

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–  
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie



**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master académique**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité :**

**Présenté par :**

**MOKHTARI Chourok Malika**

**BOUKHETACHE Karima**

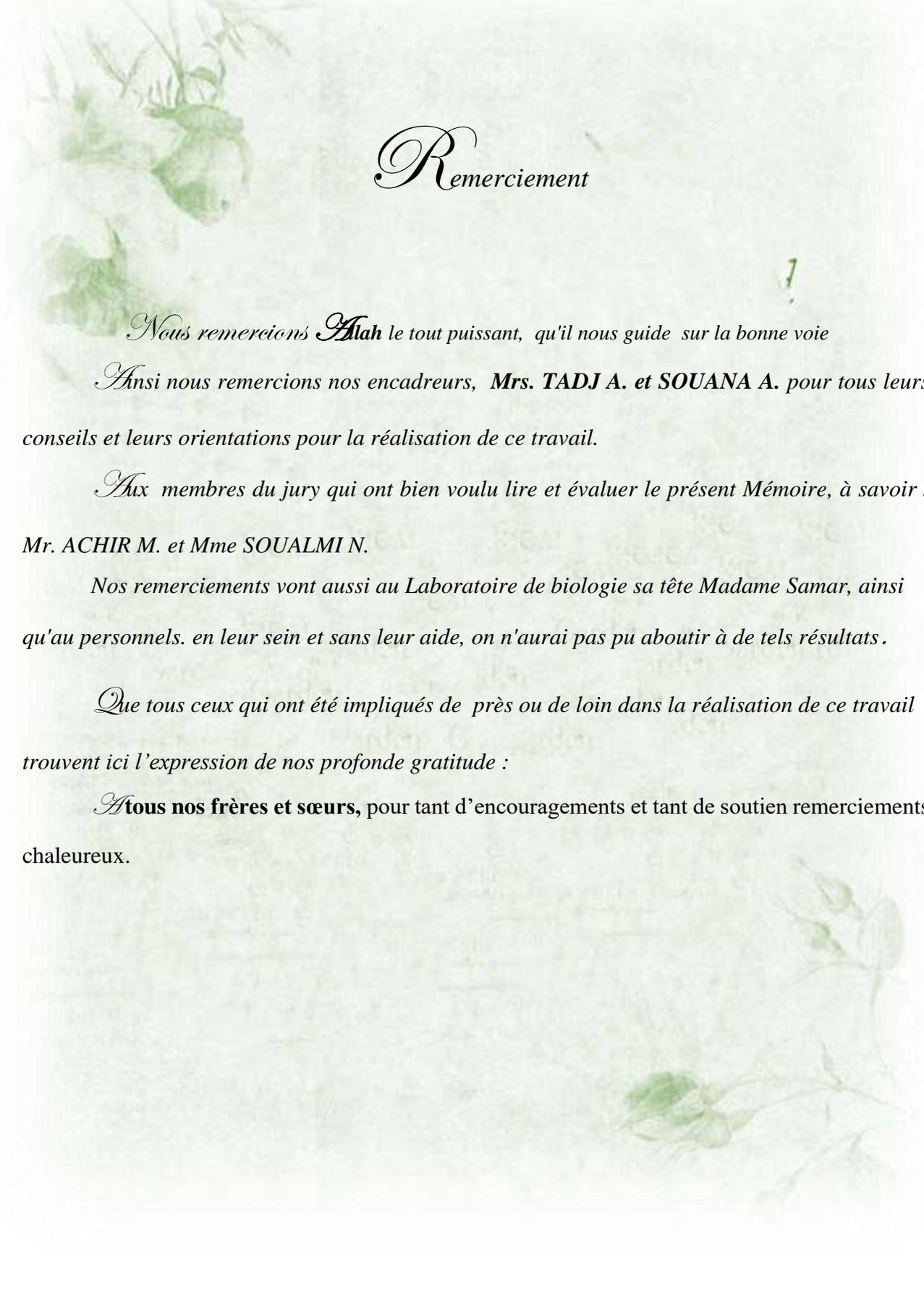
*Thème*

Etude phytochimique et évaluation des propriétés  
biologiques du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*)

Soutenu publiquement le 13 juillet 2023

<b>Jury :</b>		<b>Grade</b>
Président :	ACHIR M.	MCA
Encadrant :	M. TADJ A.	MCB
Co-encadrant :	M. SOUANA K.	MCA
Examineur :	SOUALMI N.	MCA

**Année universitaire 2022-2023**



# Remerciement

*Nous remercions Allah le tout puissant, qu'il nous guide sur la bonne voie  
Ainsi nous remercions nos encadreurs, Mrs. TADJ A. et SOUANA A. pour tous leurs  
conseils et leurs orientations pour la réalisation de ce travail.*

*Aux membres du jury qui ont bien voulu lire et évaluer le présent Mémoire, à savoir :  
Mr. ACHIR M. et Mme SOUALMI N.*

*Nos remerciements vont aussi au Laboratoire de biologie sa tête Madame Samar, ainsi  
qu'au personnels. en leur sein et sans leur aide, on n'aurait pas pu aboutir à de tels résultats .*

*Que tous ceux qui ont été impliqués de près ou de loin dans la réalisation de ce travail  
trouvent ici l'expression de nos profonde gratitude :*

*A tous nos frères et sœurs, pour tant d'encouragements et tant de soutien remerciements  
chaleureux.*

## *Dédicace*

Je dédie ce travail À mes très chers parents Laihare et Tourkia qui m'ont entourée, tout le long de ma vie, de leur amour et leur soutien et dont les sacrifices qu'ils ont consentis m'ont permis d'atteindre niveau

À mes sœurs Fatna et Manel et mes frères Abdlghani ,Kadour pour leur assistance et leur amour fraternel et son appui moral tout le long de mon travail .

À mon binôme Boukhetache karima, je vous remercie pour votre soutien moral, ta patience et votre dévouement à ce travail, Je vous dédie le fruit de nos efforts.

À tous mes amis Surtout mes meilleurs amis Bilal , Rachda ,que j'ai vécu avec eux des beaux moments au cour de mon cursus à l'université À toute ma famille Mokhtari

**Malika**

## *Dédicace*

Je dédie ce travail À mes très chers parents Zoulikha et Mokhtar qui m'ont entourée, tout le long de ma vie, de leur amour et leur soutien et dont les sacrifices qu'ils ont consentis m'ont permis d'atteindre niveau .

À mes sœurs Feryal et Fethia et mes frères Abdelkader, Sedam pour leur assistance et leur amour fraternel et leur chaleur À mon mari Abdelkader et mes fils pour son soutien et son appui moral tout le long de mon travail À mon binôme Mokhetari Malika Je vous remercie pour votre soutien moral, ta patience et votre dévouement à ce travail, Je vous dédie le fruit de nos efforts .

À tous mes amis Surtout mes meilleurs amis Samira, Nafisa , Khawla que j'ai vécu avec eux des beaux moments au cour de mon cursus à l'université .

À toute ma famille « Boukhetache»

**Karima**

## ملخص

شجرة التين البربرية هي نبات دهني ينتمي إلى جنس أوبونتيا لعائلة Caceés ، فهي تؤمن نفسها في مناخات قاحلة وشبه القاحلة ، كما هو الحال مع المناطق المتوسطة والوسطى والمكسيكية. الغرض من هذه الدراسة تقييم الخصائص البيولوجية

يستخدم البروتوكول المعبر عن طرق جرعة مختلفة ، وقياس قوة مضادات الأكسدة ، المضادة للميكروبات ، الانحلال ، وقد أظهرت النتائج أن العلبات غنية بالماء ، والألياف ، والبوليفينول ، والفلافونويد ، والفلافونين ،

أبرز تحليل الكروماتوغرافي 57 الفينول و 17 قلويدات: حمض الغالك ، كيرسيتين ، كاتشين. وقد أظهرت نتائج نشاط مضادات الأكسدة أن البوليفينول هي مصائد أفضل من الراديكاليات

(2\_dphenyl\_1\_picrylhydrazyl) (IC50 =،DPPH (2 يُظهر تقييم نشاط مضادات الأكسدة بواسطة اختبار DPPH أن cladodes في OFI لها قوة مضادة للأكسدة

**الكلمات المفتاحية:** البربرية FIG ، Opuntia ficus indica L ، cladodes ، المستقلبات الثانوية ، نشاط مضادات الأكسدة.

## Résumé

Le figuier de Barbarie est une plante grasse appartenant au genre *Opuntia* de la famille des cactées, Il se croit dans les climats arides et semi-arides, comme c'est le cas des régions méditerranéennes, d'Amérique centrale et du Mexique. Le but de cette étude évaluer les propriétés biologique

Le protocole exécutée fait appel à divers méthodes du dosage, et de mesurer pouvoir antioxydant, antimicrobienne, hémolytique, les résultats montrent que les cladodes sont riche en eau, fibres, les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, étaient présentent aux teneurs respectives de matières séché

L'analyse chromatographique a mis évidence 57 composés phénolique et 17 alcaloïdes : l'acide gallique, la quercétine, la catéchine .les Résultats de l'activité antioxydant ont montre que les polyphénols sont meilleur piègeurs des radicaux DPPH (2,2-dphényl -1-picrylhydrazyl) (IC50=

L'évaluation de l'activité antioxydante par le teste de DPPH montre que les cladodes d'OFI ont un pouvoir antioxydant très important ; ces valeurs élevées sont dues aux teneurs des composés phénoliques qu'ils sont la base de cette activité.

**Mots clés :** Figuier de barbarie, *Opuntia ficus indica* L, cladodes, métabolites secondaire, activité antioxydante.

## **Abstract**

The Prickly pear is a fatty plant belonging to the genus *Opuntia* of the cactus family, It is believed to grow in arid and semi-arid climates, as is the case of the Mediterranean regions, Central America and Mexico. The purpose of this study is to evaluate the biological properties

The protocol carried out uses various methods of assay, and to measure antioxidant, antimicrobial, hemolytic power, the results show that the cladodes are rich in water, fibers, polyphenols, flavonoids, tannins, were present at the respective contents of dried matter

Chromatographic analysis revealed 57 phenolic compounds and 17 alkaloids: gallic acid, quercetin, catechin. The Results of the antioxidant activity have shown that polyphenols are better scavengers of Dpph (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radicals (IC<sub>50</sub>=

The evaluation of the antioxidant activity by the DPPH test shows that the OFI cladodes have a very important antioxidant power; these high values are due to the contents of the phenolic compounds that they are the basis of this activity.

**Key words:** Prickly pear, *Opuntia ficus indica* L, cladodes, secondary metabolites, antioxidant activity.

---

*Liste des abréviations*

---

PM :	Plante médicinale
FDB :	Figuier de barbarie
O.fi :	Opuntia ficus indica
DPPH :	Diphényl picryl hydrazyl
MS :	Matière sèche
RF :	Réactif de Folin Ciocalteu

---

*Liste des tableaux*

---

**Tableau I** – Caractéristiques morphologiques d’*Opuntia ficus indica* (Habibi, 2004) ..... 9

---

*Liste des figures*

---

<b>Figure 1</b> : la plante d' <i>Opuntia ficus indica</i> .....	06
<b>Figure 2</b> : Répartition mondiale d' <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	11
<b>Figure 3</b> : Exemple de phénol de la série benzoïque.....	14
<b>Figure 4</b> : Exemple de phénol de la série cinnamique .....	14
<b>Figures 5</b> : Structures chimiques des tanins .....	15
<b>Figure 6</b> : Structure de base des coumarines .....	16
<b>Figure 7</b> Structure de la molécule d'isoprène .....	17
<b>Figure 8</b> : Préparation des échantillons .....	19
<b>Figure 9</b> : Extraction par macération des cladode d' <i>Opuntia ficus indica</i> .....	23
<b>Figure 10</b> : Evaluation de l'activité hémolytique des extraits des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L.en flavonoides .....	26
<b>Figure 11</b> :Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits des cladodes d' <i>Opuntia ficus- indica</i> L. ....	28
<b>Figure 12</b> :Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliqes) des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L. en polyphénols.....	30
<b>Figure 13</b> : Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliqes) des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L. en flavonoides .....	31
<b>Figure 14</b> :Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliqes) des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L. en tanins.....	32
<b>Figure 15</b> : IC50 des extraits aqueux et éthanoliqes des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	33
<b>Figure 16</b> :Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits (aqueux et éthanoliqes) des cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L. contre les <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i> .....	34
<b>Figure 17</b> :Pourcentage d'hémolyse des extraits (aqueux et éthanoliqes) des cladodes de deux populations d' <i>Opuntia ficus-indica</i> L.....	35

## *Table de matières*

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction .....	1

### **Chapitre I :**

#### **Plantes médicinales et le figuier de barbarie**

I-1 Généralités sur les plantes médicinales : .....	5
I-2 le figuier de barbarie.....	5
I-2-1 Généralités .....	5
I-2-2 Taxonomie.....	6
I-2-3 Description .....	7
I-2-4 Origine et Répartition géographique .....	10
I-2- 5 La plantions de la figue de barbarie .....	11
I-2- 6 Utilisation Du Figuier De Barbarie .....	12
I- 2 - 6 - 1 Usage médical .....	12
I- 2 - 6 - 2 Usage alimentaire .....	12
I- 2 - 6 - 3 Usage cosmétique .....	12
I-2-7 Importance économique et écologique du figuier de barbarie .....	13

### **Chapitre II**

#### **Les métabolites secondaires**

II.1Classification des métabolites secondaires.....	15
II.1-1.Les composés phénoliques (polyphénols).....	15
II.1-1-1.Les acides phénoliques .....	16

II.1-1-2.Les flavonoïdes .....	16
II.1-1-3.Les tanins .....	17
.....	
II.1-1-3-1.Lestannins hydrolysables .....	17
II.1-1-3-2.Les tanins condensés .....	17
II.1-1-4.Coumarines .....	17
II.1.2. Les terpènes.....	18
II.1.2.1.. Définition.....	18
II.1-3.Les alcaloïdes .....	18

### **Chapitre III**

#### **Matériels et méthodes**

III -1 Matériels et méthodes .....	21
III -1-1 Matériel végétal .....	21
III -2 Matériel du laboratoire.....	21
III -2-1 Appareils .....	21
III -2 -2 Verreries et autres .....	21
III -2 -3 Réactifs .....	21
III -3 Préparation des échantillons .....	
III -3 .1. Préparation des extraits éthanolique et aqueux .....	22
III -3 -1.1.Extrait éthanolique .....	22
III -3-1.2. Extrait aqueux.....	23
III - 4 Calcul de rendement d'extraction .....	23
III - 5Phytochimie des extraits .....	24
III -5-1 Dosage des polyphénols totaux .....	24
III - 5 -2 Dosages des flavonoïdes totaux.....	25
III - 5-3 Dosage des tannins .....	25
III – 6. Les activité biologique .....	
III-6-1-1 Mesure du pouvoir anti-radicalaire par le test DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) .....	25
III-6-2 Activité hémolytique .....	26
III-6-2-1 Préparation de la suspension érythrocytaire .....	26
III-6-2-2 Protocole.....	26
III-6-3 Evaluation de l'activité antibactérienne .....	27

III-6-3-1 Les Souches bactériennes .....	27
III-6-3-2 Préparation des milieux de culture .....	27
III-6-3-3 Préparation des disques .....	27
III-6-3-4 Préparation de la dilution des extraits .....	27

## **Chapitre –IV Résultats et discussion**

IV.1.Criblage phytochimique.....	31
IV.1 .1.Dosage des polyphénols.....	30
IV.2.Dosage des flavonoïdes.....	30
IV.3.Dosage des tanins.....	31
IV.2.Activités biologiques .....	32
IV. 2.1. Activité antioxydante .....	32
IV. 2.2. Activité antibactérienne .....	32
IV. 2.3. Activité hémolytique.....	34
Conclusion.....	
Références Bibliographiques	



*Introduction*

L'utilisation des plantes médicinales par l'homme est une pratique antique que la recherche médicale moderne redécouvre aujourd'hui avec un intérêt grandissant dans différents domaines (El Hachimi *et al*, 2017).

L'Algérie est un vaste territoire riche en flore et encore vierge. Toutes ces plantes qu'il recèle représentent une bonne source en principes actifs pour les secteurs médico-pharmaco-cosmétiques.

Cette matière végétale contient un grand nombre de molécule qui ont des intérêts Multiples mis à profit dans l'industrie, l'alimentation, la cosmétologie et en Dermopharmacie (Benattia, 2017).

Le Figuier de Barbarie est connu sous le nom scientifique d'*Opuntia ficus-indica*. La composition chimique des cladodes dépend de la variété, du stade de croissance et des conditions environnementales. Elles ont une valeur nutritive élevée, principalement en raison de leurs ressources minérales, en protéines, en fibres alimentaires et en contenu photochimique (Bensadon *et al*, 2010).

C'est une plante qui reste très peu exploitée, elle peut être valorisée en produits agroalimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. Ces produits vont jouer un rôle socio-économique important pour les agriculteurs et les populations rurales et vont contribuer au développement durable, d'où notre intérêt pour ce thème (Inglese *at al*, 2018).

L'Algérie possède une richesse floristique considérable divers, 80% de la superficie de l'Algérie est aride à semi-aride, elle possède des points forts (climat, ressources phylogénétiques et terrains), pour développer la culture de la figue de barbarie.

La plantation de l'opuntia occupent une superficie de 52.000 hectares en Algérie ; avec plus de quarante variétés au total dont six sont à fruit comestible. La figue de barbarie algérienne est non seulement réputée par son goût succulent et sucré, mais contient une grande quantité de graines comparée avec celle du Maroc ou de la Tunisie. C'est une plante qui est économiquement importante, mais qui reste très peu exploitée, une valorisation est alors nécessaire vu les innombrables vertus qui ont été démontrées dans plusieurs études, ainsi, les industriels algériens devraient se pencher sur cet axe afin de développer ce secteur qui s'avère très promoteur (Cherif, 2016).

## Introduction

---

Le présent travail est une contribution dans la valorisation de figuier de barbarie est présenté comme suit :

- La première partie est consacrée à une étude bibliographique sur le figuier de barbarie d'*Opuntia ficus indica* L et les métabolites secondaires.
- Le second décrit le matériel et les méthodes utilisés dans notre travail.
- La troisième partie sera consacrée à la discussion des résultats obtenus dans cette étude



# *Revue Bibliographique*

# ***Chapitre I***

*Généralités sur les plantes médicinales  
et le figuier de barbarie en particulier*

**I -1 Généralités sur les plantes médicinales :**

Une plante médicinale (PM) est une plante qui est cultivée où cueillie dans son milieu naturel pour ses propriétés médicinales. Le monde végétal est à l'origine d'un grand nombre des médicaments. Récemment, des chercheurs ont estimé qu'il existe environ 400 000 espèces de plantes dans le monde, dont environ le quart ou le tiers ont été utilisées par les sociétés à des fins médicinales. Par ailleurs, dans plusieurs pays en voie de développement, une grande partie de la population fait confiance à des médecins traditionnels et à leurs collections de plantes médicinales pour les soigner.

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales en raison de sa superficie et sa diversité bioclimatique. Les régions saharienne ou méditerranéennes peuvent être considérées comme une réserve naturelle de PM vu le nombre considérable de plantes médicinales qui s'y développent spontanément, telles que l'armoise blanche ; le cyprès ; le cactus ; le thym, etc. Ces dernières occupent une place très importante dans la médecine traditionnelle algérienne, qui elle-même est largement employée dans divers problèmes de santé. Les remèdes utilisés sont considérés comme : moins chers, sans effets indésirables et ont tendance à être plus employés dans les maladies chroniques telles que le diabète, les rhumatismes, les cancers, etc. (Garçon, 1991).

Les plantes médicinales sont parfois récoltées à l'état sauvage mais beaucoup d'entre elles sont cultivées à grande échelle (Digitale, Pavot, Chanvre, etc.) pour répondre à la consommation. Les méthodes de sélection ou de manipulation génétiques sont également utilisées pour augmenter leur teneur en principes actifs (Papavéracées, Apocynacées, Liliacées, Rubiacées, Solanacées, Lamiacées). Certaines plantes sont inoffensives telles que le Tilleul, la Camomille, la Menthe, etc.

D'autres, très nombreuses, sont toxiques et ne doivent être utilisées que sous forme pharmaceutique, telle que la Digitale, la Belladone, le Colchique, etc.

L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans les champs peut aboutir à des intoxications graves, voire mortelles (Marouf et Reynaud, 2007).

**I -2 le figure de barbarie****I -2-1 Généralités :**

Le figuier de barbarie est une plante grasse appartenant à la famille des cactées et plus précisément au genre *Opuntia*, cultivé principalement pour la production de fruits. Il est cultivé dans les climats chauds et nécessite une exposition bien ensoleillée, comme dans les régions méditerranéennes et d'Amérique centrale.

Les régions semi-arides du Mexique renferment la plus grande diversité de cactus dans le monde. Le genre *Opuntia* contient environ 300 espèces et beaucoup d'entre elles produisent des tiges et des fruits bien tendres et comestibles. En fait, le figuier de barbarie est cultivé aussi pour la production de nopals ou nopalitos (jeunes cladodes consommés comme légumes au Mexique) ou marginalement pour l'élevage de la cochenille *Dactylopius coccus*, utilisée pour la production d'un colorant rouge, aux îles de Canaries. Dans le monde, les plantes d'*Opuntia* sont cultivées dans plusieurs régions occupant environ 100.000 ha, particulièrement en Amérique du Sud, le bassin méditerranéen, le Moyen-Orient et l'Inde.

La production annuelle de cladodes à partir du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) varie de 30 à 80 tonnes/ha, selon la région, les conditions météorologiques et la variété végétale (Stintzing et al, 2005).

Il est aussi cultivé en Tunisie, essentiellement dans la région de Kasserine, en particulier à Tala, et très consommé pendant l'été. En culture irriguée, on peut obtenir un rendement de 250 à 300 quintaux de fruits à l'hectare (Dubeux et al, 2006).



**Figure 1** : la plante d'*Opuntia ficus indica*

### **I -2-2 Taxonomie**

De nombreux auteurs ont élaboré des classifications du Genre *Opuntia*.

La classification considérée comme la plus valable à ce jour est sans doute celle établie par Britton et Rose en 1963 :

Règne : Plantes.

Ordre : Caryophyllales.

Sous-classe : Caryophyllidae.

Famille : Cactaceae.

Groupe : Opuntiaeae.

Genre : Opuntia.

Sous-genre : Platyopuntia

Espèces : Opuntia ficus-indica,

Opuntia megacantha.

Le genre Opuntia appartient à la famille des Cactaceae, ordre des Caryophyllales et la sous-classe des Caryophyllidae.

La famille des Cactaceae compte environ 130 genres et 1500 espèces, dont 300 appartiennent au genre Opuntia (Mulas et al, 2004).

Le groupe des Opuntiaeae comprend le genre Opuntia, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : Platyopuntia, Cylindropuntia, Tephrocactus et Brasiliopuntia.

Le sous-genre Platyopuntia comprend 150 à 300 espèces décrites, on a l'espèce Opuntia megacantha et la série des ficus-indicae, qui comprennent l'Opuntia ficus-indica et qui sont connues sous le nom de figuier de Barbarie (Mulas et al. 2004).

L'Opuntia ficus-indica et l'Opuntia megacantha sont parmi les cactées qui ont la plus grande importance agronomique, tant pour leur fruit comestible que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (Mulas et al. 2004).

La domestication d'Opuntia ficus-indica a commencé il y'a environ 8000 ans. Il en existe une forme épineuse et une forme inerme. De nombreux auteurs considèrent l'Opuntia megacantha comme un synonyme d'Opuntia ficus-indica, toujours considérée comme la forme inerme. La démonstration la plus évidente est que l'Opuntia megacantha est une forme d'Opuntia ficus-indica mais dans des conditions de stress, certaines cladodes de la forme inerme peuvent commencer à développer des épines.

Par ailleurs, les plantes qui proviennent à partir des graines d'espèces sans épines peuvent générer des formes épineuses, caractérisées par une grande variabilité (Mulas et al, 2004).

### **I -2-3 Description :**

Le figuier de barbarie est une plante arborescente robuste de (3 à 5 m) de hauteur, possède : un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de (30 à 50 cm), une largeur de (15 à 30cm) et une épaisseur de (1.5 à 3 cm) appelés cladodes ou raquettes. Les cladodes assurent la fonction

chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs (Nobel, 2002 ; Schweizer, 1997).

Les feuilles sont de forme conique et ont quelques millimètres de long, éphémères, apparaissant sur les cladodes jeunes, à leur base, se trouvent les aréoles (environ 150 par cladodes) qui sont des bourgeons axillaires modifiés. Les épines sont blanchâtres, sclérifiées, solidement implantées et longues de (1 à 2 cm). Les glochides sont de fines épines de quelques millimètres de couleur brunâtre, se décrochent facilement, s'implantant solidement dans la peau. Parfois on ne retrouve pas d'épines et on parle de raquettes inermes (Angulo-Bejarano et al, 2014).

L'Opuntia porte des fleurs et des fruits en abondance. Les fleurs sont hermaphrodites, c'est sur le dessus des raquettes qu'apparaissent de belles et grandes corolles latérales, larges de (4 à 10 cm), de couleur jaune à rouge avec toutes les nuances intermédiaires et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante.

Dans certaines contrées chaudes et arides la plante fleurit et porte des fruits deux fois dans l'année (Schweizer, 1997), de couleur variable (vert, jaune, rouge, violet...), de forme (ovoïde, ronde, elliptique, allongée), composé d'écorce, de jus pulpeux et de graines (Feugang et al, 2006). Et d'après (Mondragon Jacobo, 2000), la reproduction sexuelle et asexuelle est possible pour la plante *Opuntia ficus indica*.

Tableau I – Caractéristiques morphologiques d’Opuntia ficus indica (Habibi, 2004)

Compartiment	Descriptions	Photographies
<b>Taille</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plante arborescente robuste de (3 à 5 m) de hauteur.</li> </ul>	
<b>Cladodes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appelés aussi raquettes               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisés en articles aplatis</li> </ul> </li> <li>• Formes ovoïdes</li> <li>• Couleur vert-mat</li> <li>• Epineux ou inermes</li> </ul>	
<b>Fleurs</b>	<p>Marginales sur le sommet des cladodes,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sont hermaphrodites</li> <li>• De couleur jaune et deviennent rougeâtres à l’approche de la sénescence de la plante</li> </ul>	
<b>Fruits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couleur variable (vert, jaune, rouge, violet)</li> <li>• Forme (ovoïde, ronde, elliptique, allongée)</li> <li>• Pourvues d’épines</li> </ul>	

#### I -2-4 Origine et Répartition géographique :

Le genre *Opuntia*, originaire du Mexique, figure d'ailleurs sur l'emblème du drapeau mexicain. (Orwa et al, 2009).

Sa distribution géographique est très large : Mexique, Sicile, Chili, Brésil, Turquie, Corée, Argentine et Afrique du Nord (figure 5) (Barbera et al, 1992).

Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16<sup>e</sup> siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage (Oumiloud, 2012).

Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal, et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) (Bensalem et al, 2002 ; Arba., 2009).

A titre d'exemple, la superficie cultivée dans la région du WANA (Ouest d'Asie et le Nord-africain) est d'environ 900.000 ha (Nefzaoui et al, 2004).

Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique ; la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage (Mulas et al, 2004).

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-bou-Arrérij, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à Msila, Laghouat et même à 1100 mètres Aïn-Sefra (Piédallu,1990).

Du centre à l'ouest l'*Opuntia* occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Aïn-Temouchent, Oran. Mascara, Sidi-bel Abbés, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux.

A l'exception des montagnes et des zones sahariennes, la culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture ou de vergers. La culture de cactus se trouve Parfaitement intégrée dans le système d'exploitation traditionnel (Arba et al, 2000).



**Figure 2 :** Répartition mondiale d'Opuntia ficus-indica**I -2- 5 La plantions de la figue de barbarie :**

La plantation de la figue de barbarie a été considérablement étendue dans la région du sud de l'Afrique (1772), l'Inde (1780), les Philippines (1695), la Chine (1700) et l'Indochine (1790), La période de plantation du cactus varie avec la latitude et les conditions environnementales.

Deux époques sont considérées :

L'automne : de septembre à novembre pour les régions à hivers doux et de septembre à octobre dans les régions à hivers frais.

Le printemps : pendant les mois de février, mars et avril dans les zones à hivers doux et pendant le mois d'Avril et mai dans les régions à hivers frais (Neffar, 2011/2012)

La plantation se fait soit par des raquettes simples (une seule raquette) ou doubles (raquette terminale fixée sur une raquette subterminale). L'avantage de la plantation des raquettes doubles est l'entrée plus rapide en production de ces raquettes par rapport aux raquettes simples.

La multiplication du figuier de barbarie par bouturage est le mode le plus simple et le plus courant. La saison de récolte des figues de barbarie varie selon le cultivar et le lieu de production.

Afin d'avoir l'optimum de la qualité du fruit, les fruits colorées nécessitent d'être récoltées quand elles atteignent au moins 50% de leur couleur finale (Bhira ,2012)

Les plantations constituent aussi un habitat pour la faune domestique ou sauvage. C'est une source mellifère importante pour l'apiculture durant la période de floraison.

Les cladodes chauffées au feu sont utilisées dans le traitement des inflammations (rate et reins), et dans le traitement des diabètes (hypoglycémie) non dépendants de l'insuline. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang (NEFFAR, 2011/2012)

**I -2- 6 Utilisation Du Figuier De Barbarie :****I - 2 - 6 - 1 Usage médical :**

Les raquettes possèderaient des effets hypoglycémians et favoriseraient l'élimination du cholestérol et des triglycérides du sang (Maataoui et al, 2018).

Des effets anticancéreux ont été identifiés récemment, de la bétacyanine isolée de l'*Opuntia ficus-indica* sur la lignée de cellules K562 de la leucémie myéloïde chronique et sur des mélanomes (cancer de la peau) chez la souris (Sreekanth et al, 2007).

Des parties de la plante ont été utilisées comme régulant diurétique et comme remède au dysfonctionnement de la prostate (Halmi, 2015).

Le figuier de barbarie a été utilisé comme remède aux douleurs gastro-intestinales, à l'angoisse, à l'artériosclérose, à la spasmophilie, au stress, aux brûlures et aux coups de soleil (Boudilmi et Mehoulas, 2020).

Les pigments alimentaires de figue de barbarie peuvent influencer directement sur les mécanismes inflammatoires de l'intestin (Maataoui et al, 2018).

#### **I-2-6-2 Usage alimentaire :**

La pulpe et le jus sont les utilisations les plus communes et domestiques du figuier de barbarie qui manifestent une bonne stabilité microbiologique. La pulpe peut être utilisée pour préparer des gels comme les gels de pomme et cognassiers (Mazari et Mehdeb, 2021).

La confiture est un autre produit qui peut être préparé à partir du fruit. Elle présente une bonne qualité sensorielle et une stabilité microbiologique (Halmi, 2015).

Les fruits des jeunes pousses d'*Opuntia*, appelées "Nopalitos", sont riches en vitamine C et en Calcium ce qui rend leur valeur nutritive proche de celle de la laitue et des épinards (Halmi, 2015).

Les cladodes sont riches en pectine, mucilage et minéraux (Maataoui et al, 2018).

#### **I-2-6-3 Usage cosmétique :**

L'huile de pépins de figues de Barbarie est d'une richesse exceptionnelle en vitamine E, en acides gras polyinsaturés, et en stérols, ce qui lui confère une aptitude hors de commun à protéger la peau contre les radicaux libres. Elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des crèmes dermiques antirides (Hayat et al, 2015).

Les extraits de la plante sont présents dans la composition de nombreux produits cosmétique (Bhira, 2012).

Il remplace avantageusement la graisse de baleine dans la préparation des crèmes et des pommades (Halmi, 2015).

Le fruit, ainsi que la tige sont utilisés pour préparer des produits à valeur ajoutée, tels que les lotions pour le corps, shampoing et crèmes, etc. (Kaur et al, 2012).

#### **I-2-7 Importance économique et écologique du figuier de barbarie :**

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi-désertique lui permet de constituer une culture à intérêt écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols.

Il est également cultivé pour la régénération des terres. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants.

Mais malgré ses attraits naturels, peu d'intérêt a été accordé à cette espèce jusqu'aux années 70, avec le développement des marchés des fruits exotiques dans plusieurs pays, les efforts se sont multipliés pour en faire une culture industrielle, soit en tant que culture fourragère, soit en tant que culture maraîchère.

La production de fruits destinés à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale reste cependant l'aspect le plus recherché et le plus développé (Neffar, 2012).

# **Chapitre II:**

*Généralités sur les métabolites secondaires*

## II - 1 Classification des métabolites secondaires

Le terme « métabolites secondaire », qui a probablement été introduit par Albert Kossel en 1891, est utilisé pour décrire un vaste gramme de composés chimique dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles catalytiques (Ilhem et al, 2019).

Toutes les plantes supérieures possèdent des métabolites dites secondaires, contrairement aux métabolites primaires qui sont les protéines, les glucides et les lipides etc.

Ces métabolites secondaires qui sont synthétisés dans une partie de la plante, s'accumulent en faible ou en grande quantité dans une autre partie. Il y a plus de 200000 molécules ont été identifiées, qui sont ordonnées selon leurs identités chimiques en trois classes (Macheix et Al ,2005).

On appelle métabolite secondaire des composés bio synthétisés naturellement par les végétaux, qui ne participent pas directement à son développement. Ces métabolites sont responsables des fonctions périphériques essentielles à la survie de la plante (Hartmann, 2007). On les classe en trois catégories principales selon leur structure :

Les polyphénols, ou composé phénoliques

Les terpenoïdes

Les alcaloïdes (Bellaw, 2012).

### II-1-1 Les composés phénoliques

D'après Fleuriet et al (2005), Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux donc la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono, les di et les polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques.

Les composés phénoliques forment un groupe diversifié de métabolites secondaires (Hattenschwiler et Vitousek 2000), d'un poids moléculaire élevé (Harbone, 1994).

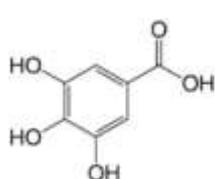
Ces molécules constituent le groupe majoritaire le plus important dans le règne végétal. Les différentes parties de la plante possèdent des quantités en polyphénols variables selon l'espèce végétale et le groupe phénolique considéré (Bamforth, 2000).

Ils sont constitués des composés chimiques aromatiques contenant au moins une fonction phénol, c'est-à-dire d'un noyau aromatique lié à un ou plusieurs groupement(s) hydroxyle(s), en plus D'autres constituants, modifié(s) ou non (Lattanzio et al. 2006).

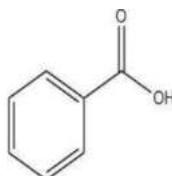
#### II-1-1-1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques, ou acides phénols ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols, Ils sont incolores et plutôt rares dans la nature (Haslam, 1994).

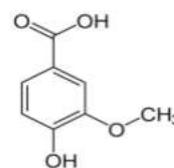
Ils se divisent en deux classes



Acide benzoïque



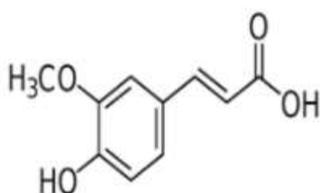
Acide gallique



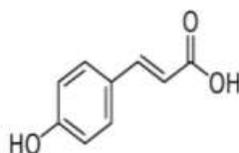
Acide vanillique

**Figure 3 :** Exemple de phénol de la série benzoïque

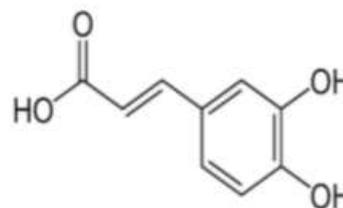
Les dérivés de l'acide cinnamique (les acides hydroxycinnamiques) (Sharma, 2011).



Acide cinnamique



Acide ferulique



Acide caféique

**Figure 4 :** Exemple de phénol de la série cinnamique

Les acides phénoliques possèdent des propriétés biologiques intéressantes : anti inflammatoires, Antiseptiques, anti radicalaires, hépato protecteurs, immunotimulants (Bruneton, 1999).

### II -1-1-2. Les flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Elles sont omniprésentes dans les fruits, les légumes, les graines, les boissons tels le thé et le vin rouge et d'autres parties de la plante. Elles sont considérées comme des pigments quasi universels des végétaux qui peuvent participer dans les processus photosynthétiques, dans la régulation de gène et dans le métabolisme de croissance.

En basant sur leur squelette, les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes : anthocyanidines ; flavonoles ; isoflavonoles ; flavones ; isoflavones ; flavanes ; isoflavanes flavanols ; isoflavanols ; flavanones ; isoflavanones ; auronnes. (Benhammou, 2011).

### II -1-1-3. Les tanins

Les tanins sont un groupe de polyphénols à haut poids moléculaire et qui existent dans presque chaque partie de la plante : écorce, bois, feuilles et racines (Cowan., 1999).

Ces composés sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments (Ref'at *et al.* 2008).

Selon leurs structures biochimiques, on distingue deux classes de tannins : les tannins Hydrolysables et les tannins condensés.

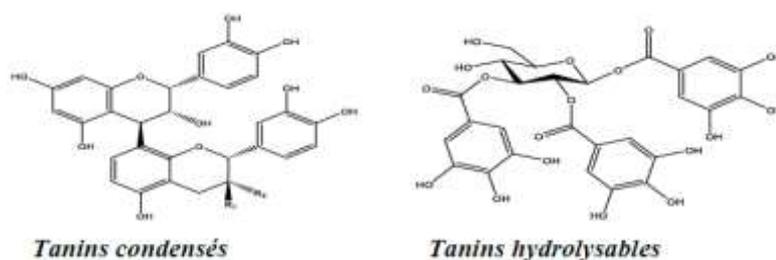
### 1-1-3-1.Lestannins hydrolysables

Ce sont des oligo ou des polyesters de glucides et d'un nombre variable d'acides phénols.

Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins, soit l'acide ellagique dans le cas des tanins classiquement dénommés ellagitanins (Bruneton., 1999 ; Cowan., 1999).

### II -1-1-3-2. Les tanins condensés

Appelés aussi proanthocyanidines, les tanins condensés sont des polyphénols de masse molaire élevée. Ils résultent de la polymérisation auto oxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diols liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi proanthocyanidines de type B. Lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les proanthocyanidines sont dits de type A (Wollaston *et al.*, 2000)



**Figures 5 :** Structures chimiques des tanins (Achat., 2013).

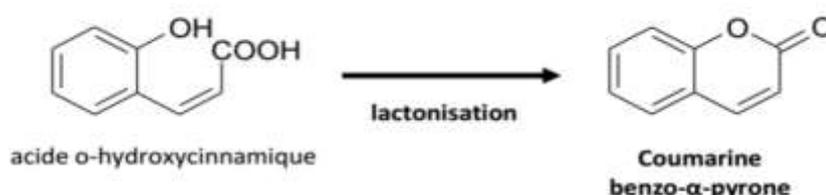
### II -1-1-4.Coumarines

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels, elles donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché (Figure 05). A l'exception des algues, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont : Légumineuse, Rutacées,

Apiécées et Thymeleacées. Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante et notamment dans les fruits et les huiles essentielles des graines (Deina et al., 2003 ; Booth et al., 2004).

Les coumarines ont des effets différents sur le développement des plantes suivant leur concentration et aussi selon l'espèce. Dans la cellule végétale elles sont principalement présentes sous forme glycosylée, Cette glycosylation est une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques de ces molécules. Elles sont considérées comme des phy-toalexines, c'est-à-dire de métabolites que la plante synthétise en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries.

Les coumarines peuvent également se trouver dans le règne animal (les glandes à sécrétion odoriférante du castor) et chez certains microorganismes (Hofmann, 2003).



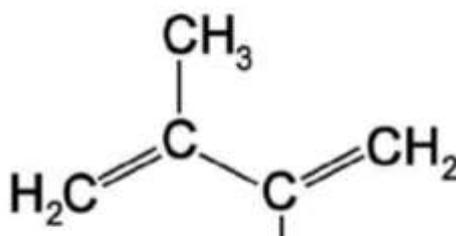
**Figure 6** : Structure de base des coumarines (Macheix *et al*, 2005).

Les coumarines sont sous forme de cristaux orthorhombiques de couleur blanche ou jaunâtre. Elles sont assez solubles dans les alcools et les solvants organiques (dioxyde d'éthyle ou les solvants chlorés). Les coumarines hydroxylées (umbelliférones) possèdent une intense fluorescence bleue en lumière UV. Leur spectre UV est également caractéristique et sert à leur identification (Feryel, 2015).

## Π.1.2 Les terpènes

### Π.1.2.1. Définition

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 de (1-8) sauf dans les polyterpènes où il peut atteindre plus de 100 (caoutchouc). La molécule de base est l'isoprène de formule  $C_5H_8$  (**Figure 15**). Le terme terpénoïde désigne un ensemble de substances présentant le squelette des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone, etc.) (**Malecky, 2005**).



**Figure 7** Structure de la molécule d'isoprène**II-1-3. Les alcaloïdes**

Les alcaloïdes sont parmi les premiers produits naturels isolés de plantes médicinales. Il a été constaté qu'ils contiennent des bases azotées qui forment des sels avec les acides. Ils sont chimiquement des matières organiques composés de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène (Schauenberg et Paris, 2005).

Les alcaloïdes sont des substances particulièrement intéressantes pour leurs activités pharmacologiques qui s'exercent dans des domaines variés :

Au niveau du système nerveux central, qu'ils soient anti dépresseurs (morphine, scopolamine) ou stimulants (strychnine, caféine).

Au niveau du système nerveux autonome : sympathomimétiques (éphédrine) ou sympatholytiques, parasympathomimétiques, anticholinergiques et ganglioplégiques (Bruneton, 1999).



*Partie Expérimentale*

### III -1 Matériels et méthodes

**Objectifs :** Les objectifs de notre travail consistent à : Extraire et quantifier les olyphénols et flavonoïdes et les tanins inclus dans les cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*); Analyser leurs activités antioxydante et antimicrobienne par une multitude de tests in vitro.

#### III -1-1 Matériel végétale :

Les cladodes de la plante *Opuntia ficus indica* L utilisés dans cette étude ont été récoltés dans deux régions différentes ; la région de Takhmaret située à 90 Km de la wilaya de Tiaret et la région de Djurdjura, ont été prélevés le mois de décembre 2022

### III -2 Matériel du laboratoire

#### III -2-1 Appareils

Agitateur magnétique thermique (IKA RCT basic)

Autoclave

Balance analytique (SARTORUS)

Bec Bunsen

Broyeur

Centrifugeuse (Hettich)

Etuve (MEMMERT)

Evaporateur rotatif (Heidolph 2)

Spectrophotomètre (UV. Visible)

Vortex

Milieu hanten

#### III -2 -2 Verreries et autres

Ballons

Béchers

Barreaux

Eprouvettes

Erlenmeyers

Micropipettes

Pipettes

Tubes à essais

Verres de montres

#### III -2 -3 Réactifs

DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl)

ABTS (2,2-azini-bis-3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonate)

$K_3Fe(CN)_6$  (Ferrocyanure de potassium)

$K_2S_2O_8$  (persulfate de potassium)

TCA (acide trichloroacétique)

Chlorure de fer ( $FeCl_3$ )

folin-ciocalteu

Acide gallique

DMSO (dimethyl sulfoxyde), (Biochem chemopharma)

### III -3 Préparation des échantillons

Les cladodes ont été coupés en tranches fines nettoyée et laissée sécher à l'étuve à  $37^\circ$  pendant 3 jours, puis broyée à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres de raquettes obtenues sont ensuite conservées dans un bocal hermétique à température ambiante pour que ça soit ultérieurement utilisé pour la préparation des extraits.



**Figure 8** : Préparation des échantillons

#### III -3 -1 Préparation des extraits éthanolique et aqueux

##### III -3 -1-1 Extrait éthanolique :

L'extraction éthanolique a été réalisée selon le protocole décrit par (Ammar et *al*, 2015).

Pour cela, 50g de poudre a été macérée dans 500 ml d'une solution éthanolique 70 %. Le mélange a été soumis à une agitation continue à l'abri de la lumière pendant 15mn et

incubation 24 h .Le macérât obtenu a été filtré puis évaporé à (35-40 C°) pendant 15min par un évaporateur rotatif, jusqu'à l'obtention d'un extrait conservé à 4 °C jusqu'à son utilisation.



**Figure 9 :** Extraction par macération des cladode d'*Opuntia ficus indica*

### III -3-1-2 Extrait aqueux

50 g de la matière sèche de l'échantillon de plante est mélangé avec 500 ml d'eau distillée. L'ensemble est agité pendant 15 minutes. Après la macération pendant 24 heures et à 4°C, l'ensemble est filtré sur papier Wattman N°. 1 par une filtration sous vide (Figure 4). Les filtrats sont ensuite évaporés presque à sec au moyen d'un évaporateur rotatif (Monta et al, 2009)

### III - 4 Calcul de rendement d'extraction

Le rendement désigne la masse de l'extrait brut mesurée après l'évaporation du solvant organique, exprimée en pourcentage par rapport à la masse initiale de la poudre extraite, calculée comme suit :

**Taux d'extraction (%) = (poids du bécher après extraction – poids du bécher vide) / poids de (l'échantillon×100)**

### III – 5 Phytochimie des extraits :

L'examen phytochimique permet de détecter la présence ou l'absence des constituants chimiques, essentiellement les composés phénoliques, les tanins et les flavonoïdes. La mise en évidence s'effectue par des tests phytochimiques réalisés, généralement sur les extraits déjà préparés ou directement sur la poudre d'échantillon à analyser (Trease et Evans, 1987).

### III -5-1 Dosage des polyphénols totaux :

La méthode de dosage des polyphénols totaux est celle de Follin - Ciocalteu (Li et al. ,2007).

Ce réactif qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phospholipidique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribéreau-Gayon, 1968).

La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

Un volume de 200 µl de l'extrait est ajouté à 1 ml de la réactive Folin-3 fois). Après 5 minutes de repos, on verse 800 µl de carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) à 5 % et on place les tubes à l'obscurité pendant 30 minutes.

Les résultats étaient lus à une longueur d'onde égale 750 nm, et la concentration des polyphénols totaux exprimée en milligramme d'équivalent d'acide polyphénols totaux exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique par d'extrait (µg EAG/mg extrait sec), est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec de l'acide gallique (0-100 µg/ml) (Yeddes et al., 2013)

### III - 5 -2 Dosages des flavonoïdes totaux

La méthode du chlorure d'aluminium (l'AlCl<sub>3</sub>) a été employée pour la détermination de la teneur des extraits en flavonoïdes (Minhaj et al, 2019).

Les flavonoïdes possèdent un groupement OH libre en position 5 qui est susceptible de donner en présence de chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al<sup>3+</sup>, l'intensité de la coloration jaune est proportionnelle à la quantité des flavonoïdes présents dans l'extrait.

Pour réaliser le dosage, 200 µl de chaque extrait a été ajouté à 2 ml distillée et 150 µl d'une solution de nitrite de sodium NaNO<sub>2</sub> à 15 % . AlCl<sub>3</sub> , Après 6 min ,ensuite 2 ml de hydroxyde de sodium à 4% est ajouter , après 5 mn, l'absorbance a été mesurée à 510 nm.

La teneur en flavonoïdes de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent quercétine par gramme d'extrait (mg E .Q/g d'extrait).

### III - 5-3 Dosage des tannins

Les tanins condensés ont été dosés suivant la méthode du Butanol-HCl, développée par Iqbal et al. (2011) ; elle est basée sur la réaction de dépolymérisation des tanins condensés en milieu acide. Cette réaction conduit à la libération des anthocyanidines (molécules colorées) correspondants aux monomères clivés.

Le milieu réactionnel composé d'un volume connu de chaque extrait de poudre de graines de figes de barbarie 50 UL avec 1.5 ml du vaniline 4 on mélange dans vortex puis on ajoute 750 UL HCL pur et incubé 20 min /25 °C.

L'absorbance a été, ensuite, mesurée à 550 nm, La teneur en tanins de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la catéchine. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent catéchine par gramme d'extrait (mg E .Q/g d'extrait). Et les résultats ont été déterminés par la formule suivante :

$$CT = A \times FD \times PM \times 1000 / \varepsilon$$

CT : la concentration du tannin en mg/l.

A : absorbance enregistrée à 530 nm.

FD : facteur de dilution.

PM : la masse molaire de la cyanidine (287.24 g/mol).

$\varepsilon$  : le coefficient d'extinction molaire (34700 l/mol).

### III – 6 Les activité biologique

#### III-6-1-1 Activité antioxydant

Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphenylpicryl-hydrayl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphenylpicryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons. Ainsi plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort (MANSOURI *et al*, 2005).

Le DPPH est caractérisé par son adaptation à plusieurs échantillons dans une courte durée, aussi il est assez sensible pour détecter les ingrédients actifs à des basses concentrations, à cet effet, il a été employé pour le criblage des activités anti radicalaire des extraits végétaux (YI *et al*, 2008).

Ainsi pour préparer la solution du DPPH on mélange 2mg de DPPH en poudre sont dissouts dans 100 ml d'éthanol pure .1 mg d'un extrait brut aqueux dans un tube eppendorf et lui ajoute 1ml eau distillée .les mêmes manipulations ont été répétées ethanolicques.

La solution mère obtenue a été diluée en trois (3) fois solutions fils de concentrations déférents. Ce qui permis quatre (4) solutions, à savoir 1mg/ml, 0.5 mg/ml, 0.1mg/ml, 0.05mg/ml 200  $\mu$ L d'extrait sont ajoutés à 1mL de la solution du DPPH préparée Fraîchement dans le méthanol. Laisser 30 minutes à l'obscurité.

L'absorbance est mesurée à 517 nm contre le blanc. L'activité anti-radicalaire des extraits a été exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation (ASADI *et al*, 2010):

$$\% \text{ Inhibition} = ((\text{Abscontrôle} - \text{Abséchantillon}) / \text{Abscontrôle}) \times 100$$

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydant d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide

ascorbique (vitamine C), Quercétine ou le Trolox (acide-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylique) (Olyneux, 2004).

Pour s'affranchir de l'influence de la concentration, la concentration effective EC50 de l'antioxydant est déterminée, qui correspond à une réduction de 50% de l'activité du DPPH• dans le milieu réactionnel. La capacité antioxydant d'un composé est d'autant plus élevée que sa EC50 est petite

### III-6-2 Activité hémolytique

#### III-6-2-1 Préparation de la suspension érythrocytaire

Le sang est prélevé dans des tubes d'héparine à partir d'un donneur sain. Il est centrifugé à 1500 tours/min durant 3 minutes. Après l'élimination du plasma, le culot est lavé 03 fois par une solution phosphate buffer préalablement préparée (PBS, pH 7,4), centrifugé à nouveau à 1500 tours/min pendant 5 minutes et suspendu à 4% par le PBS.

#### III-6-2-2 Protocole

L'activité hémolytique est réalisée selon la méthode décrite par Kumar et al. (2011). Brièvement, 1 ml de la suspension érythrocytaire est mélangé avec 1 ml d'extrait préparés en PBS (1,25 ; 2,5 ; 5 mg/ml). Le mélange est incubé pendant 30 minutes à 37 °C, centrifugé à 1500 tour/min pendant 10 minutes, and le surnageant est mesuré à 540 nm. Le contrôle positif et négatif est réalisé dans les mêmes conditions en utilisant l'eau distillée et le PBS, respectivement. Le pourcentage d'hémolyse est calculé selon la formule suivante : Hémolyse % :  $(At-An/Ac-An) \times 100$

Où : At : Absorbance de l'extrait testé

An : Absorbance de contrôle négatif (pbs)

Ac : Absorbance de contrôle positif



**Figure 10** : Evaluation de l'activité hémolytique des extraits des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. en flavonoïdes

#### III-6-3 Evaluation de l'activité antibactérienne :

Cette partie consiste à évaluer qualitativement le pouvoir antibactérien des extraits de cladodes d'*Opuntia ficus indica*.

#### **III-6-3-1 Les Souches bactériennes :**

Afin d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits 2 souches bactériennes ont été testées, *Escherichia coli* ATCC 25922 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

#### **Préparation des pré cultures**

Les souches à tester ont été suspendues dans du bouillon nutritif puis incubées à 37\_C afin de vérifier leur viabilité. Après 24h, des gouttelettes de la suspension ont étéensemencées sur gélose nutritive puis incubées pendant 18 à 24h à 37\_C.

#### **III-6-3-2 Préparation des milieux de culture :**

Dans notre travail nous avons utilisé les milieux de culture suivants :  
La gélose Muller Hinton (MH) pour les deux souches testées et la gélose nutritive pour leurs revivifications.

#### **III-6-3-3 Préparation des disques :**

Des disques de papier filtre de 6 mm de diamètre ont été préparés, ensuite sont mis dans un tube à essai, à stériliser dans un autoclave et les garder jusqu'à leur utilisation.

#### **III-6-3-4 Préparation de la dilution des extraits :**

30mg d'extraits *Opuntia ficus indica* ont été dissous dans 10 ml de diméthylsulfoxyde DMSO

#### **Mode opératoire**

Cette méthode consiste à déposer des disques stériles sur la surface d'une gélose préalablement coulée dans une boîte de Pétri etensemencée avec le microorganisme à tester puis imprégné de 20 µl d'extrait. Incuber à 37\_C pendant 24h.

#### **Expression des résultats**

La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre (en mm) de la zone claire indemne de colonies autour du disque absorbant, appelée : Halo ou zone d'inhibition.



**Figure 11** : evaluation de l'activité antibactérienne des extraits des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L.

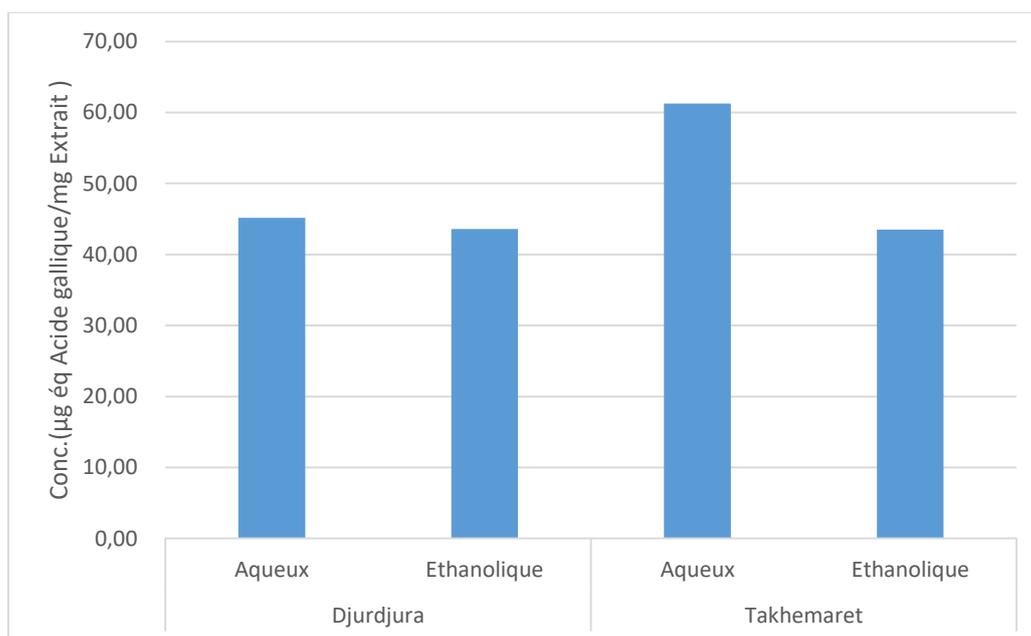
## *Chapitre IV*

### **Résultats et Discussion**

## IV.1.Criblage phytochimique

### IV.1 .1.Dosage des polyphénols

Les résultats de cette évaluation montrent que les extraits aqueux des cladodes de la population Takhemaret ont une teneur plus élevée en polyphénols que ceux de la population Djurdjura, avec une concentration de 61,27  $\mu\text{g}$  équivalent d'acide gallique/mg d'extrait pour la population Takhemaret contre 45,15  $\mu\text{g}$  équivalent d'acide gallique/mg d'extrait pour la population Djurdjura (Figure 10).



**Figure 12 :** Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliques) des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. en polyphénols

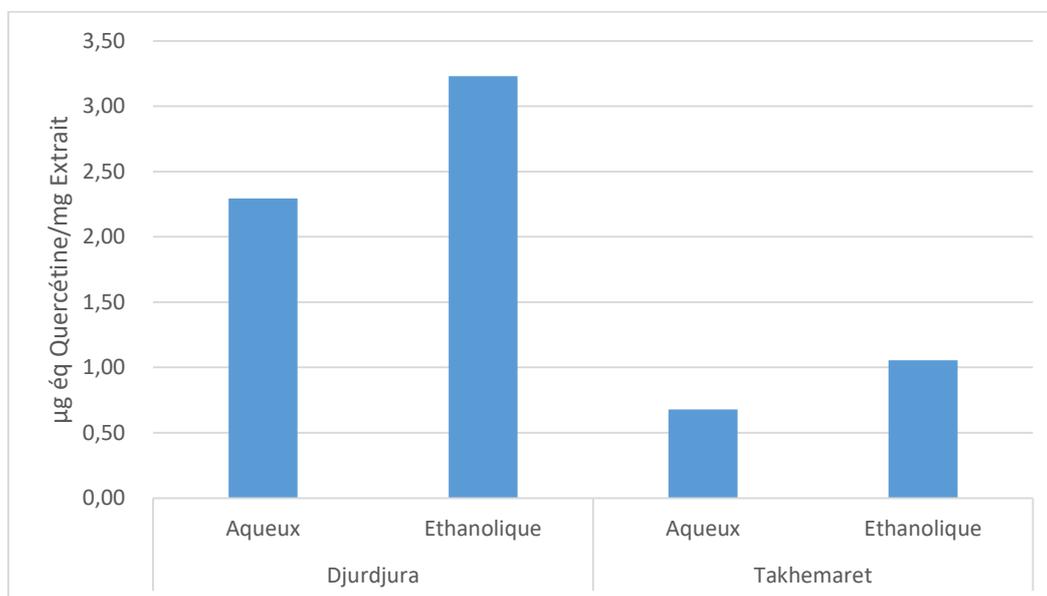
Cependant, les extraits éthanoliques des deux populations présentent des concentrations similaires en polyphénols, avec une concentration de 43,59  $\mu\text{g}$  équivalent acide gallique/mg d'extrait pour la population Djurdjura et 43,48  $\mu\text{g}$  équivalent acide gallique/mg d'extrait pour la population Takhemaret.

En résumé, les cladodes de la population Takhemaret ont une teneur plus élevée en polyphénols que ceux de la population Djurdjura dans les extraits aqueux, mais il n'y a pas de différence significative entre les deux populations dans les extraits éthanoliques.

### IV.2.Dosage des flavonoïdes

Les résultats obtenus indiquent que les extraits aqueux des cladodes de la population Djurdjura ont une teneur plus élevée en flavonoïdes que ceux de la population Takhemaret. En

effet, la concentration en équivalent quercétine/mg d'extrait est de 2,29  $\mu\text{g}$  pour la population Djurdjura et de 0,68  $\mu\text{g}$  pour la population Takhemaret (Figure 11).



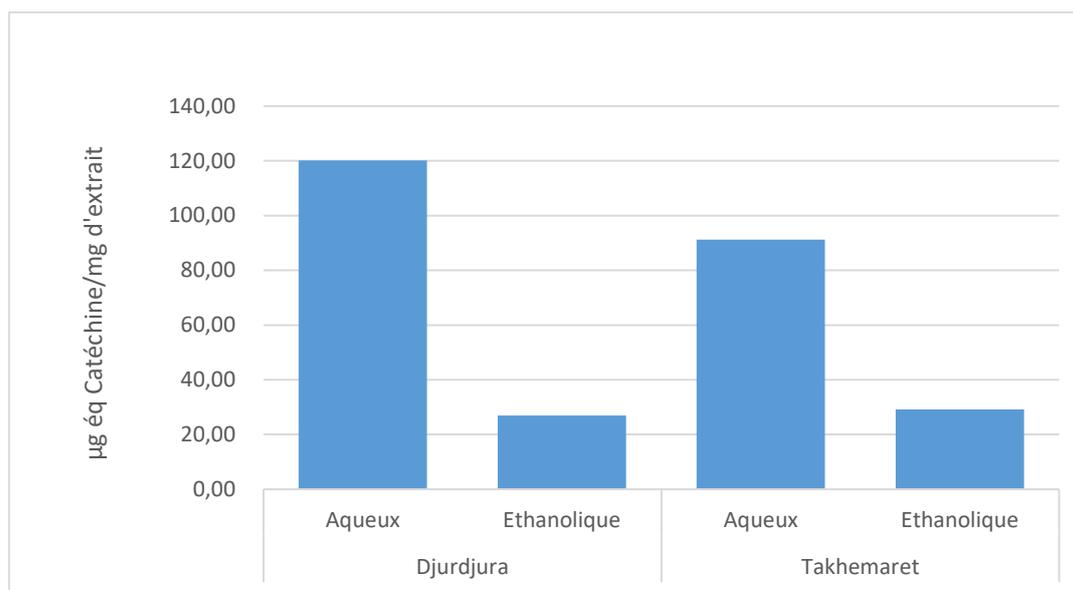
**Figure 13 :** Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliques) des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. en flavonoïdes

En ce qui concerne les extraits éthanoliques, la population Djurdjura présente également une concentration plus élevée en flavonoïdes que la population Takhemaret, avec une concentration de 3,23  $\mu\text{g}$  équivalent quercétine/mg d'extrait pour la population Djurdjura et de 1,05  $\mu\text{g}$  équivalent quercétine/mg d'extrait pour la population Takhemaret.

Ainsi, les cladodes de la population Djurdjura ont une teneur plus élevée en flavonoïdes que ceux de la population Takhemaret, dans les extraits aqueux et éthanoliques. De plus, les extraits éthanoliques présentent des concentrations plus élevées en flavonoïdes que les extraits aqueux pour les deux populations.

### IV.3. Dosage des tanins

Les résultats issus du dosage des tanins révèlent que les extraits aqueux des cladodes de la population Djurdjura ont une teneur plus élevée en tanins que ceux de la population Takhemaret. En effet, la concentration en équivalent catéchine/mg d'extrait est de 120,21  $\mu\text{g}$  pour la population Djurdjura et de 91,24  $\mu\text{g}$  pour la population Takhemaret (Figure 12).



**Figure 14 :** Teneurs des extraits (aqueux et éthanoliques) des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. en tanins

En revanche, pour les extraits éthanoliques, la population Takhemaret présente une concentration légèrement plus élevée en tanins que la population Djurdjura, avec une concentration de 29,17 µg équivalent catéchine/mg d'extrait pour la population Takhemaret et de 26,87 µg équivalent catéchine/mg d'extrait pour la population Djurdjura.

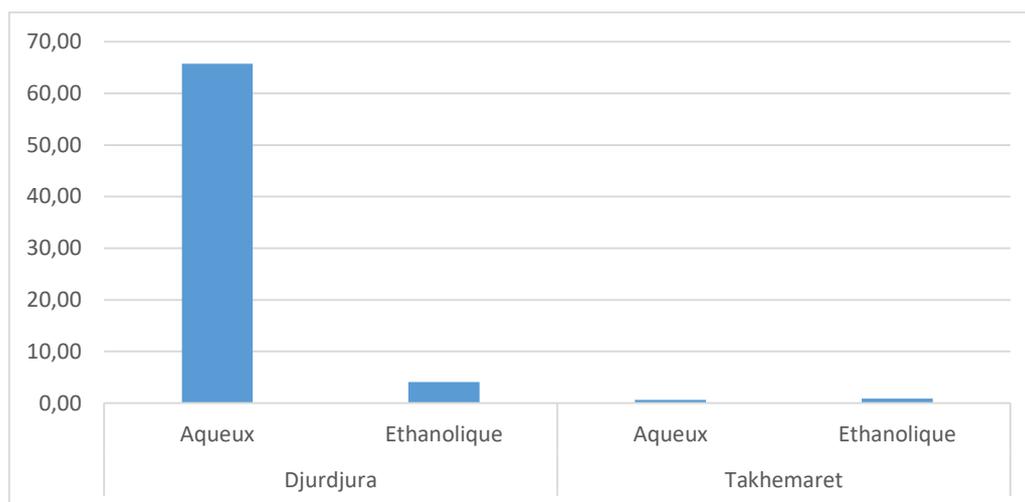
Il se conclut, ainsi, que les cladodes de la population Djurdjura ont une teneur plus élevée en tanins que ceux de la population Takhemaret dans les extraits aqueux, mais cette différence n'est pas observée dans les extraits éthanoliques. De plus, la population Takhemaret présente une concentration légèrement plus élevée en tanins que la population Djurdjura dans les extraits éthanoliques.

## IV.2.Activités biologiques

### IV. 2.1. Activité antioxydante

L'IC50 correspond à la concentration d'un composé nécessaire pour réduire de 50 % l'activité antioxydante d'un radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Plus la valeur de l'IC50 est faible, plus le composé est considéré comme efficace pour neutraliser les radicaux libres et prévenir les dommages oxydatifs.

Pour évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux et éthanoliques des cladodes de deux populations d'*Opuntia ficus-indica* L. (Djurdjura et Takhemaret), il a été mesuré leur IC50 pour la neutralisation du radical libre DPPH (Figure13).



**Figure 15 :** IC50 des extraits aqueux et éthanoliques des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L.

Les résultats montrent que l'extrait éthanolique de la population Djurdjura a une IC50 de 4,11 mg/ml, tandis que l'extrait aqueux de la même population a une IC50 de 65,71 mg/ml.

Cela suggère que l'extrait éthanolique est plus efficace pour neutraliser les radicaux libres et prévenir les dommages oxydatifs que l'extrait aqueux chez cette population.

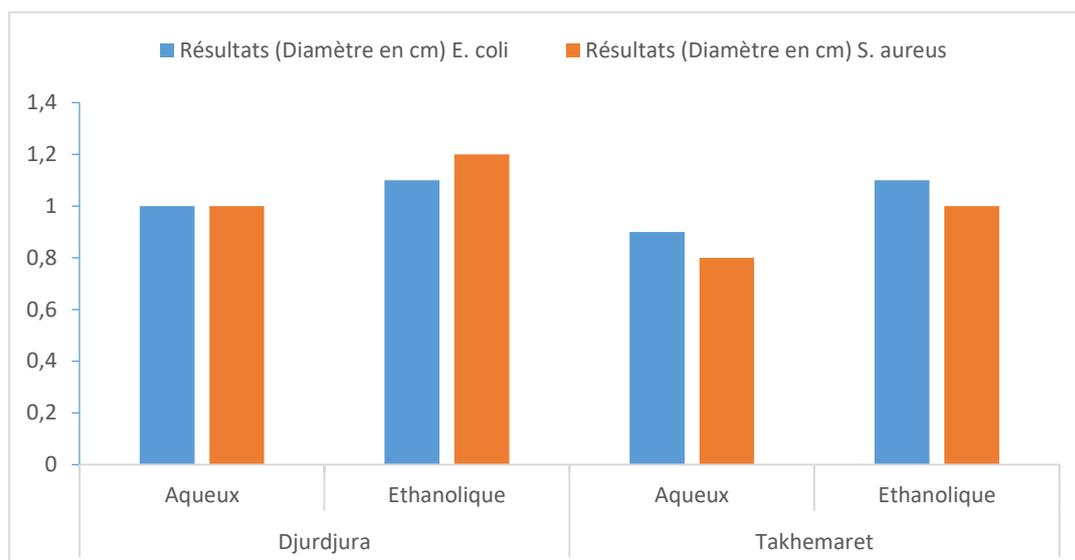
Concernant la population Takhemaret, les résultats indiquent que l'extrait éthanolique a une IC50 de 0,86 mg/ml, tandis que l'extrait aqueux a une IC50 de 0,64 mg/ml. Cela suggère que l'extrait aqueux est légèrement plus efficace pour neutraliser les radicaux libres et prévenir les dommages oxydatifs que l'extrait éthanolique chez cette population.

Ces résultats suggèrent que la composition chimique des extraits peut varier selon la population et le type d'extrait utilisé, et que ces facteurs peuvent jouer un rôle important dans leur efficacité à neutraliser les radicaux libres et prévenir les dommages oxydatifs.

#### IV. 2.2. Activité antibactérienne

Dans cette étude, a évalué l'activité antibactérienne des extraits aqueux et éthanoliques des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. contre deux souches bactériennes, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Les résultats sont exprimés en diamètre d'inhibition en centimètres, ce qui correspond à la distance entre le bord de la zone d'inhibition et le point de dépôt de l'extrait.

Les résultats montrent que l'extrait aqueux de la population Djurdjura a une activité antibactérienne légèrement supérieure à celle de l'extrait aqueux de la population Takhemaret contre les deux souches bactériennes testées. De même, l'extrait éthanolique de la population Djurdjura a une activité antibactérienne légèrement supérieure à celle de l'extrait éthanolique de la population Takhemaret contre la souche bactérienne *Staphylococcus aureus* (Figure 14).



**Figure 16 :** Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits (aqueux et éthanoliques) des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. contre les *E. coli* et *S. aureus*

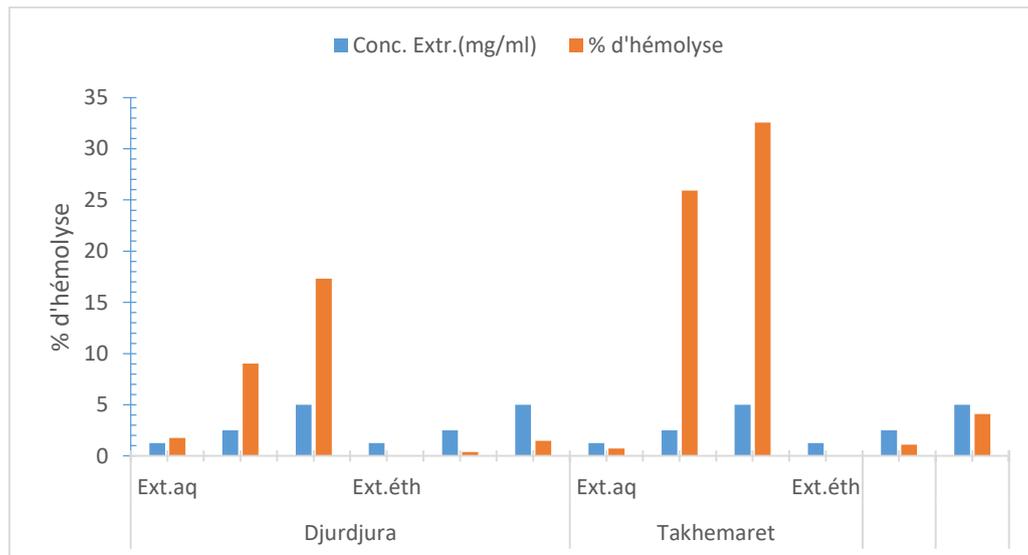
Cependant, il convient de noter que les diamètres d'inhibition obtenus sont relativement faibles (inférieurs à 2 cm), ce qui suggère une activité antibactérienne modérée des extraits testés.

En résumé, les résultats indiquent que les extraits aqueux et éthanoliques des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. ont une activité antibactérienne modérée contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Les résultats suggèrent également que la population et le type d'extrait peuvent avoir une influence sur l'activité antibactérienne des extraits. Toutefois, des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'efficacité des extraits contre d'autres souches bactériennes et explorer leur potentiel en tant qu'agents antibactériens naturels.

#### IV. 2.3. Activité hémolytique

L'hémolyse est une mesure de la destruction des globules rouges et une augmentation du pourcentage d'hémolyse indique une augmentation de l'activité hémolytique, ce qui signifie un risque de cytotoxicité. Les résultats obtenus montrent les pourcentages d'hémolyse des extraits aqueux et éthanoliques des cladodes de deux populations d'*Opuntia ficus-indica* L. (Djurdjura et Takhemaret) à différentes concentrations d'extrait (1,25 ; 2,5 et 5 mg/ml).

Les résultats obtenus indiquent que l'activité hémolytique des extraits de cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. varie en fonction de la population étudiée, de la méthode d'extraction utilisée et de la concentration de l'extrait (Figure 15).



**Figure 17 :** Pourcentage d'hémolyse des extraits (aqueux et éthanoliques) des cladodes de deux populations d'*Opuntia ficus-indica* L.

Il est clair que l'effet hémolytique des différents extraits s'accroît avec l'augmentation des concentrations. Cependant, il est à noter que seuls les extraits aqueux concentrés à 5mg/ml des deux populations ainsi que celui concentré à 2,5 mg/ml de Takhemaret ont des effets significatifs.

En comparant les deux types d'extraits, il est évident que les extraits éthanoliques ont montré une activité hémolytique plus faible que les extraits aqueux pour les deux populations.

Pour ce qui est des deux populations étudiées, les extraits aqueux de Takhemaret concentrés respectivement à 2,5 et 5 mg/ml ont montré les effets hémolytiques les plus élevés

### Discussion

#### Teneur en polyphénols :

*Opuntia ficus indica* est une plante bien connue pour ses nombreuses propriétés biologiques.

Connu pour ses propriétés anti-inflammatoires, anti-inflammatoires et antioxydantes. Il est à l'intérieur C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude visant une caractérisation phytochimique suivie d'une Étudiez ses caractéristiques biologiques.

Résultats de l'examen phytochimique Les résultats de l'examen phytochimique montrent que la teneur en polyphénols dans la solution aqueuse des régions de Djurdjura et Takhmart, respectivement

Dans nos échantillons, elle est estimée à 45,15 µg/mg. et 61,27 µg/EAG tandis que

La teneur en polyphénols de la solution d'éthanol dans notre échantillon pour les régions DE Djurdjura et de Takhmart a été estimée à 45,59 µg/mg et 43,45 µg/mg.

teneur en polyphénols

Selon (Maria Stela et al, 2008), la quantité de phénols totaux dans *Opuntia Ficus Indica* varie de 23,4 mg/100 g à 41,6 mg/100 g. Ce résultat est presque identique à celui rapporté Temagoult (2017) notamment  $20,65 \pm 0,26$  mg/100g.

Cependant, les teneurs en polyphénols sont plus élevées dans les cladodes *Opuntia Ficus Indica* Référencé dans des articles récents, y compris ceux créés par Gabriele Rocchetti et Al (2018),

Teneur en polyphénols

Généralement variable selon qu'il s'agit du membre ou du type de solvant.

Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que la quantité des composés phénoliques des extraits de plantes dépend essentiellement : de leur origine (Zadeh et al., 2008), la variété, la saison de culture, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante (Park et Cha, 2003) et la durée de conservation (İzgüven et al., 1998)

Teneur en flavonoïdes :

Les résultats des tests de flavonoïdes montrent que les régions de Djurdjura et de Takhmart ont une teneur estimée à 2,29 µg/mg d'extrait aqueux, soit 0,65 µg/mg, respectivement.

En revanche, l'extrait éthanolique des régions d'Al-Jarah et de Takhmart contenait 3,23 microgrammes. EAG/mg et 1,05 µg/mg EAG, de nombreuses recherches ont montré que OFI *Claudius* est riche en flavonoïdes,

Dans ce contexte, l'étude de Youssef Al-Kharasi (2015) a montré que la teneur en flavonoïdes

confiné entre 95 et 225 mg/100 g ce qui n'est pas cohérent avec ceux de nos résultats précédents Valente et al. (2010) .

Les flavonoïdes sont les antioxydants par excellence (Hussain et al., 1987 ; Abrusca et al. 2007). En plus de leur pouvoir antioxydant, ce sont des agents anti-ulcéreux, antispasmodiques, analgésiques, agents antisécrétoires et antidiarrhéiques (Di Carlo et al. 1999).

Les résultats de recherches antérieures montrent que les cladodes *d'Opuntia ficus indica* enregistrent de très faibles niveaux de flavonoïdes.

Les flavonoïdes sont reconnus des antioxydants par excellence (Husain et al. 1987 ; Abrosca et al. 2007). Outre leur pouvoir antioxydant, ils sont des antiulcéreux, antispasmodiques, analgésiques, anti-sécréteurs et des anti-diarrhéiques (Di Carlo et al. 1999).

Les résultats des recherches précédentes montrent que les cladodes d'*Opuntia ficus indica* enregistrent des teneurs importantes en flavonoïdes.

Teneur en tanins :

Les recherches réalisées sur les tanins des cladodes *d'Opuntia ficus indica* sont moins abondants comparativement aux autres composés phénoliques.

Analyse d'un échantillon d'*Opuntia ficus indica* des régions d'Al-Jarara et de Takhmart.

Il explique que la teneur en tanin varie selon le type d'extrait et la région de la plante aquatique extraite.

Il contient un pourcentage élevé de tanin autour de 120,21 µg/mg et 91,24 µg/mg respectivement par rapport à l'extrait d'éthanol du même organe avait des niveaux de 26,87 µg/mg et 29,17 µg/mg, respectivement. Nos résultats étaient la moitié de ce qui avait été obtenu dans les recherches précédentes dans les cladodes OFI, une teneur significative en tanin a été rapportée par Jaramilo et al (2003).

Avec une valeur moyenne de  $254,75 \pm 4,46$  mg/g.

La différence peut s'expliquer par la région dans laquelle les plantes sont cultivées.

La concentration des tanins varie considérablement entre les différentes espèces végétales, comme elle dépend du stade de développement végétatif, du degré de maturité, de l'âge des feuilles, des fleurs et de la saison pour la même espèce. Les conditions environnementales présentent elles aussi l'un des principaux facteurs de variation (Skadhauge B et al., 1997).

Activité antioxydante :

De nombreuses études ont rapporté les puissantes propriétés anti oxydantes *d'Opuntia ficus indica*, car elles sont riches en composés phénoliques et en flavonoïdes, connus pour leur activité anti oxydante. Dans la présente étude, nous avons évalué l'activité antioxydante de deux extraits *d'Opuntia ficus indica*. L'inhibition de la décoloration du radical DPPH obtenue, révèle

que l'extrait étudié, mais aussi le témoin utilisé (acide ascorbique), possèdent une activité anti radicalaire concentration dépendante.

Les polyphénols contenus dans nos extraits sont probablement responsables de l'activité anti oxydante. Il a été démontré que les molécules anti oxydantes telles que l'acide ascorbique, flavonoïdes et les tanins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité à céder l'hydrogène (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

L'activité anti oxydante d'extrait des cladodes du figuier de barbarie, et de l'acide ascorbique est exprimée en CI50, qui définit la concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité (Couleur) du radical DPPH. Ces CI50 sont déterminées à partir des graphes (Figures 19 et 20), dont l'abscisse représente la concentration de l'extrait et l'ordonnée l'activité anti oxydante en pourcentage.

Les résultats obtenus à partir de l'IC50 de nos extraits montrent que l'extrait aqueux de fleurs d'*Opuntia ficus indica* des régions de Jorja et Takhmart avec une concentration de 65,71 µg/ml et 0,63 µg/ml, respectivement. En revanche, l'extrait éthanolique est le moins Activité anti-radicalaire avec 4,11 µg/ml et 0,86 µg/ml pour les régions de Jorja et Takhmart, respectivement. Ces résultats sont cohérents avec ceux Acquis par Minhaj et al., 2019.

L'activité anti-âge est affectée par la structure phénolique de l'extrait (Cheung et al., 2003). De plus, le potentiel antioxydant des composés phénoliques dépend Le nombre et la disposition des groupes hydroxyle ainsi que leur présence Composants donneurs d'électrons ((Lapornik et al., 2005).

Par ailleurs, il est bien établi que l'activité anti oxydante est corrélée positivement avec la structure des polyphénols où ceux avec un nombre élevé en groupements hydroxyles présentent l'activité anti oxydante la plus élevée due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (Heim et al., 2002; Torres de pinedo et al., 2007) L'activité anti-radicalaire est dépendante du nombre, de la position et de la nature des substituant (exp: groupements hydroxyles) sur les cycles B et C, et le degré de polymérisation (Popovici et al., 2010).

Ainsi, l'effet antioxydant n'est pas seulement dose-dépendant mais également structure-dépendant (Rodriguez-Bernaldo et al., 2010).

### V.3.2. Evaluation de l'activité -hémolytique:

Afin d'évaluer l'effet anti-inflammatoire d'extrait méthanoïques des raquettes d'OFI, et des extraits aqueux un test de stabilisation membranaire de globules rouges humains a été réalisé. Ce test consiste à incuber une suspension de globules rouges humains, traitée avec une solution hypotonique associée à une température élevée, avec les extraits ou les molécules de références; le Diclofenac comme anti-inflammatoire.

L'effet protecteur de l'extrait éthanolique Djurdjura des raquettes d'OFI, contre l'hémolyse des globules rouges, provoqué par hypotonie et chaleur, est significatif à la concentration de 1,25 mg/ml ( $25.84 \pm 0.38\%$ ) et atteint un pourcentage maximum de l'extrait aqueux Djurdjura ne mesuré par rapport à l'extrait, l'extrait Takhmert aqueux concentration 2,5ne présente aucun effet inhibiteur significatif aux concentrations inférieures à 60  $\mu\text{g/ml}$ . L'activité anti-hémolytique croissante dose dépendante de ce médicament, s'est révélée significatif à partir de 60  $\mu\text{g/ml}$  ( $16,9 \pm 0,45\%$ ), et il se montre efficace à partir de 130  $\mu\text{g/ml}$  avec un pourcentage de protection de 20.01%, pour arriver à un maximum de  $28,31 \pm 25,91\%$  pour 260  $\mu\text{g/ml}$  (Figure 24).

Aux doses utilisées, l'extrait Takhmert aqueux donne un effet inhibiteur plus efficace que ces enzymes endommagent les macromolécules des membranes cellulaires et induisent la peroxydation lipidique, aboutissant à la destruction de ces membranes, menant ainsi à l'activation de protéines responsables de l'inflammation, provoquant alors la production des espèces oxydatives (Ignarro, 1974 ; Vadivu et Lakshmi, 2008 ; Oyedapo et al., 2015).

En raison de la ressemblance de la membrane de lysosome avec celle du globule rouge, le test de stabilisation de la membrane de ces derniers a été employé comme modèle pour examiner l'efficacité anti-inflammatoire des extraits de plantes, via l'exposition des érythrocytes à une solution hypotonique, ainsi qu'à une température élevée, (Reshma et al., 2014 ; Oyedapo et al., 2015).

La richesse de l'extrait en composés phénoliques; notamment flavonoïdiques, pourrait contribuer à l'effet anti-inflammatoire prouvé dans cette étude. Plusieurs recherches ont rapporté l'effet de quelques molécules appartenant à la famille des flavonoïdes sur l'inhibition de la cyclooxygénase (COX) et la lipooxygénase (LOX), et l'inhibition de TNF- $\alpha$  et de NF- $\kappa\text{B}$  (luteolin) (Xagorari et al., 2001 ; Hämäläinen et al., 2007 ; Hwang et al., 2009). Partie Ces antioxydants naturels possèdent aussi un effet anti-hémolytique, en stabilisant la membrane des globules rouges contre la lyse hypotonique, maintenant ainsi leur intégrité membranaire (la distribution asymétrique des phospholipides) (Chaudhuri et al., 2007). De plus ils pourraient agir en chélatant les métaux de transition tels que le cuivre et l'activité antibactérienne :

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits bruts de *Thymus lanceolatus* et *d'Opuntia ficus indica* est estimée en terme de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant l'extrait éthanolique des deux plantes à tester vis-à-vis de deux germes pathogène (*E. Coli* et *S. aureus*) après 3 jours d'incubation à une température adéquat de 37 °C. Il ressort de l'étude de l'activité antibactérienne que les extraits éthanolique et aqueux des et *d'Opuntia ficus indica* de deux région Djurdjura et Takhmert présentent une très faible activité antibactérienne vis-à-vis des deux souches bactériennes (*Staphylococcus aureus* et *E. Coli*), où il est apparu des zones d'inhibition différentes d'une bactérie à une autre et d'un extrait à un autre. Les diamètres des zones d'inhibition apparaissent uniquement à une concentration de Nos résultats concernant l'extrait éthanolique d'*Opuntia ficus indica* sont en accord avec ceux trouvés par Dambri et chamekh (2014) qui ont montré que l'extrait éthanolique présente aucune activité vis-à-vis des germes *S. aureus* et *E. Coli*.

Des études ont suggéré que les polyphénols et les flavonoïdes se caractérisent par des propriétés antimicrobiennes (Mulinacci et al., 2001). Cependant les tests antibactériens effectués sur les extraits des différentes plantes révèlent une absence totale d'effet inhibiteur contre la croissance des germes étudiés dans ce travail. Pour cela, la comparaison cas par cas de l'activité antimicrobienne de plusieurs extraits doit être basée sur le dosage d'un seul constituant actif.



*Conclusion*

Les cactus appartiennent au genre Cactaceae de la famille des Cactaceae, communément appelé cactus. A ce titre, **elle** est revenue sur le devant de la scène comme l'une des principales plantes médicinales étudiées par les chercheurs, principalement pour l'apport biotechnologique de la branche de poire Opuntia (OFI),

Le cactus est une plante qui présente de nombreux avantages pour la santé humaine et attire de plus en plus l'attention dans plusieurs domaines (alimentation, médecine, etc.), contenant un grand nombre de métabolites secondaires biologiquement actifs tels que les vitamines, les composés phénoliques, les flavonoïdes et le sucre soluble, donc il contient une variété d'utilisations, il sert de fruit et de légume pour la consommation humaine, et la composition des jeunes pousses permet de les utiliser comme légumes ou préparations alimentaires diverses, les pousses sont une matière végétale qui contient une variété de composés qui lui donnent un grand **nombre** de fonctionnalités polyvalentes, malgré le fait qu'il contient de nombreuses fonctionnalités qui ne sont pas pleinement utilisées ou sont encore inconnues.

Notre travail est basé sur la recherche sur les propriétés antioxydantes du feuillage épineux et Opuntia ficus indica L pour une meilleure utilisation de cette partie de la plante Non exploité en Algérie. Nous révélons l'abondance des métabolites secondaires des plantes, où les polyphénols et les flavonoïdes sont présents, mais à des niveaux plus élevés. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de réduction des radicaux libres (DPPH) ont montré que les branches et les feuilles de cactus ont une activité antioxydante intéressante dépendante de la teneur en polyphénols et flavonoïdes totaux, une relation linéaire a été établie ; extrait riche en polyphénols est le plus actif. Ces résultats constituent la banque d'informations du Patrimoine Végétal National Les médicaments pour cette espèce peuvent être mieux évalués et développés Algérie.

A plus long **terme**, cette recherche reste à : Etudes intensives et complémentaires in vivo de l'activité antibactérienne, Antioxydants et composés polyphénoliques. - Activité antioxydante évaluée par d'autres tests - Détermination de molécules bioactives de la branche OFI par HPLC



## *Références Bibliographiques*

- Ammar, I., Ennouri, M., Bouaziz, M., Ben Amira, A., & Attia, H.** (2015). Phenolic profiles, phytochemicals and mineral content of decoction and infusion of *Opuntia ficus-indica* flowers. *Plant foods for human nutrition*, 70(4), 388-394.
- Angulo-Bejarano, P., Martínez-Cruz, O., and Paredes-López, O.** (2014). Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient mexican plant : nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science*, 10(3) :196-217.
- Arba M, Elaich A, Sarti B, Belbahri LL, Boubekraoui A, Zemmouri A, Sbaa H.** (2000). Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Bull. Mens. Inf. et de liaison du PNTTA*, 68 : 1-4.
- Arba M.** (2009), Le cactus, *Opuntia*, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Symposium International «Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED)», Rabat, Maroc, 14-16 mai.
- Asadi S, Ahmadiani A, Esmaili Ma, Sonboli A, Ansari N, Khodaghali F.** (2010).- In vitro antioxydant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: a comparative study. *Food Chem Toxicol.* : 48(5) :1341-9.
- Bahira O,** (2012). Potentialités thérapeutiques d'*Opuntia ficus indica* au Maroc et en Tunisie, thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohammed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie-Rabat.
- Bamforth, C.W.**, (2000). Perceptions of deer foam. *J. Inst. Brew*, 106:229-38p.
- Barbera G, Carimi F, Inglese P.**, (1992). Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *J. Hortic. Sci.*, 1992, 3: 307-312.
- Bellaw, S.** 2012. Etude des composés phénoliques impliqués dans la repense des feuilles de vignes mildiou. Thèse de doctorat, Université paris-sud. UFR des sciences, 136p.
- Benattia F.K.**, (2017) Analyse et application des extraits de pépins de figes de barbarie. Thèse de doctorat en chimie bio-organique et thérapeutique. Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen, Algérie.
- Benhammou N.**, (2011) .Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-ouest Algérien. Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Algérie, 174 p.
- Bensadón S., Hervert-Hernández D., Sáyago-Ayerdi S.G., Goñi I. By-Produits.**, (2010). Of *Opuntia ficus-indica* as a Source of Antioxydant Dietary Fiber. *Pla Foods Hum Nutr*, 65,210–216.
- Bensalem H, Nefzaoui A, Bensalem L.**, (2002) .Supplémentation of *Acacia cyanophylla* Lindl foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) and

*Atriplex nummularia* L.) On growth and digestibility in lambs. *Animal Feed. Scienc.Techno*, 96: 15- 30.

**Bhira**, (2012) universite mohammed v- souissi faculté de médecine et de pharmacie - rabat faculté une médecine pharmacie

**Booth, N.L., Dejan, N., Richard, B. ET Stoci, E. (2004)**. New lanthanide complexes of 4 methyl 7 hydroxycoumarin and their pharmacological activity. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 50; 120-123.

**Boudilmi I et Mehouas Y.**, (2020).Huile essentielle de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica*), Doctorat dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'SILA.

**Bruneton J. (1999)**. Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales. 4ème Edition. TEC et DOC. Paris. P. 1-50.

**Bruneton, J. (1999)** .Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 4ème édition. Edition *Lavoisier Tec & Doc. Médicales Internationales, Paris*, p 261, 308, 571.

**Bruneton, J. (1999)** .Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Paris: ed. Tec & Centre mila.

**Cherif, E. (2016)**. Phytochemical composition and in vitro analysis of nopal (*Opuntia ficus-indica*) Cladode sat. Different stages of maturity. L'essentielle de l'agroalimentaire et de l'agriculture,

**Cowan MM. (1999)**. Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microbiol. Rev*, 12(4) : 564-582.

**Cheung, Y. W., D CHINN, M., & Fujii, E. (2003)**. China, Hong Kong, and Taiwan: A quantitative assessment of real and financial integration. *China Economic Review*, 14(3), 281-303.

**Cheung, Y. W., D CHINN, M., & Fujii, E. (2003)**. China, Hong Kong, and Taiwan: A quantitative assessment of real and financial integration. *China Economic Review*, 14(3), 281-303.

**Deina, M., Rosa, A., Casu, V., Cottiglia F. et Bonsignore L. (2003)**. Natural product : their chemistry and biological significance. *Journal of the American Oil Chemistry Society*. 80 ; 65-70.

**Dubeux, J.C.B., Ferreira dos, M.V., de Andrade Lira, M., Cordeiro dos Santos, D., Farias,I., Lima, L.E., Ferreira, R.L.C.(2006)**. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. *Journal of Arid Environments*. 67, 357–372.

- El Hachimi, F., Alfaiz, C., Bendriss, A., Cherrah, Y., & Alaoui, K.** (2017). Activité anti-inflammatoire de l'huile des graines de *Zizyphus lotus* (L.) Desf. *Phytothérapie*, 15(3), 147-154.
- Feryel, D.** (2015). Synthèse et caractérisation des dérivés quinoniques. Application du tannage et test biologiques. Thèse de Doctorat. Université M'hamed Bougara, Boumer-dés, 8p.
- Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., Zou, C., et al.** (2006). Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci*, 11(1):2574–2589.
- Fleuriet, A., JAY-Allemand, C., et Macheix, J.J.**, (2005). Composés Phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique.
- Garnon, P.** (1991) .Rencontres techniques et économique des plantes aromatiques et médicinales Nyons 2-3-4 Décembre, pp. 216-231.
- Habibi, Y.** (2004). Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique. PhD thesis, Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Halmi, S.** (2015). Etude botanique et phytochimique, Approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*, thèse de doctorat en sciences, Université des frères mentouri de Constantine, faculté des sciences de la nature et de vie, Département de biologie et écologie végétal.
- Harbone, J B.**, (1994). Phenolics in natural products: their chemistry and biological Eds Mann J. Davidson RS, Hobbs JB .Longman (London), chap, vol (6):361- 388p.
- Hartmann, T.**, (2007). From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. 68(22-24): p. 2831-2846.
- Haslam E.** (1994). Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acid metabolism. *Nat. Prod.* p11, 4166.
- Hattenschwiler, S., ET Vitousek, P.M.**, (2000). The rôle of polyphénols.
- Hayet C ; Samia M ; Zied B S Et Linda K,** (2015). Comparaison Des Huiles Des Graines Du Laurier, de Pen d'Alep et de Figuier de Barbarie. *IOSR J Environ SCI VER I*, 9, 2319-2399
- Hoffman, L.** (2003). Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes ; analyse de l'interaction de la caféol-coenzyme A-3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son subs-trat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'Hydroxycinnamoyl-CoA : shikimate/quinate hydroxycinnamoyl Trnasférase (HCT). Thèse de doctorat en Bio-logie moléculaire et cellulaire. Université Louis Pasteur Strasbourg I, 245p.

- Ilhem, C.N. and B.D. KOUACHI**, (2019). Etude phytochimique et activités biologiques des extraits des tiges et des fleurs d'Erica arborea L., Abdelhafid boussouf university centre mila.
- Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui A., Saenz C.** (2018). Ecologie, Culture Et Utilisations du figuier de Barbarie. organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides Rome .pp.208
- Iqbal, Z., Sajid, M. S., Abbas, R. A. O. Z., and Sindhu, Z.** Determination of Condensed Tannin Contents from Different Plants of Kherimurat Rangeland (Attock, Pakistan). Journal of agriculture and social sciences, 7, 114–116.
- Kaur, M., Kaur, A., & Sharma, R.** 2012 .Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*: A Review. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(07), 15-18.
- Kumar, G., karthik, L., & Rao, K.V.B.,** (2011) .Hemolytic activity of Indian medicinal plants towards human Erythrocytes: an in vitro study. Elixir Appl Botany, 40(5534), e5537.
- Lattanzio, V., Lattanzio, V.M.T., ET Cardinali, A.,** (2006). Role of phenolics in the Resistancemechanisms of plants against fungal pathogens and insects. Phytochemistry : Advances in Research (F. Imperato, ed.), 23–67p .
- Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., chen F., Tian Y.,** (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. Food Chimestry. 102 :771-776.
- Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G.** (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. Journal of food engineering, 71(2), 214-222.
- Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G.** (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. Journal of food engineering, 71(2), 214-222.
- Maataoui, S. B., Maataoui, R. B., Almesrar, B., & Hilali, S.** (2018) .Anti-ulcer activity of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) cladodes extracts. International Journal of Advanced Research, 6(11), 498-506.
- Macheix, J.-J., A. Fleuriet, and C. Jay-Allemand,** (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique : PPUR presses polytechniques
- Macheix, J.J., Fleuriet, A. et Jay, A. C.** (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes, 4p.

- 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.
- Mansouri A., Embarek g., Kokkalou E., Kefalas P. (2005).**- Phenolic profile and antioxydant activity of the Algerian ripe date fruit (*Phonix dactylifera*), *Food Chemistry*, 89: 411-420.
- Marouf et Reynaud., (2007)** .La Botanique A-Z. Ed. Dunod, Paris : 233p.
- Mazari A et Mahdeb A., (2021).** Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie : revue de la littérature.
- Minhaj,M., El Jeml, Y., Taourirte, M., & Bouyazza, L. (2019).** Criblage phytochimique préliminaire, contenu phénolique total, flavonoïdes et polysaccharides et capacité antioxydante des extraits aqueux et hydroalcooliques des fleurs d'*Opuntia ficus-barbarica*,*Journal of Materials and Enveronmental Sciences*,10(12), 1369- 1381.
- Molyneux P. (2004).**The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxydant activity, *Songklanakarin J.Sci.Technol*, 26 (2): 211-219.
- Mondragon Jacobo, C.(2000).** Cactus pear domestication and breeding. *Plant breeding reviews*, 20 :135–166.
- Mulas M, Mulas G., (2004).** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. (SMAP). *Environnemental Action Programme Université des études de SASSAR*, 112 pp.
- Mulas M., Mulas G., (2004).** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genresatriplex et opuntia dans la lutte contre la désertification. Short and Medium –Terme priorité *Environnemental Action Programme*.
- Minhaj, M., El Jeml, Y., Taourirte, M., & Bouyazza, L. (2019).** Criblage phytochimique préliminaire, contenu phénolique total, flavonoïdes et polysaccharides et capacité antioxydante des extraits aqueux et hydroalcooliques des fleurs d'*Opuntia ficus-barbarica*, *Journal of Materials and Enveronmental Sciences*,10(12), 1369- 1381.
- Neffar, S (2011/2012)** Thèse de doctorat en biologie vegetale, université badji mokhtar. Annaba (Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras Tébessa)
- Neffar, S. (2012)** .Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk Ahras et Tébessa. PhD Thesis, University of Annaba, Algeria.p236.

- Nefzaoui A, Bensalem H. Spineless cacti. In : Mulas M, Mulas G., (2004) .Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR, p.112.**
- Nobel, P. S. (2002). Cacti : biology and uses. Univ of California Press.**
- Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Simons A., (2009) Agroforestry Database : a tree reference and selection guide, version 4.**
- Oumiloud S., (2012) Contribution à l'étude phytochimique des extraits des graines et de l'huile de figuier de barbarie de la région de Tlemcen .Mémoire de master : Biochimie appliquée. Université de Tlemcen.**
- Piédallu A., (1990). Le figuier de barbarie sans épines (*Opuntia ficus-indica* Miller var. *Inermis* Weber) en Algérie, 128-145 pp.  
Presses polytechniques et universitaires romandes, 121-216p.**
- Ref'at AA. Takruri HR. and Al-Sayyed H. (2008). Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan.**
- Schauenberg et Paris, (2005). Guide des plantes médicinales. Analyse, description et Semiarid land of Mexico. J. Arid Environ. 28, 1–11.**
- Schweizer, M. (1997). Docteur Nopal : le médecin du bon Dieu. APB, Aloe plantes et beauté.**
- Sharma P.J. (2011) *chem.pharm.Res*, 3,403-423.**
- Sreeknath D ; Arunasree MK ; Roy KR ; Reddy GV et Reddanna P., (2007). La bétanine, un pigment de bétacyanine purifié à partir de fruits d'*Opuntia ficus indica*, induit l'apoptose dans la lignée cellulaire de leucémie myéloïde chronique humaine-K562. *Phytomédecine*, 14, 739-746.**
- Stintzing F.C., Carle R., (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutrition & Food Research*, 49, 175-194.**
- Stintzing, F.C., Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, Technology and uses. *Molecular nutrition & Food Research*. 49, 175–194.**
- Skadhauge. B, Gruber. M.Y, Thomsen. K.K, Von. Wettstein. D.,(1997): Leucocyanidinreductaseactivity and accumulation of proanthocyanidins in developinglegume tissue.*Am. J. Bot.* Pp494-503.**
- Skadhauge. B, Gruber. M.Y, Thomsen. K.K, Von. Wettstein. D.,(1997): Leucocyanidinreductaseactivity and accumulation of proanthocyanidins in developinglegume tissue.*Am. J. Bot.* Pp494-503.**
- Treaset E. (1987) .Pharmacognosy.Billiare. Tindall .Londone 13 thEdn; pp: 61-62**

## ***Référence Bibliographique***

---

Utilisation de 400 plantes. Ed. Delachaux et Niestlé.

**Wollgast J., Anklam E.** (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao* : changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification, *Food Research International*,33,423-447.

**Yedder. N, Cherif. J, Guyot. S, Sotin.H et Ayadi.M.**(2013).Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and the pulp of three Tunisian *Opuntia* forms. P 37-51

**Yi M. L., Zhi P.R., Liang L.Z.** (2008). - Evaluation of the Antioxidant Activity of *Syzygium cumini* Leaves, *Molecules*, 13: 2545-255.