Z. (2006) Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire magister. Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen. 155p.
- [37] Cyril, T. (2001) étude des métabolismes primaires et secondaires de racines transformées de *Catharanthus Roseusen*, vue du développement d'un modèle cinétique, université de Montréal, p 28.
- [38] Cuendet M., (1999). Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie: « *Fagraea blumei* » (Loganiaceae) et de trois plantes d'altitude: « *Bartsia alpina* » (Scrophulariaceae), « *Loiseleuria procumbens* » (Ericaceae) et Camp, Thèse de doctorat, p 24.
- [39] Vermerris W., (2006) Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10 1-4020-5163-8 (HB).
- [40] Bellaw S., (2012) Etude des composés phénolique impliqués dans la repense des feuilles de vigneau mildiou. Thèse de doctorat, université paris-sud. UFR des sciences, p 136.
- [41] Lebham, (2005) Mémoire du Laboratoire d'Ecophysiologie et de Biotechnologie des Halophytes et des Algues au sein de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) - Université de Bretagne Occidentale (UBO).
- [42] Guignard J, (2001) "Botanique systématique moléculaire", 2^{ème} édition Lavoisier, Paris. p 122
- [43] Mohammedi Zohra, (2006) "Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelque plantes la région de Tlemcen." Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen.
-

- [44] Urquiaga I. N. E. S. and Leighton F. E. D. E, (2000) "Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress." Biol. Res. 33: 55-64.
- [45] 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.
- [46] Bessas .A, Benmoussa. L, Kerarma. M, (2008), "Dosage biochimique des polyphénols dans les dattes et le miel récoltés dans le sud algérien." Mémoire de fin d'étude.
- [47] Laraoui.H, (2007) docteur de l'université Louis pasteur "Etude Phytchimique l'Extrait Chloroformique de *Bupleurum Atlanticum*", Université El Hadj Lakhdar Batna.
- [48] Gibbs C.R, (1976) "Characterization and application of Ferro zine iron reagent as a ferrous iron indicator." Analytical Chemistry. 48(8): 1197-1201.
- [49] Pascual-Reguera M.I, Ortega-Carmona I, Molina-Diaz A, (1997) "Spectrophotometric determination of iron with Ferro zine by flow-injection analysis." Talanta. 44(10): 1793-1801
- [50] Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. Phytothérapie, 1: 3-6.
- [51] Bruneton J. (1999). Pharmacognosy: Photochemistry, Medicinal plants. 2^{eme} Ed. Lavoisier. Paris. p : 240-387.
- [52] Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C. et Jimenez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. Amj. Clin. Nutr, 79: 727-747.
- [53] Zuo Y., Wang C. et Zhan J. (2002). Separation, characterisation, and quantitation of benzoic and phenolics antioxidants in American cranberry fruits by GC-MS. J. Agric. Food Chem, 50: 3789 – 3794.
- [54] 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.
-

- [55] Emerenciano V. P, Barbosa K. O, Scotti M. T et Ferrero 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.
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] Korkina L.G., Afanas'ev I.B. (1997) "Antioxidant and chelating properties of flavonoids." *Adv. Pharmacol*. 38: 151–163.
- [59] 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.
- [60] Thompsen J. C, et Mottola H. A, (1984) "Kinetics of the complexation of iron (II) with ferrozine." *Analytical Chemistry*. 56(4): 755-757.
- [61] 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.
- [62] 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.
- [63] 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.
- [64] 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.
-

- [65] 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.
- [66] De Souza, R.F., Sussuchi E.M., et all (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.
- [67] Moridani M.Y., Pourahmad J., Bui H., Siraki A., O'Brien P.J, (2003) "Dietary flavonoid iron complexes as cytoprotective superoxide radical scavengers." Free Radical Biology and Medicine. 34(2): 243-253.
- [68] Fukuzawa K, Saitoh Y, Akai K, Kogure K, Ueno S, Tokumura A, Otagiri M, Shibata, (2005) "Antioxidant effect of bovine serum albumin on membrane lipid peroxidation induced by iron chelate and superoxide." Biochimica et BiophysicaActa (BBA)-Biomembranes. 1668(1): 145-155.
- [69] Lu Q.h, Ba C.d, Chen D.Y, (2008) "Investigating noncovalent interactions of rutin-serum albumin by capillary electrophoresis - frontal analysis." Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 47: 888-891.
- [70] Harborne J. B, (1997) "Recent advances in chemical ecology." Nat Prod Rep; 14: 83-98.
- [71] Seigler DS, (1998) "Plant secondary metabolism." Ed. Kluwer Academic, Boston, p.193-205.
- [72] Ben Abbes Farah, (2011), "Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « Phoenix *dactylifera* L. "Thèse de magister Université Ferhat Abbas- Setif, p 22 – 26.
- [73] Albert L. (1998), " La santé par les fruits." Ed. Veechi, Paris. p 44-74.
- [74] 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.
-

- [75] 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. *albidinis*." *Environ.Experiment.Botany*. 49: 41-47.
- [76] Lugasi A, Hovari J, Sagi, K V and Biro L, (2003) "The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases." *Acta Biologica Szegedientsis*.1-4: 119-125.
- [77] Saliha Daas Amiour, (2009) "Etude Quantitative des Composés 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.
- [78] Badiaga, M. (2011) Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat, Université de Bamako, p 10.
- [79] Krief, S. (2003) Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle, p 32.
- [80] Mauro, N. M. (2006) Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs: la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine, thèse doctorat, l'université Joseph Fourier Grenoble, p13, 16-28.
- [81] Rakotonanahary, M. (2012) thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état, Université Joseph Fourier. p16, 19, 27, 28.
- [82] Ayad R., (2008) Recherche et détermination structural des métabolites secondaires de l'espèce *zygophyllum cornutum*, mémoire magister en chimie organique, Université Mentouri Constantine, p 35-47
- [83] Malecky, M. (2005) Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech. p 9, 13-19, 20, 27.
- [84] Benaissa O., (2011) Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. Activité Biologique, Thèse Doctorat, Université Mentouri Constantine. p 63.
-

- [85] Khenaka, K. (2011) Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogènes rumina le chez l'ovin, Diplôme de Magister En Microbiologie Appliquée, Université Mentouri Constantine. p19, 24.
- [86] Mebarki, N. (2010) extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* et application à la formulation d'une forme médicamenteuse-antimicrobienne, Magister en génie des procédés chimique et pharmaceutiques, Université M'Hamed Bougara Boumerdes. p 11.
- [87] Raven P., Evert R, et Eichhorn S., (2000) Biologie végétale. Ed de Boeck. Paris. P32, 33.
- [88] Belbache H, (2003) Investigation phytochimique de l'extrait chloroforme de *Centaurea Parviflora* Desf, Mémoire de Magister en chimie organique, Université Mentouri Constantine. p 16-20.
- [89] Muffler K, Leipold D, Scheller M-C, Haas C, Steingroewer J, Bley T, Neuhaus H-E, Mirata M-A, Schrade J et Ulber R., (2011) Biotransformation of triterpenes. *Process Biochemistry* (Amsterdam, Netherlands), 46, (1), 1-15.
- [90] Grigoraş C-G, (2012) Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse doctorat Université Vasile Alecsandri de Bacău Disciplines: Chimie. Génie de l'Environnement.
- [91] Hamdani D, (2012) Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques du bruche de Haricot *acanthoscelidesobtecussay*. *Coleoptera Bruchidae*. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Mémoire en vue de l'obtention de magister en sciences biologiques. p 97.
- [92] Inouye S., Takizawa T et Yamaguchi H., (2001) Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, p 47: 565-573.
- [93] Bernad M, (2000) Phyto-aromathérapie pratique, plantes médicinales et huiles essentielles, éditions Dangles: p 15.
- [94] Kahina Bouhadjra, (2011) "Etude de l'effet des Antioxydants naturels et de Synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive Vierge. "Thèse de magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou , p 42.
-

- [95] Dacosta Y, (2003), "Les phytonutriments bioactifs" : 669 références bibliographiques. Ed. Yves Dacosta, Paris, p. 317.
- [96] Novelli G. P, (1997) "Role of free radicals in septic shock. J." *Physiol. Pharmacol*, 48: 517-527.
- [97] 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.
- [98] Halliwell. B, (1999) "How to characterize a biological antioxidant. *Free RadicRes Commun*," 9, 1-32.
- [99] Perrin J.L, (1992) "Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile." *Revue française des corps gras*. N° 39. P 25-32.
- [100] Boubacar Souley Amadou, (2005), " Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC (combretaceae)." Université de Bamako.
- [101] Mogode Debete Judith, (2005) "Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* Vahl (Caesalpinaceae) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad." Université de Bamako.
- [102] Petko Ivanov Penchev, (2010) "Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions " thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse.
- [103] Leybros J, Fremeaux P., (1990) "Extraction solide-liquide aspects théoriques." *Techniques de l'ingénieur, Génie des procédés*. Vol. (2J2780): J2780.1-J2780.22.
- [104] Wivecke D., (2003) "Contribution à l'étude des métabolites secondaires chez les lichens fruticuleux *Cladonia stellaris* et *Cladonia rangiferina*", Mémoire présentée à l'université du Québec à Chicoutimi. 212 p.
- [105] Boukri N H., (2014) "Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange *Ras-el-hanout*." Thème Master Académique. Université Kasdi Merbah Ouargla. 99 p.
-

- [106] 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.
- [107] Kolling M; Winkley K; Von Deden M., (2010). "For someone who's rich, it's not a problem." Insights from Tanzania on diabetes health-seeking and medical pluralism among Dares Salam's urban poor. *Globalization and Health*, 6:8.
- [108] 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.
- [109] 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.
- [110] Lagnika. L, (2005), "Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises." Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur. Strasbourg, 249p.
- [111] Belyagoubi Née Benhammou Nabila, (2012) "Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien". Thèse Doctorat, Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen
- [112] Amin Ardestani, Razieh Yazdanparast, (2007) "Inhibitory effects of ethyl acetate extract of Teucrium polium on in vitro protein glycoxidation". *Food and Chemical Toxicology* 45 2402–2411.
- [113] 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.
- [114] Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C, (1995) "Use of free radical method to evaluate antioxidant activity". *Lebensm Wiss. Technol.* 28 : 25-30.
- [115] 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*.
-

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

[117] G.B. Noumi, Yolande Mireille Njouokam, C.B. Njiné, E. Ngameni & C. Kapseu., (2011). "Effets du séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite de la pulpe de safou." Université de Ngaoundéré Cameroun, 5 p, 138-142

[118] Yakhlef Ghania, (2011) "Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *thymus vulgaris* l. et *laurus nobilis* L". Mémoire de magister, Université El-Hadj Lakhdar-Batna.

[119] Athamena Souad, (2009) "étude quantitative des flavonoïdes des graines de *cuminum cyminum* et les feuilles de *rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique" Thèse de magister, Université El-Hadj Lakhdar-Batna.

[120] نعمه ج د، ابو مجداد ن م ج ،جبر م أ، (2007) "تقييم الفاعلية ضد مايكروبية للمستخلص المائي والكحولي لأوراق نبات السدر *Ziziphus spina-christi* (L) Desf". مجلة البصرة للعلوم (ب). مجلد (25)، 1- 16.

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

[122] Boudjouref Mourad, (2011) "Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L", Thèse de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif

[123] Zeghad Nadia, (2009) "Etude du contenu polyphénolique de deux plante médicinales d'intérêt économique (*thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et evaluteret de leur activité antibactérienne; Thèse de magister, Université Mentouri Constantine.

ANNEXE



Dosage des Polyphénols totaux (PPT):

$\lambda = 765$	Concentration mg/ml	Abs1	Abs2	Abs3
Plante sèche	2,00	0,744	0,757	0,757
Plante fraîche	4,00	0,545	0,539	0,540

$$\text{L'équation : } Y = 6,5 X + 0,2$$

C : concentration d'échantillon, X : concentration d'acide gallique.

$$X = (Y - 0,2) / 6,5$$

$$X/C = \dots\dots X \text{ 1000 (mg EAG/ g Ms)}$$

Q1	Q2	Q3	Moy	SD
41,85	42,85	42,85	42,513	0,471
13,27	13,04	13,08	13,128	0,101

Dosage des Flavonoïdes totaux (FVT) :

$\lambda = 420$	Concentration mg/ml	Abs1	Abs2	Abs3
Plante sèche	4,00	1,188	1,178	1,177
Plante fraîche	8,00	0,792	0,774	0,779

$$\text{L'équation : } Y = 7,6613 X + 0,0315$$

C : concentration d'échantillon, X : concentration quercetine.

$$X = (Y - 0,0315) / 7,6613$$

$$X/C = \dots\dots X \text{ 1000 (mg EQ/ g Ms)}$$

Q1	Q2	Q3	Moy	SD
37,74	37,41	37,38	37,510	0,162
12,41	12,11	12,20	12,240	0,124

Test CAT :

$\lambda = 695$	Concentration mg/ml	Abs1	Abs2	Abs3
Plante sèche	2,00	0,470	0,466	0,469
Plante fraîche	4,00	0,479	0,483	0,482

L'équation : $Y = 4,4469 X + 0,1481$

C : concentration d'échantillon, **X** : concentration d'acide gallique.

$X = (Y - 0,2) / 6,5$

$X/C = \dots\dots X \text{ 1000 (mg EAG/ g Ms)}$

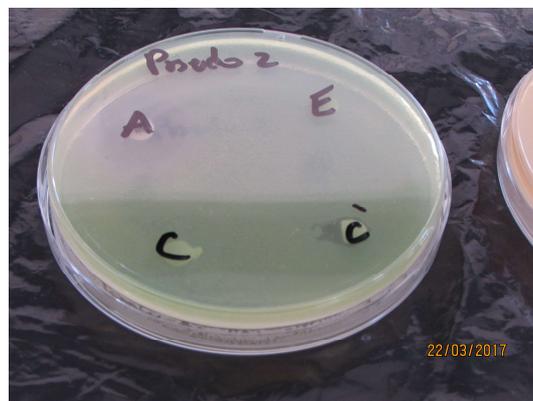
Q1	Q2	Q3	Moy	SD
36,19	35,74	36,08	36,006	0,191
18,60	18,83	18,77	18,734	0,096

Les zones d'inhibition des souches :

Escherichia coli :



Pseudomonas :



Staphylocoque :



Résumé

Le *Zygophyllum album* L est une plante pousse principalement dans les régions aride et salines ainsi au Sahara Algérien. Cette espèce connue sous le nom de «aaggaya», est très répandue dans le sud algérien est considérée comme l'une des plus anciennes plantes médicinales utilisées comme médicament pour le traitement de nombreuses maladies.

L'objectif de cette étude est d'extraire les molécules bioactives de deux échantillons de la plante *Z. album* sec et frais, avec la détermination de la concentration de certains groupes, comme il vise à tester les activités biologiques surtout l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne.

Les résultats obtenus montrent que le meilleur rendement d'extraction dans la plante sèche que la plante fraîche.

Le screening phytochimique a mis en évidence la présence de quantités considérables de flavonoïdes, Saponosides, alcaloïdes, et des tanines, et l'analyse quantitative des extraits bruts montrent que les rendements d'extraction des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux sont variables à chaque extrait. En comparant les teneurs de ces compositions que les taux élevés enregistrés dans la plante sèche.

L'extrait de la plante *Z. album* sèche a donné un très bon pouvoir antioxydant en utilisant le DPPH et PPM.

L'activité antimicrobienne a été déterminée sur trois souches bactériennes, selon la méthode de diffusion de disque. Tous les extraits ont un effet sur les microorganismes testés sauf sur *Pseudomonas*.

Cette étude explique que la plante *Z. album* étudiée peut être utilisée comme de bonne source naturelle d'agents antioxydants et antibactériennes, et à l'état sèche plus efficace à l'état fraîche.

Mots Clé : *Z. album*, Phénols Totaux, Flavonoïdes, L'activité antioxydants, DPPH, L'activité antibactérienne.

المخلص:

يعتبر نبات *Le Zygophyllum album* بأنه نبتة طبية، وهو نبات ينمو بشكل رئيسي في المناطق الجافة والمالحة و الصحراء الجزائرية. الأنواع المعروفة باسم "العقة أو العقاية" على نطاق واسع في جنوب الجزائر، تعتبر واحدة من أقدم النباتات الطبية المستخدمة كدواء لعلاج الكثير من الأمراض.

الهدف من هذه الدراسة هو لإستخلاص الجزيئات النشطة بيولوجيا لعينتين من نبات *Z. album* جافة وطازجة، مع تحديد تركيز مجموعات معينة، كما أنها تهدف إلى إختبار الأنشطة البيولوجية خاصة الفعالية المضادة للأكسدة و الفعالية المضادة للبكتيريا. وأظهرت النتائج أن أفضل مردود للإستخلاص كان في النبتة الجافة بالمقارنة بالنبتة الطازجة.

قد كشف التحليل الكيميائي عن وجود كميات معتبرة من الفلافونويد، الصابونين، القلويدات، والتانين، والتحليل الكمي للمستخلصين أظهر عن وجود كميات معتبرة من المركبات الفينولية الكلية، الفلافونيدات الكلية متغيرة في كل مستخلص. بالمقارنة بمحتويات هذه المركبات القيم العالية سجلت في النبتة الجافة.

مستخلص النبتة الجافة *Z. album* أعطى فعالية جيدة مضادة للأكسدة بإستعمال DPPH و PPM.

حددت الفعالية المضادة للبكتيريا بطريقة الإنتشار على القرص على ثلاثة أنواع من البكتيريا المسببة للأمراض، المستخلصات كانت مؤثرة على السلالات البكتيرية ماعدا *Pseudomonas*.

توضح هذه الدراسة أن النبتة *Z. album* يمكن إستخدامها باعتبارها مصدر طبيعي جيد لمضادات الأكسدة ومضادات البكتيريا، وإستعمالها في الحالة الجافة أكثر كفاءة من الحالة الطازجة.

الكلمات المفتاحية: العقة، المركبات الفينولية الكلية، الفعالية المضادة للأكسدة، الفعالية المضادة للبكتيريا.