



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 محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologique

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine des sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Alimentaire

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Thème



Activités antibactériennes et antifongiques
d'extraits acétoniques et de l'huile des graines
d'*Opuntia ficus indica* L.



Présenté par : BENMESSAOUD Somia
BENNACEF Yassmina

Devant le jury:

Président	ZERROUG. A	MCB	(Univ BBA)
Encadrant	HIHAT. S	MAA	(Univ BBA)
Examineur	BELKASMI .F	MAA	(Univ BBA)

Année universitaire : 2020/2021



Remerciements

*En tout premier lieu, nous remercions **ALLAH**, le tout puissant, de nous avoir données la force pour survivre, de nous avoir accordé la santé, le courage et la volonté pour dépasser toutes les difficultés et pour réaliser ce travail.*

Ce travail a été réalisé au sein du Laboratoire de Phytologie et de Microbiologie de l'Université de Bordj Bou Arreridj.

*Nous remercions infiniment notre enseignante encadreur **Mme HILAL Soraya** pour sa patience, son orientation, ses encouragements et ses efforts dans le but de mener à bien ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **ZERROUG Amina** et **BELKASMI Farida** pour l'intérêt qu'ils ont portées à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail, et de l'enrichir par leurs propositions*

*Nous avons un immense plaisir d'exprimer nos remerciements sincères et la véritable valeur à mes enseignants et tous les membres du département et de spécialité **qualité des produits et sécurité alimentaire**.*

*Nous remercions l'ingénieur de LABORATOIRE de PHYTOLOGIE **Monsieur Rebaï Khalil** pour nous avoir guidées lors de la préparation et l'accomplissement de notre travail, ainsi que pour ses précieux conseils.*

*Nous remercions aussi les ingénieurs **Nekhili Abd el ghani**, **Makhokh Nassr el din**, **Fouad Mihoub**.*

*Un remerciement spécial et sincère à **Madam Sakhraoui Amira** et monsieur **Nouari Mounir***

Nos sentiments de reconnaissance vont à toute personne ayant participé de près ou de loin dans la réalisation de notre travail.

Merci à tous...





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père, l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont il ne cesse de me combler ; rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit 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.

A ma chère maman, tu présentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse, Ta prière et ta bénédiction m'ont été un grand secours pour mener à bien mes études.

Que Dieu vous procure une bonne santé et une longue vie. Je vous aime.

A mes frères, Faysal et Yasser.

A ma sœur Sameh.

A toute ma famille.

A tous mes camarades du QPSA : 1 ère et 2ème année master

A mes ami (e) s: Yassmina, Sakina , Anfel ...

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, ceux qui m'ont toujours aidé et encouragé.

A tous ceux qui méritent mon amour et mon respect.

A toutes les personnes qui me sont chères.

Soumia





Dédicaces

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné du courage, de la patience et de la persévérance pour atteindre mes objectifs.

A cette occasion, je dédie ce travail à mon père : qui a donné son cœur, et tout ce qu'il a eu pour la réussite de ses enfants dans leur vie.

A ma mère : La meilleure de toutes les mères, qui est pour moi un merveilleux exemple de sacrifice, de courage et de patience.

*A mes frères : **Ismail .Yassine** et **Oussama** et ma sœur : **Amal**.*

*Et à tous les membres de ma grande famille, **Ben Nacef**.*

et sans oublier tous mes professeurs, mes amies et collègues, et tous ceux qui m'ont aidé à l'Université de Muhammad Al Bachir El Ibrahimí , en particulier mon partenaire dans ce travail,

***Ben Messaoud Somia** .*

Yassmina



Liste des abréviations

AGE : Acide gras essentiel

C° : Degré Celsius

C : Concentration

Cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Chemotype

DMSO : diméthyle sulfoxyde

D.O : densité optique

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

F.I. : *ficus indica*

G : gramme

G- : Gram négative.

G+ : Gram positive

HE : Huile Essentiel

HEBBD : Huile Essentiel Botaniquement et Biochimiquement Définie

H : Heure

INSA : Institut de Normalisation Scientifique d'Aromatologie

LDL : Lipoprotéine de Basse Densité

MEB : Microscope électronique à balayage

MET : Microscope électronique à transmission

MO : Microscope optique

MH : Miller Hinton

min : minute

mm : millimètre

OP : l'organe producteur

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PDA : Potato Dextrose Agar.

pH : Potentiel Hydrogène

Rpm : Rotation par minute

Liste des figures

Figure 01 : Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde	5
Figure 02 : a) Le figuier de Barbarie ; b) la fleur, c) les cladode, d) les fruits, e) les graines, f) la poudre des graines.	7
Figure 03 : a) Les graines de figue de barbarie ; b) Coupe transversale de la graine de la figue de barbarie (M.O)	9
Figure 04 : Endosperme de la graine de la figue de barbarie (MEB)	10
Figure 05 : (a) Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle), (b) organisées en strates hélicoïdales de cellulose (MEB) ; (c) faces externes des hélices (MET)	10
Figure 06 : Le site de récolte	19
Figure 07 : Diagramme de la préparation de la matière première	20
Figure 08 : A. Les fruits de figue de barbarie ; B. les graines après séchage ; C. la poudre des graines broyée.	21
Figure 09 : Huile des graines de figue de barbarie.....	21
Figure 10 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait sec sur chaque souche bactérienne.....	28
Figure 11 : Zones d'inhibition de l'extrait acétonique sur quelques bactéries.....	28
Figure 12 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait huileuse sur chaque souche bactérienne.....	31
Figure 13 : Zones d'inhibition de l'extrait huileux contre les bactéries (<i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>micrococcus luteus</i>).....	30
Figure 14 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait sec sur chaque souche fongique.....	33
Figure 15 : Effets de l'extrait acétonique et huileux contre <i>Trichoderma</i> sp.....	34
Figure 16 : Effets de l'extrait acétonique et huileux contre <i>Fusarium</i> sp.....	34
Figure 17 : Effets de l'extrait acétonique et huileux contre <i>Aspergillus parasiticus</i>	34
Figure 18 : Effets de l'extrait acétonique contre <i>Phytophthora infestans</i>	35

Figure 19 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait huileux sur chaque souche fongique.....36

Figure 20 : Effets de l'extrait huileux contre *Candida albicans* et *Candida glabrata*.....36

Liste des tableaux

Tableau I : La position systématique de figue de barbarie	6
Tableau II : Composition chimique des graines de figue de barbarie	11
Tableau III : Les souches bactériennes utilisés et leurs pouvoirs pathogènes	22
Tableau IV : Les différentes concentrations de l'extrait acétonique et DMSO correspondant (mg/ml).....	24
Tableau V : Les différentes concentrations de l'extrait de l'huile essentielle et le DMSO correspondant (mg/ml).....	24
Tableau VI : Diamètre des zones d'inhibitions des bactéries pour l'extrait acétonique des graines de figue de barbarie en mm.....	27
Tableau VII : Diamètre des zones d'inhibitions des bactéries pour l'extrait huileux des graines d' <i>Opuntia ficus indica</i> en mm	29
Tableau VIII : Diamètre des zones d'inhibitions de l'extrait acétoniques des graines de figue de barbarie vis à vis des levures et champignons en mm	31
Tableau IX : Diamètre des zones d'inhibitions des levures et des champignons pour l'extrait huileux des graines de figue de barbarie en mm.....	34

Résumé

Le figuier de barbarie est une plante grasse appartenant à la famille des cactées et plus précisément au genre *Opuntia*. C'est un fruit très rafraichissant et nutritif avec ses grains et son huile. L'étude consiste à évaluer l'activité antibactérienne et antifongique de l'huile extraite à partir des graines de figue de barbarie (selon la région de Bordj Bou Arreridj) et de l'extrait acétonique des graines sur 15 souches microbiennes (bactéries, champignons). L'échantillon a été extraite séparément avec de l'eau distillée et de l'acétone 70% afin d'obtenir l'extrait sec, puis conservés à 4°C jusqu'à l'expérimentation. La méthode de diffusion sur gélose (méthode de puits) a permis de déterminer les diamètres des zones d'inhibition et les résultats montrent que quatre souches bactériennes et six souches fongiques y compris deux levures sont sensibles à l'extrait sec. Pour l'huile essentielle, deux souches bactériennes et Cinq souches fongiques y compris deux levures ont montré une sensibilité. Les deux extraits, ont montré une activité antimicrobienne importante vis-à-vis des levures et des bactéries à Gram positive, ce qui confirme que *l'opuntia ficus indica* est doté de propriétés antimicrobiennes.

Mots clé : *Opuntia ficus indica*, huile, activité antibactérienne, activité antifongique.

Abstract

The prickly pear is a succulent plant belonging to the cacti family and more precisely to the genus *Opuntia*. It is a very refreshing and nutritious fruit with its grains and its oil. The study consists of evaluating the antibacterial and antifungal activity of the oil extracted from the seeds of prickly pear (according to the region of Bordj Bou Arreridj) and the acetone extract of the spontaneous grains on 15 microbial strains (bacteria, mushrooms). The sample was extracted separately with distilled water and 70% to obtain the dry extract, then stored at 4°C until testing. The agar diffusion method (well method) made it possible to determine the diameters of the zones of inhibition and the results show that four bacterial strains and six fungal strains including two yeasts are sensitive to the dry extract. For the oil extract two bacterial strains and five fungal strains including two yeasts showed sensitivity. Both extracts have shown strong antimicrobial activity against yeasts and Gram positive bacteria, confirming that *opuntia ficus indica* is endowed with antimicrobial properties

Key words: *Opuntia ficus indica*, oil, antibacterial activity, antifungal activity

ملخص

التين الشائك هو نبات عصاري ينتمي إلى عائلة الصبار وبشكل أكثر تحديداً إلى جنس الصبار، وهو فاكهة منعشة ومغذية للغاية بحبوبها وزيتها، اشتملت الدراسة على تقييم الفعالية المضادة للبكتيريا والفطريات للزيت المستخلص من بذور التين الشوكي (حسب منطقة برج بوعرييج) ومستخلص الأسيتون للحبوب العفوية على 15 سلالة ميكروبية (بكتريا، فطريات). تم استخلاص العينة بشكل منفصل بالماء المقطر و70% أسيتون للحصول على المستخلص الجاف، ثم تخزينها عند 4 درجات مئوية حتى الاختبار. مكنت طريقة انتشار الأجار (طريقة البئر) من تحديد أقطار مناطق التثبيط وأظهرت النتائج أن أربع سلالات بكتيرية وست سلالات فطرية بما في ذلك خميرتان حساسة للمستخلص الجاف. بالنسبة لمستخلص الزيت، أظهرت سلالتان من البكتيريا وخمس سلالات فطرية بما في ذلك خميرتان حساسية. أظهر كلا المستخلصين نشاطاً قوياً مضاداً للميكروبات ضد الخمائر والبكتيريا إيجابية الجرام، مما يؤكد أن التين الشوكي يتمتع بخصائص مضادة للميكروبات.

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، الزيت، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste de figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction 1

Partie 1 : Synthèse des données bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la figue de barbarie

1.Histoire et origine	5
2.La distribution géographique de la figue de barbarie dans le monde.....	5
3.Répartition en Algérie	6
4.La position systématique	7
5.Description morphologique	7
5.Importance économique et écologique de la figue de barbarie	8

Chapitre II : Généralité sur les graines de figue de barbarie

.1 Etude de la graine de figue de barbarie.....	10
.2.Etude morphologie de la graine	10
.3.Composition chimique de graines de figue de barbarie	12
.4.L'intérêt de la graine de figue de barbarie	12

Chapitre III : Huile des graines de figue de barbarie

I.1.Les huiles essentielles	15
I.2.Contrôle de la qualité de l'huile essentielle.....	15
I.3.Définition d'huile de pepine de figue de barbarie.....	15
I.4.L'intérêt de l'huile de pepine de figue de barbarie	16
I.5.Les techniques d'extractions de l'huile de figue de barbarie.....	16
I.5.1. Extraction par soxhlet	16
I.5.2. Extraction par pression à froid.....	17
I.5.3. Extraction par fluide supercritique.....	17

Partie 2 : Expérimentation

Chapitre I : matériels et méthodes

1. Matériels.....	20
1.1 Matériels végétales	20
1.1.1. Les graines de figue de barbarie	20
1.1.2. Huile essentiel des graines de figue de barbarie	22
1.4. Matériels biologiques.....	22
2. Méthodes	24
2.1. Méthode d'extraction de la poudre de graines.....	24
2.2. Evaluation de l'activité antimicrobienne	24
2.2.1. Méthode de diffusion sur gélose.....	24
2.2.2. Préparation des milieux de cultures.....	24
2.2.3. Stérilisation du matériel.....	25
2.2.4. Préparation des dilutions d'extraits d' <i>Opuntia</i>	25
2.2.5. Standardisation et préparation de l'inoculum.....	25
2.2.6. Ensemencement.....	26
2.2.7. Technique des puits	26
2.2.8. Incubation.....	26
2.2.9. Lectur.....	26

Chapitre II : Résultats et discussion

.1. Activité antibactérienne.....	28
.1.1. Activité antibactérienne de l'extrait acétonique de <i>Ficus Indica</i>	28
.1.2. Activité antibactérienne de l'huile d' <i>Opuntia ficus Indica</i>	31
.2. Activité antifongique	33
.2.1. Activité antifongique de l'extrait acétonique	33
.2.2. Activité antifongique de l'huile des graines figue de barbarie.....	36

Conclusion40

Références bibliographiques.....43

Annexes



INTRODUCTION GÉNÉRALE



Introduction

La phytothérapie connaît à ce jour un essor important du fait de la découverte de plus en plus croissante d'extraits de plantes efficaces dans le traitement de différentes maladies. L'utilisation d'extraits de plantes est une pratique courante en médecine traditionnelle africaine. Aujourd'hui, l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) estime que 80 % des populations africaines se soignent avec des remèdes naturels, et 25 % du médicament produit et commercialisé dans le monde provient des plantes médicinales **(Benkaddouri 2011)**.

Le figuier de barbarie, connue sous le nom botanique *Opuntia ficus-indica*, est une plante originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Elle a été introduite en Afrique de Nord vers le 16ème siècle. La figue est le fruit du figuier de barbarie. C'est un fruit très rafraichissant et nutritif. Il est riche en vitamine C et contient de l'albumine, du sucre incristallisable et du mucilage (substance végétale de nature visqueuse, coagulable en gelée par l'alcool) **(Bouzoubaâ et al., 2014)**.

Le figuier de barbarie se trouve dans toutes les régions d'Algérie, à l'exception du sud. Initialement très utilisé pour limiter la sécheresse et lutter contre l'érosion, il est employé à la consommation de ses fruits ou comme aliment de bétail. En revanche, dans d'autres pays, à l'instar du Maroc et de la Tunisie, en plus de son utilisation précédents, les graines du fruit sont pressées pour extraire l'huile qu'elle contient. L'huile vierge des graines de figues de barbarie est une huile très précieuse extraite par pression à froid qui est très utilisée dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques. Elle possède de multiples vertus hydratante, antioxydant et donc anti-âge. Sa richesse exceptionnelle en vitamine E et en stéroïls lui confère une aptitude hors de commun à protéger la peau contre les radicaux libres et à booster le renouvellement cellulaire. **(Keller et al., 2009)**.

A l'heure actuelle, le figuier de barbarie longtemps délaissé, présente le sujet de plusieurs recherches scientifiques dans le monde entier. A part son huile qui est jusqu'à présent, l'huile la plus cher au monde, à cause de sa richesse en oligo-éléments, acides aminés, ainsi la régénération des cellules, et la lutte contre le vieillissement, ce nopal semble posséder plusieurs propriétés pharmacologiques qui sont toujours en court d'exploitation et d'étude **(Vassilios et al., 2020)**.

Les objectifs assignés à notre travail sont :

-Évaluation de l'activité antifongique et antibactérienne in vitro de l'extrait acétonique et l'huile des graines de figue de barbarie provenant de la région de Bordj Bou Arrerdj (EL Hamra).

-Extraction de la poudre des graines de figue de barbarie.

-Comparaison entre l'efficacité de nos extraits contre les souches testés.

L'accent a été mis essentiellement sur l'étude de la susceptibilité de nos extraits à la sensibilité ou à la résistance contre les souches testés (bactéries, levures, champignons).



**PARTIE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES
BIBLIOGRAPHIQUE**





CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA
FIGUE DE BARBARIE



I.1. Histoire et origine

Le figuier de barbarie ou cactus nopal, est une plante grasse appartenant à la famille des cactées et plus précisément au genre *Opuntia* qui est le nom Mexicain (Schweizer, 1997), une famille qui comprend environ 1500 espèces de cactus (El kossori *et al.*, 1998). Cultivé principalement pour la production de fruits dans les climats chauds et nécessite une exposition bien ensoleillée, Il peut pousser dans des climats arides et semi-arides avec une répartition géographique englobant le Mexique, l'Amérique latine, l'Afrique du Sud et les pays méditerranéens. Originnaire du Mexique, où elle est appelée nopal et figure dans les armoiries du drapeau mexicain. Il était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb et fut décrit de façon précise pour la première fois en 1535 par l'Espagnol Gonçalo Hernández de Oviedo y Valdés dans son « Histoire des Indes Occidentales ». Le figuier de barbarie est arrivé en Europe vers 1552, ramené par les Espagnols. Au début du seizième siècle, le figuier de barbarie s'étend sur le bassin méditerranéen suite aux expansions espagnoles et aussi par le retour des arabes à leur pays dans le nord-africain suite à leur expulsion par Philippe III en 1610. Les arabes ont ramené avec eux des raquettes qu'ils ont plantées autour de leurs villages La culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche et de développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels (Keller *et al.*, 2009).

I.2. La distribution géographique de figue de barbarie dans le monde

La répartition géographique de la figue de barbarie est illustrée dans la carte suivante ; La couleur verte désigne le pays d'origine du figuier de barbarie (Mexique), la couleur noire désigne les aires de distribution : Brésil, Chili, Etats Unies, Inde, Italie, Espagne, Erythrée, Portugal, Algérie, Tunisie, Libye, Maroc, Afrique du Sud, Ethiopie, Soudan, Tanzanie, Kenya, Uganda) (Barbera *et al.*, 1992 ; Nerd & Mizrahi, 1994 ; Felker *et al.*, 2005 ; Kabas *et al.* 2006 ; Saleem *et al.*, 2006 ; Snyman, 2006).

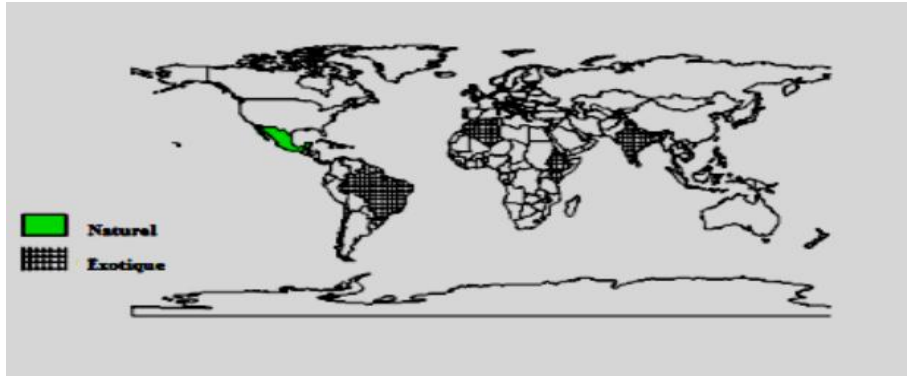


Figure 01 : Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde (Orwa *et al.*, 2009).

I.3. Répartition en Algérie

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-Bou-Arredj, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Ain-Sefra. 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, Ain Temouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, 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 (Paolo *et al.*, 2018).

Tout comme dans d'autres pays Africains, la culture suscite de l'intérêt en Algérie qui a aujourd'hui sa première unité de transformation de figues de Barbarie. L'installation - basée à Sidi-Fredj et couvrant 5000 m² - peut transformer environ 2 tonnes à l'heure (Bouguerche *et al.*, 2010). Ses principales fonctions sont le conditionnement des figues de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de jus, de confitures et d'aliments du bétail. L'usine de transformation représente un moyen important pour améliorer les revenus des habitants de la wilaya de Souk Ahras (Paolo *et al.*, 2018).

I.4. La position systématique

La position systématique du figuier de barbarie est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau I : la position systématique de figue de barbarie (**Benattia, 2017**).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Cactaceae</i>
Sous-famille	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntieae</i>
Genre	<i>Opuntia</i>
Sous-genre	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	<i>Opuntia ficus indica</i>
Nom latin	<i>Opuntia ficus indica</i>
Nom commun	Figuier de Barbarie

Autres noms : Cactus, figuier des Indes, figue du désert, nopal, semelle du pape, figuier d'Espagne.

I.6. Description morphologique

Le figuier de Barbarie est une plante arborescente résistante de 3 à 5 m de haut, constituée d'un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert, de longueur qui varie de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes (**Aknouche, 2018**).

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. Les cladodes, très fibreux, retiennent l'eau et permettent à la plante de résister à la chaleur et à la sécheresse (**Massdak, 2018**). Ses fleurs, marginales sur le sommet des cladodes, sont hermaphrodites, de couleur jaune et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante (figure 2b).

Ses fruits sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes pourvues d'épines (figure 2d). Ils sont généralement verdâtres ou jaunes à maturité (**Espinosa et al., 1973**). La pulpe est toujours juteuse, de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre parsemée de nombreuses petites

graines (Belmiloud, 2013). Ses graines, riches en vitamines et en oligoéléments, lui confèrent de nombreuses propriétés et c'est à partir de ces graines que l'on obtient une huile très recherchée (figure 2 e) (Boutakiout, 2015). Il existe deux variétés de figuier barbarie, la variété inerme et la variété épineuse (Neffar, 2012).

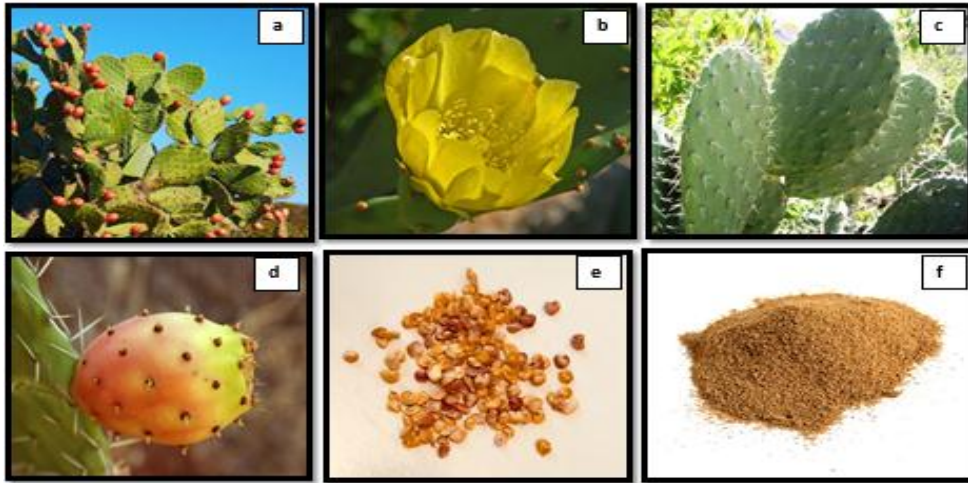


Figure 02 : a)Le figuier de Barbarie : b) la fleur, c) les cladode, d) les fruits, e) les graines, f) la poudre des graines (Aknouche, 2018).

I.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
GRAINES DE FIGUE DE BARBARIE



II.1. Etude de la graine de figue de barbarie

Les graines du figuier de barbarie ont suscité ces dernières années beaucoup d'intérêt à l'instar des autres pépins en particulier ceux des raisins et les études se sont multipliées pour caractériser leur constituants afin d'évaluer surtout leur valeur nutritive (**Sawaya et al., 1983**). D'après (**Uchoa et al, 1998**). Les réserves protéiques de la graine sont des albumines. Cependant, l'attention s'est focalisée surtout sur les huiles contenues dans ces gaines. L'extraction de ces huiles génère un tourteau qui constitue jusqu'à 90% du poids de la matière première. Ce résidu est très riche en fibres celluloses. Les autres polysaccharides constitutifs sont très rare, voire inexistantes. (**El Kossori et al., 1998**).

II.2. Etude morphologique de la graine

Une étude morphologique a été réalisée afin d'établir la constitution et l'organisation des tissus cellulaires qui forme la graine. L'étude a été réalisée sur des coupes semi-finies et ultrafines réalisées à l'aide d'un ultra microtome MTX RMC.

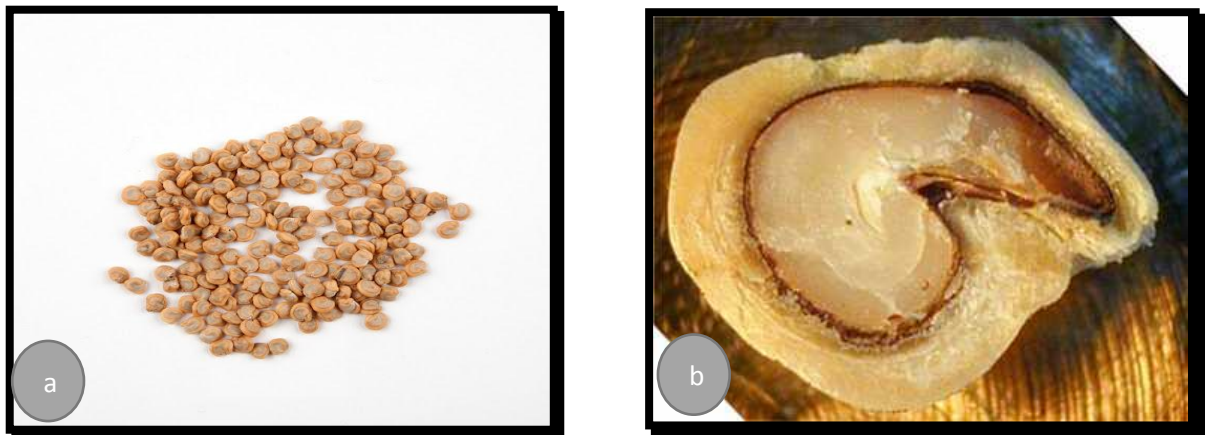


Figure 03 : a) les graines de figue de barbarie ; b) Coupe transversale de la graine de la figue de barbarie (M.O) (**Habibi, 2004**).

L'observation au microscope optique d'une coupe transversale de la graine montre qu'elle est constituée de deux parties distinctes : une enveloppe (péricarpe) et un noyau (endosperme). L'analyse morphologique a été réalisée par microscopie électronique à balayage et à transmission.

a- L'endosperme : il représente 5 à 10% du poids totale des graines de figuier de barbarie. Il est constitué de cellules de parenchyme de réserve à paroi très fine renfermant de nombreux leucoblastes qui forment de petits grains d'amidon. Entre les tissus riches en amidon s'intercale une couche de gluten (couche à aleurone) qui donne au noyau un aspect visqueux. L'ensemble de ces cellules est enrobe d'une paroi cellulaire épaisse en forme de tuile inversée

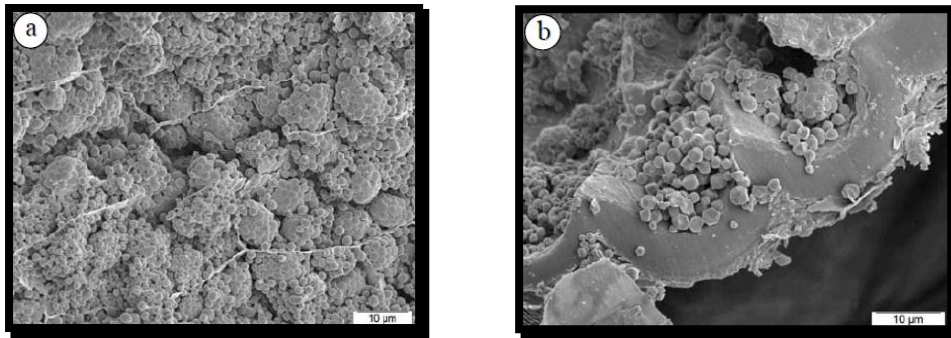


Figure 04 : Endosperme de la graine de la figue de barbarie (MEB) (Habibi, 2004).

b- Le péricarpe : le péricarpe de la graine de figuier de barbarie représente 90 à 95% du poids total de deux graines. On peut distinguer deux types de cellules : en majorité des cellules longues très compactes en forme de fibres fusiformes et quelques vaisseaux spiralés.

Les fibres sont communément appelées fibres des sclérenchymes .Ce tissu de soutien est largement répandu dans les téguments des graines, les noyaux des fruits, les cellules pier-reuses, les épines et les aiguillons des tiges et des feuilles. Les couches régulières de cellules, qui garnissent leur paroi épaisse, présentent un arrangement hélicoïde.

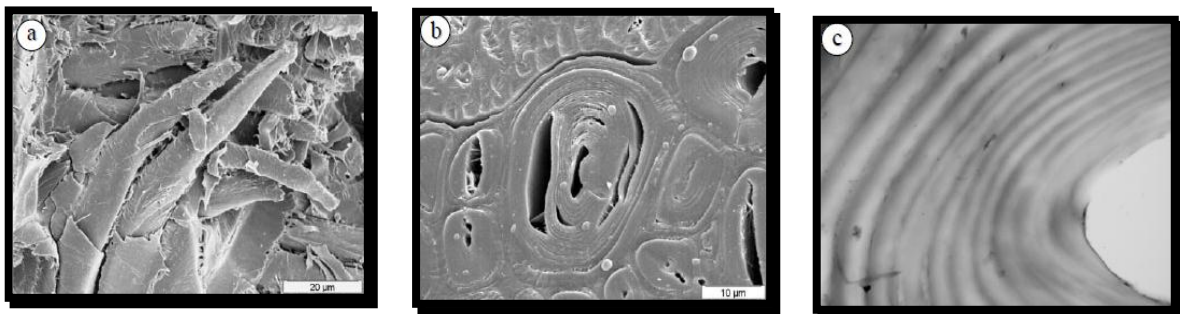


Figure 05 :(a) Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle), (b) organisées en strates hélicoïdales de cellulose (MEB) ; (c) faces externes des hélices (MET) (Habibi, 2004)

II.3. Composition chimiques de la graine de figue de barbarie

La teneur des différents constituants des graines de la figue de barbarie est répertoriée dans le tableau :

Tableau II : Composition chimique des graines de fugue de barbarie (**Habibi, 2004**).

Constituants	Teneur
Eau	5-6 %
Huile	7-8.5 %
Minéraux	1.3 %
Cellulose	30 %
Protéines	11-12 %
Lignine	18 %

L'analyse préliminaire des graines de figue de barbarie montre qu'elle est lignifiée et renferme en quantité considérable des protéines et des huiles (**Schweizer, 1997 ; Habibi , 2004**).

II.4. L'intérêt de la graine de figue de barbarie

Il y a eu un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation de la graine de figue de barbarie dans les pays développés. Les substances naturelles issues de cette graine ont des intérêts multiples. En effet, la graine est une partie riche en matière grasse, elle peut être exploitée pour l'extraction des huiles à usage alimentaire, pharmaceutique, médical et cosmétique (**Fadili, 2000**).

Elles sont caractérisées par leur richesse en xylanes qui est doué d'applications très diverses, pouvant aller de l'industrie plastique, de la papeterie à des applications médicales.

Les dérivés alkyles amphiphiles de xylanes possèdent des propriétés émulsifiantes excellentes, et sont largement utilisés dans le domaine agroalimentaire (**Habibi, 2004**).

Les graines de la figue de barbarie peuvent être utilisées comme source d'huiles comestibles vue leur richesse en acides gras essentiels (**Ramadan et Morsel, 2003 b ; Ennouri et al., 2005**).

Récemment, il a été montré que l'addition de la poudre de graines dans l'alimentation diminue la concentration en glucose sérique, augmente le glycogène dans le foie et le muscle squelettique et augmente significativement le taux de cholestérol LDL ce qui suggère une application potentielle pour le diabète et l'athérosclérose (**Ennouri et al., 2006**). Aussi l'augmentation de leur apport réduit les risques de maladies cardio-vasculaires et maladies coronariennes (**Ennouri et al., 2006**).

La richesse de ces graines en matière insaponifiables (stérols et tocophérols) en fait un bon atout pour leur exploitation en cosmétologie, étant donné les effets bénéfiques de ces substances sur l'élasticité de la peau, le métabolisme cellulaire et la restauration de la structure cutanée (**Habibi, 2004**).



CHAPITRE III ; HUILE DES GRAINES DE
FIGUE DE BARBARIE



III.1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont définies comme étant « un Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie au par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche au encore par un procédé mécanique approprié sans chauffage. Une HE est le plus souvent séparé de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » (**pharmacopée européen ., 2008**).

III.2. Contrôle de qualité de l'huile essentielle

Les huiles essentielles doivent répondre à des normes analytiques, établis par des commissions nationales et internationales d'experts et imposés par les pays importateurs ou exportateurs.

Les points de contrôle à effectuer pour se prémunir de la falsification des huiles essentielles et éviter les confusions entre les différentes espèces concernent l'origine géographique, l'espèce botanique, l'organe producteur (feuilles, fleurs, fruits, écorces...) et les caractéristiques physico-chimiques (couleur, odeur, densité et indice de réfraction). L'Institut de Normalisation Scientifique d'Aromatologie INSA a retenu trois critères pour conférer aux huiles essentielles le label « HEBBD » : **Huile Essentielle Botaniquement et Biochimiquement Définie**, (**Lakhdar., 2015**). Il s'agit de :

- ❖ **L'espèce botanique** : Il s'agit du nom latin complet de la plante distillée à l'origine de l'extraction de l'huile essentielle.
- ❖ **L'organe producteur (op)** : Selon l'organe producteur, l'huile essentielle peut avoir des propriétés et un usage totalement différents.
- ❖ **Le chémotype ou chimiotype de la plante (CT)** : Il indique le composant biochimique majoritaire et distinctif présent dans l'huile essentielle

III.3. Définition de l'huile de pépins de figue de barbarie

L'huile de pépins de figue de barbarie est une huile précieuse obtenue par pression à froid de graines de figue de barbarie. Cette huile est constituée principalement d'acides oléique (22%), palmitique (12%) et linoléique (60%) qui lui confèrent des propriétés nourrissantes et émoullientes très intéressantes en cosmétique. L'huile de figue de barbarie est 100% naturelle. Réparant, nourrissant et hydratant spectaculairement la peau, il combat également les aléas du temps grâce à son taux élevé d'antioxydants et d'acides gras essentiels

(AGE) qui redonnent tonus et fermeté à la peau. Son processus rajeunissant et restructurant en fait le parfait soin anti-âge (Dali, 2017) .

III.4. L'intérêt de l'huile de pépins de figue de barbarie

L'existence des HEs dans les végétaux, même si leur fonction n'est pas toujours précisément connue, répondrait aux besoins d'une protection spécifique des espèces en fonction de leur environnement .En effet à cause de leur immobilité, les plantes utiliseraient ces métabolites pour lutter contre les parasites et assurer leur protection contre certaines maladies et ce, grâce à leurs propriétés antifongiques, antivirales, antibactériennes ou insectifuges (Thielmann *et al.*, 2019)

La composition de l'huile de pépins de figue de barbarie lui confère de nombreuses propriétés importantes car elle contient une quantité importante d'acides gras polyinsaturés (Sawaya *et al.*, 1982), et contient un pourcentage beaucoup plus élevé de tocophérol que les autres huiles car elle peut atteindre jusqu'à (850mg/kg) (Zine *et al.*, 2013). Elle est très utile dans la gestion du diabète sucré (Chougui *et al.*, 2013) .Il peut réduire considérablement les taux de triglycérides sanguins et les lipides totaux dans le foie. Il a été rapporté que la présence d'huile de pépins de figue de barbarie Abaisse le cholestérol et abaisse la glycémie (Ennouri *et al.*, 2006a.Ennouri *et al.*, 2006b).

Réparant en profondeur, nourrissant et hydratant la peau, il combat les signes de l'âge grâce à son taux élevé d'antioxydants et d'acides gras essentiels (Dali ., 2017) .

III.5. Les techniques d'extractions de l'huile de figue de barbarie

L'obtention des huiles à partir des substances naturelles se fait par différentes techniques d'extraction, qui consistent à retirer une ou plusieurs espèces chimiques d'un milieu solide ou liquide. Le procédé d'extraction repose sur les différences de solubilité des composés d'un mélange dans un solvant, il existe plusieurs techniques d'extraction, parmi ces dernières nous pouvons mentionner les méthodes suivantes :

III.5.1. Extraction par soxhlet

L'extraction par soxhlet est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide, simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec un solvant frais jusqu'à épuisement complet du soluté dans la matière première. (Wang *et al.* ., 2006).

III.5.2. Extraction par pression à froid

L'extraction par pression à froid sert à un passage des graines dans une presse à huile à vis qui provoque une pression croissante à environ 60°C ; l'huile récupérée a été décantée, pesée puis conservée à -20°C.

Cette technique permet la préservation de la teneur en acides gras essentiels et en antioxydants naturels, et par conséquent évite une altération des propriétés de l'huile (**Nitiema et al ., 2012**)

III.5.3. Extraction par fluide supercritique

L'extraction par fluide supercritique et plus particulièrement par le CO₂ supercritique a été introduite comme alternative à ces procédés d'extraction par solvants (**Danielski et al., 2006**).

Il s'agit d'une technique sans résidu, qui utilise le CO₂, présentant les propriétés les plus satisfaisantes il est peu couteux et disponible à une pureté élevée, sa pression (74 bar) et sa température (31°C) critiques sont relativement faciles à atteindre, il est inerte, non inflammable et non-toxique, et en dehors des applications radioactives il est chimiquement stable (**Basevska et al., 2007**)



PARTIE 2 : EXPÉRIEMENTATION





CHAPITRE I : MATÉRIEL ET MÉTHODES



I. Matériel et méthodes

Le travail expérimental de ce mémoire a été effectué au sein du laboratoire de recherche en Microbiologie et de Phytologie de l'Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi, (BBA), durant la période comprise entre avril et juin de l'année 2021. L'objectif de l'étude consiste à évaluer l'activité antibactérienne et antifongique de l'huile et de l'extrait sec des graines de figue de barbarie.

I.1. Matériels

I.1.1. Matériels végétales

I.1.1.1. Les graines de figue de barbarie

A) Zone d'échantillonnage

La cueillette du fruit c'est déroulé d'une manière aléatoire et spontanée à **EL Hamra, Bordj Bou Arreridj**, à l'est de l'Algérie, pendant la période allant du mois de juillet jusqu'au mois de septembre. Ce fruit connu sous le nom de **Hendi**, était en maturité caractérisés par des couleurs nuancées du jaune-orange, les fruits ont été cueillis soigneusement avec des gants car ils sont très épineux.

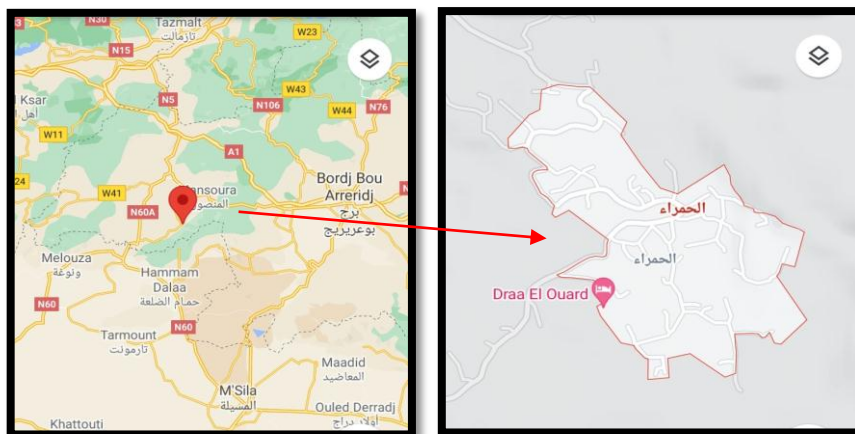


Figure 06 : Le site de la récolte

B) Préparation de l'échantillon (obtention des graines de figue de barbarie)

Afin d'obtenir les graines d'*Opuntia ficus-indica*, le fruit est épluchées pour récupérer la pulpe, qui est parsemée de plusieurs petites graines qui sont empilées de façon assez régulière. La cohésion entre les graines est assurée par le mucilage et les fibres contenus dans la pulpe, nettoyer et bien séparer les graines de la pulpe en utilisant l'eau et des tamis à pores de plus en plus réduits en rinçant abondamment avec l'eau courante afin d'être sûr d'éliminer tout le mucilage, puis le séchage a été effectué à l'air libre et à l'abri de la lumière et de

l'humidité. Les graines ainsi récupérées, sont ensuite broyées, la poudre de graines ainsi obtenue est conservée dans des récipients hermétiques à l'abri de la lumière à une température de réfrigération. L'extrait sec sera ultérieurement utilisé pour la préparation des différents extraits.

Les étapes d'obtention de l'extrait sec sont illustrées dans la figure 07.

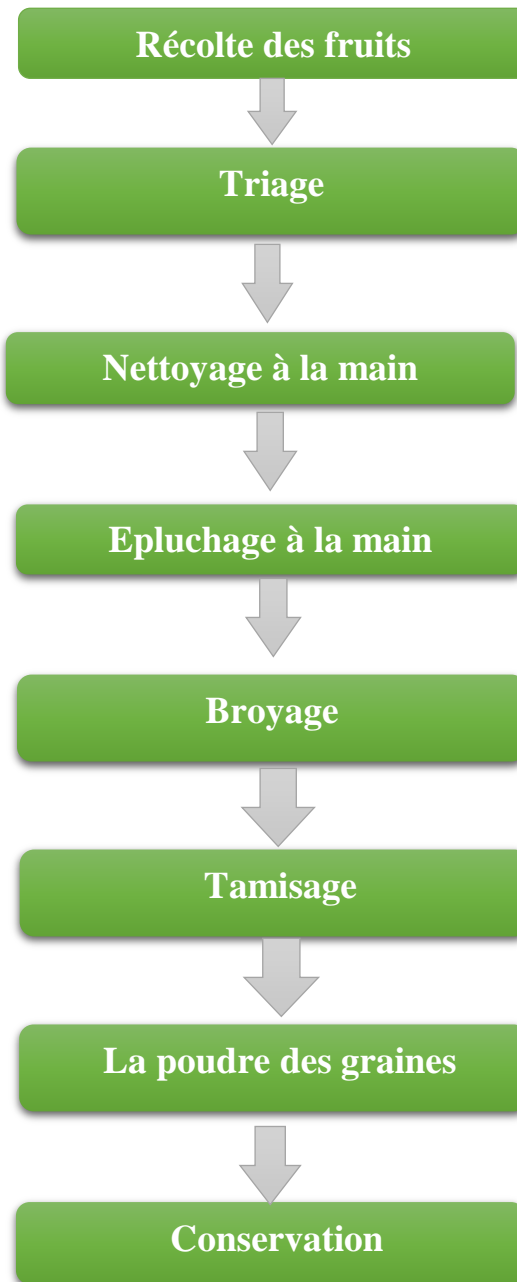


Figure 07 : Diagramme de la préparation de la matière première

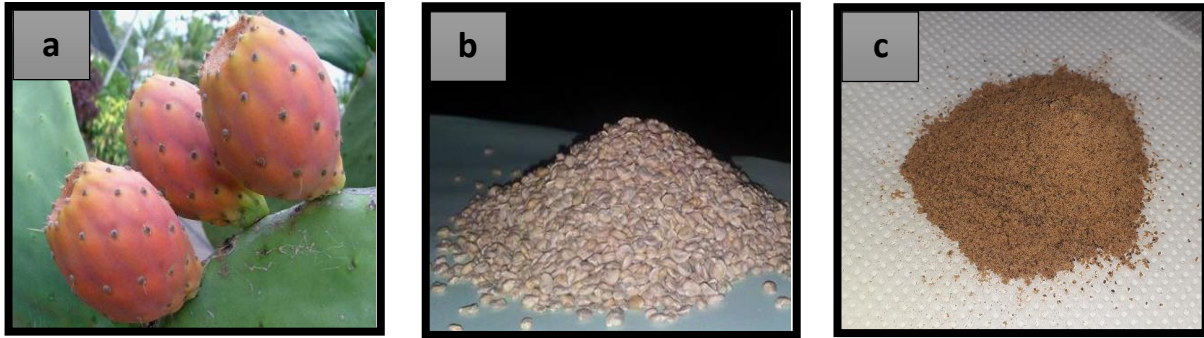


Figure 08 : a. Les fruits de figue de barbarie ; b. les graines après séchage ; c. la poudre des graines broyée

I.1.1.2. Huile essentielle des graines de figue de barbarie

L'obtention des huiles à partir des substances naturelles se fait par différentes techniques d'extraction qui consistent à retirer une ou plusieurs espèces chimiques d'un milieu solide ou liquide, Pour ce travail, les échantillons ont été déjà prêts à l'utilisation. La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables (**Burt, 2004**). C'est pour cela nous avons conservé l'huile essentielle des graines de figue de barbarie a une température voisine de 4°C, dans un flacon en verre stérile fermé hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière (en utilisant le papier d'aluminium).



Figure 09 : Huile des graines de figue de barbarie

I.1.2. Matériels biologique :

A / Activité antibactérienne :

C'est une méthode in-vitro du pouvoir antibactérien des composés. La technique utilisée est celle du contact direct : la méthode des puits. (**Djemoui, 2012**).

❖ Origine et choix des souches bactériennes

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries pathogènes impliquées fréquemment dans la contamination et l'altération des denrées alimentaires (**Tableau III**).

Tableau III : Les souches bactériennes utilisés et leurs pouvoirs pathogènes (Mouas *et al.*, 2017)

Les souches	Gram	Pouvoir pathogène
<i>Bacillus cereus</i>	+	- Un contaminant des aliments d'origine végétale (riz, épices) - Infections urinaires -Toxi-infection alimentaire
<i>Enterococcus faecalis</i>	+	- Inflammations chroniques de l'intestin. - Infection de la vessie et de la prostate.
<i>Proteus mirabilis</i>	-	- Infections des voies urinaires -Des cystites et ses pyélonéphrites aiguent
<i>Salmonella Typhimurium</i>	-	-Des fièvres typhoïdes -Gastroentérites
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	- Infections nosocomiales (personnes fragilisées ou immunodéprimées) - Infections urinaires, oculaires et pulmonaires.
<i>Escherichia coli</i>	-	- Septicémie méningite du nourrisson, de plaies opératoires et gastro-entérites. - Douleurs abdominales et des diarrhées sanglantes.
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	- Infection hospitalière. - Responsable des abcès, des plaies, des septicémies, de pneumonie et de l'intoxication alimentaire - Infections mortelles chez l'homme.
<i>Micrococcus luteus</i>	+	-Des bactériémies -Infections associées à des shunts ventriculaires -Cas d'abcès, pneumonie

Ces souches nous ont été fournies par le laboratoire de recherche en Microbiologie et de Phytologie de l'Université de Mohamed El Bachir El Ibrahim, (BBA).

Elles ont été entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance à l'obscurité pendant 24h à 37°C.

B / L'activité antifongique

L'activité antifongique de l'extrait sec et de l'huile essentielle a été déterminé contre cinq champignons ; *Phytophthora infestans*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp*, *Fusarium sp* et deux levures ; *Candida albicans* , *Candida glabrata*.

II. Méthodes

II.1. Méthode d'extraction de l'huile des graines

L'extrait sec broyé est d'abord mis en contact avec un solvant, environ 0,2 gr des graines de figue de barbarie ont été pesés et extraits avec 10 ml du solvant d'extraction dans un tube d'essai (4% eau / 6% acétone). Le mélange a été agité à vitesse constante à l'aide d'un agitateur à bain-marie. Puis une centrifugation pendant 10 min à 3000 rpm.

L'extrait récupéré est soumis à une évaporation à basse pression à 40°C avec un rota vapeur pour l'échappement du solvant. Les composés restés collés à la paroi du ballon d'évaporation, sont repris par l'acétone, puis la solution obtenue est laissée au repos dans l'étuve 24H jusqu'au séchage complet. L'extrait sec obtenu est pesé et conservé dans le réfrigérateur jusqu'à l'utilisation. (**Chaalal et al., 2012**)

II.2. Evaluation de l'activité antimicrobienne

II.2.1. Méthode de diffusion sur gélose (Méthode des puits)

La méthode des puits est la technique choisie pour déterminer l'activité antimicrobienne des extraits à tester. Cette méthode repose sur le pouvoir migratoire des huiles essentielles sur un milieu solide à l'intérieur d'une boîte de Pétri. Cette méthode nous permet de mettre en évidence l'effet antibactérien de l'huile essentielle sur les bactéries, ainsi que la détermination de la résistance ou la sensibilité de ces bactéries vis-à-vis de cette huile essentielle.

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide dans une boîte de Pétri, avec création d'un gradient de concentration, après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible.

L'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition. La souche sera qualifiée de sensible, très sensible, extrêmement sensible ou résistante (**Bouyahya et al., 2017**).

II.2.2. Préparation des milieux de cultures

- ❖ **Muller Hinton (MH)** : C'est le milieu de culture utilisé pour étudier l'activité antibactérienne parce que c'est le milieu le plus employé pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens (**Gachkar et al., 2007**).
- ❖ **La gélose Sabouraud** pour l'isolement et l'entretien des levures et l'étude de sa sensibilité aux extraits.
- ❖ **Le PDA** pour l'étude de la sensibilité des souches fongiques aux différents extraits de la plante.

II.2.3. Stérilisation du matériel

L'eau distillée, les tubes à essai utilisés dans la préparation des solutions bactériennes et les milieux de cultures en papier Wattman (6 mm de diamètre) enrobés dans du papier aluminium ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

II.2.4. Préparation des dilutions d'extraits d'*Opuntia*

Les extraits d'*Opuntia F.I* ont été dissous dans le diméthyle sulfoxyde (DMSO), afin de préparer les différentes concentrations avec des dilutions successives, sachant que la concentration de la solution mère de l'extrait sec est 110 mg/ml ; et l'extrait de l'huile essentielle est de 1020 mg/ml avec une agitation pour la préparation des concentrations et réfrigération jusqu'à utilisation (tableau IV et tableau V).

Tableau IV : Les différentes concentrations de l'extrait acétonique et le DMSO correspondant (mg/ml)

C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
ES	110	55	27.5	13.75	6.87	3.43	1.71	0.85
Vol	400	200	100	50	25	12.5	6.247	3.123
DMSO	0	200	300	350	375	387.5	393.753	396.877

C : concentration ; **ES** : extrait sec ; **Vol** : volume

Tableau V : Les différentes concentrations de l'extrait de l'huile essentielle et le DMSO correspondant (mg/ml)

C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁
EH	1020	511	255	127	63.95	31.95	15.9	7.9	3.9	1.9	0.9
Vol	400	200	100	50	25	12.5	6.25	3.12	1.56	0.78	0.39
DMSO	0	200	300	350	375	387.5	393.7	396.8	398.4	399.2	399.6

C : concentration ; **EH** : extrait huileux ; **Vol** : volume

II.2.5. Standardisation et préparation de l'inoculum (activation des souches)

Après décongélation des souches microbiennes conservée et laisser à température ambiante, à l'aide d'une anse a boucle de platine quelques colonies bien isolées et identiques sont prélevées à partir des pré-cultures jeunes de chacune des souches bactériennes à tester. L'anse est ensuite déchargée des bactéries dans de l'eau physiologique stérile. La suspension bactérienne est bien homogénéisée, son opacité doit être équivalente à 0.5 Mc Farland ou à

une DO de 0.08 à 0.10 à 625 nm. L'inoculum peut être ajusté en ajoutant, soit de la culture (colonies) s'il est trop faible, ou bien de l'eau physiologique stérile s'il est trop dense.

II.2.6. Ensemencement

Des boîtes de Pétri contenant du milieu MH (pour les bactéries) et PDA (pour les champignons) et Sabouraud (pour les levures) sont ensemencées aseptiquement à l'aide d'un écouvillon stérile sur toute la surface du milieu, préalablement trempé dans la suspension Microbienne (en utilisant des bactéries jeunes de 24h), et déchargé au maximum, sur la totalité de la surface gélosée en stries serrés. L'opération a été répétée trois fois, en tournant la boîte à chaque fois sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie du milieu (**Athamena et al., 2010**).

II.2.7. Technique des puits

Après le séchage des boîtes, des puits ont été découpés à l'aide de pipettes Pasteur stérile. Les cavités ainsi formées sont remplies par gélose ensuite l'extrait a été ajoutée dans chaque puits (environ 25 µL par puits et chaque puits a une concentration différente). Les boîtes ont été fermées par un papier para film et laissées refroidis (**Athamena et al., 2010**).

II.2.8. Incubation

Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 24 heures à 37°C pour les bactéries et 48 heures à 35°C pour la levure et les champignons, la lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre, en mm, de la zone d'inhibition. L'expérience est répétée trois fois pour chaque extrait et pour chaque espèce bactérienne et les résultats expérimentaux sont exprimés selon la moyenne des valeurs obtenues \pm l'écart type.

II.2.9. La lecture

La lecture a été faite par la mesure des diamètres des halos d'inhibition au tour des disques à l'aide d'un pied à coulisse. Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits.

On classe la bactérie dans l'une des catégories (**Mouas et al., 2017**) .

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



CHAPITRE II : RÉSULTATS ET
DISCUSSIONS



II. Résultats et discussion

L'évaluation de l'activité antibactérienne et antifongique des extraits d'*Opuntia ficus indica* est estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant les extraits à différentes concentrations. vis-à-vis des germes pathogènes et des moisissures et levures.

II.1. Activité antibactérienne

L'activité antimicrobienne c'est la capacité des extraits de neutraliser les développements des bactéries dans un milieu de culture.

II.1.1. Activité antibactérienne de l'extrait acétonique de *Opuntia Ficus Indica*

Les extraits de la plante ont été dissous dans du DMSO de façon à obtenir une concentration, à partir de cette concentration nous avons effectué une série de dilutions afin d'obtenir des concentrations ½ à partir de la solution mère.

Le tableau ci- dissous présente les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les souches étudiées :

Tableau VI : Diamètre des zones d'inhibitions des bactéries pour l'extrait acétonique des graines de fige de barbarie en mm.

L'extrait	Gram	Diamètres des zones d'inhibition (mm)							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Acétonique									
<i>Bacillus cereus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i>	+	15	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micrococcus luteus</i>	+	15	14	12	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	-	14	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	15	14	-	-	-	-	-	-
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella Typhimurium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-

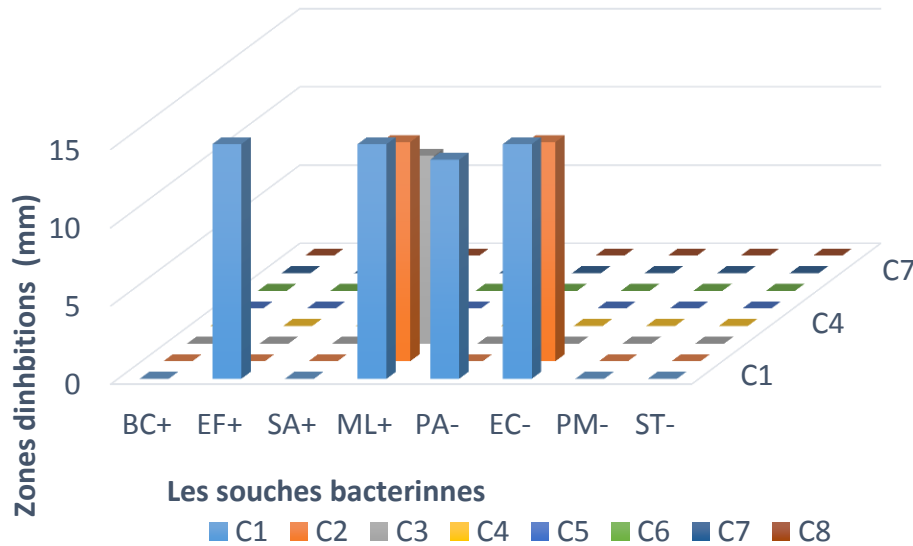


Figure 10 : Histogramme représentant les zones d'inhibition de l'extrait sec sur chaque souche bactérienne

Après une incubation de 24 H à 37°C, il ressort de l'étude que les extraits acétoniques de la figue de barbarie, ne présente aucune activité antibactérienne vis-à-vis des souches bactériennes : *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas Aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella Typhimurium* pour les concentrations 13.75 ; 6,87 ; 3.43 ; 1.71 ; 0.85 mg/ml.

Les diamètres des zones d'inhibition apparaissent uniquement à la concentration de 110 mg/ml d'extrait d'*Opuntia ficus indica L.* (D= 15 mm pour *E .coli* et D=15mm pour *Enterococcus sp* et D=15mm pour *Micrococcus sp* ; D= 14mm pour *Pseudomonas sp*).

Présence d'activité antibactérienne aussi pour la C₂ (55mg/ml ; D=14mm) et C₃ (27.5 mg/ml ; D=12mm) d'extrait du fruit vis-à-vis de *Micrococcus sp* et pour la C₂ (D=12mm) vis-à-vis de *E .coli* (voir figure 11).

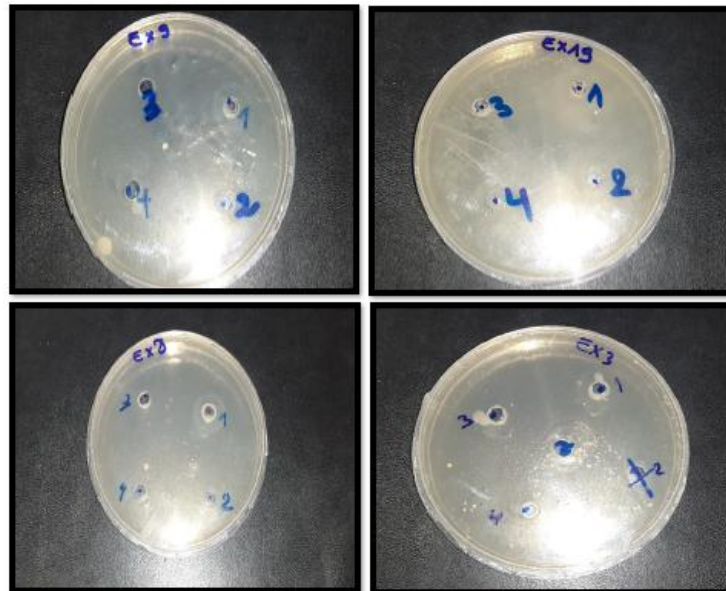


Figure 11 : Zones d'inhibition d'extrait acétonique sur quelques bactéries (*Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Enterococcus faecalis*)

Nos résultats ne sont pas en concordance avec les résultats de **Benattia (2017)** qui a travaillé sur les pépins de figue de barbarie, ses résultats montrent que tous les extraits de graines d'*Opuntia* se sont avérés inactifs contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Micrococcus luteus*.

Selon l'échelle de l'estimation d'activité antimicrobienne, une souche bactérienne est considérée comme étant résistante aux agents antibactériens lorsque le diamètre d'inhibition est inférieur à 10mm par **Djenadi, (2011)**. Ce qui nous conduit à déduire que les souches étudiées dans ce travail sont sensibles à l'extrait sec acétoniques d'*Opuntia ficus indica*.

Les variations de la composition chimique peuvent probablement expliquer les différences observées dans l'activité antimicrobienne de l'extrait avec les différentes concentrations.

L'efficacité optimale d'un extrait peut ne pas être due à un constituant actif principal, mais à l'action combinée (synergie) de différents composés à l'origine de cet extrait (**Essawi et Srour, 2000**).

Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries Gram (+) par rapport aux Gram (-) (**Turkmen et al., 2007 ; Falleh et al., 2008**), ceci peut être attribuer à la différence dans les couches externes des bactéries Gram (-) et Gram (+). Ces travaux sont en accord avec nos résultats.

II.I.2. Activité antibactérienne de l'huile des graines d'*Opuntia ficus indica*

Plusieurs facteurs sont à prendre en considération vis-à-vis de l'efficacité de notre huile essentielle, notamment les conditions de culture, la récolte, les conditions et la durée de stockage du fruit.

Selon **Cosentino et al. (1999)** et **Gulfraz et al. (2008)**, l'activité antibactérienne de toutes huiles essentielles est assignée aux terpénoïdes et aux composés phénoliques. Récemment, **Tiwari et al. (2009)**, ont interprétés l'activité antibactérienne des composants phénoliques enternes de substitution alkylique dans le noyau de phénol.

Le tableau ci- dessous présente les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les souches étudiées :

Tableau VII : Diamètre des zones d'inhibitions des bactéries pour l'huile essentielle des graines d'*Opuntia ficus indica* en mm

Huile Essentielle	G Ram	Diamètres des zones d'inhibition (mm)										
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
<i>Bacillus cereus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micrococcus luteus</i>	+	25	24	22	19	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	-	12	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella Typhimurium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

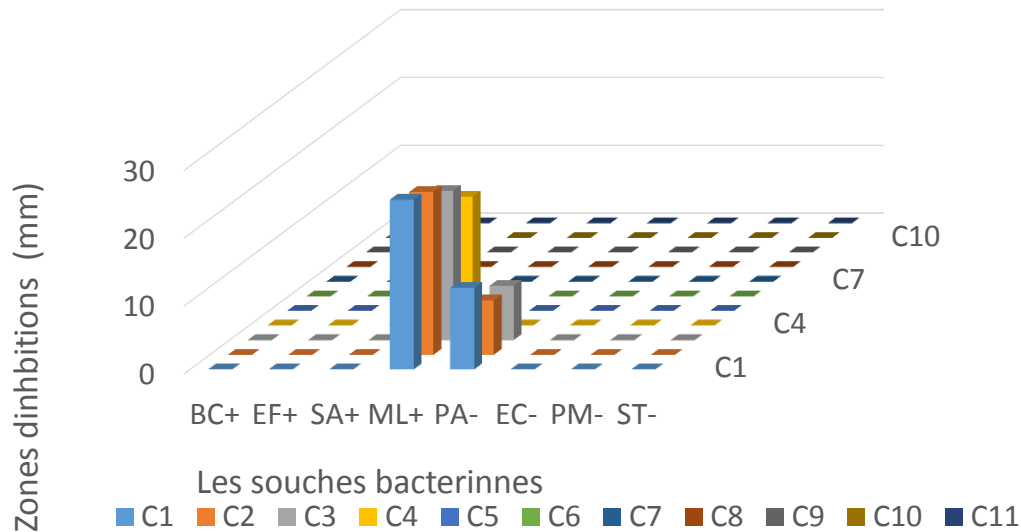


Figure 12 : Histogramme représentant les zones d'inhibition de l'extrait huileuse sur chaque souche bactérienne

L'extrait de l'huile essentielle de la figue de barbarie a inhibé la croissance de *Micrococcus luteus* avec les diamètres suivants (25mm pour la C₁ ; 24mm pour C₂ ; 22mm pour C₃ et 19mm pour C₄) et contre *Pseudomonas Aeruginosa* avec un anneau de 18mm pour la C₁, et il n'a aucune activité contre les bactéries testées restante, ces bactéries possèdent un potentiel de résistance très élevé (voir figure 13).

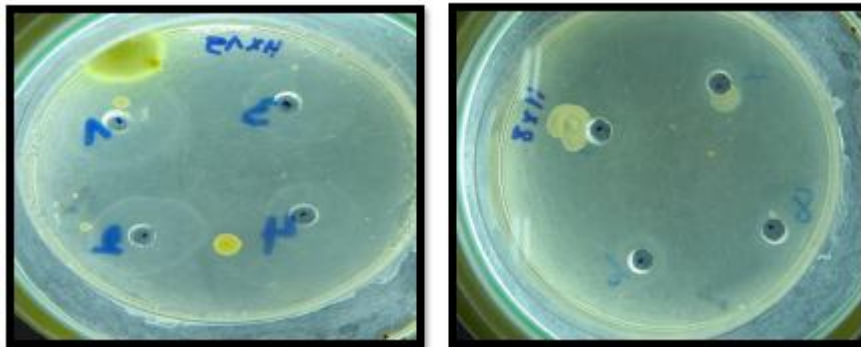


Figure 13 : Les zones d'inhibition de l'extrait huileux contre les bactéries (*Pseudomonas aeruginosa* et *Micrococcus luteus*)

La zone d'inhibition augmente avec la concentration des extraits, ce qui a été constaté aussi par **Dordevic et al, (2007)**. Les auteurs ont révélé des zones d'inhibition de l'ordre de (20.5 ± 1.8 mm), (12.8 ± 0.5 mm), (16.3 ± 0.5 mm) respectivement pour les souches *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* pour une dilution au 2%, ces zones sont augmentées de l'ordre de : (21.8 ± 0.9 mm), (13.5 ± 0.5 mm), (19.3 ± 0.5 mm) pour une dilution au 4%.

Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries (Gram +) par rapport aux (Gram-), ceci peut s'attribuer à la différence dans les couches externes de ses bactéries, dont les bactéries (Gram-) par rapport aux bactéries (Gram +) indépendamment de la membrane des cellules, possèdent une couche additionnelle qui se compose des phospholipides, des protéines et des lipopolysaccharides, cette membrane est imperméable à la plupart des molécules, ce qui peut expliquer la résistances des souches (Gram-) a l'huile. (**Mouas et al., 2017**).

L'activité biologique d'une huile essentielle est liée à sa composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpénique et cétoniques) et à leurs effets synergiques. Plusieurs études ont ainsi montré l'apparition de fuites d'ions potassium dans des cellules microbiennes d'*E.coli et staphylococcus aureus* en contact avec l'huile essentielle (**Spelberg , 2010**). Cette fuite de potassium est la toute première preuve de l'existence de lésions irréversibles au niveau de la membrane de la bactérie, certains des composants actifs d'huiles essentielles, rendent perméables la membrane des bactéries, un effet précurseur de leur mort. L'huile d'*Opuntia ficus-indica* présente bien des propriétés bactériostatiques.

II.2. Activité antifongique :

II.2.1. Activité antifongique de l'extrait acétonique :

L'activité antifongique in vitro des différents extraits de la graine de figue de barbarie a été étudiée par la méthode de diffusion sur puits.

Nous avons dissous les extraits de la plante dans du DMSO pour obtenir une concentration, à partir de cette dernière nous avons fait des dilutions de façon à obtenir des concentrations $\frac{1}{2}$ à partir de la solution mère.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les souches étudiées :

Tableau VIII : Diamètre des zones d'inhibitions de l'extrait acétonique des graines de figue de barbarie vis à vis des levures et champignons en mm

L'extrait acétonique	Diamètres des zones d'inhibition (mm)							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
<i>Candida albicans</i>	Très sensible							
<i>Candida glabrata</i>	15	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phytophthora infestans</i>	9	9	9	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus parasiticus</i>	16	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma sp</i>	12	10	10	10	9	9	8	8
<i>Fusarium sp</i>	9	9	-	-	-	-	-	-

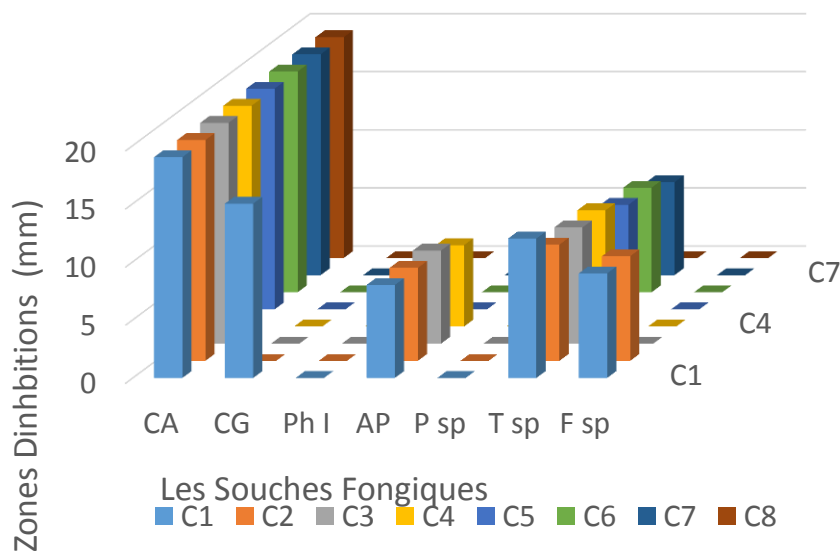


Figure 14 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait sec sur chaque souche fongique

Les résultats de l'activité antifongique pour l'extrait acétonique montrent une activité contre tous les champignons testés sauf le genre *Penicillium* sp. Les résultats obtenus sont respectivement les suivantes : *phytophthora infestans* (9mm de diamètre), *Aspergillus parasiticus* (16mm de diamètre), *Trichoderma* sp (12mm de diamètre) (Voir figure 11), *Fusarium* sp (9mm de diamètre) (Voir figure 12).

Selon l'échelle citée par Mutai *et al.* (2009), Une souche fongique est considérée sensible aux différents agents antimicrobiens, lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est situé entre 9 et 19 mm.

Pour les levures, il y a une activité contre les deux souches testées en particulièrement : *Candida albicans* ou était le diamètre >20 mm et un diamètre de 15 mm pour le *Candida glabrata*.

Les zones d'inhibition augmente avec les concentrations de l'extrait acétonique (D= 9, 12, 15, et 16 mm, pour les concentrations, 110, 55 mg/ml, respectivement). Cette sensibilité est probablement en relation avec les concentrations élevées en métabolites secondaires (flavonoïdes, polyphénols) de l'extrait. Ces composés peuvent traverser les membranes cellulaires des souches fongiques et pénètrent ainsi à l'intérieur de la cellule et interagissent avec des sites critiques intracellulaire, tels que les enzymes et les protéines, ce qui conduit à la mort cellulaire. (Cristani *et al.*, 2007).

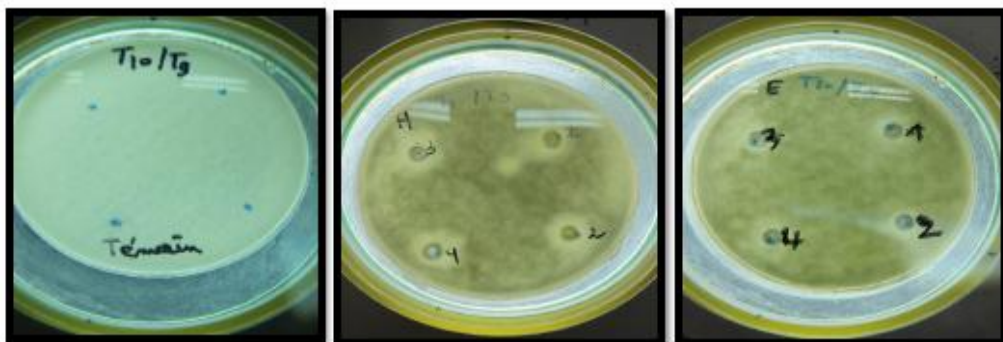


Figure 15 : Effet de l'extrait acétonique et l'huile contre champignon (*Trichoderma* sp).



Figure 16 : Effets de l'extrait acétonique et l'huile contre *Fusarium* sp.

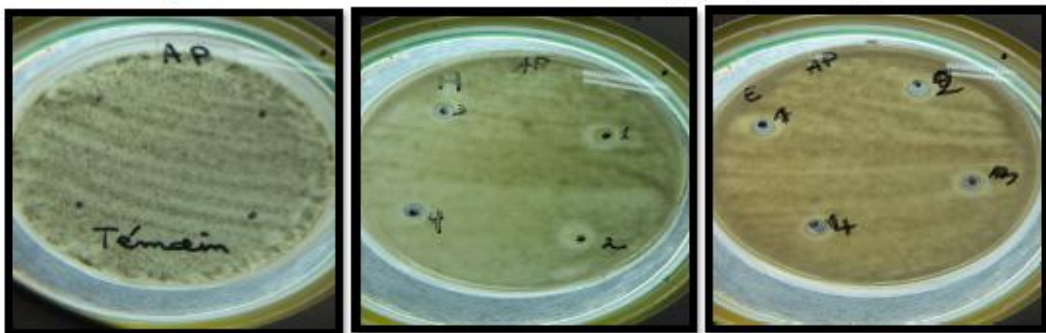


Figure 17 : Effets de l'extrait acétonique et l'huile contre *Aspergillus parasiticus*

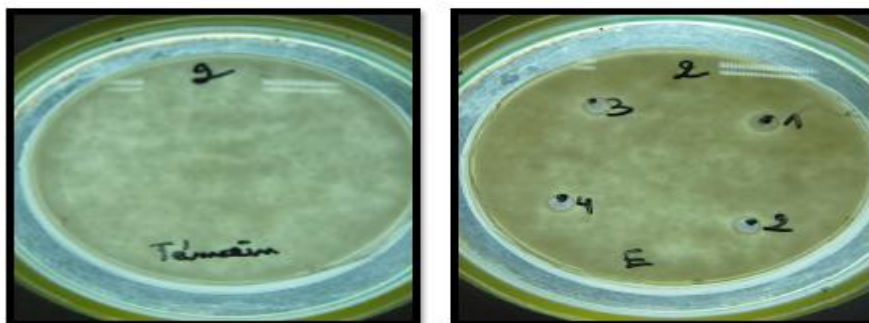


Figure 18 : Effets de l'extrait acétonique contre *Phytophthora infestans*

II.2.2. Activité antifongique de l'huile de figue de barbarie

Les résultats de l'activité antifongique de l'huile, a montré que l'extrait a un effet significatif sur *Candida albicans* avec un diamètre d'inhibition >25mm et 20mm concernant *Candida glabrata* (voir figure 15)

Les champignons affectés par l'extrait huileux sont respectivement : *Aspergillus parasiticus* (10mm diamètre d'inhibition), *Trichoderma* sp (13mm diamètre d'inhibition), *Fusarium* sp (12mm diamètre d'inhibition).

Tableau IX : Diamètre des zones d'inhibitions des souches fongiques pour l'extrait huileux des graines en mm

Huile essentielle	Diamètres des zones d'inhibition (mm)										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
<i>Candida albicans</i>	Très sensible										
<i>Candida glabrata</i>	20	19	15	15	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phytophthora infestans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus parasiticus</i>	10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma sp</i>	13	13	13	12	11	10	10	10	9	9	-
<i>Fusarium sp</i>	12	12	11	11	10	10	9	9	-	-	-

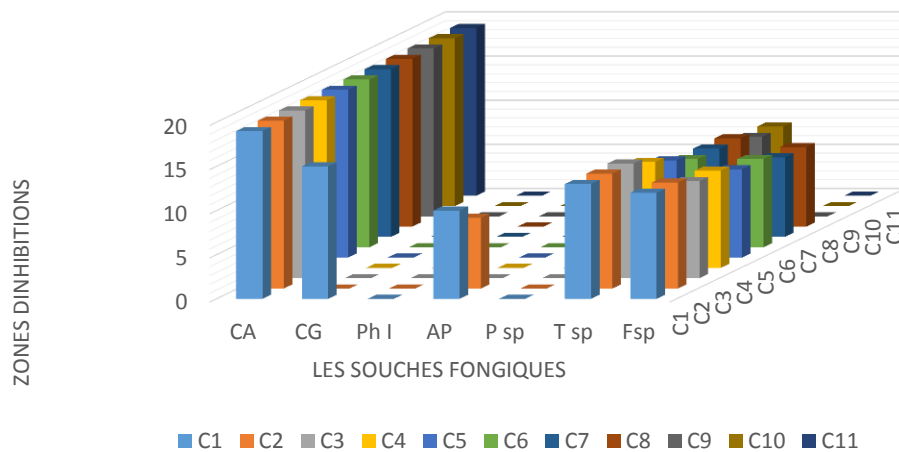


Figure 19 : Histogramme représenter les zones d'inhibition de l'extrait huileux sur chaque souche fongique

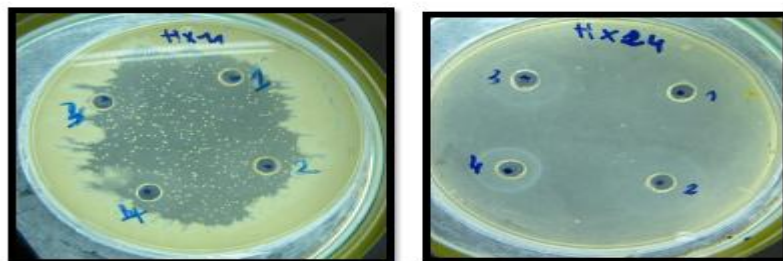


Figure 20 : Effet de l'extrait huileux contre *Candida albicans* et *Candida glabrata*.

Khémiri et al. (2019), qui ont fait une étude sur le potentiel antimicrobien et cicatrisant des plaies de l'huile d'*Opuntia ficus indica* L. extraite de Tunisie, ont montrés des résultats similaires. L'huile de la figue de barbarie a pu inhiber croissance d'agents pathogènes fongique telles que *Candida parapsilosis* et *Candida sake*.

L'huile d'*Opuntia ficus indica* est riche en acides gras, en particulier en acides linoléique et oléique. Depuis 1972, les activités antibactériennes et antifongiques des acides gras libres ont été démontrées. Par ailleurs, il apparaît que les acides gras libres peuvent agir d'une part en inhibant les activités enzymatiques membranaires telles que la glucosyltransférase et d'autre part en activant les enzymes autolytiques dans la paroi cellulaire pathogène. Cela peut entraîner une rupture de la membrane des bisphospholipides, ce qui pourrait entraîner une réduction marquée de l'absorption des nutriments et une inhibition cellulaire **Park et al., 2018**.

L'efficacité antimicrobienne de l'huile d'*Opuntia ficus indica* peut s'expliquer par sa richesse en phytostérols et notamment en bêta-sitostérol. Il a été décrit que ce stérol peut inhiber la croissance de certains micro-organismes, éventuellement en interférant avec les stérols de la membrane cellulaire, altérant ainsi sa perméabilité aux nutriments, ce qui pourrait perturber les voies vitales cellulaires et ainsi stimuler la nécrose cellulaire pathogène **Ogbe et al., 2015**.

A partir de nos résultats, les extraits d'*Opuntia ficus indica* possèdent une sensibilité extrême contre les levures et certaines bactéries à gram positive (+) car l'extrait huileux a complètement éliminé la levure de *Candida albicans*, et nous avons remarqué qu'il avait plus d'effet sur *Micrococcus luteus* que l'extrait sec.



CONCLUSION GÉNÉRAL



Conclusion

La phytothérapie, proposent des remèdes naturels, est bien acceptée par l'organisme. Elle connaît actuellement un renouvellement exceptionnel en occident du fait des effets secondaires induits par les médicaments inquiétant les utilisateurs qui font alors appel à une médecine plus douce.

En Algérie, comme dans tous les pays du Maghreb et les pays en voie de développement, le recours à la médecine traditionnelle est largement répandu, et plusieurs remèdes à base de plantes utilisés individuellement ou en combinaison sont recommandés.

Notre intérêt s'est porté l'*Opuntia ficus-indica*, espèce végétale utilisée en phytothérapie. Afin de vérifier l'efficacité de cette plante sur les activités antibactérienne et antifongique.

Le figuier de barbarie « l'*Opuntia ficus-indica* » est une plante xérophyte de la famille des cactacées, cette plante largement connue et pourtant méconnue a fait l'objet de plusieurs études dans le monde entier qui lui ont conféré plusieurs potentialités intéressantes dans plusieurs domaines .La plante possède des milliers substances actives à l'intérieur de leurs organes

Dans notre présent travail, nous avons étudié l'activité antibactérienne et antifongique des extraits bruts acétonique et l'huile essentiel qui extrait à partir les grains de la plantes étudiées. Ces tests ont été réalisés sur des germes bactériens pathogènes : (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella Typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Micrococcus luteus*) et des souches fongiques également pathogènes (*Phytophthora infestans*, *Aspergillus parasiticus* , *Penicillium* sp , *Trichoderma* sp , *Fusarium* sp et deux levures ; *Candida albicans* , *Candida glabrata*.) par la méthode de diffusion sur gélose (Méthode Des Puits).

A travers l'étude de l'activité antibactérienne des différents extraits de la plante de figue de barbarie, vis-à-vis des souches bactériennes pathogènes, les résultats montre que l'extrait acétonique a un effet et une efficacité remarquable contre *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*. D'autre part, l'huile essentielle qui extrait à partir les graines de figue de barbarie montre une activité significative contre, *Micrococcus luteus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Il apparaît que l'inhibition de la croissance varie en fonction de l'espèce bactérienne, la concentration du produit testé, milieu de culture utilisé, les

compositions chimique, les composants phénoliques et la sensibilité des bactéries Gram (+) par rapport aux bactéries Gram (-).

Concernant l'activité antifongique l'extrait acétonique montre une activité contre tous les champignons testés sauf le genre *Penicillium* sp par rapport à l'extrait huileux montre une activité sur tous les souches sauf les genres *Penicillium* sp et *phytophthora infestans* en raison de sa richesse en phytostérols et notamment en bêta-sitostérol et les concentrations en métabolites secondaires de l'extrait acétonique.

En perspective, il serait important :

- ❖ D'approfondir les recherches sur une large gamme de souches microbiennes et d'identifier les constituants actifs responsables de l'activité antibactérienne.
- ❖ Élargir le spectre d'étude en étudiant la plante d'autres régions à des fins comparatives.
- ❖ La mise sur le marché Algérien des jus frais et confitures de figues de barbarie réaliser une étude toxicologique de cette plante.
- ❖ Étendre l'éventail des tests antimicrobiens et pourquoi ne pas tester les activités anti-inflammatoires, antidiabétique, anticancéreuses et anti-âge.
- ❖ Élargir les usages de la figue de barbarie dans le domaine des médecines douces et des produits cosmétiques à base naturel.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographique

-A-

Aknouche S., Arich, A.(2018).Bio activités de biomolécules extraites à partir de biomasse de coproduits agricoles : propolis, cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) et grignons d'olives. , Mémoire Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.p113.

Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A ., Laroui S ., Khebri S.(2010).Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* L.Lebanese science journal 11(1),69-81.

-B-

Barbera G., Carimi F., Inglese P.(1992).Past and role of the Indian fig prickly pear (*opuntia ficus indica* L Miller, *Cactaceae*) in the agriculture of Sicily. Economic Botany,46:10-20.

Bouguerche F, Bouaouiche A, Et Belahcene N. (2010). Effet Des Extraits Du Figuier De Barbarie (*Opuntia Ficus-Indica*) Sur Le Développement Des Lapins *Oryctolagus Cuniculus*. Laboratoire des Sciences et Techniques du Vivant Département des Sciences Agronomiques Institut des Sciences Agronomiques et Vétérinaires Université de Souk Ahras, 41000 – Algérie, 2,pp1.

Burt S. (2004). Essential oils: their potential review. antibacterial properties applications in and foods a International Journal of Food Microbiology. 94:223-253.

Benattia,F- K. (2017). Analyse et application des extraits de pépins de figue de barbarie, Thèse de Doctorat, Université Aboubekr Belkaid- Tlemcen.p184.

Boutakiout, A. (2015) Etude des voies de valorisation des cladodes de l'*Opuntia* : Extraction, caractérisation et valorisation des jus de cladode du figuier de Barbarie., Thèse de Doctorat, Université d'Angers.p211.

Belmiloud M. (2013). Extraction Et Caractérisation Physico-Chimique Des Huiles Des Graines De Figue De Barbarie. Memoire Master Chimie Pharmaceutique, Tizi-Ouzou,66p.

Bouyahya A., Jabrini J., Bakri Y., Dakka N. (2017). Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*origanum compactum* . Phytothérapie. DOI 10.1007/s10298-017-1101-8.

Bocevaska M, Sovova H. Supercritical CO₂ extraction of essential oil from yarrow. J. of Super. Fluids., (2007), 40 : 360–367.

Bouzoubaâ Z., Essoukrati Y., Tahrouch S., Hatimi A., Gharby S., Harhar H., (2014). Etude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie ('Achefri' et 'Amouslem') du Sud marocain. Les Technologies De Laboratoire, 8(34) ,137-138.

Benkaddouri A. étude des huiles essentielles de l'*opuntia ficus-indica* région de mascara .Mémoire. Université d'Oran .2011.

-C-

Chougui N., Tamendjari A., Hamidj W., Hallal S., Barras A., Richard T., Larbat R., (2013). Oil composition and characterisation of phenolic compound of *Opuntia ficus-indica* seeds. Food Chem., 139, p796–803.

Cosentino S., Tuberoso CI., Pisano B., Satta M., Mascia V., Arzedi E., Palmas F. (1999).In- vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. Lett Appl Microbiol. 29(2):130-5.

Chaalal M., Touati N., Louaileche H. (2012). Extraction of phenolic compound and in vitro antioxidant capacity of prickly pear seeds. Acta botanica gallica .159(4) p467-475.

Cristani M, D'arrigo M, Giuseppina M, Castelli F , Sarpietro M, Micieli M , Venuti V, Bisignano G, Saija A , Trombetta D.(2007). Interaction of Four Monoterpenes Contained in Essential Oils with Model Membranes : Implications for Their Antibacterial Activity. Journal Of Agricultural And Food Chemistry.55,p 6301-6305.

-D-

Danielski L, Campos L MAS, Bresciani LFV, Hense H, Yunes R A, Ferreira SRS. Marigold (*Calendula officinalis* L.) oleoresin: Solubility in SC-CO₂ and composition profile. Chem. Engin.Proce., 2006, 46 : 99–106.

Dali sanschagrini., (2017).La beauté sans scalpel : tout sur les soins et techniques d'aujourd'hui .1^{er} édition .Fernand lanor .304p .

Djemoui Djamila, 2012,Contribution a l'etude de l'activite antioxydante et antibactérienne de quelques coumarines synthétisées, Mémoire Master Académique, Université Kasdi Merbah Ouar-gla.

Dordevic S., Petrovic S., Dobric S., Milenkovic M., Vucicevic D., Zizic S., Kukic J. (2007). Antimicrobial, anti-inflammatory, anti-ulcer and antioxidant activities of *Carlina acanthifolia* root essential oil .J Ethnopharmacol. Pp458-463.

-E-

El Kossori R.L., Villaume C., El Boustani E., Sauvaire Y., Méjean L., (1998).Composition of pulp, and seeds of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). Plant Foods for human nutrition, vol.52, n3, pp.263-270.

Essawi, T. et Srour, M. (2000). Screening of some palestinian medicinal plants for antibacterial activity. Journal Of Ethnopharmacology. 70: 343- 349.

Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M., and Hamadi, A. (2005). Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chemistry*, 93, 431-437.

Ennouri, M., Fetoui, H., Bourret, E., Zeghal, N., and Attia, H. (2006). Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats. *Bioresource Technology*, 97, 1382-1386.

Ennouri M., Fetoui H., Bourret E., Zeghal N., Guermazi F. & Attia H., (2006). Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*: 1. Influence of seed supplemented diet on rats. *Bioresource Technology*.97, 2136–2140.

-F-

Fadili, M. (2000). Étude des caractéristiques physico-chimiques des figues de barbarie de lavariété Moussa et Clone Rehamna. Actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus, El Kelaa Des Sraghna.

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

Felker P., del C. Rodriguez S., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., (2005). Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *J. Arid Environ.* 60, 405-422.

-G-

Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A. et Rasooli I., 2007, Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils, *Food Chem.*, p: 898-904

Gulfraz M., Mehmood S., Minhas N., Jabeen N., Kausar R., Jabeen K. and Arshad G., 2008, Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*, *African-Journal of Biotechnology* Vol. 7 (24), p.4364-4368.

-H-

Habibi Y., Heyraud A., Mahrouz M., Vignon M., R. (2004). Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carb. Res.* 339, 1119-1127.

Habibi, Y. (2004). Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques. Thèse de Doctorat. Université Joseph Fourier. Faculté Sciences et Géographie (Grenoble I) et Université Cadi Ayyad . Faculté des Sciences (Semlalia, Marrakech).

-J-

J. Espinosa A., R. Borrocal A., M. Jara, C. Zorilla G.,C. Zanabria P. Et J. Medina T. (1973). Quelques Propriétés Et Essais Préliminaires De Conservation Des Fruits Et Du Jus De Figue De Barbarie (*Opuntia Ficus Indica*).5, pp1-2.

-K-

Keller A-L., Girard .C ., Chaumont. J-P., (2009). *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, le figuier de barbarie ou nopal, une plante aux multiples usages. UFR des sciences médicales et pharmaceutiques de Besançon, pp 24.

Kabas O., Ormerzi A., & Akinci I., (2006). Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L.) grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 73: 198-202.

Khémiri I., BenGdara N., Bitri L.,Essghaier Hédi B.,Zouaoui N.S.(2019).The Antimicrobial and Wound Healing Potential of *Opuntia ficus indica* L. inermis Extracted Oil from Tunisia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2019.

-L-

Lakhdar, L. (2015). Evaluation De L'activite Antibacterienne D'huiles Essentielles Macaines Sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* :Etude In Vitro. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V. Faculte De Medecine Dentaire De Rabat.p27.

-M-

Mouas Y., Benrebiha F Z., Chaouia Ch. (2017). Évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du *Romarin Rosmarinus officinalis* L. *Revue Agrobiologia* 7(1): 363-370.

Mutai C., Bio C., Vagias C., Abatis D., Roussis V. (2009). Antimicrobial activity of *Acacia mellifera* extracts and lupane triterpenes .*Journal of Ethnopharmacology*. 123(1) :143-148.

Msaddak, L. (2018) Propriétés techno-fonctionnelles et substances bioactives de deux ingrédients alimentaires : cladodes du figuier de barbarie et feuilles de vigne. Thèse de Doctorat, Université de Gabès Tunis.p56.

-N-

Nerd A., & Mizrahi Y., (1994). Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus indica* (L.). *Scientia Horticulturae*, 59 : 115-122.

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.

Nitièma -Y S., Son G., yé S., Nébié R C., (2012). Optimisation des paramètres d'extraction à froid de l'huile d'azadirachta indica A.juss et effet sur quelques caractéristiques chimiques de l'huile extraite.biotechnol.agron.soc.environ.16(4) :423-428.

-O-

Orwa C., Mutua, A., Kindt R., Jamnadass R., & Simons A., (2009). Agroforestry Database:a tree reference and selection guide version 4.0
<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>

Ogbe R.J., Ochalefu D.O., Mafulul S.G., Olaniru O.B.(2015) A review on dietary phytoosterols: their occurrence, metabolism and health benefits, Asian Journal of Plant Science & Research, vol. 5, no. 4, pp. 10-21

-P-

Paolo Inglese, Candelario Mondragon, Ali Nefzaoui. Ecologie,Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbari . Rome .2018.250p.

Pharmacopée européen. 6eme édition .2008.

Park B.-K., Kim Y.R., Kim Y.H., (2018) .Antidepressant-like effects of gyejibokryeonghwan in a mouse model of reserpine- induced depression, BioMed Research International, vol. 2018, no. 59, Article ID 5845491, p12.

-R-

Ramadan, M. F., and Mörsel, J. T. (2003b). Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food Chemistry*, 83, 447-456.

Ramadan, M. F., and Mörsel, J. T. (2003a). Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chemistry*, 82, 339-345.

-S-

Schweizer M., (1997). Docteur Nopal, le médecin de bon dieu. Edition APB (Aloe Plante et Beauté).Paris(France).

Saleem M., Ja Kim H., Kyun Han C., Jin C., & Sup Lee Y., (2006). Secondary metabolites from *Opuntia ficus indica* var. *saboten*. *Phytochemistry*, 67: 1390-1394.

Snyman H.A., (2006). A greenhouse study of root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta*. *Journal of Arid Environments*, 65:529-542.

Sawaya W.N., Khalil J.K., Al-Mohammad M.M., (1983). *Qual.Plant Foods Human Nutrition*, p 33(1), 91.97.

Spellberg Brad., 2010. Promoting Critically Ceeded Antibiotic Research and Development and the Appropriate Use ("Stewardship") of these Precious Drugs Before the House Committee on Energy and Commerce Subcommittee on Health.vol156, P55-63.

Sawaya W.N., Khan P., (1982). Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. *J Food Sci.* 47(6) : 2060-2061.

-T-

Thielman J.,Muranyi P., Kazman P.,(2019).screening essential oils for their antimicrobial activities against the food borne pathogenic bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* .journal home. Page., 5 :eo1860.

Turkmen N, Velioglu YS, Sari F, Polat G. (2007). Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules*. 12: 484-496.

Tiwari B.K., Valdramidis V.P., O'Donnell C.P., Muthukumarappan K., Bourke P. and Cullen P.J., 2009, Application of natural antimicrobials for food preservation, *J. Agric. Food Chem.*57, p. 5987–6000.

-U-

Uchoa A.F., Souza P.A.S., Zarate R.M.L., Gomes-Filho E., Campos F.A.P., Braz J.Med.Res., (1998). Isolation and characterization of a reserve protein from the seeds of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). 31(6), 757-761.

-V-

**Vassilios K., Karabagias., Ioannis K., Karabagias ., Ilias G., Anastasia V.,
Badeka.(2020).** Prickly Pear Seed Oil by Shelf-Grown Cactus Fruits: Waste or Maste.
Processes , 8, 132.

-W-

Wong S.P., Leang L.P., Koh J.H.W., (2006). Antioxidant activites of aqueous extracts Of
selected plants food chimestry ; 99 ; 775-783.

-Z-

Zine S., Gharby S., El Hadek M., (2013). Physicochemical characterization of opuntia ficus-
indica seed oil from Morocco. Biosci. Biotechnol. Res. Asia 10 (1), 1–7.



ANNEXES



Annexes

Annexe 1 : Matériel lourd

Tableau : Le matériel lourd utilisé durant cette étude

Appareil	Reference
Centrifugeuse	Sigma Laborzentrifugen, Germany
Spectrophotomètre	UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan
Rota vapeur	BUCHI, switzerland, 2011
Autoclave	SANOCLAV LaM-3-20-ECZ-J
Etuve	Memmert
Agitateur magnétique	AGIMATIC – N
Balance de précision	Kern ; ALS 220-4N
Distributeurs	Dosipet
Micro-ondes	Condor
Réfrigérateurs	ENIEM
Vortex	VELP scientifica
Bain-marie	Memmert

Annexe 2 : Matériel léger et accessoires

Tableau : Les accessoires, matériel léger et solvants utilisés durant cette étude

Accessoires	Verreries	Solvants
Anses de platine, Barreau magnétique, Boîtes de Pétri, Cuillère, Distributeur, Micropipette, Papier Josef, Papier aluminium, Papier buvard, Ciseau, Pince, Pissette, Paires. Portoir, Rubans de parafilm, Scotch, Spatules	Béchers, Burette Entonnoirs, Eprouvette graduées, Erlenmeyers, Fioles Jaugé, Flacons, Lames/lamelles, Pipettes graduées, Pipettes Pasteur, Tubes à essai,	Acétones l'eau distillée

Annexes 03 : Figures de quelques appareils utilisés



Annexe 4 : Milieux de culture

Tableau : Composition des différents milieux de culture

Milieu de culture	Compositions
Milieu solide	
Mueller Hinton(MH)	Hydrolysate acide de caséine.....17,5g
	Extrait de viande.....03g
	Amidon..... 1.5g
	Agar16g
PDA	Pomme de terre200g
	Agar20g
	Glucose.....20g
	Eau distillée500ml
Gélose nutritive	Gélose nutritive20g
	Eau distillée.....1000ml
Gélose a mole	Pomme de terre200g
	Agar8g
	Glucose.....20g
	Eau distillée500ml
Milieu liquide	
Eau Physiologique	Chlorure de sodium.....9g
	Eau distillée.....1000ml
Eau peptonnée	Sodium Glycérophosphate..... 19.0g
	Peptone de soja.....5.0g
	Extrait de viande.....5.0g
	Lactose.....5.0g
	Peptone de viande.....2.5g
	Peptone de caséine.....2.5g
	Extrait de levure.....2.5g
	Acide ascorbique.....0.5g
	Sulfate de magnésium.....0.25g
Agar bactériologique.....12.75g	
Gélose Sabouraud	Peptone.....10g
	Glucose20g
	Agar.....15g
	Eau distillée1000ml

Annexe 5 : Préparation des milieux

1. Préparation du milieu Mueller-Hinton

Muller Hinton est, le milieu complexe, recommandé pour la réalisation des interactions, nécessaire pour obtenir des résultats fiables au niveau de l'antibiogramme et préparée comme suivant :

- Mettre 64.6 g de Muller Hinton dans 1700 ml d'eau distillée. Faire bouillir avec agitation jusqu'à dissolution complète.

2. Préparation du milieu gélose nutritive

Gélose nutritive préparée comme suivant :

Dissoudre 20 g de la gélose nutritive dans un litre d'eau distillée. Faire bouillir avec agitation jusqu'à dissolution complète.

3. Préparation du milieu PDA

Pour l'étude de l'activité antifongique on a utilisé le milieu PDA qui est préparée comme suivant :

- 200g pomme de terre bouillir dans 500 ml d'eau distillée sur une plaque chauffante avec agitation, puis filtrée pour obtenir un filtrat.
- Dissoudre 20g de glucose avec 18 g d'agar dans 500ml de l'eau distillée, ce dernier mélangé avec le filtrat obtenu.

4. Préparation du milieu sabouraud

Dissoudre 30 g de poudre dans un litre d'eau distillée, mélanger soigneusement. Repartir et stériliser 15 min à 121 C°.

5. Préparation de l'eau physiologique

2.7g de NaCl dissoudre dans 300 ml d'eau distille dans un récipient, ce dernier ferme pendant 15 min, mettre de cote celui-ci jusqu'à ce qu'il soit refroidi a la température ambiante.

6. Préparation de l'eau peptoneé

1.5 g de la poudre dissoudre dans 100 ml d'eau distillée, mélanger et repartir stérilise 15 min à 121C°à l'autoclave.

Annexe 6: Préparation des dilutions



Figures : les concentrations de l'extrait sec et l'extrait huileux

Annexe 7 : Méthode d'ensemencement des boîtes



Résumé

Le figuier de barbarie est une plante grasse appartenant à la famille des cactées et plus précisément au genre *Opuntia*, C'est un fruit très rafraichissant et nutritif avec ses grains et son huile. L'étude consiste à évaluer l'activité antibactérienne et antifongique de l'huile extraite à partir des graines de figue de barbarie (selon la région de Bordj Bou Arreridj) et de l'extrait acétonique des graines sur 15 souches microbiennes (bactéries, champignons). L'échantillon a été extraite séparément avec de l'eau distillée et de l'acétone 70% afin d'obtenir l'extrait sec, puis conservés à 4°C jusqu'à l'expérimentation. La méthode de diffusion sur gélose (méthode de puits) a permis de déterminer les diamètres des zones d'inhibition et les résultats montrent que quatre souches bactériennes et six souches fongiques y compris deux levures sont sensibles à l'extrait sec. Pour l'huile essentielle, deux souches bactériennes et Cinq souches fongiques y compris deux levures ont montré une sensibilité. Les deux extraits, ont montré une activité antimicrobienne importante vis-à-vis des levures et des bactéries à Gram positive, ce qui confirme que *l'opuntia ficus indica* est doté de propriétés antimicrobiennes.

Mots clé : *Opuntia ficus indica*, huile, activité antibactérienne, activité antifongique.

Abstract

The prickly pear is a succulent plant belonging to the cacti family and more precisely to the genus *Opuntia*, It is a very refreshing and nutritious fruit with its grains and its oil. The study consists of evaluating the antibacterial and antifungal activity of the oil extracted from the seeds of prickly pear (according to the region of Bordj Bou Arreridj) and the acetone extract of the spontaneous grains on 15 microbial strains (bacteria, mushrooms). The sample was extracted separately with distilled water and 70% to obtain the dry extract, then stored at 4°C until testing. The agar diffusion method (well method) made it possible to determine the diameters of the zones of inhibition and the results show that four bacterial strains and six fungal strains including two yeasts are sensitive to the dry extract. For the oil extract two bacterial strains and five fungal strains including two yeasts showed sensitivity. Both extracts have shown strong antimicrobial activity against yeasts and Gram positive bacteria, confirming that *opuntia ficus indica* is endowed with antimicrobial properties

Key words: *Opuntia ficus indica*, oil, antibacterial activity, antifungal activity

ملخص

التين الشائك هو نبات عصاري ينتمي إلى عائلة الصبار وبشكل أكثر تحديداً إلى جنس الصبار، وهو فاكهة منعشة ومغذية للغاية بحبوبها وزيتها، اشتملت الدراسة على تقييم الفعالية المضادة للبكتيريا والفطريات للزيت المستخلص من بذور التين الشوكي (حسب منطقة برج بوعريش) ومستخلص الأسيون للحبوب العفوية على 15 سلالة ميكروبية (بكتيريا، فطريات). تم استخلاص العينة بشكل منفصل بالماء المقطر و70٪ أسيتون للحصول على المستخلص الجاف، ثم تخزينها عند 4 درجات مئوية حتى الاختبار. مكنت طريقة انتشار الأجار (طريقة البئر) من تحديد أقطار مناطق التثبيط وأظهرت النتائج أن أربع سلالات بكتيرية وست سلالات فطرية بما في ذلك خميرتان حساسة للمستخلص الجاف. بالنسبة لمستخلص الزيت، أظهرت سلالتان من البكتيريا وخمس سلالات فطرية بما في ذلك خميرتان حساسية. أظهر كلا المستخلصين نشاطاً قوياً مضاداً للميكروبات ضد الخمائر والبكتيريا إيجابية الجرام، مما يؤكد أن التين الشوكي يتمتع بخصائص مضادة للميكروبات.

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، الزيت، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للفطريات.