

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Biologique

Spécialité /Option : Biologie moléculaire et cellulaire

Département : Biologie

Thème :

**Evaluation de l'activité antibactérienne des différents extraits du
figuier de barbarie**

Présenté par :

- Djoudi Randa
- Khelaifia cheima
- Mansouri Khaoula
- Yahyaoui Amira

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------------|--------------------|--------------|-----------------------------|
| Présidente : | Hami.M | M.C.B | Université de Guelma |
| Examinatrice: | Bousaadia.I | M.C.A | Université de Guelma |
| Encadreur : | Zidi. S | M.C.A | Université de Guelma |

2021/2022

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Allah, le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Notre sincère gratitude va à Madame **Hami M**, pour avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nos vifs remerciements vont à Madame **Boussaadia I**, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Les nos plus vifs remerciements vont d'abord à notre directrice de mémoire Madame **Zidi S**, qui nous a accordé l'honneur de diriger ce travail, d'orienter et d'aider. Merci à sa disponibilité, sa patience, son soutien morale et ses conseils pertinents qui ont été pour nous un solide repère et réconfort dans tous les moments.

Nos remerciements pour toutes les techniciennes du laboratoire précisément Madame **Houda & Sahla** pour ses aides continuelles au cours de la réalisation pratique de ce travail.

Un Merci spécial pour nos collègues et amis, et à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Merci



Je dédie ce modeste travail à

A mamère « Chafia », qui restera toujours présent dans mon cœur الله يرحمها ان شاء الله

À mon chère père « Mohamed lakhder »

À Le plus Grand merci Dédicace à mon cœur mon mari

«Belarbi Abd elhafid » pour la patience et le

soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitudes. Merci infiniment.

À ma chère sœur « Sara » et À mes chères nièces « Serine » et « Royia »

À mes chers frères : « Sami » et « Abdelatif »

À ma belle famille « Belarbi » qui m'ont fourni du courage, du soutien, et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études.

À mes collègues de travail «Amira » et « Khaoula » et « Cheima »

Et enfin ceux qui sont présents dans mon Cœur

À mon encadreur Mme Zidi S

Randa

Dédicace

Avec l'aide de dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail.

Je le dédie

*A l'homme de courage et de force, à celui qui
a toujours été présent m'a appris les diverses valeurs de la vie à celui qui
m'a soutenu en toutes circonstances, mon père "Zine " que j'aime.*

*A La femme la plus courageuse, sensible,
généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie
de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à
mon égard ma mère "Latra " que j'aime.*

*Mon frère aimé "Sameh" , sa femme "Souad" et
mon jeune frère " Badr El din Qui m'ont fourni du courage, du soutien
tous leur efforts et moyens pour que je termine mes études.*

*A mes nièces "Roudaina " et " Ousline " je leur
souhaite une vie heureuse pleine de joie et de bonheur et un bel avenir*

*Toute ma famille "Khelaihia " Tous mes amis et camarades
particulièrement Khouloud, Rima , Manel , Randa Soumia ,*

Amira, Khaoula, Asma et Salma

À mon encadreur Mme Zidi S

Cheima

Dédicace

*Je suis ici aujourd'hui, et je suis fier et fier de ma position dans mes efforts et dans ma joie
dans tous ce qui j'ai accompli, grâce à Dieu tout puissant*

Je dédie ce travail

À ma chère mère ,

*Ma mère qui croit en moi, me soutient, se bat pour moi, a des prières et un espoir constructif, la
chose la plus précieuse que j'ai.*

À mon cher père,

*Mon cher et mon rang élevé, en qui je vois ma consolation et ma signification, mon soutien ,
et votre guérison pour moi est mon espoir.*

À mon cher professeur

Un professeur C'est comme père, zway Fouad qui dieu fasse miséricorde

*À mes frères et ma chère sœur pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de
mes études.*

A mes chères amies

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles

A tout ma famille

À mon encadreur Mme Zidi S

Khaoula

C'est avec l'aide et la grâce de Dieu que j'ai achevé ce modeste travail

Que je dédie :

À mon très cher père Lakhder

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour ; l'estime ; le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

À ma très chère mère Sarhouda

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tes prières et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Mon trésor, tu mérites tout le bonheur pour tous les sacrifices que tu n'as cessés de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

À mes très chers frères: Hamza et Mourad et ses femmes H et M et ses enfants « Malek, maya, abd-errahmane, mohamed et moncef » merci de m'avoir encouragée tout le long de mes études, votre soutien, vos conseils et votre amour m'ont permis d'arriver jusqu'à ici.

À mes très chères sœurs: Samah et Ibtissem et ses enfants : Zakaria, Adem, Ikram, Djasser, Taki-eddine et Mouaad merci de m'avoir toujours soutenue et merci pour tous les bons moments passés ensemble.

À mon fiancé : Adel

À toutes mes proches : Abir, Rayane, Aya, Nadjat, Omayma, wided, Asma et selma qui m'ont toujours soutenue et encouragée lors de la réalisation de ce mémoire merci à vous.

Une dédicace spéciale pour mes très chères copines ; amies et camarades Cheima, khaoula et Randa

À mon encadreur Mme Zidi S

À toute ma grande famille : Yahyaoui

Amira

Table des matières

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciements | |
| Dédicaces | |
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | 1 |
| Chapitre 01 :Généralités sur le figuier de barbarie | |
| 1.Définition : | 3 |
| 2.Description botanique : | 3 |
| 3.Classification : | 4 |
| 4. Origine de la plante : | 5 |
| 5. Utilisation du figuier de barbarie : | 6 |
| 5.1. Usage médical : | 6 |
| 5.2. Usage alimentaire : | 6 |
| 5.3. Usage cosmétique: | 6 |
| 6. Importances agro-économiques du figuier de Barbarie : | 7 |
| Chapitre 2 :Bactériologie | |
| 1. Définition: | 9 |
| 2.Structure d'une cellule bactérienne: | 9 |
| 2.1.Morphologie: | 9 |
| 2.2. Fimbriae et pili: | 9 |
| 2.3. Flagelles: | 10 |
| 2.4.Plasmides: | 10 |
| 2.5.Ribosomes | 10 |
| 2.6.Spores Bactériennes | 10 |
| 2.7.Paroi cellulaire: | 10 |
| 2.8.Capsule: | 11 |
| 2.9.Nucléoides: | 11 |
| 3.Classification des bactéries: | 11 |
| 4. Les souches bactériennes étudiées: | 11 |
| 4.1.Bactérie à Gram Positif: | 12 |
| 4.1.1. <i>Staphylococcus aureus</i> : | 12 |
| 4.2.Bactérie à Gram négatif: | 12 |
| 4.2.1. <i>Escherichia coli</i> : | 12 |

| | |
|--|----|
| .2.2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : | 12 |
| 5. Les antibiotiques | 13 |
| 5.1. Définition | 13 |
| 5.2. Classification des antibiotiques: | 13 |
| 5.3. La résistance aux antibiotiques: | 14 |

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

| | |
|--|----|
| 1. Matériel | 17 |
| 1.1-Matériel végétal | 17 |
| 1.2-Les souches bactériennes testées | 17 |
| 2. Méthodes | 17 |
| 2.1.Criblage phytochimique | 17 |
| 2.1.1.Préparation des extraits de la plante | 17 |
| 2.1.2.Tests phytochimiques | 19 |
| 2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne | 20 |
| 2.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)..... | 22 |

Résultat et discussion

| | |
|---|----|
| 1.Criblage phytochimique | 25 |
| 1.1. Extraits bruts | 25 |
| 1.2. Extraits éthanoliques | 26 |
| 1.3. Extraits méthanoliques | 26 |
| 2.Étude de l'activité antibactérienne | 27 |
| 2.1. <i>Escherichia coli</i> | 27 |
| 2.2. <i>Staphylococcus aureus</i> | 29 |
| 2.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 31 |
| 3.Détermination d la concentration minimale inhibitrice (CMI) | 32 |
| Conclusion et perspectives | 34 |

Résumé

Annexe

Référence bibliographique

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

ATB : Antibiotique

ATCC : American Type Culture Collection

BMH : bouillonMuller Hinton

CMB : concentration minimale bactéricide

CMI : concentration minimale inhibitrice

GN : gélose nutritif

MDR : augmentation de l'incidence des isolats multi-résistance

MDRPA : augmentation de l'incidence des isolats multi-résistance de *Pseudomonas aeruginosa*

MH : Muller Hinton

TSST-1 : la toxine super antigénique des syndromes du choc toxique

Liste des figures

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: <i>Figue de barbarie</i> , <i>Opuntia ficus indica</i> (A), Cladodes(B), Fruits (C), | 3 |
| Figure 2: Les boutons de fleurs du <i>figuier de barbarie</i> () | 4 |
| Figure 3: Structure et organisation d'une cellule bactérienne | 9 |
| Figure 4 : Photos représentative des différentes étapes de la préparation des extraits bruts des cladodes et des fruits | 18 |
| Figure 5: Effet des extraits des plantes étudiée sur la souche <i>E. coli</i> | 29 |
| Figure 6: Antibiogramme de la souche <i>E. coli</i> | 29 |
| Figure 7: Effet des extraits des plantes étudiée sur la souche <i>S.aureus</i> | 30 |
| Figure 8: Effet des extraits des plantes étudiées sur <i>P.aeruginosa</i> | 32 |
| Figure 9: Antibiogramme de la souche <i>P.aeruginosa</i> | 32 |

Liste des tableaux

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Références des souches bactériennes testées | 17 |
| Tableau 2: Antibiotiques utilisés comme témoins positifs | 21 |
| Tableau 3: Le criblage phytochimique des extraits bruts des cladodes et des fruits du figuier de barbarie | 25 |
| Tableau 4: Le criblage phytochimique des extraits éthanoliques des cladodes et des fruits du figuier de barbarie | 26 |
| Tableau 5: le criblage phytochimique des extraits méthanoliques des cladodes et des fruits du figuier de barbarie | 27 |
| Tableau 6: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur <i>E. coli</i> | 28 |
| Tableau 7: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur <i>S.aureus</i> . | 30 |
| Tableau 8: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur <i>P.aeruginosa</i> | 31 |

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales ont un intérêt croissant pour être utilisées comme une alternative aux drogues de synthèse (**Ennouri et al, 2014**).

Opuntia ficus indica(**le figuier de barbarie**) appartient à la famille des cactacées. Cette plante n'est pas exigeante et pousse à l'état sauvage dans les zones arides et régions semi-arides. Plusieurs études ont montré que ses différentes parties présenteraient des activités biologiques intéressantes (**Ennouriet al, 2014**).

Les antibiotiques sont des médicaments utilisés pour traiter les infections bactériennes. Ils sont inefficaces contre les infections virales. Ils peuvent être bactéricides ou bactériostatiques (**Werth, 2020**).

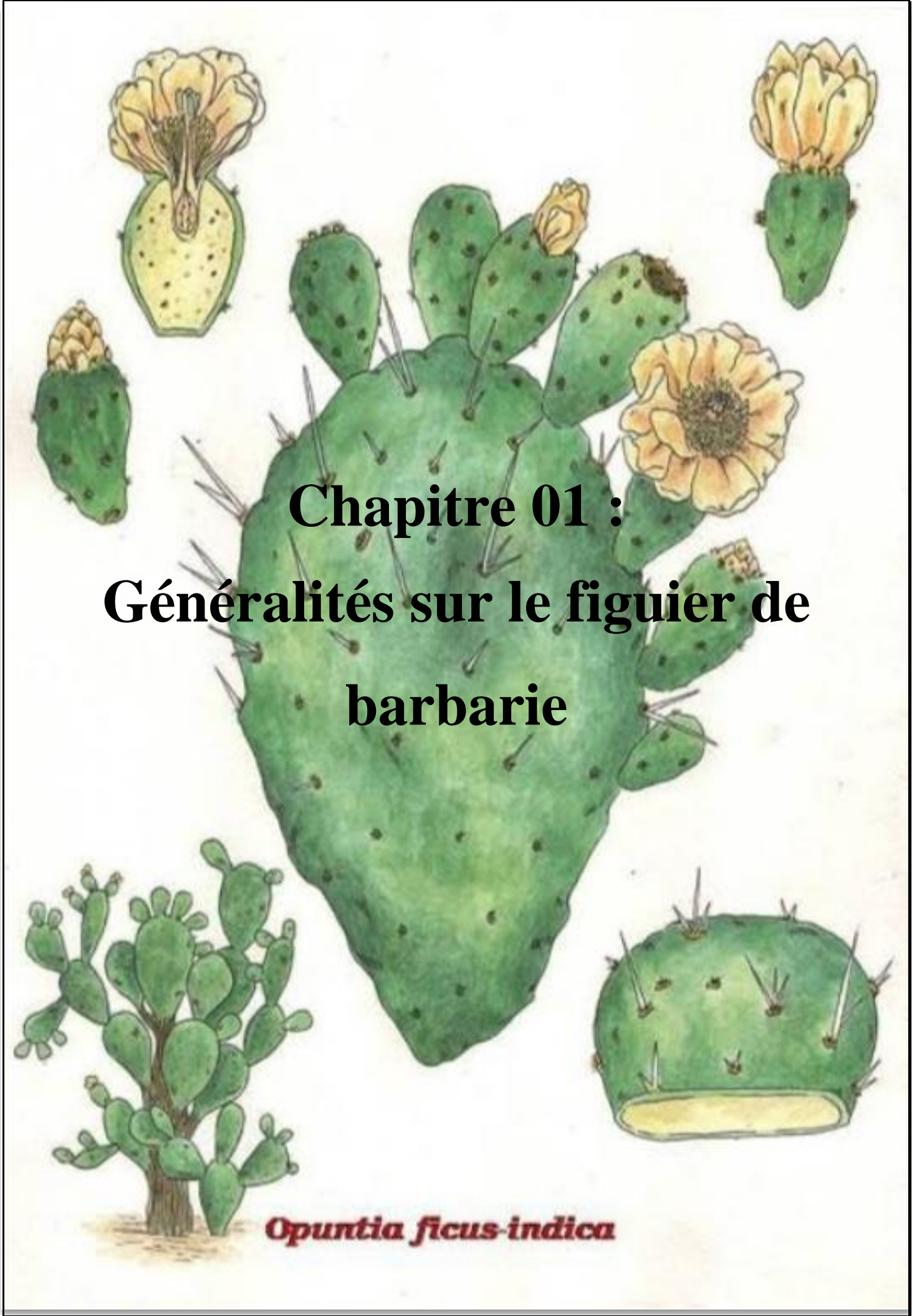
En raison de leur utilisation inadéquate et abusive en santé humaine et vétérinaire, les antibiotiques peuvent conduire à des multi-résistances bactériennes et constituer un problème de santé public (**Mozina et al, 2011**).

Le développement de ces résistances et l'absence de réelles perspectives de découverte de nouveaux antibiotiques dans les années à venir ont conduit à la recherche d'alternatives et à étudier l'efficacité des principes actifs de plante (**Mozina et al, 2011**).

Notre étude a pour objectif de tester différents extraits (extrait brut, éthanolique et méthanolique) des différentes parties du figuier de barbarie qui sont la figue de barbarie (le fruit) et les raquettes (cladodes) sur la croissance des bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et à Gram négatif (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*).

Notre travail à été subdivisé en deux parties:

- La première est une synthèse bibliographique qui est divisée en deux chapitres:
 - Le premier chapitre traite des généralités sur *le figuier de barbarie*.
 - Le deuxième chapitre est porté sur le monde microbien.
- La deuxième est expérimentale. Elle est subdivisée en plusieurs sous parties :matériel et méthodes, résultats et discussion, enfin conclusion et perspectives.



Chapitre 01 :
Généralités sur le figuier de
barbarie

Opuntia ficus-indica

1. Définition :

Le mot *Cactus* est utilisé pour désigner toutes les *cactées*. Le *figuier de barbarie*, nommée *Cactus Opuntia* par Linné ou *Opuntia ficus indiça* (L) ou *Cactus nopal*, appartient à la famille des angiospermes dicotylédones. Les *cactaceae* sont une famille qui comprend environ 130 genres et près 1500 espèces de *cactus*. *Opuntia ficus indiça* est une plante tropicale et subtropicale (Allorge et Matile, 2011; El-Mostafa et al, 2014)

Elle est riche en acide maléique, succinique, tartrique et oxalique. Elle contient aussi des quantités appréciables de vitamine E et vitamine A. Son fruit contient plusieurs minéraux comme le Ca, Mg, K, Na, et P (Kaur et al, 2012).

2. Description botanique :

Opuntia ficus indiça est un nouveau cactus de type reproducteur. C'est une plante arbustive à arborescente de 1,7 m de long, avec une tige primaire lignifiée cylindrique de 45 cm de long et 20 cm de diamètre appelée cladodes ou raquettes. Ces dernières sont habituellement elliptiques, mais aussi ovales, circulaires, oblongues, ou rhombiques, d'une couleur allant du vert pâle au vert foncé. Elles présentent une surface lisse et imberbe vert glauque à bleutée, ponctuée de dangereux coussinets, les aréoles, où sont ancrées des épines acérées (aiguillons), entourées de barbes, les glucides. Ceux-ci sont de minces épines de quelques millimètres qui ont pour rôle de retenir l'humidité. Elles peuvent couvrir aussi la surface des fruits d'*Opuntia* (Figure 01) (Reyes et al, 2005).



Figure 1: Figue de barbarie, *Opuntia ficus indiça* (A), Cladodes (B), Fruits (C),

(www.genialvegetal.net)

Les fleurs du *figuier de Barbarie* sont comme toutes les fleurs des cactées, éphémères. Elles sont constituées de pétales de soie jaunes, jaune orangé ou rouges selon les variétés, entourant un bouquet d'étamines. (**Figure 02**). Elles apparaissent en début d'été, voire tout au long de l'année. Elles sont jusqu'à 10 par cladode, presque toujours produites à la marge apicale de cette dernière. (**Figure 02**)(Reyes et al, 2005).



Figure 2: Les boutons de fleurs du *figuier de barbarie* (www.genialvegetal.net)

Les fruits sont oranges à violacés, parfois blancs, ont la taille d'une figue et s'alignent exclusivement sur le bord de la raquette (**Figure 01**). La récolte intervient entre juillet et septembre, jusqu'à trois par an en climat favorable. La pulpe jaune, verte ou rouge entoure de grosses graines noires à enveloppe dure mais il existe des cultivars sans pépins. généralement turbinés, parfois sphériques, cylindrique ou ellipsoïdale, souvent jaune vif, allant du jaune pâle au rouge violet, moins fréquemment d'une combinaison de couleur jaune/vert ou jaune/rouge, de 7-9 cm de long, de 5-6 cm de large, de 86-146 g de poids (Reyes et al, 2005).

3. Classification :

La famille des *Cactacées* renferme environ plusieurs espèces. La tribu des *Opuntiacae* 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, parmi lesquelles figure *Opuntia ficus-indica*. Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (Halmi, 2015).

La position systématique du figuier de barbarie est la suivante (Halmi, 2015) :

- Règne : *Plantae*
- Sous règne : *Tracheobionta*
- Embranchement : *Phanérogames*
- Sous Embranchement : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Sous classe : *Caryophyllidae*
- Ordre : *Opuntiales*
- Famille : *Cactaceae*
- Sous-famille : *Opuntioideae*
- Tribu : *Opuntieae*
- Genre : *Opuntia*
- Sous-genre : *Platyopuntia*
- Espèce : *Opuntia ficus indiça*

4. Origine de la plante :

Opuntia ficus-indiça est originaire du Mexique. C'est une plante qui est largement distribuée au Mexique et dans tous les hémisphères américains ainsi qu'en Afrique et dans le bassin méditerranéen. On pense qu'elle dérive d'*O. Amyclae* ou *O. Megacantha*, deux espèces distribuées dans le centre-nord du Mexique. Le degré le plus extrême de la domestication d'une espèce donnée se caractérise par sa dépendance aux habitats créés par l'homme pour survivre. En ce sens, tous les cultivars *O. ficus-indiça* sont situés dans des milieux protégés, plantations ou jardins potagers, puisque leur survie dans des zones exposées aux vertébrés herbivores est peu probable (Reyes et al, 2005 ; Kaur et al, 2012)

Le processus de domestication d'*Opuntia* a été dirigé vers la production de plantes à cladodes dépourvues d'épines et avec de gros fruits sucrés, un processus développé au sud du méridien haut terre du Mexique. Ça a été émise l'hypothèse que l'ethnie Otomi était le protagoniste de la domestication de cette espèce (Reyes et al, 2005).

Au XVI^e siècle, *O. ficus-indiça* était déjà une culture importante dans le centre du Mexique. Les Espagnols ont emmené cette espèce dans leur patrie, compte tenu de ses particularités morphologiques, et en raison de son caractère comestible (fruits), propriétés anti-scorbut et pour être l'hôte de l'insecte cochenille, à partir duquel le commerce important colorant de cochenille a été obtenu. Ensuite, de au Mexique et en Espagne, *O. ficus-indiça* a été introduit à d'autres parties du monde, en particulier à la région méditerranéenne (Reyes et al, 2005).

5. Utilisation du figuier de barbarie :

5.1. Usage médical :

- Les raquettes possèderaient des effets hypoglycémiantes et favoriseraient l'élimination du cholestérol et des triglycérides du sang (**Maataoui et al, 2018**).
- Les préparations de cactus pourraient exercer des effets préventifs et thérapeutiques contre l'alcoolisme (**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 régulateur 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**).

5.2. 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 graines de figue de barbarie peuvent être utilisées comme agents aromatisants (**Kaur et al, 2012**).
- 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**).

5.3. 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**).

- Le suc de certaines variétés servait et sert toujours à la préparation de fards et de rouges à lèvres (**Halmi, 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**).

6. Importances agro-économiques du figuier de Barbarie :

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques, lui permet de constituer une culture à intérêts 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. Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement (**Faouzi H, 2015**).

Le figuier de barbarie est capable de produire de grandes quantités de biomasse végétale même dans les conditions extrêmes. Avec une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm/an et en l'absence de fertilisation, la variété inerme peut produire jusqu'à 100 tonnes de raquettes/ha/an ; cette production est en fonction des régions.

L'importance économique de ce végétal réside dans la production du fruit, destiné à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale, donc il génère des revenus et des emplois au profit des habitants. Les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (**Halmi, 2015**).

Chapitre 2 :

Bactériologie

1. Définition:

Les bactéries sont des cellules procaryotes. Elles n'ont pas d'autres organites dans le cytoplasme que les ribosomes, qui sont de plus petite taille que ceux des cellules eucaryotes, à l'exception des mycoplasmes. Les bactéries sont entourées par une paroi complexe, différente selon si elles sont à Gram Positif ou Gram négatif. Ce sont des micro-organismes vivants, au même titre que les virus et les champignons. Elles ont été découvertes à la fin du 17^{ème} siècle par Anthoni van Leeuwenhoek, naturaliste hollandais, qui inventa la microscopie (Flandrois, 2000).

2.Structure d'une cellule bactérienne:

2.1.Morphologie:

Les bactéries mesurent entre 0.5 et 10 -15 μm . Ce sont des organismes procaryotes qui ne possèdent pas de noyau, mais un ADN chromosomique circulaire se situe dans le cytoplasme. De nombreuses bactéries contiennent une autre structure d'ADN extra-chromosomique, appelée plasmide. Elles sont entourées d'une paroi complexe et possèdent souvent des flagelles (figure 03) (Heart et Shears, 2006).

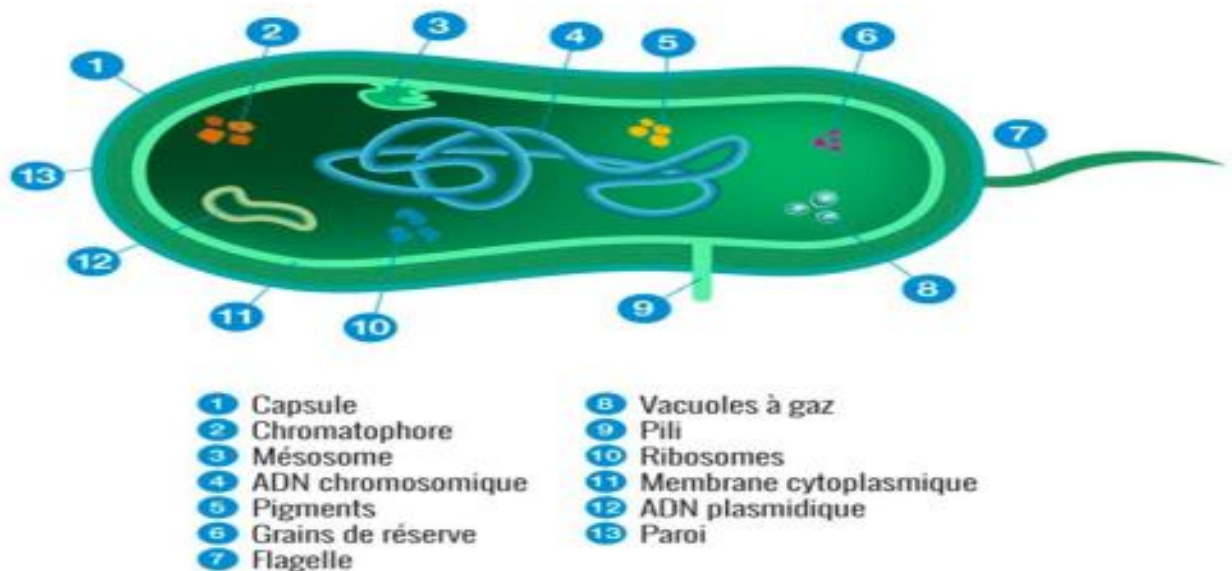


Figure 3: Structure et organisation d'une cellule bactérienne (Shears, 2006).

2.2. Fimbriae et pili:

Ce sont des structures protéiques formant des filaments protéiques à la surface des bactéries et sont dépourvus de capacité à se mouvoir en rotation comme les flagelles. Il existe de

nombreux types de filaments fimbriae et pili formés de protéines très différentes. Ces deux structures participent aux motilités bactériennes liées aux glissements et contractions au sein de colonies bactériennes. Certains pili sont spécialisés dans des attachements spécifiques ; dans cette catégorie on trouve les pili de conjugaison ou pili sexuels, ces derniers déterminent la reconnaissance spécifique et l'attachement entre une bactérie donneuse vers une autre receveuse et participent au phénomène de sécrétion de l'ADN de la donneuse vers la receveuse **(Philos, 2012)**.

2.3. Flagelles:

Ils sont des organites définis par leur fonction plutôt que par leur structure, les flagelles sont variés considérablement entre bactéries, archées et eucaryotes. Les trois types de flagelles peuvent être utilisés comme organe locomoteur. Les Flagelles jouent un rôle important dans les stades précoces du développement du bio film bactérien *in vitro*. Il est également impliqué dans l'adhérence aux cellules épithéliales respiratoires **(Wang Q et al, 2005)**.

2.4.Plasmides:

Ce sont des fragments d'ADN extra-chromosomaux qui peuvent se transmettre par transfert horizontal d'une bactérie à une autre. S'ils portent un gène d'intérêt (exp: résistance à un antibiotique). C'est donc un avantage pour les cellules qui les possèdent **(Wong, 2008)**.

2.5.Ribosomes

C'est un grand complexe multifonctionnel qui assure la traduction de l'ARNm dans la synthèse des protéines.ils sont composés à la fois D'ARN et de protéines. Les ARN ribosomiques jouent un rôle central dans les fonctions ribosomiques critiques de la sélection et de la liaison des ARNt et de translocation et de la peptidyl transférase **(Bayfield et al, 2001)**.

2.6.Spores Bactériennes

Les spores aussi appelées endospores sont une forme de vie résistante qui apparait chez certaines bactéries lorsque les conditions de l'environnement deviennent défavorables, elles permettent de se protéger de; carences nutritives, chaleur, agents chimiques comme les antibiotiques ou physiques, du vieillissement cellulaire et des radiations UV ou gamma (radioactif).Les spores bactériennes peuvent être visualisées par microscopie optique via une coloration au vert de malachite, cette coloration permet de déterminer la présence de spore et leur localisation dans les cellules **(Leggett et al, 2012), (setlow, 2014)**.

2.7.Paroi cellulaire:

Les parois sont composées de polysaccharides (68 %), de protéines (29 %), de lipides (3%). la fraction des polysaccharides contient des sucres neutres (72 %) et des sucres amine (28 %) **(Rutledge et Wright 2013)**. Une paroi cellulaire est une couche structurale entourant certains

types de cellules, juste à l'extérieur de la membrane cellulaire. Il peut être résistant, flexible et parfois rigide. Il fournit à la cellule à la fois un soutien structurel et une protection, et agit également comme un mécanisme de filtrage (**Romaniuk et Cegelski, 2015**).

2.8.Capsule:

La capsule est une enveloppe composée de sucres qui protège les pathogènes contre le système immunitaire, notamment les espèces nosocomiales résistantes aux antibiotiques. Cette étude, parue dans

la revue PLOS Biology, combinant génomique comparative et transferts génétiques *in vitro* révèle que l'interaction entre la capsule et les éléments génétiques mobiles module l'acquisition de nouveaux gènes par les bactéries, dont les gènes de résistance aux antibiotiques. Les éléments génétiques mobiles sont à l'origine de transferts de gènes entre bactéries, et conduisent à l'acquisition de facteurs de virulence et de résistance aux antibiotiques à travers le monde (**Haudiquet et al, 2021**).

2.9.Nucléoides:

L'ADN d'un procaryote est appelé génophore ou chromosome procaryotique. Il ne faut cependant pas confondre le chromosome procaryote avec le chromosome eucaryote, dont la structure est très différente (le chromosome procaryote est dépourvu de chromatine). Les génophores sont rendus plus compacts à l'aide d'un mécanisme appelé super enroulement de L'ADN. Ils sont généralement plus petits que les chromosomes eucaryotes. Ils sont circulaires chez la plupart des procaryotes, et linéaires chez un petit nombre d'entre eux. Leur nature circulaire permet la réplication D'ADN sans l'intervention de télomères. Des preuves expérimentales suggèrent que les nucléoides sont essentiellement constitués D'ADN (60%) avec une plus faible proportion d'ARNm et de protéines de facteur qui régulent le génome bactérien (**Richard et Stephens, 2019**).

3.Classification des bactéries:

Il existe différents types de classifications des bactéries. La classification de Linné permet de distinguer différents niveaux : le règne, l'embranchement, la famille, le genre et l'espèce. Chaque espèce se distingue par des caractéristiques métaboliques et morphologiques: les coccidés seront plutôt courts et sphérique, les bacilles en forme de bâtonnets, d'autres peuvent être incurves ou spiralés. Une autre classification utilise la réaction des bactéries au contact de la coloration de Gram ; elles peuvent être classées en : bactéries aérobies et bactéries anaérobies en se basant sur les propriétés chimiques et physiques de leurs parois (**Goulet ,2009 ; Astier et al, 2014**).

4. Les souches bactériennes étudiées:

4.1.Bactérie à Gram Positif:

4.1.1.*Staphylococcus aureus* :

C'est une coccobactérie à Gram positif, catalase positive appartenant à l'ordre des bactéries, Elle a un diamètre d'environ 0.5 à 105µm. Elle est immobile, sporulée et facultativement anaérobie. Elle est habituellement disposée en grappes. De nombreuses souches produisent des enterotoxines staphylococciques, la toxine super antigénique du syndrome du choc toxique (TSST-1) et des toxines exfoliatives. *Staphylococcus aureus* fait partie de la flore humaine et il est surtout présent dans le nez et sur la peau (Murray et al, 2003 ; Becker et al, 2004).

Pouvoir pathogène:Cette bactérie est une des principales causes de toxi-infections alimentaires, résultant de la consommation d'aliments contaminés par des entéro-toxines. Les symptômes disparaissent habituellement après 24 heures (Le Loir et al, 2003). Les morsures d'animaux peuvent entraîner des infections locales, une cellulite, un érythème, une sensibilité, une fièvre légère, une adénopathie et une lymphangite (rare) *Staphylococcus aureus* est une bactérie pathogène majeure pour l'homme et les animaux à sang chaud, tristement célèbre pour son exceptionnelle résistance aux traitements antibiotiques et son implication dans les infections nosocomiales (Le Loir et Gantier, 2009).

4.2.Bactérie à Gram négatif:

4.2.1.*Escherichia coli*:

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie qui réside dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. La majorité des souches d'*E. Coli* sont inoffensives, quelques-unes seulement sont pathogènes pour l'homme. (Bucholz et al, 2011). Les souches d'*Escherichia coli* sont rarement pathogènes, à l'exception de certaines souches qui causent des diarrhées dans les pays en voie de développement, où elles touchent surtout les enfants (Naucliel et Vildé, 2005).

Pouvoir pathogène: Naturellement, c'est une flore facultative non pathogène prédominante de l'intestin humain provoquant rarement des maladies chez les individus en bonne santé. Cependant, certaines souches d'*E. Coli*, ont développé la capacité de provoquer des maladies du système nerveux, gastro-intestinal (diarrhée), urinaire ou central même chez les hôtes humains les plus robustes et chez les immunodéprimés (Gomes et al, 2016).

.2.2. *Pseudomonas aeruginosa*:

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie omniprésente dans l'environnement qui provoque des infections humaines opportunistes. Un grand nombre de voies métaboliques et de gènes régulateurs rendent cette bactérie hautement adaptative à diverses conditions de croissance. Sa polyvalence nutritionnelle, son grand nombre de facteurs de virulence et sa résistance élevée

aux antibiotiques rendent cette bactérie extrêmement difficile à éradiquer des individus infectés, en particulier des infections pulmonaires des patients atteints de mucoviscidose. Les principales caractéristiques de la bactérie liées à ses gènes de virulence et leur régulation, la résistance aux antibiotiques et les tendances futures des approches anti-*Pseudomonas* sont discutées. (Weihui et al, 2015).

Pouvoir pathogène: *Pseudomonas aeruginosa* est un agent pathogène nosocomial majeur qui peut provoquer des infections graves (infections ophtalmologiques, abcès et septicémie), notamment chez les patient immunodéprimés (VIH /Sida) et hospitalisés en unité de soin intensifs, ainsi que ceux ayant des maladies pulmonaires obstructives chroniques sèvres (mucoviscidose), des brulures et plaies ouvertes, des affections malignes ou le diabète sucré. Il a été constaté une augmentation de l'incidence des isolats multi-résistances (MDR) de *P. aeruginosa* (MDRPA) face aux classes d'antibiotiques suivantes: pénicillines, céphalosporines, monobactames, carbapenemes, aminoglycosides et fluoroquinolones, ce qui soulève de sérieuses inquiétudes. Ces souches cumulentconstamment plusieurs mécanismes de résistance à la suite des événements génétiques multiples, c'est à dire des mutations chromosomiques ou transferts horizontaux de gènes de résistance (Babieri, 2004 ; Willcox, 2007).

5. Les antibiotiques

5.1. Définition

Les antibiotiques sont des médicaments utilisés pour traiter les infections bactériennes. Les antibiotiques peuvent tuer les bactéries ou bien empêcher leur reproduction, permettant ainsi aux défenses naturelles de l'organisme de les éliminer (Werth, 2020). Ils fonctionnent en perturbant les cellules bactériennes de nombreuses façons différentes par exemple en inhibant la capacité de la bactérie à construire sa paroi cellulaire, en empêchant sa reproduction ou en nuisant à sa capacité d'emmagasiner et d'utiliser l'énergie. Ils n'ont habituellement aucun effet sur les cellules humaines, ce qui fait qu'on peut les ingérer en toute sécurité en tant que médicament. La plupart des antibiotiques traitent les infections bactériennes tandis que d'autres traitent certains infections parasitiques ou fongiques. Ils ne fonctionnent jamais contre les infections virales (Alan Low, 2012).

5.2. Classification des antibiotiques:

Les antibiotiques utilisés en médecine ont fabriqués à partir de cultures de micro-organismes ou sont des produits de synthèses (Lesseur, 2014). Il existe deux grandes catégories d'antibiotiques :

- Antibiotiques à spectre étroit: Ils ne tuent qu'un nombre limité de bactéries. Ils peuvent cibler et tuer les bactéries à l'origine de la maladie tout en laissant en vie les autres bactéries, qui peuvent être bénéfiques; ce type d'antibiotique est prescrit lorsque la bactérie à l'origine de l'infection est exactement connue (**Lesseur, 2014**).
- Antibiotiques à spectre large: Ils sont efficaces contre de nombreuses bactéries, y compris certaines bactéries résistantes aux antibiotiques à spectre étroit, ce type d'antibiotique est prescrit lorsque l'on ne connaît pas exactement quelle est la bactérie à l'origine de l'infection ou lorsque la maladie est causée par plusieurs bactéries différentes (**Lesseur, 2014**).

5.3. La résistance aux antibiotiques:

C'est un phénomène général observé pour toutes les espèces bactériennes rencontrées chez l'homme. Les bactéries ont un grand pouvoir d'adaptations qui leur permet d'acquérir de nouvelles propriétés, leur permettant de résister aux antibiotiques (**Rougeaux, 2014**). On distingue :

- La résistance naturelle: Elle concerne toutes les souches d'une espèce bactérienne et préexiste à l'usage des antibiotiques. Cette résistance est chromosomique et a un caractère permanent transmissible aux cellules filles lors de la réplication bactérienne (**Rougeaux, 2014**).
- La résistance acquise: Elle ne concerne qu'une partie des souches d'une espèce bactérienne normalement sensible et apparaît à la suite de l'utilisation des antibiotiques. L'acquisition d'un nouveau mécanisme de résistance résulte ; soit d'une mutation survenant sur le chromosome bactérien, soit de l'acquisition d'une information génétique provenant d'une bactérie déjà résistante (**Rougeaux, 2014**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Cette étude a été effectuée au laboratoire de microbiologie de l'Université du 08 mai 1945-Guelma. Elle a été divisée en deux parties : la première a été consacrée aux analyses phytochimiques des différents extraits utilisés du Figuier de Barbarie (extrait brut, éthanolique et méthanolique), des différentes parties de celui-ci (la figue de barbarie et les cladodes) et la deuxième est consacrée à l'étude de l'activité antibactérienne de ces derniers.

1. Matériel

1.1-Matériel végétal

Notre étude porte sur trois types d'extraits (brut, éthanolique et méthanolique) de la figue de barbarie, et des cladodes de la même plante. Ces différentes parties du figuier de barbarie ont été récoltées de Tamlouka qui est une région située au Sud Ouest de Guelma (60 Km), au mois d'avril 2022.

1.2-Les souches bactériennes testées

Les différents extraits du figuier de barbarie ont été testés sur trois souches bactériennes ATCC (American Type Culture Collection):

- ❖ Bactéries à Gram positif : *Staphylococcus aureus*
- ❖ Bactéries à Gram négatif : *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*

Ces souches ont été fournies par le laboratoire de bactériologie de l'Hôpital « IBN ZOHR » Guelma. Elles sont répertoriées dans le tableau **suivant**

Tableau 1:Références des souches bactériennes testées

| Souche | <i>Escherichia coli</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
|-----------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Référence | ATCC 25922 | ATCC 25923 | ATCC 27853 |

2. Méthodes

2.1.Criblage phytochimique

2.1.1. Préparation des extraits de la plante

❖ **Extrait brut du Figuier de Barbarie:** pour préparer l'extrait brut de notre plante (*Opuntia ficus indica*), on a choisi des cladodes et des fruits frais de la même taille, murs, sains et épais. Ces différentes parties de la plante ont été lavées avec de l'eau du robinet et ensuite avec de l'eau distillée stérile et mises sur une plaque de verre stérile. A l'aide d'un couteau stérilisé, elles ont été coupées puis hachées. L'extrait obtenu a ensuite été mis dans un

mélangeur et filtré à l'aide d'un tissu stérile, puis de papier Wathman stérile pour éliminer les fibres(Figure) (Lattab, 2012).

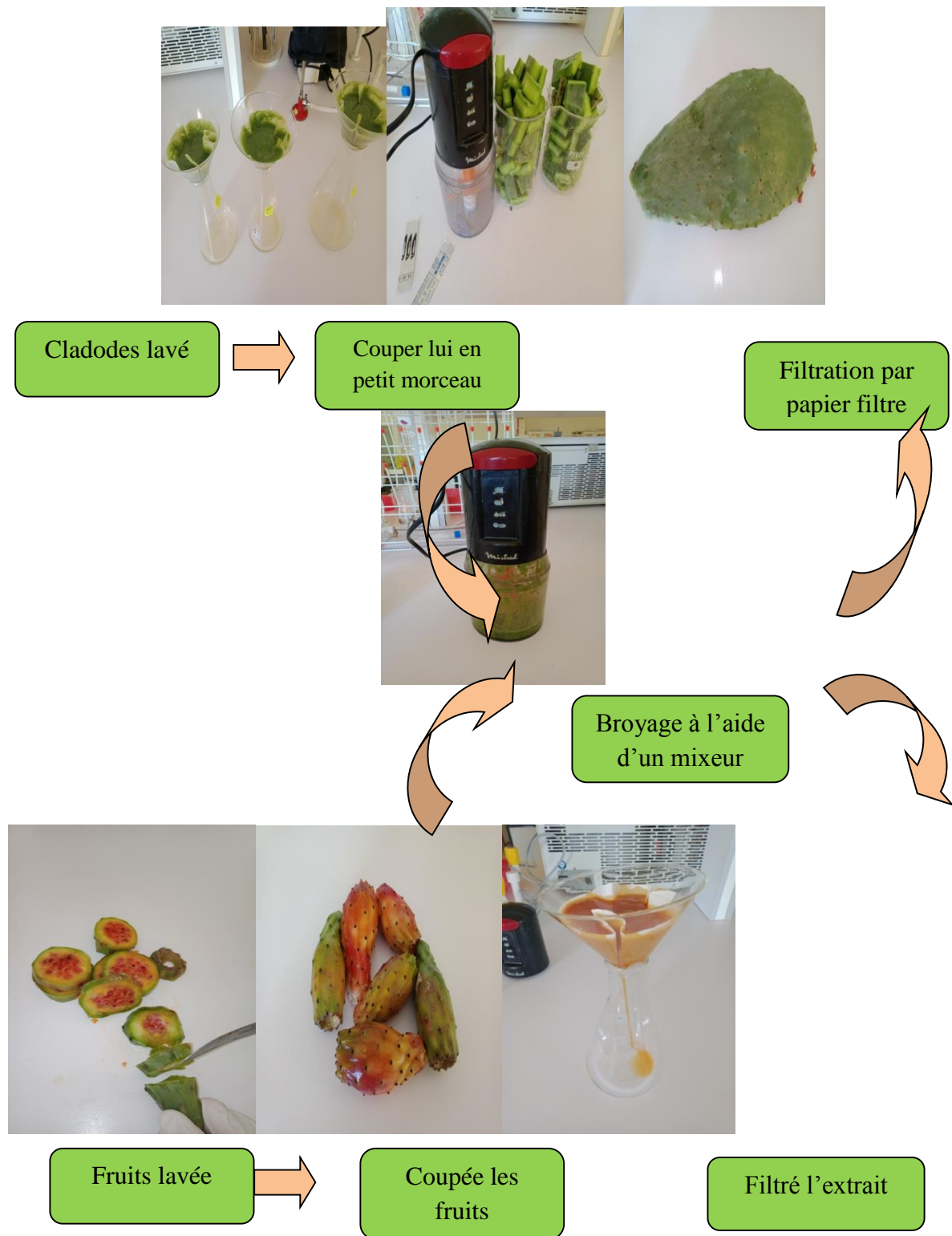


Figure 4 : Photos représentative des différentes étapes de la préparation des extraits bruts des cladodes et des fruits (photos personnelle, 2022).

❖ **Extrait éthanolique du Figuier de Barbarie:** pour préparer un extrait éthanolique, nous avons utilisé 50 g de l'extrait pur des cladodes et des fruits avec 100ml d'éthanol dilué de 96% à 60%. Le mélange a été laissé macéré pendant 48 H, puis filtré dans du papier Whatman N°1 et enfin conservé au réfrigérateur jusqu'à utilisation (**Alkhail, 2005**).

❖ **Extrait méthanolique du Figuier de Barbarie:** l'extraction a été effectuée selon la méthode d'**Annok et al (2012)** qui consiste à mélanger 60 g de l'extrait brut de notre plante (cladodes ou fruits), au quel on ajoute 75 ml de méthanol à 85 %. On laisse le mélange à macérer pendant 24h à température ambiante. L'extrait obtenu est ensuite filtré à l'aide d'une compresse stérile puis avec du papier Whatman stérile N°1.

2.1.2. Tests phytochimiques

Pour connaître la composition des extraits de plante obtenus en principes actifs, plusieurs réactifs de caractérisation ont été utilisés. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation dans le but de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains composés chimiques (**Harborne, 1998**). Les tests pratiqués sont :

❖ **Les flavonoïdes:** 10 gouttes d'acide chlorhydrique HCL concentré et quelques milligrammes de tournures de magnésium sont additionnés à 1 ml de l'extrait de plante. La coloration rouge ou rose-jaune, après une incubation de 3 minutes à température ambiante, indique la présence des flavonoïdes (**Harborne, 1998**).

❖ **Les tanins:** dans un tube à essai contenant 1 ml de l'extrait, ajouter 8 gouttes d'une solution diluée de chlorure ferrique $FeCl_3$ à 1 %. Après quelques minutes d'incubation à température ambiante, le chlorure ferrique développe une coloration verdâtre qui indique la présence des tanins catéchiques ou bleu-noirâtre qui révèle l'existence des tanins galliques (**Harborne, 1998**).

❖ **Les alcaloïdes:** ajouter 2 ml d' HCL à 1% et 1 ml de l'extrait, chauffé au bain-marie, puis répartir chaque extrait en deux volumes égaux. On traite un volume par le réactif de Mayer et l'autre par le réactif de Wagner. La formation d'un précipité blanc jaunâtre (par le réactif de Mayer) ou d'un précipité rouge ou brun orangé (par le réactif de Wagner) montre la présence d'alcaloïdes (**Harborne, 1998**).

□ Réactif de Wagner : on met 2g de KI avec 1.27g d'I₂ dans 75 ml d'eau distillée. Le volume est ensuite ajusté à 100ml (**Harborne, 1998**).

□ Réactif de Mayer : on met 1.358 g d'HgCl₂ dans 60ml d'eau distillée puis 5g de KI dans 10ml d'eau distillée. On mélange les deux solutions et on ajuste le volume total pour qu'il atteigne 100 ml (**Harborne, 1998**).

❖ **Les saponosides:** dans une éprouvette, introduire 2 ml de l'extrait à analyser, ajouter 2 ml d'eau distillée chaude, remuer pendant 15 secondes et laisser reposer 15 minutes. La formation de mousse témoigne de la présence des saponines. En l'absence de mousse, l'épreuve est négative. La mousse inférieure à 1 cm signifie que l'essai est faiblement positif et la mousse supérieure à 1 cm signifie que l'essai est hautement positif (**Harborne, 1998**).

❖ **Les coumarines:** placer 1ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 0,5 ml de NH₄OH à 10%, mélanger et observer sous UV à 366nm. L'apparition d'une fluorescence intense sous la lumière ultraviolette révèle la présence de coumarines (**Harborne, 1998**).

❖ **Les anthraquinones libres:** Dans un tube à essai, ajouter à 5 ml de l'extrait, 2.5 ml de NH₄OH à 20% puis agiter ; une coloration plus ou moins rouge indique la présence d'anthraquinones libres (**Harborne, 1998**).

2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne

La sensibilité des souches (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) a été évaluée par rapport à trois types d'extraits (l'extrait brut, éthanolique et méthanolique) issus des cladodes et fruits d'*Opuntia ficus indica* étudiée. Dans Ce but, nous avons utilisé la technique de diffusion en milieu gélosé. Cette méthode est adaptée à l'étude de l'action d'une molécule ou d'un extrait donné sur la croissance bactérienne. L'activité biologique se manifeste par l'apparition d'un halo d'inhibition de la croissance microbienne autour du disque contenant l'extrait tester. La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm) (**Dulger et Gonuz, 2004 ; Parekh et Chanda, 2007 ; Rota et al, 2008**).

❖ **Repiquages des espèces bactériennes:** les différents souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des striessur une gélose nutritive (GN) solide, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées. Les colonies ont servi à préparer de l'inoculum (**Dulger, 2004**).

❖ **Préparation de l'inoculum:** une colonie bien isolée a été transférée à l'aide d'une anse de platine stérile dans un tube contenant de l'eau physiologie stérile afin d'avoir une suspension bactériennes homogène (10⁶UFC/ml), (**Lattab A, 2012**).

❖ **Préparation des disques des solutions à tester:** Des disques de papier Wattman n°1 de 6 mm de diamètre, stériles (stérilisation à 120°C pendant 15 min par autoclavage), sont chargés des différents extraits à tester (extraits bruts, extrait éthanolique et méthanolique des cladodes et fruits de notre plante). Des disques imprégnés de méthanol, éthanol et d'eau distillée sont également utilisés comme témoin négatif et enfin des disques d'antibiotiques ayant un effet sur chaque bactérie testée ont été utilisés comme témoins positifs (**Tableau 02**) (**Gonuz, 2004**).

Tableau 2: Antibiotiques utilisés comme témoins positifs (**CA-SFM, 2018**).

| Antibiotique | Code | Charge du disque |
|-----------------|------|------------------|
| Amoxicilline | AMX | 25 µg |
| Chloramphénicol | C | 30 µg |
| Erythromycine | E | 15 µg |
| Gentamicine | GEN | 10 µg |
| Pénicilline-G | P | 10 µg |
| Vancomycine | VA | 30 µg |

- *E. coli* est sensible à : **AMX, GEN, Cet P**
- *P.aeruginosa* est sensible à: **P, GEN, C et E**
- *S.aureuse* est sensible à: **GEN, E et VA**.

❖ **Préparation des milieux de culture:** après la préparation de la gélose Muller Hinton et la stérilisation à 120°C pendant 20 min à l'autoclave, on verse cette dernière dans des boîtes de pétri d'un diamètre de 90 mm et avec une épaisseur de 4mm. La gélose MH est ensuite séchée pendant 30 min à une température appropriée (du laboratoire) avant son utilisation (**Rota et al, 2008**).

❖ **Ensemencement par écouvillonnage:** des boîtes de pétri coulées de MH prêtes à l'usage sont ensemencées par écouvillonnage d'une suspension bactérienne incubée quelques minutes « suspension préparée à partir de 10ml d'eau physiologie et d'une colonie bien isolée de la bactérie à tester» (**Lattab A, 2012 ; Rota et al ,2008**).

❖ **Application des disques:** en utilisant des pinces stériles, les disques de papier filters contenant les extraits à tester sont déposés à la surface de la gélose inoculée. Pour chaque boîte de bactérie, 04 disques d'antibiotiques utilisés en tant que témoins positifs, sont également déposés. Il faut veiller à ne pas chauffer les disques par la pince flambée (**Rota et al, 2008**).

L'expérience doit-être répétée au moins (03) fois:

La sensibilité des souches aux extraits est estimée selon le diamètre de la zone inhibitrice suivant l'échelle suivante :

- Non sensible (-) ou résistante : diamètre < 8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19mm.
- Extrêmement sensible (+++) : >20mm (**Hamidi, 2013**).

2.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

- ❖ **Préparation des colonies jeunes:** le repiquage des souches bactériennes a été réalisé par la méthode de strie sur milieu MH solide après incubation pendant 18 à 24 h à 37°C dans l'étuve. On aura une croissance bactérienne. Ces dernières vont servir à préparer l'inoculum (**Moroh et al, 2008**).
- ❖ **Préparation de l'inoculum:** l'inoculum bactérien a été préparé à partir d'une colonie bien isolée et homogène dans 10ml de BMH stérile, agiter au vortex, après incuber de 3 à 5 h à 37°C pour avoir une préculture. Un volume de 0,01 ml ou 0,1 ml ou 1 ml a été prélevé respectivement pour *P. aeruginosa*, *E. coli* et *S. aureus* et a été ajouté à 10ml de BMH stérile. Cette suspension bactérienne réalisée est évaluée à environ 10⁶ cellules/ml et constitue la dilution 10⁰ ou le l'inoculum pur (**Toty et al, 2013**).
- ❖ **Préparation de la gamme de concentration des extraits végétaux :** la gamme de concentration de l'extrait végétal a été préparée dans sept tubes à essais numérotés de 1 à 7 par la méthode de la double dilution avec un huitième tube comme témoin négatif selon une progression géométrique à raison de 1/2 (**Toty et al, 2013**).
- ❖ **Inoculation :** dans une série de 8 tubes hémolytiques numérotés de C1 à C8, nous avons introduit 1 ml de BMH concentré deux fois déjà infecté par le microorganisme à analyser. Puis nous avons ajouté dans ces mêmes tubes 1 ml d'extrait de plante de concentration bien connue en fonction de la plage de concentration préparée. Cette répartition de l'extrait végétal a été faite de sorte que 1ml d'extrait végétal de 200 mg/ml soit transféré dans le tube C1, le tube C2 a reçu 1 ml de 100 mg/ml ainsi de suite jusqu'au tube C7 qui a reçu 1ml de la solution à 3,1 mg/ml (**Toty et al, 2013**). Le tube C8 recevra, au lieu et à la place de l'extrait végétal, 1 ml d'eau distillée stérile qui va servir de témoin de croissance. Dans chacun des tubes qui contenaient déjà 1 ml d'inoculum, la concentration de l'extrait végétal était réduite de moitié. Les sept (7) premiers tubes (C1 à C7) sont appelés « tubes expérimentaux » et le dernier tube

(C8) porte la mention « tube régulateur de croissance ou CT ». Ces tubes chargés sont mis en incubation à 37 °C pendant 24 heures (**Moroh et al, 2008**).

Calcul de la concentration minimale inhibitrice (CMI) : la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI), est la plus faible concentration d'extrait antibactérien capable d'inhiber toute croissance visible après un temps d'incubation de 18 à 24 heures. Sa détermination a été faite par observation du trouble induit par la croissance des germes étudiés dans chaque tube. La CMI a été la plus petite concentration pour laquelle il n'y a pas eu de trouble observé à l'œil nu (**Moroh et al, 2008 ; Toty et al, 2013**).

Résultat et discussion

1. Criblage phytochimique

Les tests phytochimiques qui ont été appliqués sur les extraits bruts, éthanoliques et méthanoliques de la partie supérieure (cladodes et fruits) d'*Opuntia ficus indica*, ont mis en évidence la présence de certains groupes de métabolites secondaires et l'absence d'autres. Les résultats obtenus sont résumés dans les **tableaux 03, 04 et 05**.

1.1. Extraits bruts

Les résultats du criblage phytochimique réalisé sur l'extrait brut de cladodes et des fruits (les figues de barbarie) du figuier de barbarie sont représentés dans le **tableau 03** suivant. Ils ont révélé la présence des flavonoïdes, des tanins et des alcaloïdes. Nous avons remarqué avec intérêt, que les saponosides sont présentes dans l'extrait brut du fruit par contre, nous avons enregistré une absence totale de ces principes actifs dans l'extrait brut du cladode. Il a été remarqué également l'absence des anthraquinones et des coumarines dans la composition des deux extraits de la plante étudiée.

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Markham (1982)** qui a montré la présence et l'absence des mêmes groupes chimiques dans la même espèce *Opuntia ficus indica* et dans une autre espèce d'*Opuntia*.

Tableau 3: Le criblage phytochimique des extraits bruts des cladodes et des fruits du figuier de barbarie

| Le groupe chimique | Réactifs | Extrait brut (Cladodes) | Extrait Brut (fruits) |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Flavonoïdes | HCL + Mg | + | + |
| Tanins | FeCl ₃ à 1% | + | + |
| Alcaloïdes | Réactif Mayer | + | + |
| | Réactif Wagner | + | + |
| Saponosides | Eau distillé chaude | - | + |
| Coumarines | NH ₄ OH à 10% | - | - |
| Anthraquinones libres | NH ₄ OH à 20% | - | - |

(+) indique la présence

(-) indique l'absence

1.2. Extraits éthanoliques

Les résultats représentés dans le tableau 04 montrent la présence des flavonoïdes, tanins et alcaloïdes dans les deux extraits éthanoliques des cladodes et des fruits.

Ces trois principes actifs posséderaient des effets thérapeutiques et antimicrobiens (**Omulokoli et al, 1997 ; Bediga, 2011 ; Benarba et al, 2015**).

Nous avons remarqué également l'absence des saponosides, coumarines et anthraquinones dans les deux extraits étudiés.

Tableau 4:Le criblage phytochimique des extraits éthanoliques des cladodes et des fruits du figuier de barbarie

| Le groupe chimique | Réactifs | Extrait éthanolique (Cladodes) | Extrait éthanolique (fruits) |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Flavonoïdes | HCL + Mg | + | + |
| Tanins | FeCl ₃ à 1% | + | + |
| Alcaloïdes | Réactif Mayer | + | + |
| | Réactif Wagner | + | + |
| Saponosides | Eau distillé chaude | - | - |
| Coumarines | NH ₄ OH à 10% | - | - |
| Anthraquinones libre | NH ₄ OH à 20% | - | - |

1.3. Extraits méthanoliques

Les résultats obtenus pour les extraits méthanoliques de chaque partie de la plante étudiée et représentés dans le tableau 05 a révélé que les cladodes et fruits ont les mêmes principes actifs avec une forte présence de flavonoïdes, tanins et alcaloïdes. Par contre, il a été remarqué une absence totale des saponosides, coumarines et anthraquinones.

La forte présence des principes actifs retrouvés au niveau des deux parties de la plante pourrait expliquer leur fort potentiel thérapeutique et antibactérien (**Bacha, 2005 ; Canadanovic-Brunet et al, 2014; Bogdanov, 2016**).

Tableau 5: le criblage phytochimique des extraits méthanoliques des cladodes et des fruits du figuier de barbarie

| Le groupe chimique | Réactifs | Extrait méthanolique (Cladode) | Extrait méthanolique (Fruit) |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Flavonoïdes | HCL + Mg | + | + |
| Tanins | FeCl ₃ à 1% | + | + |
| Alcaloïdes | Réactif Mayer | + | + |
| | Réactif Wagner | + | + |
| Saponosides | Eau distillé chaude | - | - |
| Coumarines | NH ₄ OH à 10% | - | - |
| Anthraquinones libre | NH ₄ OH à 20% | - | - |

Il a été remarqué avec intérêt que les différents extraits étudiés contiennent des principes actifs jugés par certains chercheurs comme antibactériens tels que les flavonoïdes, tanins et alcaloïdes (**Bachiri et al, 2016**).

2. Étude de l'activité antibactérienne

2.1. *Escherichia coli*

Les résultats résumés dans **le tableau 06** et **les figures 05 et 06** montrent que cette souche bactérienne présente une sensibilité vis-à-vis de l'extrait brut des cladodes et des extraits bruts et éthanoliques des fruits du figuier de barbarie avec des zones inhibitrices qui sont respectivement de 34mm, 25mm et 15mm. Ces dernières sont supérieures à celles des témoins négatifs (eau distillée éthanol et méthanol). D'autre part les résultats indiquent la résistance d'*E. coli* aux autres extraits. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bukharis et al (2017)** et **d'Antonisamy et al (2012)**.

Nous avons remarqué également que cette bactérie manifeste une forte sensibilité vis-à-vis des antibiotiques utilisés: (Amoxicilline, Chloramphénicol et Gentamicine) avec des zones d'inhibitions qui sont respectivement de 27mm, 37mm et 33 mm. Cette bactérie présente une résistance à la Pénicilline.

Tableau 6: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur *E. coli*.

| Les extraits d'<i>Opuntia ficus indica</i> et des antibiotiques | La sensibilité et la résistance | Inhibition Ø (mm) |
|--|--|--------------------------|
| Extrait brut cladodes | +++ | 34 |
| Extrait brut des fruits | +++ | 25 |
| Eau distillée | - | 6 |
| Extrait éthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait éthanolique des fruits | ++ | 15 |
| Ethanol | - | 6 |
| Extrait méthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait méthanolique des fruits | - | 6 |
| Méthanol | - | 6 |
| P ¹⁰ : Pénicilline | - | 6 |
| C ³⁰ : Chloramphénicol | +++ | 37 |
| AMX ²⁵ : Amoxicilline | +++ | 27 |
| GEN ¹⁰ : Gentamicine | +++ | 33 |

ED : Eau distillé

Eth : Ethanol

Méth : Méthanol

C1 : Extrait brut des Cladodes

C2 : Extrait éthanolique des Cladodes

C3 : Extrait méthanolique des Cladodes

F1 : Extrait brut des Fruits

F2 : Extrait éthanolique des Fruits

F3 : Extrait méthanolique des Fruits



Figure 5: Effet des extraits des plantes étudiée sur la souche *E. coli*.

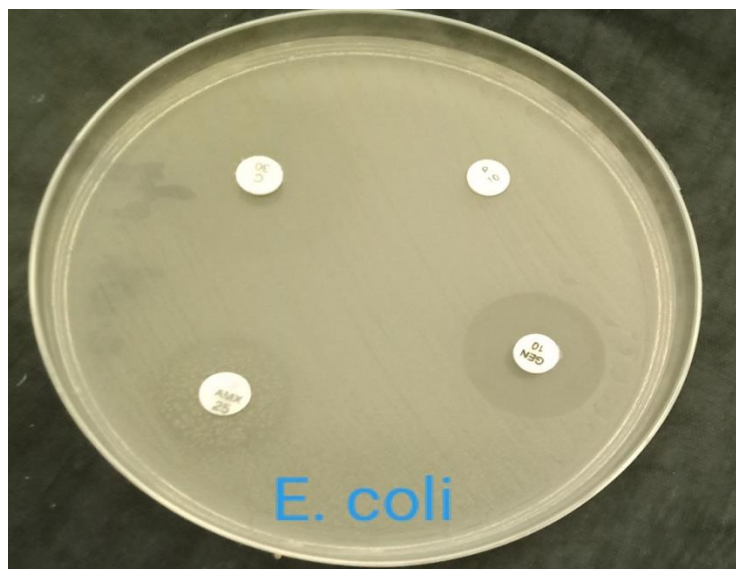


Figure 6:Antibiogramme de la souche *E. coli*.

2.2. *Staphylococcus aureus*

Les résultats sont représentés dans le **tableau 07** et la **figures 07**. Ils montrent une sensibilité de *S. aureus* uniquement vis-à vis des extraits bruts des cladodes et des fruits du figuier de barbarie avec des diamètres de la zone inhibitrice qui sont respectivement de 14 mm et 10 mm EN comparaison avec es témoins négatifs (eau distillée, éthanol et méthanol).Ces résultats sont en accord avec ceux d'**Antonisamy et al (2012)** et **Bukharis et al(2017)**.

Toutefois, Nous avons remarqué que cette bactérie manifeste une forte sensibilité vis-à-vis des antibiotiques utilisés: (Vancomycine et Gentamicine) avec des zones inhibitrices qui sont respectivement de 12mm et 24mm et une résistance à l'Erythromycine.

Tableau 7: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur *S.aureus*.

| Les extraits d' <i>Opuntia ficus indica</i> et des antibiotiques | La sensibilité et la résistance | Inhibition Ø (mm) |
|--|---------------------------------|-------------------|
| Extrait brut des cladodes | + | 14 |
| Extrait brut des fruits | + | 10 |
| Eau distillée | - | 6 |
| Extrait éthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait éthanolique des fruits | - | 6 |
| Ethanol | - | 6 |
| Extrait méthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait méthanolique des fruits | - | 6 |
| Méthanol | - | 6 |
| E ¹⁵ : Erythromycine | - | 6 |
| VA ³⁰ : Vancomycine | + | 12 |
| GEN ¹⁰ : Gentamicine | +++ | 24 |

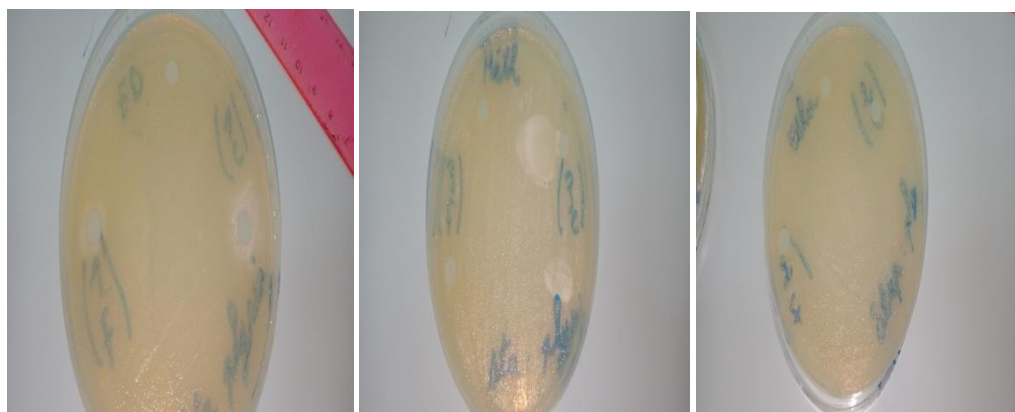


Figure 7: Effet des extraits des plantes étudiée sur la souche *S.aureus*.

➤ *J'ai perdu la figure d'effet des disques antibiotique avec S. aureus*

2.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Les résultats résumés dans le **tableau 08** et les **figures 08 et 09** montrent que par rapport aux témoins négatifs (eau distillée stérile, éthanol et méthanol), cette souche bactérienne présente une sensibilité vis-à-vis des extraits bruts des cladodes et de fruits du figuier de barbarie avec des diamètres du zone d'inhibition qui sont respectivement de 29 et 19 mm. Par contre les résultats montrent une résistance de *P.aeruginosa* vis-à-vis des autres extraits. Ces résultats sont en accord avec ceux d'**Antonisamy et al(2012)** et **Bukharis et al (2017)**.

Nous avons remarqué que cette bactérie manifeste une forte sensibilité vis-à-vis des antibiotiques utilisés: (Erythromycine, Chloramphénicol et Gentamicine) avec différentes zones d'inhibition qui sont respectivement de 10mm, 26mm et 18mm et une résistance à la Pénicilline. Ce résultat est en accord avec celui d'**Alkhail (2005)**.

Tableau 8: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur *P.aeruginosa*

| Les extraits d'<i>Opuntia ficus indica</i> et des antibiotiques | La sensibilité et la résistance | Inhibition Ø (mm) |
|--|--|--------------------------|
| Extrait brut des cladodes | +++ | 29 |
| Extrait brut des fruits | ++ | 19 |
| Eau distillée | - | 6 |
| Extrait éthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait éthanolique des fruits | - | 6 |
| Ethanol | - | 6 |
| Extrait méthanolique des cladodes | - | 6 |
| Extrait méthanolique des fruits | - | 6 |
| Méthanol | - | 6 |
| P ¹⁰ : pénicilline | - | 6 |

Partie expérimentale Résultat et discussion

| | | |
|-----------------------------------|-----|----|
| C ³⁰ : Chloramphénicol | +++ | 26 |
| E ¹⁵ : Erythromycine | + | 10 |
| GEN ¹⁰ : Gentamicine | ++ | 18 |



Figure 8: Effet des extraits des plantes étudiées sur *P.aeruginosa*

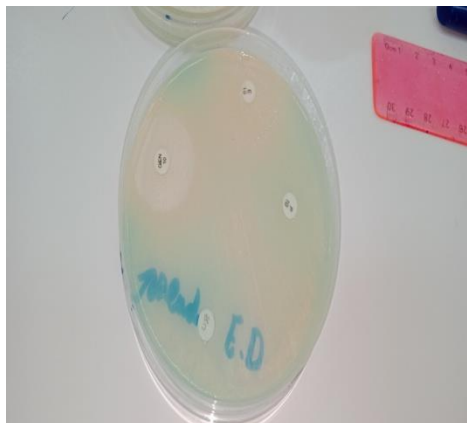


Figure 9: Antibiogramme de la souche *P.aeruginosa*

3. Détermination d la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Le manque de temps et le nombre élevé d'extraits ayant eu un effet antibactérien ne nous a pas permis de faire la CMI correctement.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le figuier de barbarie est une plante qui a des propriétés thérapeutiques, nutritionnelles et cosmétiques très importantes.

Le criblage phytochimique du figuier de barbarie « *Opuntia ficus indica* » a montré la présence des flavonoïdes, tanins et alcaloïdes dans tous les extraits (bruts, éthanoliques et méthanoliques) des cladodes et des fruits. Seul l'extrait brut des fruits contient des saponosides.

Les souches bactériennes (*E. coli*, *S.aureus*, *P.aeruginosa*) indiquent une forte sensibilité vis-à-vis de tous les extraits bruts des cladodes et des fruits de la plante étudiée avec des zones d'inhibition qui varient entre 10mm à 34 mm.

Seule *E. coli* montre une sensibilité vis-à-vis de l'extrait éthanolique des fruits avec un diamètre de la zone d'inhibition égale à 15 mm.

Cette forte activité antibactérienne de la plante étudiée pourrait être liée à la présence des différents principes actifs trouvés dans les différents extraits utilisés et qui ont été jugés comme antibactériens tels que les flavonoïdes, tanins et alcaloïdes.

Comme perspectives et pour compléter ce travail nous pouvons :

- Calculer la CMI et la CMB des différents extraits ayant donné une activité antibactérienne
- Tester la sensibilité d'autres souches bactériennes vis-à-vis de nos différents extraits utilisés
- Faire une étude statistique pour comparer les moyennes des diamètres des zones d'inhibitions des différents extraits de la plante pour voir quel est celui qui a donné une meilleure activité antibactérienne.

Résumé

Résumé

Le figuier de barbarie est l'une des plantes les plus connues et les plus célèbres depuis l'Antiquité. Elle a été utilisée plus pour ses propriétés cosmétiques que médicinales. Trois différents extraits (bruts, éthanoliques et méthanoliques) ont été préparés à partir de deux parties de la plante : les cladodes et les fruits (la figue de barbarie). Ces extraits ont été testés sur des bactéries à Gram positif « *S. aureus* » et à Gram négatif « *E. coli* et *P. aeruginosa* ». Nos résultats ont montré une forte activité antibactérienne de tous les extraits bruts des cladodes et des fruits vis-à-vis de toutes les bactéries. Seule *E. coli* a montré une forte sensibilité vis-à-vis de l'extrait éthanolique des fruits. Le criblage phytochimique des différents extraits a montré la présence de différents principes actifs étudiés comme antibactériens tels que les flavonoïdes, tanins et alcaloïdes.

Les mots clés : figue de barbarie, cladodes, bactéries, activité antibactérienne

Abstract

The prickly fig is one of the most famous and well-known plants since Antiquity. It has been used more for its cosmetic properties than for its medicinal properties. Three different extracts (crude, ethanolic and methanol) have been prepared from two parts of the plant: cladodes and fruits (prickly fig). These extracts were tested on Gram-positive “S. aureus” and Gram-negative “E. coli and P. aeruginosa” bacteria. Our results showed a strong antibacterial activity of all raw extracts of cladodes and fruits vis-à-vis all bacteria. Only E. coli showed a high sensitivity to the ethanolic extract of the fruits. The phytochemical screening of the different extracts showed the presence of different active ingredients studied as antibacterial such as flavonoids, tannins and alkaloids.

The key words: Prickly fig, Cladode, bacteria, Antibacterial activity

الملخص

التين الشائك هو أحد أشهر النباتات وأكثرها شهرة منذ العصور القديمة. تم استخدام خصائصها التجميلية أكثر من خصائصها الطبية. تم تحضير ثلاثة مستخلصات مختلفة (الخامو الإيثانوليكيو الميثانول) من جزأين من النبات: الكلاودات والفواكه (التين الشائك). تم اختبار هذه المستخلصات على بكتيريا "S. aureus" و "E. coli and P. aeruginosa" الإيجابية الغرام. أظهرت نتائج نشاطاً قوياً مضاداً للبكتيريا لجميع المستخلصات النبتية من الكلاودات والفواكه مقابل جميع البكتيريا. فقط الإشريكية القولونية أظهرت حساسية عالية للمستخلص الإيثانولي للفواكه. أظهر الفحص الكيميائي النباتي للمستخلصات المختلفة وجود مكونات نشطة مختلفة تمتد استهدافها مضاداً للبكتيريا مثل الفلافونويد والعفص والقلويات

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، ضاربات، بكتيريا، النشاط المضاد للبكتيريا

Annexe

Annexe**1. Solution HCl à 1%**

| | |
|--------------------|------|
| -HCl..... | 1ml |
| -Eau distillé..... | 99ml |

1 ml d'HCl sont ajoutés à 99 ml d'eau distillé.

2. Solution FeCl3 à 1 %

| | |
|--------------------|------|
| - FeCl3..... | 1g |
| -Eau distillé..... | 99ml |

1g FeCl3 sont ajoutés à 99 ml d'eau distillé.

3. Solution NH4OH à 10%

| | |
|--------------------|-------|
| -NH4OH..... | 10ml |
| -Eau distillé..... | 100ml |

10 ml NH4OH Sont ajoutés à 100 ml d'eau distillé.

4. Solution NH4OH à 20%

| | |
|--------------------|-------|
| -NH4OH..... | 20ml |
| -Eau distillé..... | 100ml |

20 ml NH4OH Sont ajoutés à 100 ml d'eau distillé.

5. Solution éthanol à 60%

Pour 50 ml de solution :

| | |
|---------------------|---------|
| - Ethanol..... | 34.99ml |
| - Eau distillé..... | 15.01ml |

6. Solution méthanol à 85%

Pour 50 ml de solution :

| | |
|------------------------|---------|
| - Méthanol à 100%..... | 44.76ml |
| - Eau distillé..... | 5.24ml |

7. Les Antibiotiques utilisés

Amoxicilline (AMX25) ; Gentamicine (GEN10) ; Pénicilline-G (P10) ; Erythromycine (E15) ;
Vancomycine (VA30) ; Chloramphénicol (C30)

8. Gélose Mueller Hinton (MH)

| | |
|-----------------------------------|-------|
| -Extrait de viande | 3g |
| -Acide hydrolysa de caséine | 17g |
| -Amidon..... | 1, 5g |
| -Agar..... | 20g |

-Eau distillée : 1000mL

-PH7,2

9. Criblage phytochimique



Figure : Résultat des Criblage phytochimique sur les différents extraits

10. Les souches bactériennes utilisées :

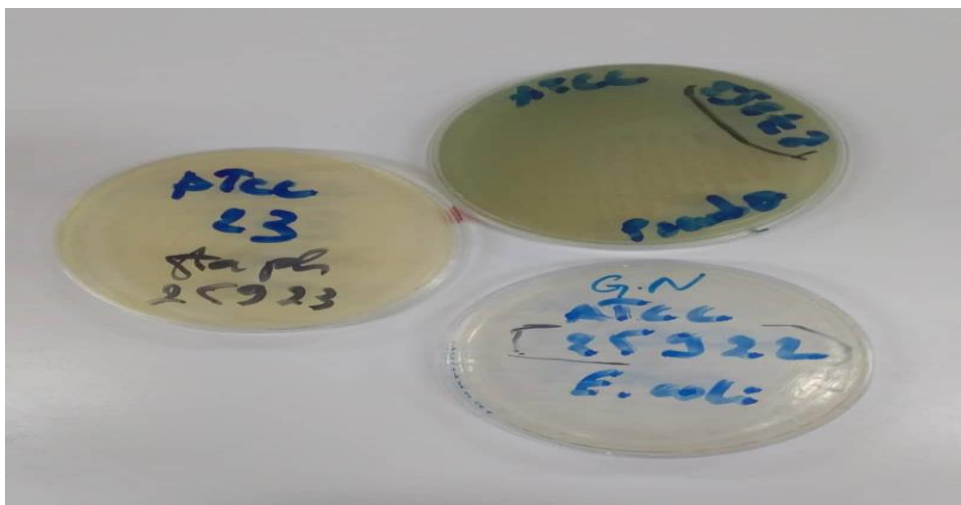


Figure : représente les 3 souches bactériennes qui ont été étudiées

Référence



- I. **AlanLow, B.Sc2012.** (phm.), Pharm.D., Ph.A., ACPR, FCSHP, CCD
Image : canva.com. Publié pour la première fois dans le bulletin Du coeur au ventreMC
numéro 184
- II. **Alkhail A, (2005).** Antifungal activity of some extracts against some plant pathogenic fungi.
Pak. J. Biol. Sci., P 413-417.
- III. **Allorge, L., & Matile-Ferrero, D.** (2011). CACTUS ET COCHENILLES INTRODUITS À
MADAGASCAR: MISE AU POINT À L'APPUI DES COLLECTIONS HISTORIQUES DU
MNHN À PARIS [CACTACEAE; HEMIPTERA, DACTYLOPIIDAE]. Revue française
d'Entomologie (NS), 33(1-4), 55-64.
- IV. **Arnnok P., Ruangviriyachai C., Mahachai R., Techawongstien S and Chanthai S,**
(2012). Determination of total phenolics and anthocyanin contents in the pericarp of hot chilli
pepper. *International Food Research Journal*. 19(1): 235-243.
- V. **Antonisamy J., Beulah N., Laju R and Anupriya G, (2012).** Antibacterial and antifungal
activity of Aloe vera gel extract. *International Journal of Biomedical and Advance Research*.
(3): 184-7.

B

- I. **Babieri, 2004 ; Willcox, 2007.** Pseudomonas aeruginosa infection and inflammation during
contact lens wear. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American
Academy of Optometry*. 84(4), 273-278.
- II. **Bacha. H. C ; (2005).** Le miel entre le coran et la science. La revue Al-iaajaz Alilmi : N°15.
6-11p.E
- III. **Bachiri lamiae, Echchegadda Ghizlane, Ibjibjen Jamal, Nassiri laila, 2016.** European
scientific journal 12 (30), 313-333.
- IV. **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.
- V. **Bayfield M.A , Dahlberg A.E ,Schulmeister U, Donner S , Barta A.2001).**A
conformational change in the ribosomal peptidyle transferase center upon active /inactive
transition *Proc. Natl.Acad .Sci. USA.*2001;98:10096- 10101
- VI. **Becker K, Harmsen D, Mallmann A, Meier C, Schumann P, Peters G & Von Eiff
C.(2004).** development and evaluation of quality controlled rebosomol sequence database for
16s ribosomal DNA- Based identification of staphylococcus Spices journal of clinical
Microbiology 42(11), 4988,4995.doi:101128/JCM 42,11,4988-4995.
- VII. **Bediaga M., 2011.** - Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de
Nauclea Latifolia (Smith) une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat.
Université de Bamako, Mali. p 10.
- VIII. **Benarba B., Belabid L., Righi K., Bekkar A., Elouissi M., Khaldi A., Hamimed A., 2015.**
Ethno botanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West
of Algeria), *Journal of Ethno pharmacology*, 175; 626-637.
- IX. **BOGDANOV S, 2003.** Miel : définition et directives pour l'appréciation et l'analyse. Centre
suisse de recherche apicole, 31p.

- X. Boudilmi I et Mehouas Y, 2020.** Huile essentielle de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica*), Doctorat dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'SILA.
- XI. Bukhari S., Nawaz H., Tariq S and Muneer A, (2017).** In vitro antimicrobial activity of Aloe Vera gel on selected urinary pathogens. University of Health Sciences, Lahore-Pakistan. *Biomedica*. 33 (1): 40-41.
- XII. Bucholz U et N Engl J Med 2011.** German outbreak of *E. coli* O104: H4 associated with sprouts; 365:1763-1770.

C

- I. Canadanovic-Brunet, J., Gordana Cetkovic, G., Saponjaca, V.T., Stajcic, S., Vulica, J., Djilas, S., Stajner, D. et Popovic, B. (2014).** Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products*, 62: 1-7.

D

- I. Dr Oliver. Rougeaux. 20 avril 2014.** Infectiologue, Center hospitalier de Chambéry, France.
- II. Dulger B and Gonuz A, (2004).** Antimicrobial activity of some Turkish medicinal plants. *Pakistan journal of biological sciences*. 7 (9): p1559-1562.

E

- I. El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. H. S., ... & Cherkaoui-Malki, M. (2014).** Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901.
- II. Ennouri, M., Ammar, I., Khemakhem, B., & Attia, H. (2014).** Chemical composition and antibacterial activity of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* (cactus pear) flowers. *Journal of medicinal food*, 17(8), 908-914.

F

- I. Flandrois Jp, 2000.** *Bactériologie Médicale Coll Azay puf*.
- II. Faouzi H, 2015.** Le figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) : un produit de terroir pour le développement local ? *Aknari des Ait Baamarane (Anti-Atlas Occidental, Maroc)*. *Les Cahiers d'outre-MER*, (271),....

G

- I. Goulet O. 2009.** La flore intestinale : un monde vivant à préserver. *Journal de pédiatrie et de puériculture* 22, 102—106).

H

- I. 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
- II. 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 ecologie végétal.

- III. Harborne J, (1998).** Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plants analysis. Third Edition.25p.
- IV. Heart T.Shears P2006.** Atlas de poche de microbiologie. Médecine-Sciences-Flammarion.

K

- I. Kaur, M., Kaur, A., & Sharma, R. (2012).**Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*: A Review. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(07), 15-18.

L

- I. Lattab A, (2012).** Utilisation des extraits de quelques plantes locales pour lutter contre la résistance de *Pseudomonas aeruginosa* aux antibiotiques.Mémoire de magister. Faculte des sciences de la nature et de la vie. Universite Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. p:71.
- II. Le loir Yves, Gantier Michel, Lavoisier, 2009.** Books.google.com
- III. Lesseur Pascale, 2014.**Pharmacien Paris

M

- I. 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.
- II. MarKham k.r.(1982).** Distribution of flavonoide in the lower plants and evolutionary significance. In: The flavonoides, Advances in research since 1980.Harborne.J.B.Ed.Capman & Hall. London.pp.427-458.
- III. Mazari A et Mahdeb A, 2021.** Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issu du figuier de barbarie: revue de la littérature.
- IV. Moroh, J., Bahi C., Dje K., Loukou Y and Guede-guina F, (2008).** Study of the antibacterial activity of *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) acetatique extract (ACE) on in-vitro growth of *Escherichia coli* strains. Bulletin Societe Royale des Sciences Liege, 77: 44-61.
- V. Mozina Sonja smole, Kurincic Marija, Klančnik Anja, Marvi Ana,2011.** Campylobacter et sa multi-résistance dans la chaîne alimentaire. Tendances en science et technologie alimentaires 22.2-3/91-98
- VI. Murray P, Baron R , Jorgenson E J , Landy J H, Pfaller M L, M.A & Tenover F C m. 2003.**Manual of clinical Microbiology (8th.ed.).Herdon , VA , United States of America :Amirecan society of Microbiology.

N

- I. Nauciel Charles et Louis Vildé Jean, (2005).** Livre de Bactériologie médicale *Staphylococcus aureus*. 2èmeEd. Masson, Paris. P: 5, 10, 77,141

O

- I. Omulokoli E., Khan B., Chhabra S.C., 1997.** Antiplasmodial activity of four Kenyan medicinal plants. Journal of Ethnopharmacology. 56 p 133-137.

P

- I. Parekh J and Chanda S, (2007).** In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plant. Turkish journal of biology, 31: 53-58.
- II. Philos Trans R Soc2012 April 19; Lond B Biol Sci. 367(1592): 1073–1087.**

R

- I. **Reyes-Aguero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., & Hernandez, H. M. (2005).** Systematic notes and detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Agrociencia*.
- II. **Romaniuk, Cegelski. 2015.** *Transactions philosophiques de la Royal Society of London. Série B, Sciences biologiques.* 370 (1679): 20150024. doi : 10.1098 / rstb.2015. 0024. PMC 4632600. PMID 26370936.
- III. **Rota M., Herrera A., Martinez R., Soto Mayor J and Jordán M, (2008).**Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food control*, 19: 681-687.
- IV. **Rutledge RD, Wright DW (2013).**"Bio-minéralisation: synthèse à médiation peptidique de matériaux". Dans Lukehart CM, Scott RA (éd.). *Nanomatériaux: perspectives inorganiques et bio-organiques.* Livres EIC. Wiley. ISBN 978-1-118-62522-4. Récupéré 14/03/2016.

S

- I. **Setlow P; Liu J; Faeder JR. 2014** spore résistance properties, microbial, *Spectrum*) Heterogeneity in bacterial spore populations, p 201–216. In Abel-Santos E (ed), *Bacterial Spores: Current Research and Applications.* Horizon Scientific Press, Norwich, United Kingdom.
- II. **Sreeknath D; Arunasree MK; Roy KR; Reddy GV et Reddanna P, 2007.** La bétanine, un pigment de bétacycline 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.

T

- I. **Tânia AT Gomes, Waldir P Elias, Isabel CA Scaletsky, Beatriz EC Guth, Juliana F Rodrigues, Roxane MF Piazza, Luís Ferreira, Marina B ; 2016.** *Martinezbrazilian journal of microbiology* 47, 3-30
- II. **Toty A., Guessennd N., Bahi C., Kra A., Otokore D and Dosso M, (2013).**Évaluation *in-vitro* de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistante. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, p: 12-21.

W

- I. **Wang Q, Junmin Pan, Qian Wang, William J Snell. juin 2005.** *Laboratory investigation* 85 (4), 452-463.
- II. **Weihui wu ; Yongxin Jin, franc Bai, Shouguang Jin. 2015.** *Molecular microbiology*, 753-767.
- III. **Werth Brian J. 2020.** Pharm D, University of Washington School of pharmacy
- IV. **Wong Ng Jerome 2008.** Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- V. **www.genialvegital.net**

Y

- I. **Yves Le Loir, Florence Baron, Michel Gautier, 2003.**Genetics and molecular research: *GMR* 2 (1), 63-76

