



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahlab –Blida



Faculté des Sciences Agronomiques, Vétérinaires et Biologiques

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master II en Biologie

Option : *Phytothérapie et Santé*

Thème

**Etude phytochimique et évaluation de quelques activités biologiques des cladodes du figuier de barbarie
«*Opuntia ficus indica Mill.*»**

Présenté par :

Oudjouadj Meriem

Soutenu le : 03/10/2013.

Devant le jury composé de :

M ^{me} KADRI F.	MAA	USDB	Présidente.
M ^{me} AMEDJKOUH H.	MAA	USDB	Examinatrice.
M ^{me} CHEBATA N.	MAA	USDB	Examinatrice.
M ^{me} FAIDI H.	MAB	USDB	Promotrice.

Promotion 2012 / 2013

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu le tout puissant, de m'avoir donné la force et la patience pour l'élaboration de ce travail.

J'exprime mes remerciements à mes chers parents pour leurs soutiens de tous ordres et leurs encouragements tout au long de mes études.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et toute ma gratitude à ma promotrice M^{me} Faïdi H. Maître assistante- chargée de cours à l'université de BLIDA, pour sa confiance, son soutien, son attention, ses bons conseils et ses qualités humaines.

Mes sincères remerciements à mes honorables membres du jury, M^{me} la présidente KADRI., Mes dames examinatrices M^{me} AMEDJOUH H. et M^{me} CHEBATA N. veuillez croire en mes remerciements anticipés pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à M^{ell} NEGABE IMEN chef de département de pharmacotoxicologie du groupe ANTIBIOTICAL du SAIDAL de Médéa, pour sa générosité, sa grande patience et son aide dont elle a su faire preuve durant notre stage malgré ses charges professionnelles.

Mes remerciements s'adressent aussi au Mrs KETTABI A., Mrs BOUKELKEL K, membres du laboratoire de pharmacologie- toxicologie ainsi que les membres du laboratoire de microbiologie et de physicochimie de la filiale ANTIBIOTICAL du SAIDAL de Médéa, qui nous ont patiemment et gentiment apporté leur aide et leur savoir faire.

Je tiens à remercier Melle KETTABI Sarah membre du laboratoire du secteur sanitaire de TEFH de Médéa pour son précieux aide.

Je tiens à remercier Dr KABACHE médecin microbiologiste et Dr Mejdoub médecin parasitologue au niveau de l'Établissement Hospitalier Public de Médéa, ainsi qu'aux membres du laboratoire de l'unité de microbiologie ; Mme ASSIA, Mme DALILA, et à monsieur le chef de service du laboratoire ; Mrs Bakfita Kadour ainsi qu'au Dr OUDJOUDJ B. pour leurs aides précieuses pour la réalisation de l'activité antimicrobienne.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr DJAKOUN Halim chef de laboratoire d'hygiène au niveau de la Direction de la Santé Publique (DSP) de Médéa, pour leur aide et soutien apportés.

Mes sincères remerciements vont à Mr EL FEROUJJI REDHA chef de secteur du parc national de Chréa station d'El Hamdania et toutes ses équipes pour leurs aides et soutien apportés.

Je tiens à remercier, également, tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



Dédicace

Je tiens à dédier ce travail :

À mes très chers parents, pour leurs affection, leurs sacrifices et pour tous les efforts qu'ils ont déployé durant toute ma vie, j'espère que ce travail soit l'expression de ma pleine gratitude et de mon profond respect.

À ma chère sœur : Khadidja qui m'a encouragé à aller de l'avant tout au long de mes études.

À mes frères : Mohamed, Ismail et Ibrahim pour leurs encouragements et leur aide précieuse.

À mon grand père.

À mes oncles, cousins et cousines. Qui ont de près ou de loin contribué à ma formation. Affectueuse reconnaissance.

À ma tante Wahiba et sa famille surtout la petite charmante Aya.

À ma chère cousine et ma sœur Sarah pour sa présence à mon côté.

À toute ma famille maternelle et paternelle.

À mes chères amis et mes sœurs : Mazo, Samiha, Batoula, Imene et Nassima.

À toutes mes collègues : Nesrine, Keltoum, Amina, Samia, Farida, Amina Y, Nabila, Salima, Sameh, Ilhem et Nadia pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

À toute ma promotion 2012/2013 sans exception.

À toutes les personnes que je n'ai pas citées mais que je porte dans mon cœur.

MERJEM. O



LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Aspect générale de <i>Opuntia ficus indica</i> Mill.....	08
Figure 02 : Fleurs de figuier de <i>Opuntia ficus indica</i> Mill	10
Figure 03 : Fruits de <i>Opuntia ficus indica</i> Mill.....	10
Figure 04 : Lapins Albinos.....	15
Figure 05 : Souris N.M.R.I	16
Figure 06 : Les extraits de cladodes	18
Figure 07 : Gavage des lapins à l'aide d'une seringue en plastique équipée d'une sonde œsophagique	24
Figure 08 : Prélèvement du sang et détermination du taux de la glycémie	25
Figure 09 : Gavage des souris à l'aide d'une seringue en verre équipée d'une sonde œsophagique	27
Figure 10 : Variation de la glycémie dans les différents lots des lapins en fonction du temps.....	32
Figure 11 : pourcentages de l'augmentation de l'œdème des pattes des souris en fonction du temps.....	34
Figure 12 : Pourcentages d'inhibition de l'œdème des pattes des souris en fonction du temps.....	35
Figure 13 : Test d'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'infusé de la poudre des cladodes.....	37
Figure 14 : Test d'évaluation de l'activité antimicrobienne du jus des cladodes.....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Situation géographique et climatique de la station de récolte de la plante	14
Tableau II : caractéristiques des souches microbiennes utilisées	17
Tableau III: Répartition des lots de lapins et de la dose de traitement administrée pour chaque lot.....	26
Tableau V : Résultats de la recherche des métabolites secondaires.....	31
Tableau VI : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne des deux extraits des cladodes d' <i>Opuntia ficus indica</i> Mill. en mm.....	36

Résumé

Le présent travail a porté sur la recherche des principaux métabolites secondaires ainsi que l'évaluation des activités hypoglycémiantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes de deux types d'extraits de cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill., le jus pur et l'infusé de la poudre végétale.⁶

Une importante teneur en eau (**92.41%**) et en matière minérale (**16.4%**) caractérisent les jeunes cladodes de la plante. Le screening phytochimique a révélé la présence des flavonoïdes, des tanins, des saponosides, des glucosides, des mucilages et des terpènes et l'absence des alcaloïdes, des coumarines et des anthocyanes.

Les deux extraits de cladodes ne présentent aucune toxicité. Leurs activités, hypoglycémiantes et anti-inflammatoires sont remarquables et comparables à celles des produits de référence (le Diabénile et le Diclofenac respectivement). L'activité antimicrobienne vis-à-vis des souches testées (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Sarcina lutea* et *Penicillium sp*) est faible pour le jus et inexistante pour l'infusé.

Mots clés : *Opuntia ficus indica* Mill., phytochimie, toxicité, activité hypoglycémiantes, activité anti-inflammatoire, activité antimicrobienne.

Summary

The present work has focused on the identification of the main secondary metabolites and the evaluation of hypoglycemic, anti-inflammatory and antimicrobial activities of two types of cladodes extracts of *Opuntia ficus indica* Mill. the pure juice and the infused of the vegetal powder.

The main characteristic of the young cladodes plant is the important content of water (**92.41%**) and of mineral substances (**16.4%**). The phytochemical screening shows the presence of the flavonoids, tannins, saponins, glycosides, mucilage and terpenes and the absence of alkaloids, coumarins and anthocyanins.

The two extracts of cladodes do not show any toxicity. Their activities, hypoglycemic and anti-inflammatory, are remarkable and are the same as those of the reference products (the Diabénile and the Diclofenac respectively). The antimicrobial activity of the tested strains (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Sarcina lutea* and *Penicillium sp*) are weak for the juice and non-existent for the infused.

Key words: *Opuntia ficus indica* Mill., phytochemistry, toxicity, hypoglycemic activity, anti-inflammatory activity, antimicrobial activity.

ملخص

يتمحور هذا العمل حول تحديد المركبات الثانوية الرئيسية و كذلك تقييم النشاط ضد السكري و النشاط ضد الالتهاب و النشاط ضد المكروبات لنوعين من مستخلصات ألواح نبتة التين الشوكي (*Opuntia ficus indica* Mill.). العصير النقي و نقيع مسحوق النبتة .

تتميز ألواح التين الشوكي باحتوائها على نسبة عالية جدا من الماء (92.41%) و المادة المعدنية (16.4%). كما أظهرت نتائج التحليل الكيميائي النباتي لمستخلصات الألواح على وجود الفلافونويدات و العفص و الصابونين و الجليكوسيدات و الصمغ و التروبين و غياب القلويدات و الكومارين و الاثيوسيانين.

المستخلصين لم يظهر أية سمية. النشاط ضد السكري و ضد الالتهاب للمسحوقين ملاحظ و قابل للمقارنة مع منتجات مرجعية (الديابنيل و الديكلوفناك على التوالي). النشاط ضد المكروبات المختبر على السلالات الميكروبية (المكورات العنقودية الذهبية و العسوية الرقيقة و الزائفة الزنجارية و الكولاي و المبيضات البيض و خميرة الخباز و المكورات العنقودية البشرية و الرمزية الصفراء و البنسليوم) أظهر نشاط ضعيف للعصير النقي ضد جميع السلالات الميكروبية المختبرة و الغياب الكلي لنشاط نقيع مسحوق النبتة ضد جميع السلالات المختبرة.

الكلمات المفتاحية : التين الشوكي, كيميائي نباتي, سمية , نشاط ضد السكري, نشاط ضد الالتهاب, نشاط ضد المكروبات.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	
I. La phytothérapie et les plantes médicinales.....	03
I.1. Définition de la phytothérapie.....	03
I.2. Définition de plante médicinale.....	03
I.3. Choix des plantes médicinales.....	03
I.4. Mode de préparation des plantes médicinales.....	03
I.5. Principaux composés des plantes.....	04
I.6. Les principales propriétés thérapeutiques des métabolites secondaires.....	07
II. Figuier de barbarie : <i>Opuntia ficus indica</i>.....	07
II.1. Généralités.....	07
II.2. Noms vernaculaires.....	07
II.3. Systématique.....	08
II.4. Description botanique.....	08
II.4.1. Les cladodes.....	09
II.4.2. Les feuilles.....	09
II.4.3. Les fleurs.....	09
II.4.4. Les fruits.....	10
II.4.5. Système racinaire.....	10
II.5. Origine et répartition géographique.....	11
II.6. Indications thérapeutiques.....	11
II.6.1. Effet hypoglycémiant.....	11
II.6.2. Activité anti-inflammatoire.....	12
II.6.3. Effet anti viral, anti toxine et antimicrobien.....	12
II.6.4. Autres propriétés.....	12
II.7. Utilisations.....	13
MATERIEL ET METHODES	
I. Matériel.....	15
I.1. Matériel biologique.....	15

I.1.1. Matériel végétal.....	15
I.1.2. Matériel animal.....	16
I.1.3. Les microorganismes.....	17
I.2. Matériel non biologique.....	18
II. Méthodes.....	19
II.1. Préparation du matériel végétal.....	19
II.1.1. Préparation du jus.....	19
II.1.2. Préparation de la poudre.....	19
II.2. Détermination du pH.....	20
II.3. Détermination de la matière sèche.....	20
II.4. Détermination de la matière minérale.....	21
II.5. Recherche de métabolites secondaires.....	21
II.6. Etude toxicologique.....	23
II.7. Etude des activités biologiques.....	24
II.7.1. Etude de l'activité hypoglycémiante.....	24
II.7.2. Etude de l'activité anti-inflammatoire.....	27
II.7.3. Etude de l'activité antimicrobienne.....	29
RESULTATS ET DISCUSSION	
I. Résultats.....	32
I.1. Détermination du pH.....	32
I.2. Détermination de la matière sèche.....	32
I.3. Détermination de la matière minérale.....	32
I.4. Recherche des métabolites secondaires.....	32
I.5. Etude toxicologique.....	33
I.6. Etude des activités biologiques.....	33
I.6.1. Activité hypoglycémiante.....	33
I.6.2. Activité anti-inflammatoire.....	34
I.6.3. Activité antimicrobienne.....	36
II. Discussion.....	39
CONCLUSION.....	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	43
ANNEXES.	

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité les plantes médicinales sont utilisées pour soulager et guérir les maladies humaines, les remèdes naturels furent la principale, voire l'unique recours de la médecine. Selon l'OMS (l'Organisation Mondiale de la Santé), environ 80% de la population des pays en voie de développement ont recours presque exclusivement à la médecine traditionnelle à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**Kansole, 2009**).

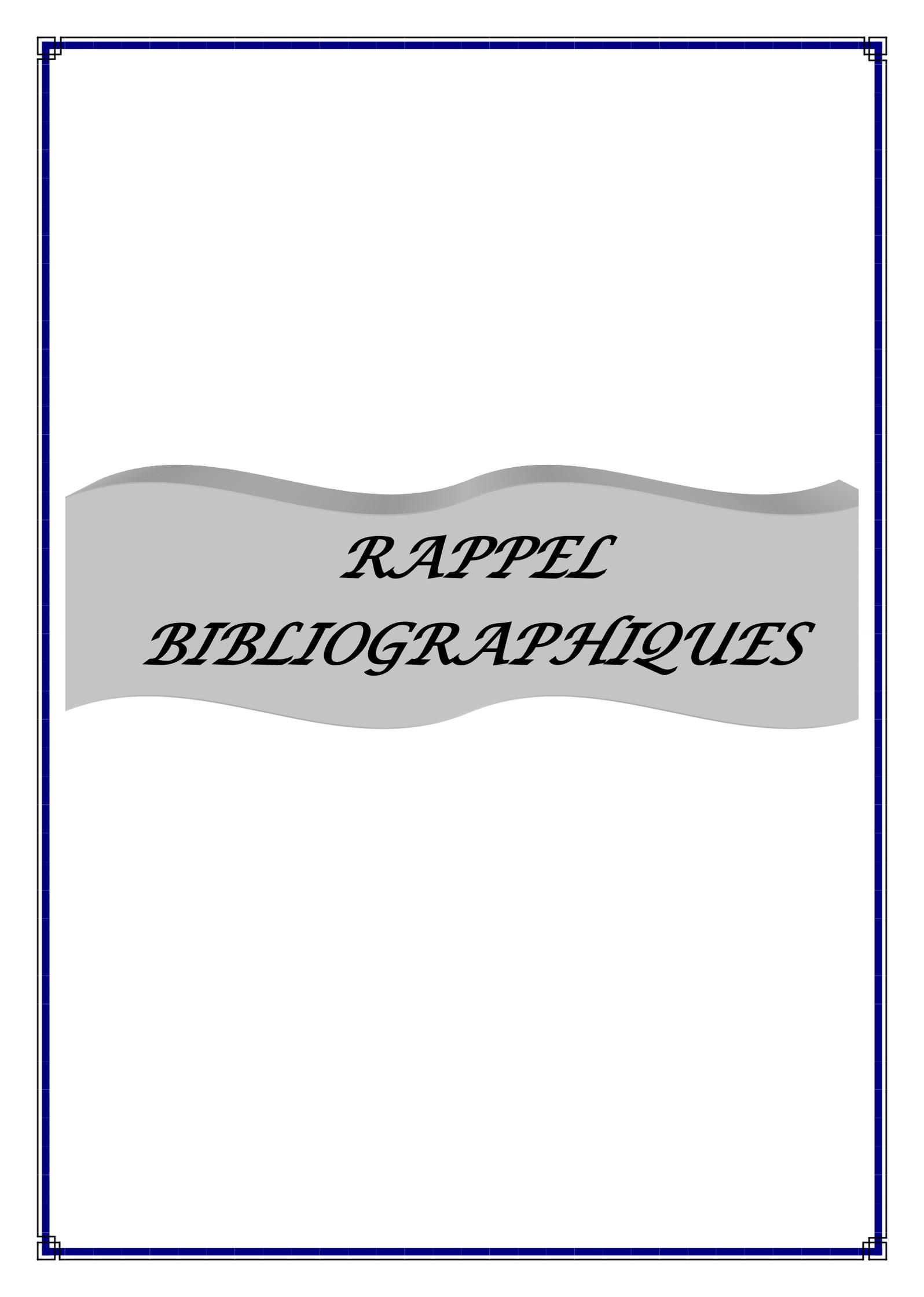
En effet, les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs à l'intérieure de leurs organes. De nombreuses études ont mis en évidence la présence de métabolites secondaires doués d'activités biologiques telles que les polyphénols, les alcaloïdes, les terpènes...etc. (**Bruneton, 1999**).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, se trouve le genre *Opuntia*, ce dernier est largement distribué surtout dans les régions arides et semi arides. De nombreuses espèces appartiennent à ce genre, parmi les espèces les plus connues se trouve *Opuntia ficus indica* Mill. Cette plante est appelé communément le figuier de barbarie, elle appartient à la famille des Cactacées qui sont des xérophytes de type CAM (Crassulcean Acid Metabolism). Cette plante est très répandue dans le monde notamment, en Algérie. Elle est employée dans beaucoup de région dans le monde, principalement pour la nourriture et la médecine traditionnelle (**Contreras-Padilla, et al., 2011**).

Les espèces de genre *Opuntia* dont l'espèce de *Opuntia ficus indica* Mill. possèdent des activités biologiques intéressantes pour la santé humaine. Une activité hypoglycémiant de *Opuntia ficus indica* Mill. a été mis en évidence par plusieurs chercheurs dont **Farati et al. (1990)**, **Alarcán-Aguilar et al. (2003)**, **Hassan et al. (2011)** et **Halimi et al. (2012)**. L'effet anti-inflammatoire de l'espèce de *Opuntia ficus indica* Mill. a été montré par les travaux de **Parck et al. (1998)**, **Loro et al. (1999)** et les travaux de **Parck et al. (2001)**. La recherche d'une activité antimicrobienne font l'objet de plusieurs études, dont celles de **Zourgui et al. (2008)**. Des propriétés antioxydants de *Opuntia ficus indica* Mill.

Ainsi, notre travail a pour but d'étudier la phytochimie et d'évaluer certaines activités biologiques des extraits des jeunes cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. qui sont associées à l'utilisation de la plante en tant qu'une plante médicinale.

Le screening phytochimique est réalisé sur deux types d'extraits de cladodes (le jus pur et l'infusé de la poudre de cladodes) dans le but de rechercher les principaux métabolites secondaires. Une étude toxicologique des deux extraits est effectuée pour éviter tout éventuel risque de toxicité lors des tests biologiques. Trois activités biologiques des extraits sont évaluées, à savoir, l'activité hypoglycémisante (*in vivo*), l'activité anti-inflammatoire (*in vivo*) et en fin l'activité antimicrobienne (*in vitro*).



RAPPEL
BIBLIOGRAPHIQUES

I. Les plantes médicinales

I.1. Définition de la phytothérapie

Le mot phytothérapie se compose étymologiquement de deux racines grecques : *phyton* et *thérapeia* qui signifient respectivement plante et traitement. La phytothérapie peut donc se définir comme étant un traitement ou une prévention de certaines maladies par l'usage des plantes (Anton et Wichtl, 2003 ; Zeghad, 2009).

I.2. Définition de plante médicinale

Une plante médicinale est une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (Farnsworth *et al.*, 1986). Environ 35000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales (Elqaj *et al.*, 2007).

Les vertus thérapeutiques des plantes médicinales peuvent varier avec la partie de plante utilisée ou encore selon le type des plantes que l'on associe entre elles. On considère les plantes et leurs effets en fonction de leurs principes actifs c'est pour cela, les plantes sont aujourd'hui plus en plus utilisées par l'industrie pharmaceutique (Iserin, 2001).

I.3. Choix des plantes médicinales

Une plante médicinale peut être généralisée si elle obéit à plusieurs critères (Pousset, 1989).

- Peu ou pas de toxicité.
- Utilisation pour une indication donnée dans plusieurs pays.
- Posologie précisée

I.4. Mode de préparation des plantes médicinales

L'utilisation la plus traditionnelle des plantes médicinales est la tisane qui est un terme plus technique pour la majorité des préparations, telle que les infusions et les décoctions (Scimeca et Tétou, 2008).

➤ **Infusion** : est une préparation pour laquelle on verse de l'eau bouillante ou presque bouillante sur une plante ou une partie de plante, habituellement des feuilles ou des fleurs séchées ou fraîches, on laisse l'infusion reposer pendant 5 à 15 mn (**Paul et al., 2005**). L'action de l'eau chaude sur la plante permet d'extraire les principes actifs de la plante (**Scimeca et Tétou, 2008**).

➤ **Décoction** : est une préparation des parties les plus dures ou ligneuses de la plante, généralement les racines et les écorces que l'on fait bouillir pendant un laps de temps variable à une température ambiante (**Scimeca et Tétou, 2008**).

➤ **Macération** : est une préparation pour laquelle on laisse longuement tremper les plantes dans un liquide froid (Eau, Huile, Alcool, Vinaigre...). En macérant dans l'eau la plante est mise à macérer quelques heures ou toute la nuit, en macérant dans d'autres solvants, la plante est laissée macérer pendant au maximum 15 jours et les préparations se gardent plus longtemps (**Lacoste, 2011**).

➤ **Poudre végétale** : Les plantes médicinales peuvent être préparées sous forme de poudre obtenue par pulvérisation dans un mortier ou dans un moulin, peuvent s'utiliser pour un soin tant interne qu'externe. Les poudres sont parfois comprimées en cachets et parfois utilisées telles quelles (**Ali-Dellile 2007**).

D'autres formes galéniques peuvent remplacer les plantes telle que les gélules d'extraits de plante ou de poudre de plante, les ampoules buvables, les sirops, les macérâtes glycinées et les suspensions de plantes fraîches (**Poletti, 1982**). Pour les applications cutanées, on utilise des crèmes ou des pommades à base de plantes (**Pelt et al., 2007**).

I.5. Principaux composés actifs des plantes

Les plantes possèdent l'originalité de produire un nombre important de différents types de molécules. Ces derniers constituent une source naturelle de composés pour l'Homme dans des domaines variés. Parmi ces composés se trouvent les métabolites secondaires qui sont un groupe diversifié de molécules impliquées dans l'adaptation des plantes à leurs environnements. Ils peuvent être classés en plusieurs grands groupes, parmi ceux-ci les terpénoïdes, les composés azotés dont les alcaloïdes et les composés phénoliques (**Boufennara, 2012**).

I.5.1. Les composés phénoliques

Ils sont des molécules possédant un ou plusieurs fonction phénoliques c'est-à-dire un ou plusieurs cycles (noyau) benzéniques portant un groupement hydroxyle libre ou engagé dans une fonction ester, éther ou hétéroside (**Krief, 2003**).

I.5.1.1. Les Flavonoïdes

Ils sont des combinaisons naturelles de phénol avec des noyaux aromatiques. En fonction de leur structure et du degré d'oxydation, ils se divisent en flavonols, flavones et flavonones (**Guignard, 2000**). Les flavonoïdes sont des pigments quasiment universels des végétaux. Presque toujours hydrosolubles, ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ils sont également présents dans la cuticule épidermique des feuilles, assurant la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement ultraviolet (**Bruneton, 1999**).

I.5.1.2. Les Anthocyanes

Ce sont des pigments végétaux hydrosolubles de couleur rouge, violette ou bleue. Ils sont caractérisés par une génine comportant un noyau flavylum (2phénylbenzopyroxonium). S'accumulent dans les vacuoles des cellules les plus externes (épiderme et hypoderme), leur rôle est attractif pour les insectes (**Bruneton, 1993**).

I.5.1.3. Les Tanins

Sont des molécules naturellement synthétisées par les plantes en réponse aux différents stress biotiques et abiotiques. Ils sont présents approximativement dans 80% des plantes ligneuses et dans 15% des plantes herbacées (**Frutos et al., 2002 ; Sliwinski et al., 2002**) existent dans presque chaque partie de la plante ; écorces, bois, feuilles, fleurs et racines (**Cowan, 1999**). Ils classés en deux grands groupes ; les tanins hydrolysables ou tanins galliques et les tanins condensés.

Les tanins hydrolysables sont des oligo ou poly-esters formés d'un sucre comportant plusieurs liaisons esters avec des acides galliques. Comme leur nom l'indique, ces substances s'hydrolysent facilement en milieu acide et alcalins et sous l'action d'enzyme pour donner des glucosides et des acides galliques. Les tanins condensés ou tanins non hydrolysables sont des oligomères ou des polymères d'unités flavonoïdes (**Brunet, 2008**).

Les tanins ont une très haute affinité pour les protéines et forment des complexes protéines-tanins qui se fait par l'intermédiaire des liaisons hydrogènes entre les groupements OH et NH₂ des protéines et les OH phénoliques des tanins (**Guignard, 1996**).

I.5.1.4. Les coumarines

Ce sont des substances naturelles organiques aromatiques. Elles sont des 2H-1- benzopyran-2-ones qui peuvent être considérées en premier approximation comme une lactone de l'acide 2-hydroxy-Z-cinnamique. Elles sont fréquemment hydroxylées en position 7 et ces hydroxyles peuvent être méthylés ou engagés dans une liaison hétérosidique. Près d'un millier de coumarines naturelles ont décrites, elles sont très largement distribuées dans le monde végétal. Elles sont responsables de la phototoxicité de certaines espèces végétales, qui se manifeste par une dermatite aiguë. Le bergaptène **7** est d'ailleurs utilisé pour ses propriétés photodynamisantes dans le traitement du psoriasis, et certaines coumarines sont aussi utilisées dans les produits solaires. (**Krief, 2003**)

I.5.2. Les terpènes

Ce sont des hydrocarbures naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte. Ces substances organiques font parti des métabolites secondaires les plus répandus dans la nature. En effet, plus de 36.000 structures différentes ont été identifiées. Ils sont appelés aussi isoprénoides car leur dégradation thermique libère le gaz isoprène. Plusieurs sont isolés à partir des fleurs, des tiges, des racines et différentes parties des plantes (**Bruneton, 1999**).

Les terpénoides sont distingués dans les différentes classes selon le nombre des unités isopréniques qu'ils contiennent. L'unité de numération est basée sur le premier terpénoïde isolé en 1850 qui était un C₁₀ les monoterpènes, diterpènes (C₂₀), triterpènes (C₃₀), tétraterpènes (C₄₀) et les polyterpènes (> C₄₀) (**Malecky, 2006**).

Parmi les triterpènes se trouvent les saponosides qui sont appelés aussi les saponines, ils constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Ils se caractérisent par des effets tensio-actifs leur conférant la propriété de former des solutions moussantes lorsqu'ils sont dissous dans l'eau. Les saponosides sont des hétérosides à génine, ils peuvent être classés en deux groupes selon la nature de leur génine qui peut être stéroïdique ou triterpénique.

Les saponosides jouent un rôle de défense du végétal contre les pathogènes microbiens et présentent des propriétés antitussives, anti-œdémateuses, analgésiques et hémolytiques **(Krief, 2003)**.

I.5.3. Les polysaccharides

Les polysaccharides sont des polymères constitués d'un enchainement de molécules dont les unités structurales de base sont des monomères de sucres. Ils sont des substances de masse moléculaire très élevée, résultant de la condensation d'un grand nombre de molécules d'oses, les plus importants sont les mucilages présents dans les racines, les feuilles et les graines et qui gonflent au contact de l'eau et forment une solution visqueuse (gel). Ce mucilage sert à stocker l'eau chez les plantes succulentes notamment le cactus et les plantes grasses **(Mkedder, 2006)**.

Ils possèdent plusieurs propriétés thérapeutiques, ils agissent sur le diabète, sur le cancer et aussi sur les virus **(Aboughe-Angne, 2010)**.

I.5.4. Les Alcaloïdes

Ce sont des composés organiques azotés, basique, pharmaceutiquement très actifs. D'origine naturelle et de distribution restreinte, les alcaloïdes existent sous forme de sels solubles (citrate, malate et benzoate) ou sous forme d'une combinaison avec les tanins. Ils sont synthétisés à partir des plantes supérieures pour la protection contre le stress et les herbivores **(Bruneton, 1999)**.

I.6. Les principales propriétés thérapeutiques des métabolites secondaires

Métabolites secondaires	Propriétés thérapeutiques
Flavonoïdes	Anti-inflammatoires, Antioxydants, Antivirales et antibiotiques (Bruneton, 1999).
Tanins	Antiseptiques, diurétiques, expectorantes et stimulantes (Guignard, 1996).
Mucilages	Anti-inflammatoire, adoucissantes (Isrin 2001). Hypoglycémiantes (Alarcon-Aguilar <i>et al.</i> , (2003).
Saponosides	Anti-inflammatoires et anti œdémateux (Isrin 2001).
Alcaloïdes	Antispasmodiques et antidiarrhéiques (Bruneton, 1999).
Anthocynes	Antioxydants (Isrin 2001).

II. FIGUIER DE BARBARIE : *Opuntia ficus indica* Mill.

II.1.Généralités

Le figuier de barbarie appartient à la famille des Cactacées, qui sont des plantes xérophytes et succulentes, qui ont réussi à développer une aptitude à se contenter de peu d'eau et qui peuvent donc survivre à de très longues périodes de sécheresse (Judd *et al.*, 2002).

Il appartient au genre des *Opuntia*, elles sont les plus importantes et les plus répandues de la famille des Cactacées. Ce genre a été décrit dès 1754 par le jardinier et le botaniste Anglais Philip Miller. Il est réparti en quatre sous genres et environ 300 espèces (Manke, 2002).

Le sous genre le plus important et plus commun en Algérie est *Platyopuntia* (Lallouche, 2008), il est caractérisé par des articles aplatis en raquettes, feuilles petites et caduques et des épines non gainées (Habibi, 2004).

II.2.Noms vernaculaires

Il existe plusieurs noms pour *Opuntia ficus indica* Mill. à travers le monde :

- Au Mexique : Nopal (Botineau, 2010).
- En Espagne : Nopalito, higos de Pala (Schweizer, 1999).

- En Angleterre: Barbary fig, prickly pear (**Schweizer, 1999**).
 - En Italie: fico d'india (**Schweizer, 1999**).
 - En France : figues de barbarie.
 - Les Arabes lui donne le nom El Hindi, Sobbaîra, El Tin Alchawki (**Belouad, 2005**).
- Au Maroc et Sahara occidental la plante porte le nom ; Sumbo, dlaf, karnif (**Aît Youssef, 2006**).
- En Algérie : Sabbar, El Hendi, Kermos en sara (figue de barbarie), le nom berbère et targui : Troumoucht, Laarsa, Lyiroumiylin, Takarmousth (**Baba-Aïssa, 2011 ; Belouad, 2005**).

II.3. Systématique

Le figuier de barbarie est classé selon **APG II 2009** comme suit :

- **Règne** : Plantae.
- **Embranchement** : Phanérogames.
- **Sous embranchement** : Angiospermes.
- **Classe** : Dicotylédones.
- **Sous classe** : Polypétales.
- **Ordre** : Caryophyllales (Opuntiales).
- **Famille** : Cactaceae.
- **Genre** : Opuntia.
- **Sous genre** : Platyopuntia.
- **Espèce**: *Opuntia ficus indica* Mill.

II.4. Description botanique

Le figuier de barbarie *Opuntia ficus indica* est une plante grasse, atteignant environ 3m de hauteurs, à forme caractéristique ; rameaux composés d'éléments ovoïdes aplatis, charnus épais ressemblant à des raquettes appelés cladodes (**Baba-Aïssa, 2011**) (**Fig.01**).



Figure 01 : Aspect général de *Opuntia ficus indica* Mill. (**Original, 2013**).

II.4.1. Les cladodes

Ont une couleur verte à bleu vert, ayant une longueur de 20 à 60 cm et une largeur de 10 à 40 cm (**Fried, 2012**). Les cladodes portent sur leur surface de petites aréoles, des épines portent à leurs bases un faisceau de glochides barbelés, aisément détachables (**Couplan et Styner 1994 ; Beloued, 2005**).

Ses épines mesurant parfois jusqu'à 1 cm de long, sont solitaires ou groupées en paires. Selon la présence ou non d'épines on peut avoir des formes inermes (cladodes sans épines) ou épineuses dans une même espèce (**Wolfgang et Podlech, 1989**).

La phase de croissance des cladodes ne dure que quelques semaines, au printemps et automne, suivie d'une phase de développement, d'épaississement et de consolidation. Les jeunes cladodes naissant vers l'extrémité des cladodes adultes (**Benabid, 2000**), elles sont également tendres et savoureuses (**Botineau, 2010**).

Les tiges deviennent ligneuses avec l'âge et forment de véritables troncs épais (**Couplan et Styner, 1994**).

II.4.2. Les feuilles

Ce sont de petites languettes présentes sur les tiges lorsque la plante est jeune (**Couplan et Styner, 1994**). Elles sont éphémères et caduques et sont remplacées par des épines (**Bartels, 1997**). Les petites feuilles de la plante ne sont pas fonctionnelles et l'activité photosynthétique est assurée par les cladodes (**Hallé, 2008**).

II.4.3. Les fleurs

Les fleurs sont marginales sur le sommet et les bords des cladodes, elles sont de couleur brillante, jaune et deviennent rougeâtre à la proche de la sénescence (Vermeulen, 2002). Elles sont hermaphrodites, de 6 à 8 cm de large, possèdent de nombreux sépales et pétales épais soudés en coupe à la base avec un nombre indéfini d'étamines (Bayer *et al.* 1990). (Fig. 02).

Dans les régions tempérées, la floraison à lieu en Avril-Mai et dans certaines contrées chaudes arides, la plante fleurit deux fois dans l'année (Schweizer, 1999).



Figure 02 : fleurs de *Opuntia ficus indica* Mill. (Original, 2013).

II.4.4. Les fruits

Appelés figues de barbarie, qui sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes tronquées au sommet, ils sont de 5 à 9 cm de large, de couleur verdâtre ou jaune à maturité. La partie externe du fruit est pourvue de nœuds et d'entre-nœuds, et généralement munie d'épines et de glochides (Boullard, 2001). (Fig.03). La pulpe est sucrée, juteuse et parsemée de nombreuses graines noires qui constituent 12 à 15 % du fruit. Elle est de couleur jaune orangée, rouge ou pourpre. La fructification à lieu en Juillet – Août. (Benabid, 2000).



Figure 03 : fruits de *Opuntia ficus indica* Mill. (Original, 2013).

II.4.5. Système racinaire

L'enracinement est généralement de type fasciculé, mais les racines peuvent s'enfoncer à plusieurs mètres lorsque le sol est meuble. Le système racinaire superficiel est particulièrement dense et semble se renouveler chaque année, les racines mortes laissent dans le sol une importante quantité de matières organiques au point de changer la couleur des horizons superficiels dans les vieilles plantations. Le système racinaire est caractérisé par une grande capacité d'absorption d'eau qui augmente parallèlement avec l'élévation des températures du sol (Bugaret, 2010).

II.5. Origine et répartition géographique

Le figuier de barbarie est originaire des régions arides et semi arides de l'Amérique tropicale (Sud des Etats Unies et Mexique). La plante est introduite en Europe vers le 15^{ème} siècle par l'Espagnole Christophe Colomb, elle est cultivée en Italie et en Portugal. L'introduction de la plante en Asie a eu lieu à la fin du 17^{ème} siècle, sa présence est signalée aux Philippines dès 1695, en Chine vers 1700 et en Inde vers 1780 et actuellement, elle est présente dans d'autre pays

En Australie, l'introduction a commencé entre le 17^{ème} et le 18^{ème} siècle. Vers le 16^{ème} siècle la plante introduite en Afrique du Nord. En Afrique de Sud l'introduction de la plante a été commencée vers le 19^{ème} siècle (Barbara 1995 ; cité par Hadj Sadok, 2010).

En Algérie, la plante est très commune, elle est plantée autour des habitations rurales en Kabylie, en Aurès et en Oranie où elle forme des haies impénétrables (Beloued, 2005).

En général, la plante est présente dans différentes régions et continents grâce à son adaptation et sa résistance aux rigueurs des climats arides par ses capacités d'emmagasinier des réserves d'eau et sa réduction de la transpiration (**Rose, 1958 ; cité par Hadj Sadok, 2010**).

II.6. Indications thérapeutiques

Grace aux nombreuses molécules actives qui composent la plante, elle permet de lutter efficacement contre quelques affections les plus fréquentes et les plus graves de notre temps comme ; angoisse, l'artériosclérose, le cholestérol, le diabète, le stress...etc (**Scimeca et Tétou, 2008**).

II.6.1. Effet hypoglycémiant

Les jeunes cladodes sont utilisés traditionnellement comme un remède antidiabétique (**Saenz, 2000**). L'activité hypoglycémiant de cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. a été mentionné par les travaux de **Alarcan-Aguilar et al. (2003)** et ceux de **Halimi et al. (2012)**. Qui ont trouvé une importante activité hypoglycémiant des extraits de cladodes. Une autre étude a été faite par **Farati et al. (1990)** sur 8 patients diabétiques, cette étude a montré aussi l'effet hypoglycémiant des cladodes. Les travaux de **Hassan et al. (2011)** ont signalé l'effet hypoglycémiant des fruits de *Opuntia ficus indica* Mill.

Par ailleurs, autres travaux ont mis en évidence l'activité hypoglycémiant des autres espèces du genre *Opuntia*. comme ceux de **Roman-Rumos et al. 1995 ; cité par Hassan et al. (2011)**. et ceux de **Zhao et al. (2011)** sur *Opuntia dillenii*.

Selon ces auteurs, l'activité hypoglycémiant de *Opuntia* est liée principalement à la présence des polysaccharides et des polyphénols dans la plante.

II.6.2. Effet anti-inflammatoire

Des travaux ont montré l'effet analgésique et anti-inflammatoire des espèces du genre *Opuntia*. Les travaux de **Parck et al., (1998)**, **Loro et al. (1999)** et **Parck et al., (2001)** ont montré une action anti-inflammatoire de cladodes et de fruits de *Opuntia ficus indica* Mill. L'activité anti-inflammatoire des extraits de plantes serait liée à la présence de bêta-Sitostérol dans la plante.

Effet antimicrobien

D'après **Mendez et al., (2012)**, la plante possède un effet antimicrobien grâce à la présence de certains métabolites secondaires notamment ; les tanins, les saponines et les terpènes. Autres travaux ont mises en évidences l'effet antimicrobien de *Opuntia ficus indica* Mill. Comme ceux de **Zourgui et al. (2008)**, et celles de **Gasmi et al. (2009)**.

Un effet antiviral a été observé par **Ahmed et al. (1996)** cité par **Manpreet et al. (2012)**, selon ces auteurs l'administration d'un extrait de cladode aux rats inhibe la réplication des ADN et ARN de certains virus comme l'Herpes virus type 2, le virus de la grippe.

II.6.3. Autres indications

La plante possède d'autres effets thérapeutiques :

- Inhibition d'ulcération d'estomac (**Galati et al., 2003**).
- Effets neuroprotective (**Dok-Go et al., 2003**).
- Activité anticancéreuse (**Loro et al., 1999; Sreekanth et al., 2007**).
- Hepatoprotective (**Ncibi et al., 2008**).
- Propriétés antioxydants (**Alimi et al., 2011**).
- Traitement des allergies (**Lee et al., 2002**).
- Propriétés hydratantes (**Benzanger –Beauquesne et al., 1990**).
- Propriétés diurétiques (**Galati et al., 2002**).

II.7.Utilisations

L'utilisation de *Opuntia ficus indica* Mill. Concerne principalement les domaines suivants ;

- Production des fruits et des cladodes

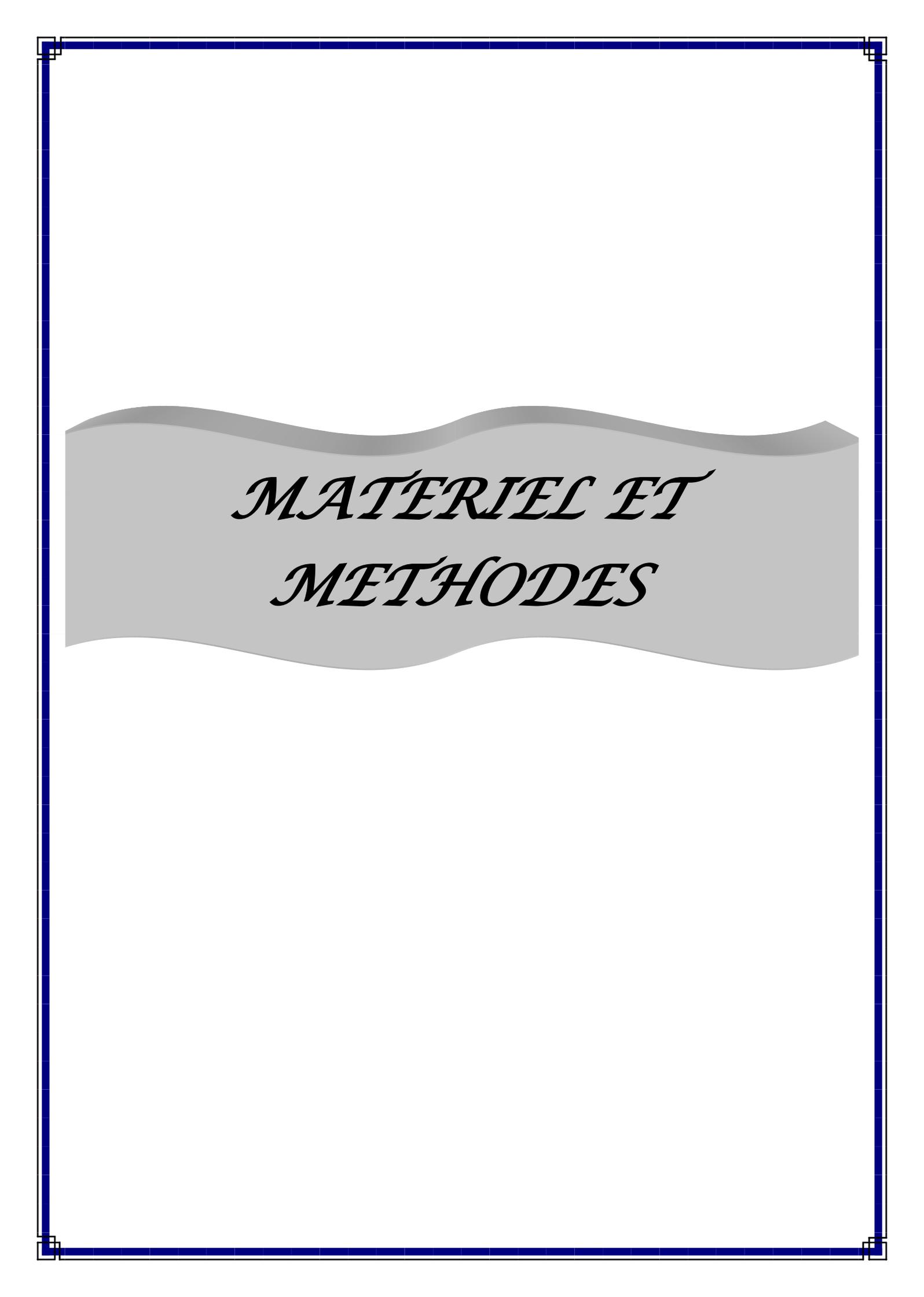
Les fruits murs et sucrés d'*Opuntia* peuvent être consommés à l'état frais, séchés, congelés ou transformés en jus concentré en boisson alcoolisée, en confiture ou en huile alimentaire de la graine. On peut obtenir par la pulpe du fruit de nombreux sous produits comme ; la moutarde, le miel et des fruits sec (**Mulas, 2004**). Les cladodes sont consommés comme condiment ou légume (**Walali Loudyi, 1995**).

- Production de fourrage

La plante constitue une source fourragère pour l'alimentation du bétail (**Araba et al., 2000**).

- Fabrication des produits de cosmétiques.

Les cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. Sont utilisés pour la fabrication de champoings, d'assouplissants de cheveux et des crèmes hydratantes pour le visage (**Araba et al., 2000**).



*MATÉRIEL ET
MÉTODES*

Le travail expérimental a été réalisé au sein de la filiale ANTIBIOTICALE de l'Entreprise de Fabrication des Produits Pharmaceutiques SAIDAL de Médéa au niveau du laboratoire de microbiologie, de physico-chimie et de pharmacotoxicologie. La durée du stage est de 45 jours (du 15 Avril au 31 Mai 2013). La partie microbiologique a été réalisée au niveau de l'Etablissement Public Hospitalier de Médéa, unité de Microbiologie.

I. MATERIEL

I.1. Matériel biologique

I.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est composé de jeunes cladodes (raquettes) de *Opuntia ficus indica* Mill. dont le poids varie entre 300 et 600g /cladode. Les cladodes sont récoltés durant la période du stage dans la région d'El Hamdania située à 18 Km de la ville de Médéa.

L'identification botanique de l'espèce a été faite au département de botanique de l'Ecole National des Sciences Agronomiques (ENSA) d'El Harrach et au niveau du parc national de Chéréa, secteur d'El Hamdania.

➤ Situation géographique et climatique de la région de récolte

La région de récolte de notre plante se situe dans la partie Ouest du parc national de Chéréa, au niveau de la région d'El Hamdania, station Sidi Rabah à 493m d'altitude. Elle appartient à l'étage bioclimatique Sub-humide tempéré occupant l'étage thermo méditerranéen.

Le tableau I regroupe l'ensemble des informations relatives à la situation géographique de la station de récolte de la plante.

Tableau I : Situation géographique de la station de récolte de la plante.

<i>La région</i>	<i>Station</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Emplacement de la station</i>	<i>Précipitation annuelle</i>
<i>El Hamdania Médéa</i>	<i>Sidi Rabah</i>	<i>2° 47'</i>	<i>36° 22'</i>	<i>493m</i>	<i>Piémont</i>	<i>663.3mm</i>

➤ Conservation du matériel végétal

Les cladodes une fois prélevés, sont mises dans des sachets en plastique et conservés au réfrigérateur à 4°C pendant une période qui ne doit pas dépasser 4 jours pour les cladodes utilisés pour la préparation du jus.

I.1.2. Matériel animal

Pour la réalisation de notre expérimentation nous avons utilisé des animaux de laboratoire qui ont été élevés au niveau du laboratoire de Pharmacotoxicologie, unité Animalerie du complexe ANTIBIOTICAL de SAIDAL, il s'agit des lapins Albinos et des souris NMRI.

➤ Les lapins

Au total, 18 lapins de souche Albinos de sexe mâle et femelle sont utilisés pour l'étude de l'activité hypoglycémiant. Le poids des animaux varie entre 2000 à 3200 grammes (Fig.04).



Figure 04 : Lapins Albinos (Original, 2013).

➤ Les souris

Au total, 52 souris de souche NMRI (Naval Medical Research Institute) d'origine SWISS, de sexe mâle et femelle sont utilisées. 36 souris sont servies à l'étude de l'activité anti inflammatoire et 16 souris à l'étude toxicologique. Le poids moyens des souris est de 25 g (Fig.05).



Figure 05 : Souris N.M.R.I (Original, 2013).

➤ **Condition d'élevage**

Les animaux sont maintenus dans l'animalerie de pharmacotoxicologie du complexe ANTIBIOTICAL de SAIDAL dans des cages en inox pour les lapins et dans des cages en makrolon avec grilles en inox pour les souris, avec certaines conditions :

- Température ambiante de 20 à 24°C.
- Eclairage de 10 heures/jours.
- Taux d'humidité de 50 à 70%.

➤ **Alimentation des animaux**

Les animaux sont maintenus à libre accès à la nourriture et à l'eau. Les aliments sont des granulés de composition équilibrée, l'eau de boisson potable est renouvelée quotidiennement.

I.1.3. Les microorganismes

Les microorganismes utilisés dans l'étude de l'activité antimicrobienne sont des souches bactériennes référenciées ATCC (American Type Culture Collection) et des souches fongiques fournis par le laboratoire de microbiologie du groupe ANTIBIOTICAL SAIDAL de Médéa et l'Unité de microbiologie de l'Etablissement Public Hospitalier de Médéa.

Le tableau II regroupe les caractéristiques des différentes souches microbiennes utilisées.

Tableau II : caractéristiques des souches microbiennes utilisées.

<i>Les souches</i>		<i>Référence</i>	<i>Coloration de Gram</i>
Bactéries	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	ATCC 12228	Bactérie Gram (+)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	Bactérie Gram (+)
	<i>Sarcina lutea</i>	ATCC 9341	Bactérie Gram (+)
	<i>Bacillus subtilus</i>	ATCC 6633	Bactérie Gram (+)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	Bactérie Gram (-)
	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 10536	Bactérie Gram (-)
Champignons	<i>Candida albicans</i>	ATCC 2091	-
	<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	-	-
	<i>Penicillium sp</i>	-	-

(- : pas de référence).

I.1.4. Matériel non biologique

L'Appareillage, la verrerie et les réactifs sont regroupés dans l'annexe 1.

II. METHODES

II.1.Préparation du matériel végétal

Notre étude a porté sur le jus et la poudre des cladodes séchées de *Opuntia ficus indica* Mill.

II.1.1. Préparation du jus

Le jus est préparé selon la méthode de **Hassan *et al.* (2001)** ;

Nous avons choisi des cladodes sains et jeunes, que nous avons nettoyé des épines et des glochides et lavés avec de l'eau de robinet javellisée. Ils sont ensuite coupés en petits morceaux pour faciliter la pression. L'extraction du jus se fait à l'aide d'un Mixeur sans ajouter de l'eau. La solution obtenue est filtrée à l'aide d'une compresse pour éliminer les fibres. Les échantillons du jus obtenus sont recueillis dans des bouteilles stériles et utilisés le même jour (**Fig.06a**).

II.1.2. Préparation de la poudre végétale

Les cladodes sains et bien nettoyés sont ouverts dans le sens de son longueur, puis mis dans une étuve ventilée réglée à 40°C pendant 7 h pour sécher le gel. Ensuite, les cladodes sont laissés à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant 20 jours. Les cladodes séchés sont broyés à l'aide d'une moulinette électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine (**Fig.06b**). La poudre est conservée dans des sachets en cellulose propres.

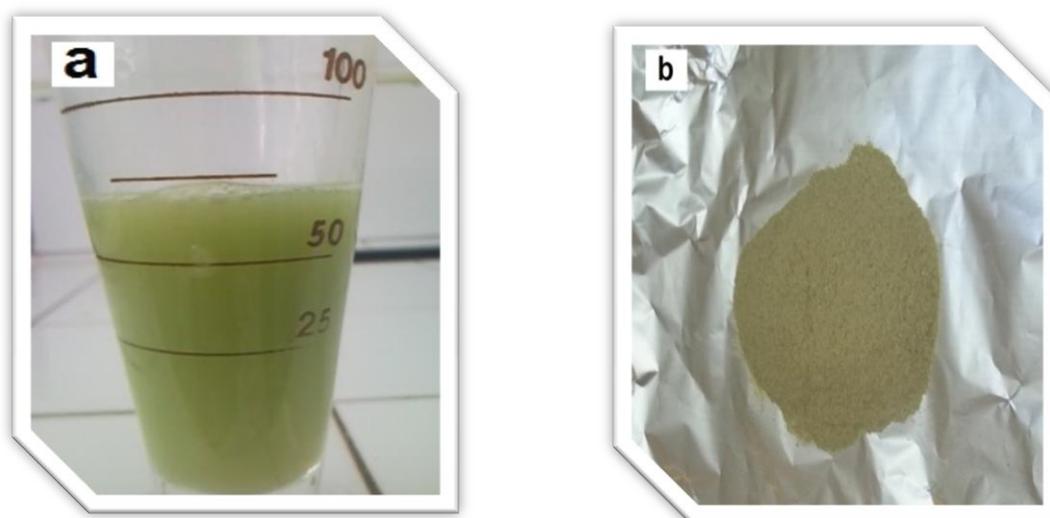


Figure 06 : les extraits des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. (**Original, 2013**).

(**a** : jus, **b** : la poudre végétale).

II.2.Détermination du pH

Selon la pharmacopée Européenne (2005), le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre, il consiste à introduire l'électrode du pH mètre dans le produit à analyser. La valeur de pH est affichée directement sur le pH mètre.

II.3.Détermination de la matière sèche

Le principe est basé sur la dessiccation de la prise d'essai à une température de 105°C dans une étuve jusqu'à l'obtention d'un poids pratiquement constant (Audigie *et al.* 1987 ; cité par Athamen, 2009).

➤ Mode opératoire

Des cladodes frais sont découpés en petits morceaux, sont pesés et séchés dans une étuve réglée à 105°C pendant 24h. L'échantillon est refroidi dans un dessiccateur pendant 30mn puis pesé une deuxième fois. Ensuite, il faut remettre dans une étuve pendant une heure et procéder à une nouvelle pesée. L'opération est poursuivie jusqu'à l'obtention d'un poids pratiquement constant.

➤ Expression des résultats

La teneur en matière sèche est donnée par la relation suivante :

$$MS\% = \frac{P_1}{P_0} \times 100$$

Où :

MS% = Matière sèche en %.

P₀ = Poids de l'échantillon frais en gramme.

P₁ = Poids de l'échantillon après dessiccation en gramme.

La détermination de la teneur en eau est donnée par la relation suivante :

$$H\% = 100 - MS\%$$

H% = Humidité en pourcentage.

MS% = Matière sèche en %.

II.4.Détermination de la matière minérale

La teneur en matière minérale (**MM**) d'une substance est le résidu obtenu après l'incinération de cette substance dans un four à moufles à 550°C (**AFNOR.NFV03-76** ; cité par **Hadj Sadok, 2010**).

➤ Mode opératoire

2g de poudre végétale sont déposées dans un creuset en platine préalablement calciné. Le tout est mis dans un four à moufles à 550°C jusqu'à l'obtention de cendres grises claires (environ 3heures). Ces derniers sont pesés après refroidissement dans un dessiccateur pendant 30 min.

➤ Expression des résultats

La teneur en matière minérale **MM** est donnée par la relation suivante :

$$MM\%(MS) = \frac{P_2 - P_0}{P_1(MS)} \times 100$$

Où :

MM% = Matière minérale en pourcentage.

MS% = Matière sèche en %.

P₀ = Poids de creuset en platine vide en gramme.

P₁ = Poids de la prise d'essai en gramme.

P₂ = Poids de creuset en platine après minéralisation (calcination).

La détermination de la teneur en matière organique **MO** est calculée comme suit ;

$$MO\% = 100 - MM\%$$

MO% = Matière organique en pourcentage.

MM% = Matière minérale en pourcentage.

II.5.Recherche des métabolites secondaires

La mise en évidence des métabolites secondaires est faite par la méthode de réaction en tubes. Les résultats sont classés comme suit :

- Test négative (absence) : -
- Réaction (positive) : +

Les métabolites secondaires, sont recherchés aussi bien dans le jus que dans la poudre végétale. Dans le cas de la poudre végétale, nous avons utilisé l'infusé à 10%. Ce dernier est préparé, en versant 100 ml d'eau distillée bouillie sur 10g de poudre végétale puis en agitant. Après 15 min d'infusion, la solution est filtrée sur un papier Whatman N°1 (**Milligo-Koné et al. 2008**).

II.5.1. Identification des flavonoïdes

5ml de jus et 5 ml de l'infusé de poudre végétale sont versées dans deux tubes séparément. 5ml d'acide chlorhydrique concentré (HCl concentré), 0.5 g de magnésium et 1ml d'alcool isoamylique sont ajoutés dans chaque tube. La réaction dure 3 minutes. En présence des flavonoïdes, se développe une coloration rouge orangée (**Ciulcl, 1982 ; cité par Djemai Zoughlache, 2009**).

II.5.2. Identification des saponosides

À 2ml de jus et à 2ml d'infusé de poudre végétale pris séparément sont ajoutés 1 à 2 ml d'une solution saturée d'acétate de plomb. En présence des saponosides, il y formation d'un précipité blanc (**Ciulcl, 1982 ; cité par Djemai Zoughlache, 2009**).

II.5.3. Identification des tanins

Dans deux tubes à essai contenant séparément 5 ml de jus et 5ml d'infusé de poudre végétale, sont ajoutés 2ml d'une solution de trichlorure de fer (Fe Cl_3) à 5%. La réaction donne une coloration verdâtre ou bleu vert en présence des tanins (**Trease et Evans, 1987 ; cité par Bougandoura, 2011**).

II.5.4. Identification des Anthocyanes

À 5 ml de jus et à 5ml d'infusé de poudre végétale, sont ajoutés 2 ml d'hydroxyle d'ammoniac concentré ($\text{NH}_4 \text{OH}$). L'apparition d'une coloration rouge indique la présence des anthocyanes (**Ciulcl, 1982 ; cité par Djemai Zoughlache, 2009**).

II.5.5. Identification des Alcaloïdes

Dans deux tubes à essai sont versés séparément 5ml de jus et 5ml de l'infusé de poudre végétale. 3ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) et 5ml d'une solution d'iode Mercurate de

potassium (réactif de Valser Mayer) sont ajoutés dans chaque tube. En présence des alcaloïdes la réaction donne un précipité blanc jaune (**Gherib, 1988**).

II.5.6. Identification des glucosides

À 1ml de jus et à 1ml de l'infusé de poudre végétale, sont ajoutés 1 à 2 ml d'acide sulfurique concentré (H₂ SO₄). Le développement d'une coloration rouge brique puis violette indique la présence des glucosides (**Gherib, 1988**).

II.5.7. Identification des coumarines

À 2ml de jus et à 2 ml de l'infusé de poudre végétale, sont ajoutés 20 ml d'éthanol. Le tout est laissé au bain Marie à 60°C pendant 20 mn. Après refroidissement, 5ml de chaque mélange sont versés séparément dans deux tubes à essai. Ensuite, 10 gouttes de KOH et 1.5 ml d'HCl à 10% sont ajoutés dans chaque tube. L'obtention d'un milieu faiblement acide indique la présence des coumarines (**Ciulei, 1982 ; cité par Bouzid, 2009**).

II.5.8. Identification des mucilages

À 1ml de jus et à 1 ml d'infusé de poudre végétale sont ajoutés 5 ml d'éthanol absolu. L'obtention d'un précipité floconneux après agitation indique la présence de mucilage (**Gherib 1988**).

II.5.9. Identification des terpènes

À 5 ml de jus et à 5ml d'infusé de poudre végétale sont ajoutés 5 ml d'acide phosphomolybdique et 5 ml d'acide sulfurique concentré. L'obtention d'une coloration bleue indique la présence des terpènes (**Ciulei, 1982 ; cité par Bouzid, 2009**).

II.6. Etude toxicologique

A fin d'éviter tout éventuel risque de toxicité lors des tests biologiques, il était nécessaire de réaliser des essais de toxicité, pour cela, nous avons testé les extraits des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. sur 16 souris.

II.6.1. Mode opératoire

Nous avons utilisé 16 souris de même sexe (mâle) et de même poids, dont le poids moyen est de 25g et qui sont dans les mêmes conditions d'expérimentation. Nous avons testé le jus et trois doses différentes de l'infusé de poudre des cladodes à raison de 0.5 ml/souris (**pharmacopée Européenne, 2005**).

II.6.2. Répartition des lots de souris

Les souris sont répartis de manière aléatoire en quatre lots à raison de quatre souris / lot. Toutes les souris sont soumises à jeun 18 heures avant l'expérimentation.

- ▶ **Lot 01** : chaque souris reçoit par voie orale l'infusé de poudre végétale à 5% à raison de 0.5ml/ souris.
- ▶ **Lot 02** : chaque souris reçoit par voie orale l'infusé de poudre végétale à 10% à raison de 0.5ml/souris.
- ▶ **Lot 03** : chaque souris reçoit par voie orale l'infusé de poudre végétale à 20% à raison de 0.5ml/souris.
- ▶ **Lot 04** : chaque souris reçoit par voie orale 0.5 ml de jus de cladodes.

Les souris sont mises sous surveillance pendant deux semaines.

II.7. Etude des activités biologiques

II.7.1. Activité hypoglycémiant

L'étude de l'activité hypoglycémiant du jus et de l'infusé de la poudre de cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. a été réalisée sur 18 lapins Albinos.

Le protocole expérimental est inspiré à partir des travaux de **Lawson-Evi et al. (1997)** et **Keita et al. (1998)**, qui ont travaillé sur des lapins et ceux de **Halimi et al. (2012)** ayant travaillé sur le jus des cladodes.

II.7.1.1. Préparation des extraits de la plante

Nous avons testé le jus pur et deux concentrations différentes de l'infusé de poudre des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. à savoir l'infusé à 10% (100g de poudre végétale /1l) et l'infusé à 5% (50g de la poudre végétale /1l) à raison de 2ml/kg.

II.7.1.2. Préparation de la surcharge de glucose

L'épreuve hyperglycémiant est réalisée par l'utilisation d'une solution aqueuse de D⁺ glucose monohydrate pure (C₆H₁₂O₆ H₂O) à 50%, à raison de 2g de glucose/kg de poids de l'animal (**Keita et al., 1998**).

II.7.1.3. Répartition des lots de lapins

Les lapins sont répartis de manière aléatoire en six lots à raison de trois lapins / lot. Tous les lapins ont été soumis à jeun 18h avant l'expérimentation.

➤ **Lots témoins**

- ▶ **Lot 1 :** Lapins sains non traités (**témoin sain**).
- ▶ **Lot 2 :** Lapins en état d'hyperglycémie et non traités (**témoin -**).
- ▶ **Lot 3 :** Lapins en état d'hyperglycémie traités par un médicament hypoglycémiant Glibenclamide (Diabenil[®]) à raison de 10mg/Kg. (**témoin +**).

➤ **Lots traités par les extraits de *Opuntia ficus indica* Mill.**

- ▶ **Lot 4 :** Lapins en état d'hyperglycémie traités par 2 ml/Kg de jus pur de cladode.
- ▶ **Lot 5 :** Lapins en état d'hyperglycémie traités par l'infusé de la poudre végétale à 5% à raison de 2ml/Kg.
- ▶ **Lot 6 :** Lapins en état d'hyperglycémie traités par l'infusé de la poudre végétale à 10% à raison de 2ml/Kg.

II.7.1.4. Administration des traitements

Les extraits des plantes, à savoir le jus et l'infusé de la poudre des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. ont été administrés aux lapins par gavage 15mn avant l'épreuve hyperglycémiant (**Lawson-Evi et al., 1997**). Le produit de référence Glibenclamide (Diabenil[®]) a été administré aux lapins 60 mn avant l'épreuve hyperglycémiant pour faire coïncider le moment d'activité maximum hyperglycémiant de la surcharge de glucose avec celui d'activité maximum hypoglycémiant du médicament (**Keita et al., 1998**).

Le gavage des lapins, est réalisé à l'aide d'une seringue en plastique équipée d'une sonde œsophagique (sonde gastrique) (**Fig.07**).



Figure 07 : Gavage des lapins à l'aide d'une seringue en plastique équipée d'une sonde œsophagique (**Original, 2013**).

II.7.1.5. Détermination de la glycémie

La détermination de la glycémie est faite à l'aide du glycomètre (appareil de mesure de glycémie « **On Call® Plus** »). Une goutte de sang (2 μ l) est prélevée par ponction au niveau de la veine marginale de l'oreille avant le gavage pour déterminer la glycémie de chaque lapin à T₀ puis à 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 et 240 minutes après le gavage de la surcharge de glucose (**Fig.08a**).

La goutte de sang ponctionnée est déposée sur la zone active de bandelette, la lecture de la glycémie se fait automatiquement 10 secondes après (**Fig.08b**), le résultat est exprimé en g/l.

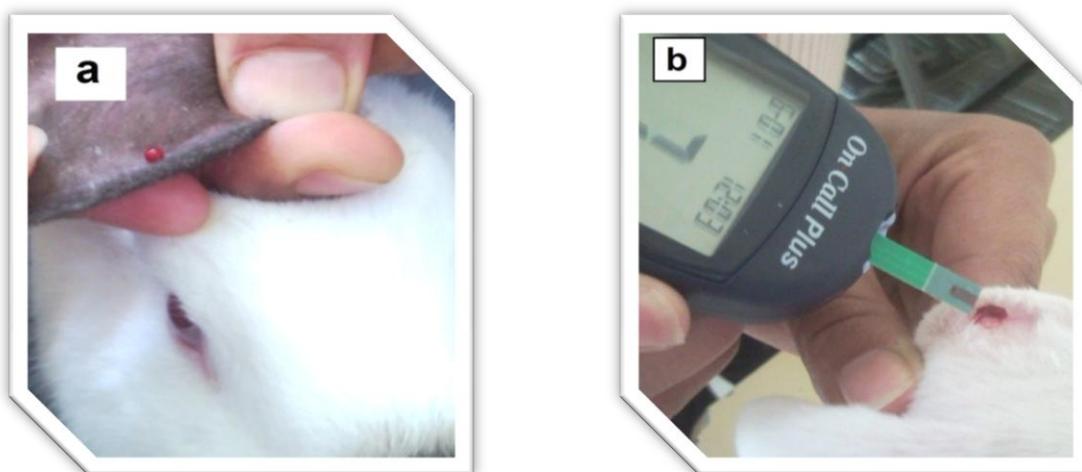


Figure 08 : Prélèvement du sang et détermination du taux de la glycémie. (**Originale, 2013**).
(**a** : Prélèvement du sang au niveau de la veine de la veine marginale de l'oreille, **b** : Détermination du taux de la glycémie).

La répartition des lots de lapins ainsi que la dose de traitement administrée par lot est représentée dans le tableau III.

Tableau III: Répartition des lots de lapins et de la dose de traitement administrée pour chaque lot.

Lots des lapins	Poids moyen des lapins	Dose de la surcharge de glucose	Dose de traitement administré par gavage
Lot sains	3000 g	-	-
Lot non traité (témoin négatif)	2950 g	2 ml / Kg de solution à 50%	-
Lot traité par le Diabénile (témoin positif)	2230 g		10 mg / kg
Lot traité par le jus pur	2222 g		2ml/kg
Lot traité par l'infusé à 5%	3050 g		
Lot traité par l'infusé à 10%	2873		

(- : non traités).

II.7.2. Activité anti-inflammatoire

Cette étude est réalisée dans le but de rechercher une éventuelle activité anti-inflammatoire du jus et de l'infusé de la poudre des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill.

II.7.2.1. Principe

Le test est réalisé sur l'œdème de pattes postérieures gauches des souris, provoqué par l'injection de carraghénine selon la méthode de **Winther *et al.* (1962)**, le protocole expérimental a été inspiré à partir de celui de **Ndiaye *et al.* (2006)**.

II.7.2.2. Choix des doses

➤ Cas de l'infusé de la poudre végétale

Nous avons testé trois doses différentes de l'infusé de la poudre végétale, à savoir 0.5, 1.25 et 2% à raison de 0.5ml/souris. (**Loro, *et al.*, 1999**). (Annexe 2).

➤ Cas du jus de cladodes

0.5 ml du jus pur est administré par voie orale pour chaque souris traitée.

II.7.2.3. Mode opératoire

Les souris sont réparties de manière aléatoire en six lots à raison de six souris par lot, à savoir, quatre lots traités et deux lots témoins. Les souris des six lots sont mises à jeun pendant 18 heures avant l'expérimentation. Pour chaque souris de chaque lot, l'épaisseur initiale (au temps T_0) de la patte postérieure gauche est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse. Le gavage des souris par le jus ou l'infusé de la poudre est réalisé à l'aide d'une seringue en verre équipée d'une sonde œsophagique (**Fig.09**).

➤ **Lots témoins**

▶ **Lot 1:** Souris gavées par 0.5 ml d'eau physiologique. (témoin négatif).

▶ **Lot 2:** Souris traitées par 0.5 ml d'un anti-inflammatoire (Diclofinac®). (témoin positif) (annexe3).

➤ **Lots traités par les deux extraits de *Opuntia ficus indica* Mill.**

▶ **Lot 3 :** Souris traitées par le jus pur à raison de 0.5 ml/ souris.

▶ **Lot 4 :** Souris traitées par l'infusé à 0.5 % à raison de 0.5 ml/ souris.

▶ **Lot 5 :** Souris traitées par l'infusé à 1.25 % à raison de 0.5 ml/ souris.

▶ **Lot 6 :** Souris traitées par l'infusé à 2 % à raison de 0.5 ml/ souris.



Figure 09 : Gavage des souris à l'aide d'une seringue en verre équipée d'une sonde œsophagique. (**Original 2013**).

L'inflammation est provoquée par l'injection de 0.1 ml d'une solution de carraghénine à 1% sous la peau de la patte postérieure gauche de chaque souris 30 minutes après l'administration du traitement.

L'évolution de l'œdème de la patte postérieure gauche est déterminée à 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 et 240 mn après l'injection de la carraghénine par la mesure de l'épaisseur au niveau de l'articulation tarso-métatarsienne à l'aide d'un pied à coulisse.

II.7.2.4. Expression des résultats

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire est exprimée par le pourcentage de l'augmentation et de la réduction de l'œdème chez les souris traitées par rapport au témoin négatif.

Le pourcentage de l'augmentation de l'œdème (AUG%) est calculé par la relation suivante :

$$AUG\% = \frac{\text{Epaisseur de la patte au temps } T - \text{Volume initial } (V_0)}{\text{Volume initial } (V_0)} \times 100$$

Le pourcentage d'inhibition de l'œdème (INH%) est calculé par la relation suivante :

$$INH\% = \frac{AUG\% \text{ témoin négatif} - AUG\% \text{ traité}}{AUG\% \text{ témoin}} \times 100$$

II.7.3. Activité antimicrobienne

La méthode utilisée pour mettre en évidence une éventuelle activité antimicrobienne des extraits de *Opuntia ficus indica* Mill. est la méthode de diffusion à partir d'un disque solide qui est la même que celle adoptée pour tester les antibiotiques (antibiogramme) en remplaçant l'antibiotique par les extraits de notre plante.

Au total, six souches bactériennes référenciées ATCC (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Sarcina lutea* et *Pseudomonas aeruginosa*) et trois souches fongiques (*Penicillium sp*, *Candida albicans* et *Saccharomyces carlsbergensis*) sont testées.

II.7.3.1. Principe

Le principe de cette méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien (produits à tester) en milieu solide. L'effet du produit antimicrobien sur les microorganismes est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition la

souche microbienne sera qualifiée d'être sensible ou résistance au produit testé (**Broadasky et al., 1976 ; cité par Bougandoura, 2011**).

II.7.3.2. Préparation de l'infusé

Dans un tube à essai contenant 10 ml d'eau distillée bouillie, nous ajoutons 1g de poudre végétale puis le mélange est agité énergiquement. Le tube est mis dans une étuve à 60°C pendant 15 mn pour stériliser l'infusé et éviter sa contamination. La phase aqueuse est versée dans une boîte de Pétri stérile.

II.7.3.3. Préparation des suspensions microbiennes

Pour préparer une suspension microbienne, nous avons utilisé des cultures jeunes de 18 à 24 heures pour les souches bactériennes et de 3 à 5 jours pour les souches fongiques. La réactivation des souches est faite par prélèvement, à l'aide d'une anse de platine stérile, de la souche du tube de conservation (souche mère). La culture de cette souche s'effectue sur des milieux spécifiques pour chacune des souches. Les cultures sont incubées à 37°C pendant 24h pour les souches bactériennes, à 25°C pendant 48h pour les levures et à 25°C pendant 3 à 5 jours pour les souches fongiques. 3 à 4 colonies identiques et bien isolées pour les souches bactériennes (environ 10^6 germes / ml) et les levures et quelques spores de *Penicillium sp* (environ 10^{11} germes/ml) sont prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et déposés dans des tubes avec des solutions physiologiques stériles. La suspension est agitée pour homogénéiser.

II.7.3.4. Milieux de cultures utilisés

Cinq milieux de culture sont utilisés :

- **Milieu Hektoïne** : c'est un milieu spécifique, utilisé pour l'isolement de *Escherichia coli* et de *Pseudomonas aeruginosa*.
- **Milieu Chapman** : c'est un milieu spécifique, utilisé pour l'isolement des *Staphylococcus aureus* et les *Staphylococcus epidermidis*.
- **Gélose nutritive** : c'est un milieu général qui favorise la croissance de tous les germes non exigeants, dans notre étude nous avons utilisé ce milieu pour l'isolement de *Bacillus subtilis* et de *Sarcina lutea*.
- **Gélose Muller Hinton (MH)** : c'est un milieu général, favorise la croissance de tous les germes, il est utilisé pour mettre en évidence l'effet antibactérien des extrait de notre plante.

- **Gélose Sabouraud** : c'est un milieu spécifique pour la culture des souches fongiques.

II.7.3.5. Ensemencement

Les suspensions microbiennes sont ensemencées sur des boîtes contenant la Gélose nutritive pour les suspensions bactériennes et sur des boîtes contenant la Gélose de Sabouraud pour les suspensions fongiques. Chaque suspension microbienne est ensemencée sur six boîtes à raison de trois répétitions par extrait.

II.7.3.6. Dépôt des disques

Des disques en papier absorbant de 9 mm de diamètre sont trempés dans les solutions à tester jusqu'à saturation à l'aide d'une pince stérile. Trois disques sont déposés sur la surface d'une boîte ensemencée, les différentes boîtes sont étiquetées et mises à incuber.

II.7.3.7. Expression des résultats

L'activité antibactérienne est déterminée en mesurant à l'aide d'une règle le diamètre de la zone d'inhibition, déterminé par les différents extraits testés autour des disques.

Selon **Chifundera et al. (1990)**, les résultats sont exprimés comme suit :

- Extrait non inhibiteur : le diamètre de la zone d'inhibition est ≤ 10 mm.
- Extrait faiblement inhibiteur la croissance des souches bactériennes : le diamètre de la zone d'inhibition est compris entre 10 et 16 mm.
- Extrait moyennement inhibiteur la croissance des souches bactériennes : le diamètre de la zone d'inhibition est compris entre 16 et 28 mm.
- Extrait fortement inhibiteur la croissance des souches bactériennes : le diamètre de la zone d'inhibition est ≥ 28 mm.



*RESULTATS ET
DISCUSSION*

I. RESULTATS

I.1. Détermination du pH

Les valeurs de pH obtenues pour le jus et l'infusé de la poudre de cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. sont de 4.5 et 4.0 respectivement, ces résultats montrent qu'ils sont moyennement acides.

I.2. Détermination de la matière sèche

La dessiccation d'une prise d'essai de cladodes a montré que ces derniers présentent un faible teneur en matière sèche de **7.59%**. Ces résultats montrent que les cladodes d'*O. ficus indica* Mill. sont extrêmement riches en eau (**92.41%**).

I.3. Détermination de la matière minérale

L'incinération totale de la poudre végétale a donné une teneur en matière minérale de **16.4%**.

I.4. Recherche des métabolites secondaires

Les résultats obtenus après le screening phytochimique sont résumés dans le tableau V.

Tableau V : Résultats de la recherche des métabolites secondaires.

Métabolites secondaires \ Extraits de la plante	Jus de cladodes	Infusé de la poudre de cladodes
Flavonoïdes	++	+
Tanins	++	+
Anthocyanes	-	-
Saponosides	++	+
Coumarines	-	-
Mucilages	++	++
Glucosides	+	++
Alcaloïdes	-	-
Terpènes	++	++

(-) Test négatif (absence). (+) Réaction positive (présence). (++) Réaction fortement positive.

Les résultats du screening phytochimique a révélé la présence de certains groupes de métabolites secondaires dans l'infusé ainsi que dans le jus de cladodes. Du point de vue qualitatif, nous avons noté dans les deux extraits l'absence des anthocyanes, des alcaloïdes et des coumarines et la présence des flavonoïdes, des saponosides, des tanins, des glucosides, des mucilages et des terpènes. Du point de vue quantitatif, les résultats montrent que le jus semble plus riche en flavonoïdes, en tanins et en saponosides (polyphénols) que l'infusé. Au contraire, l'infusé s'est révélé plus riche en glucosides. La quantité en mucilages et en terpènes semble être comparable dans les deux extraits.

I.5. Etude toxicologique

Après l'administration par voie orale de trois différentes doses de l'infusé de la poudre végétale et du jus de cladodes, aucune mortalité n'a été enregistrée durant les 14 jours de surveillance. Les résultats obtenus montrent que les extraits de *Opuntia ficus indica* Mill. ne présentent aucune toxicité.

I.6. Etude des activités biologiques

I.6.1. Activité hypoglycémiante

Les résultats des taux de la glycémie des différents lots de lapins sont représentés dans la figure 10.

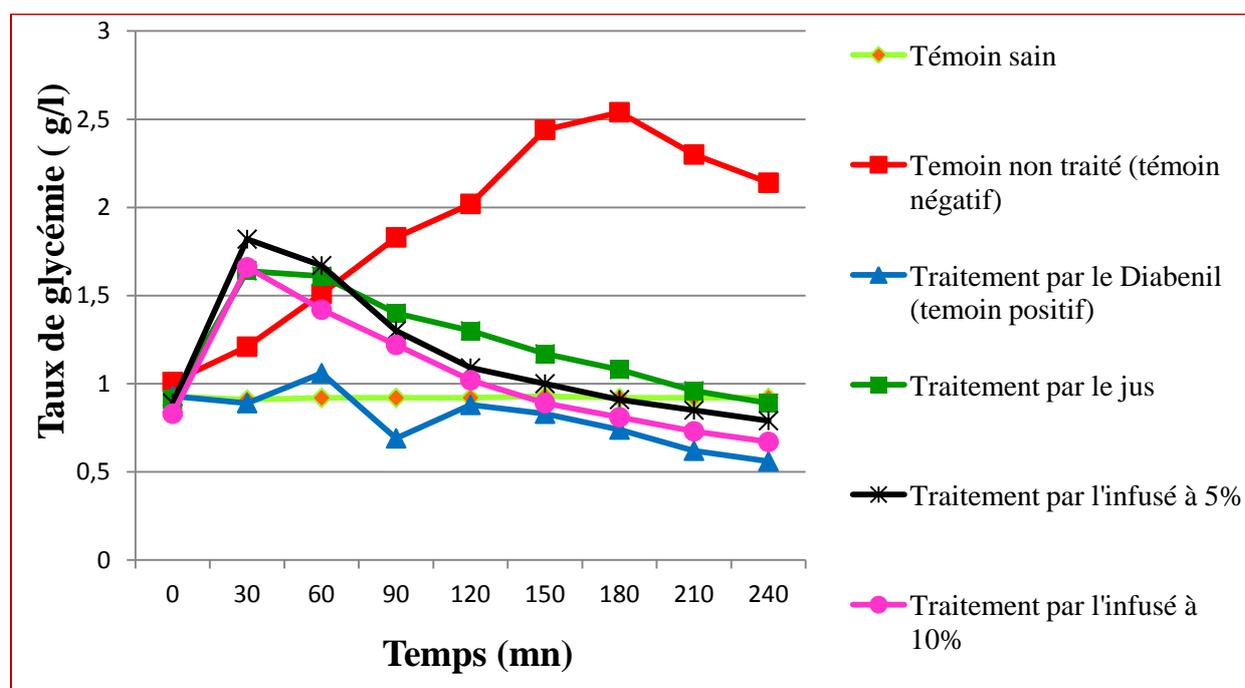


Figure 10: Variation de la glycémie dans les différents lots de lapins en fonction du temps.

L'analyse de la figure 19 montre que l'administration de la solution du glucose par voie orale (gavage) entraîne une augmentation significative du taux de la glycémie après 30 minutes chez les lapins traités par les extraits de la plante. Cependant, nous n'avons pas noté une augmentation de la glycémie chez les lapins traités par le Diabenil (témoin positif) pendant toute la durée de l'expérience. Concernant les lapins non traités (témoin négatif), le taux de la glycémie augmente en fonction du temps pour atteindre une valeur maximale de **2.54 g/l** à 180 min, puis diminue lentement.

Les résultats montrent que pour le lot de lapins traités par les deux extraits d'*Opuntia ficus indica* Mill. (Le jus pur, l'infusé à 5% et l'infusé à 10%) le taux de la glycémie amorce une baisse à partir de 30 min et continue de baisser pour atteindre des taux normaux à 120 min (**1.30**, **1.09** et **1.02 g/l** respectivement). Néanmoins, nous avons noté une légère différence dans la réduction du taux de glycémie entre les différents traitements en rapport avec la nature de l'extrait et la dose administrée. En effet, l'infusé à 10% s'est montré plus efficace et plus rapide pour réduire le taux de glycémie.

I.6.2. Activité anti-inflammatoire

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire est exprimée par le pourcentage de l'augmentation et celui de la réduction de l'œdème chez les souris traitées par rapport au témoin négatif (non traité).

I.6.2.1. Pourcentages de l'augmentation de l'œdème

Les pourcentages de l'augmentation du volume des pattes des souris en fonction du temps sont représentés dans la figure 11.

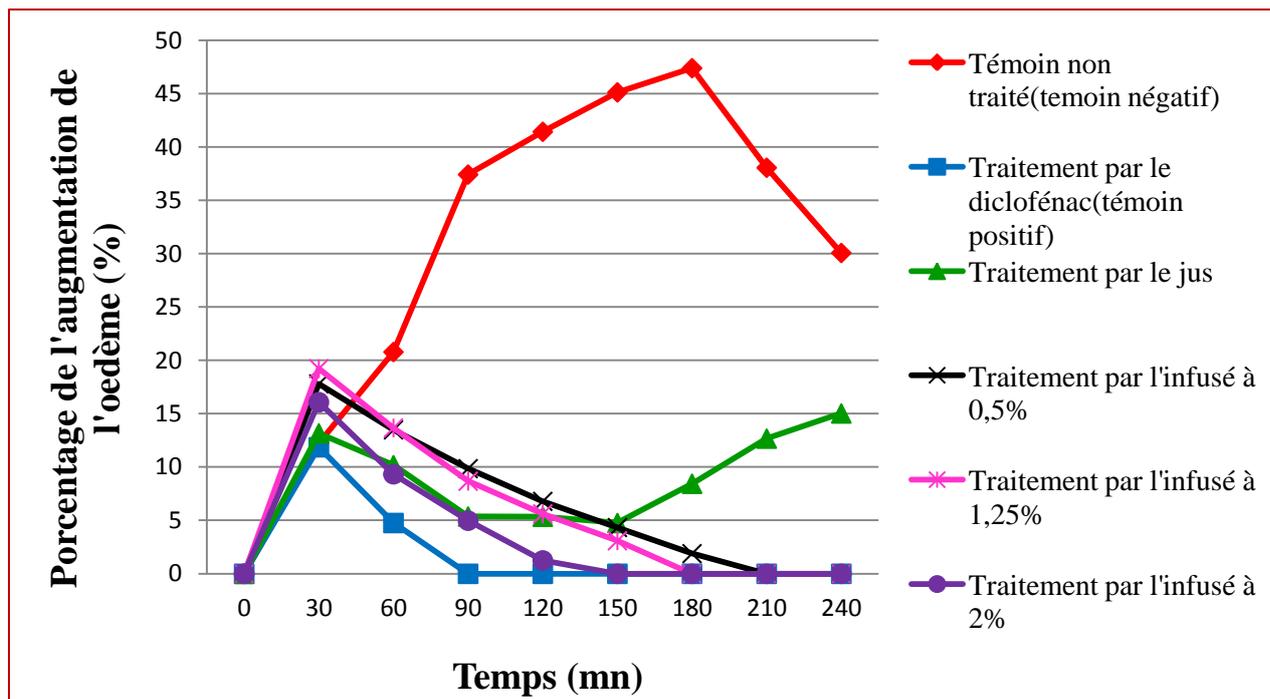


Figure 11 : pourcentages de l'augmentation de l'œdème des pattes des souris en fonction du temps.

L'analyse de la figure 20 montre que pour le lot de souris non traitées (témoin négatif), après l'injection de la carraghénine, l'œdème des pattes augmente en fonction du temps pour atteindre un maximum (**47.39%**) à 180min puis diminue faiblement. L'inflammation (œdème) de la patte postérieures des souris traitées par le Diclofenac et l'infusé de la poudre végétale (à 0.5, 1.25 et 2%) augmente et atteint son maximum après 30 mn de l'injection de la carraghénine. Après ce temps, l'œdème provoqué commence à diminuer pour disparaître totalement à 90 mn chez les souris traitées par le Diclofenac, à 150 mn pour les souris traitées par l'infusé à 2%, 180 mn pour les souris traitées avec l'infusé à 1.25% et à 210 mn chez les souris traitées par l'infusé à 0.5%. Le traitement par le jus n'a pas permis la disparition totale de l'œdème. En effet, l'inflammation diminue faiblement après 30 mn pour atteindre **4.76%** à 150 mn puis reaugmente et atteint **15.03%** à 240 mn.

I.6.2.1.1. Pourcentages d'inhibition de l'œdème

Les résultats de pourcentages d'inhibition de l'œdème des pattes des souris en fonction du temps sont mentionnés dans la figure 12.

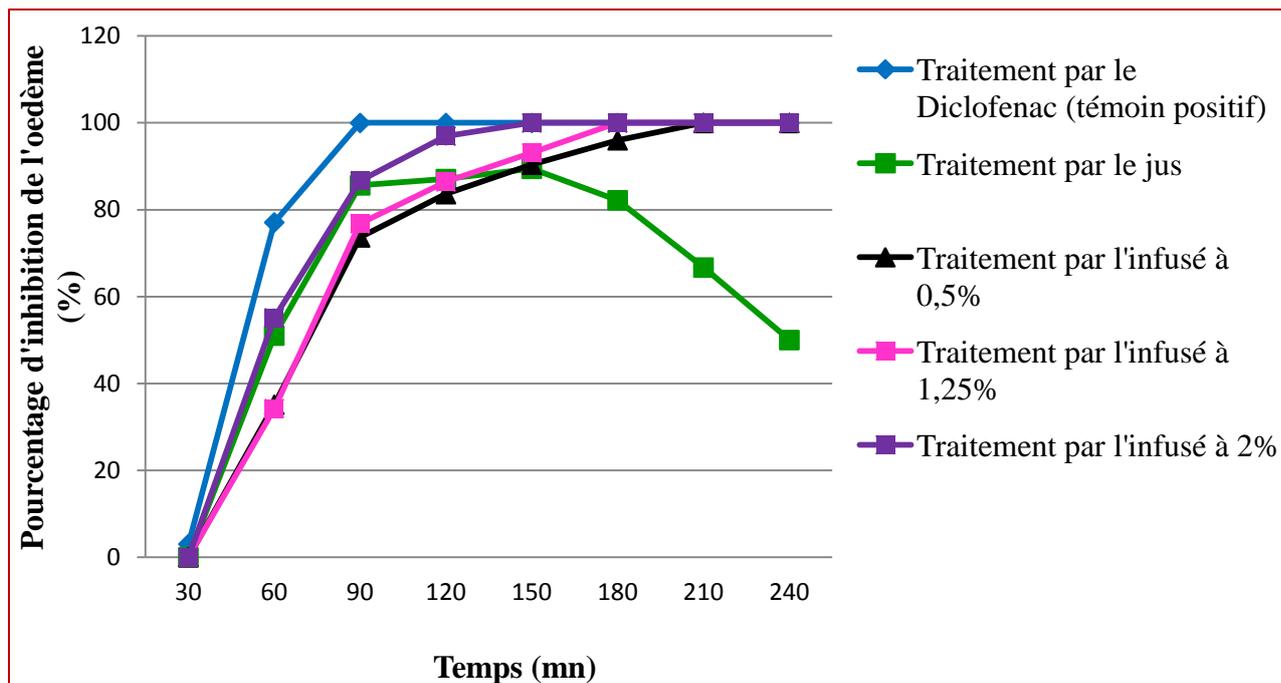


Figure 12 : Pourcentages d'inhibition de l'œdème des pattes des souris en fonction du temps.

Les résultats de l'inhibition de l'œdème des pattes des souris illustrés par la figure 12 montrent que l'infusé de poudre végétale a inhibé totalement (100%) l'œdème. La réaction inflammatoire provoquée par l'injection de la carraghénine dépend de la concentration de l'infusé. Plus la concentration de l'infusé augmente plus l'inhibition de l'œdème est plus rapide. L'effet anti-inflammatoire de l'infusé de la poudre végétale est assez proche de celui donné par le Diclofenac ; un anti-inflammatoire de référence. Néanmoins, nous remarquons que le jus de cladodes n'inhibe pas totalement l'inflammation.

I.6.3. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des extraits des cladodes d'*Opuntia ficus indica* Mill. a été évalué par la méthode de diffusion en milieu gélosé, et la sensibilité des bactéries se mesure par rapport au diamètre d'inhibition observé. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau VI. Les valeurs indiquées sont les moyennes de trois mesures.

Tableau VI : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne des deux extraits des cladodes d'*Opuntia ficus indica* Mill

Les souches microbiennes		Diamètre des zones d'inhibition en (mm)	
		Le jus de cladode	L'infusé de cladode
Bactéries	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	-	-
	<i>Staphylococcus aureus</i>	13	-
	<i>Sarcina lutea</i>	-	-
	<i>Bacillus subtilis</i>	13.5	-
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12	-
	<i>Escherichia coli</i>	13	-
Champignons	<i>Candida albicans</i>	11	-
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	12	-
	<i>Penicillium sp</i>	-	-

(-) pas d'inhibition

D'après les résultats mentionnés dans le tableau, nous remarquons que l'infusé de la poudre végétale n'inhibe pas la croissance de l'ensemble des souches microbiennes testées, en effet, aucune zone d'inhibition n'a été observé (Fig.13).

Concernant le jus de cladodes, ce dernier s'est montré faiblement inhibiteur pour la croissance des souches *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae*. Les souches *Staphylococcus epidermidis*, *Sarcina lutea* et *Penicillium sp* se sont révélées totalement résistantes vis-à-vis du jus de cladodes (Fig.14).

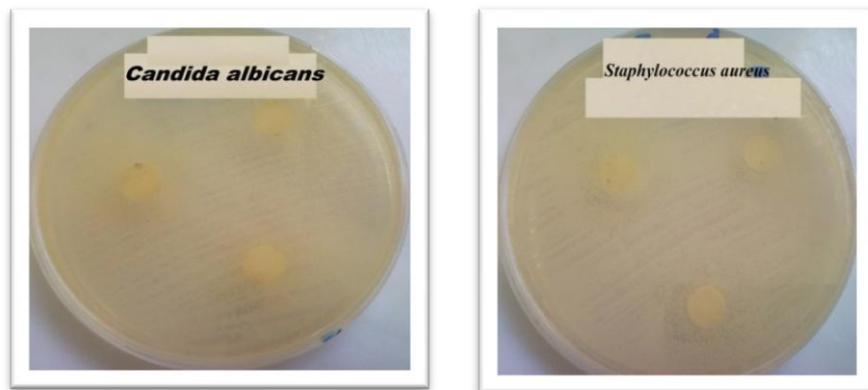


Figure 13 : Test d'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'infusé de la poudre des cladodes

(absence d'inhibition de la croissance microbienne)

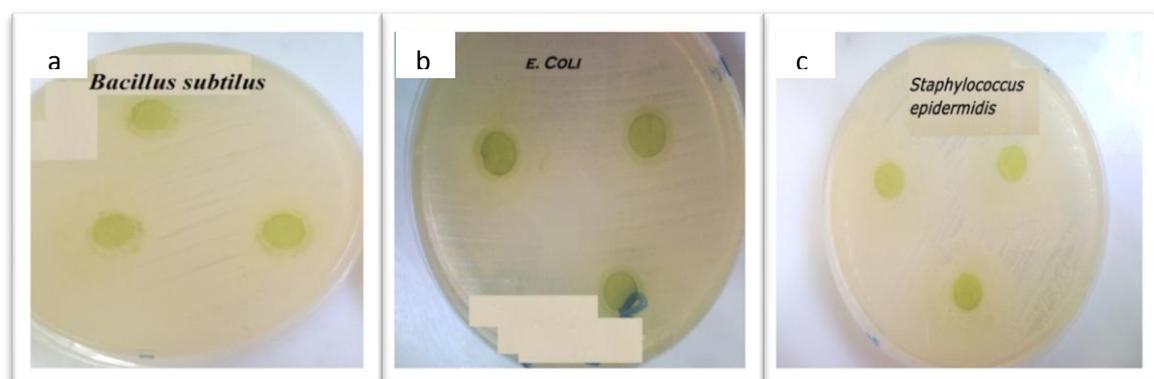


Figure 14 : Test d'évaluation de l'activité antimicrobienne du jus des cladodes

(a et b : présence d'une zone d'inhibition, c : absence d'inhibition)

II. DISCUSSION

Le présent travail avait pour but de la caractérisation phytochimique des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. et l'évaluation de l'activité hypoglycémiant, anti-inflammatoire et antimicrobienne.

Les valeurs du pH du jus et de l'infusé de la poudre de cladodes (4.5 et 4 respectivement) montrent une moyenne acidité, ces résultats sont en accord avec ceux de **Saenz et al. (1998)**, qui ont mentionné que le pH du jus d'*O. ficus indica* Mill. est de 4.31.

La teneur en matière sèche des cladodes d'*O. ficus indica* Mill. est de 7.59% ce qui montre qu'ils présentent une teneur extrêmement élevée en eau (92.41%). Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Hadj Sadok et al. (2008)**, (91-93%). Cette forte teneur en eau permet à la plante une meilleure tolérance et une grande capacité de survivre à de très longues périodes de sécheresse.

La teneur en cendres des cladodes (matière minérale) est de 16.4% de la matière sèche. Cette valeur est assez proche de celle trouvée par **Hadj Sadok et al. (2008)** (12-15.4%). Selon **Hadj Sadok, (2010)**, les jeunes cladodes sont riches en Calcium, Magnésium, Potassium, Cuivre et une faible teneur en Phosphore, la teneur de ses minéraux est comparable à celle de l'épinard et de la tomate.

Les testes phytochimiques par les réactions qualitatives de caractérisation en tube à permis d'identifier les différents métabolites secondaires existant dans les deux extraits des cladodes (le jus et l'infusé de la poudre de cladodes). Il a été constaté la présence de six groupes chimiques, à savoir, les tanins, les flavonoïdes, les mucilages, les glucosides, les terpènes et les saponosides ; et l'absence des coumarines, des alcaloïdes et des anthocyanes. **Hadj Sadok (2010)**, a signalé la présence des tanins condensés dans les cladodes. La présence des flavonoïdes a été rapportée par **Moussa-Ayoub et al. (2011)**, alors que **Mendez et al. (2012)**, ont mentionné la présence des terpènes, des saponosides et des tanins condensés dans plusieurs extraits de cladodes. Les deux extraits contiennent des polysaccharides sous forme de mucilages et de glycosides, Leur présence dans la plante a été mentionnée dans plusieurs recherches anciennes telles que les travaux de **Ammin et al. (1970)**, et **Trachtenberg et Mayer, (1981)**. Certains travaux récents comme ceux de **Zhong et al. (2010)**, ont caractérisé les polysaccharides et ont étudié leurs composants et leurs effets thérapeutiques.

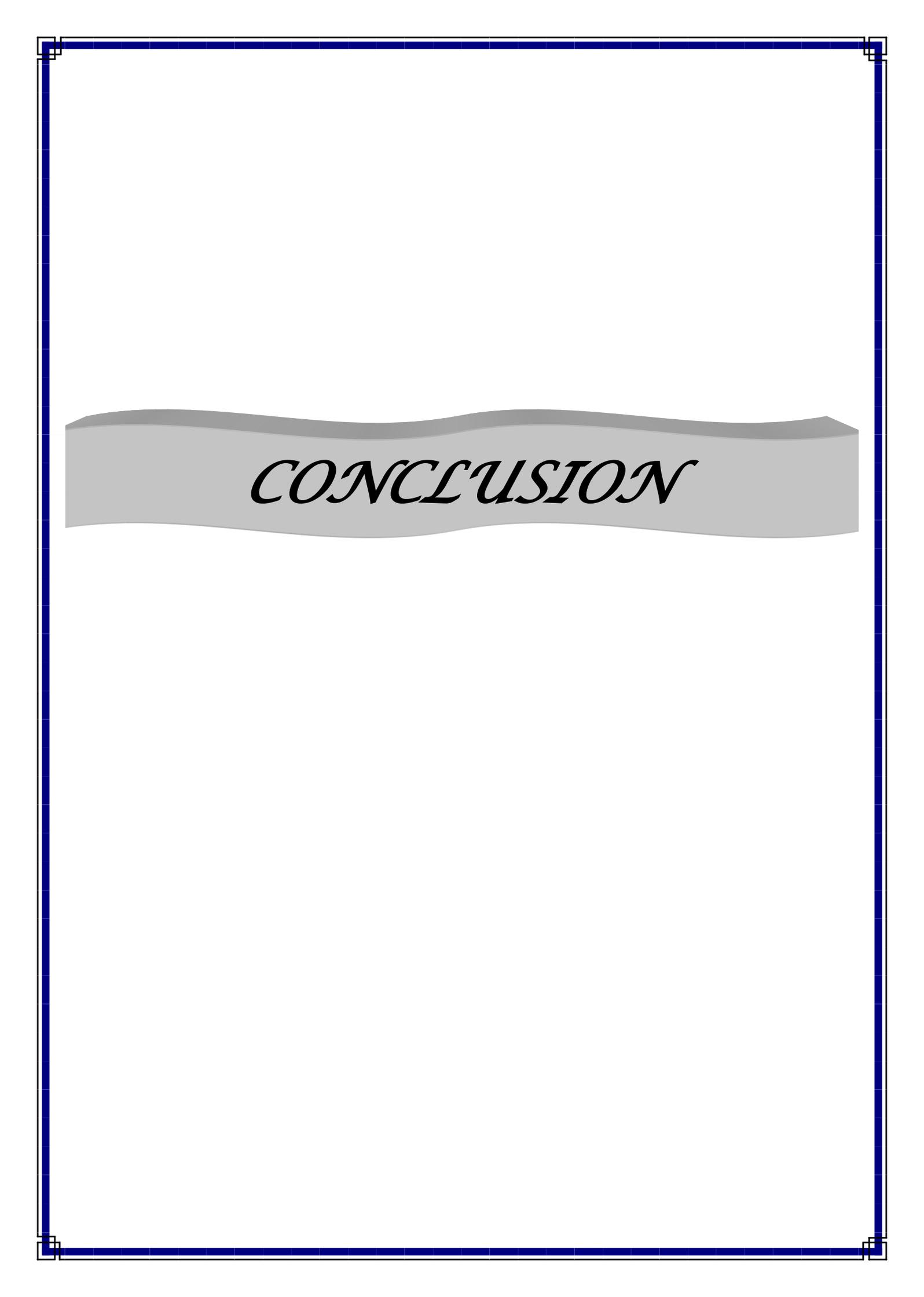
L'étude toxicologique des extraits des cladodes a été effectuée pour définir la toxicité anormale de la plante et de fixer les doses qui peuvent être administrées lors d'expérimentation et qui ont des effets thérapeutiques. Les résultats obtenus montrent clairement que les cladodes de *Opuntia ficus indica* ne présente aucune toxicité, l'absence d'un effet toxique est lié à l'absence des coumarines et des alcaloïdes dans les deux extraits des cladodes qui sont toxiques. Cela peut expliquer l'utilisation de la plante par l'Homme dans son alimentation depuis longtemps.

L'étude de l'activité hypoglycémiant sur les lapins normo-glycémique a montré que les extraits de la plante (jus et infusé) produisent un effet hypoglycémiant. **Alarcon-Aguilar et al, (2003)** ont mentionné que l'activité hypoglycémiant des cladodes d'*Opuntia ficus indica* Mill. est liée à la présence des polysaccharides (mucilages et glucosides). Par ailleurs, les travaux effectués par **Halimi et al. (2012)**, signalent que l'effet hypoglycémiant des extraits de cladodes a une relation avec la présence des polyphénols qui, selon **Kebieche (2009)**, stimulent et régénèrent les cellules Bêta et peut agir en renforçant l'utilisation du glucose dans les tissus périphériques.

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire a été réalisée en utilisant le test d'inhibition de l'œdème de la patte postérieur gauche des souris, provoqué par l'injection de carraghénine. Les résultats obtenus montrent l'existence d'une activité anti-inflammatoire de l'infusé de la poudre de cladodes assez proche de celle donnée par un anti-inflammatoire de référence le Diclofenac. Ces résultats confirment ceux trouvés par **Loro et al. (1999)** qui ont testé les mêmes doses de l'infusé (0.5, 1.25 et 2%).

L'évaluation du potentiel antimicrobien des extraits de la plante a révélé que l'infusé ne présente aucun effet sur l'ensemble des souches testées. Le jus a présenté un faible effet inhibiteur sur la croissance des souches bactériennes à Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*) et sur deux autres souches à Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*), les deux levures testées (*Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae*). Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux de **Mendez et al. (2012)** qui ont révélé un effet antimicrobien de l'extrait aqueux et de l'extrait organique de la poudre des cladodes de *Opuntia ficus indica* Mill. sur plusieurs cibles microbiennes notamment, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. Les différences trouvées peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que les facteurs inhérents (variété, conditions ambiantes, facteurs

écologiques, variations saisonnières), les méthodes d'extraction, préparation de l'extrait, solvant utilisé, la sensibilité des bactéries et la méthode d'étude utilisée.



CONCLUSION

Dans le but de valoriser une plante, *Opuntia ficus indica* Mill., largement utilisé comme plante médicinale et alimentaire, le présent travail repose essentiellement sur la caractérisation phytochimique des cladodes et l'évaluation de certaines activités biologiques.

Nous avons montré une surabondance de l'eau dans les cladodes (**92.41%**) avec une teneur importante en matière minérale (**16.4%**).

Par ailleurs, l'analyse qualitative du jus et de l'infusé de la poudre de cladodes a mis en évidence la présence de différents groupes de composés chimiques, notamment; les flavonoïdes, les tanins, les saponosides, les polysaccharides (les mucilages et les glucosides) et les terpènes.

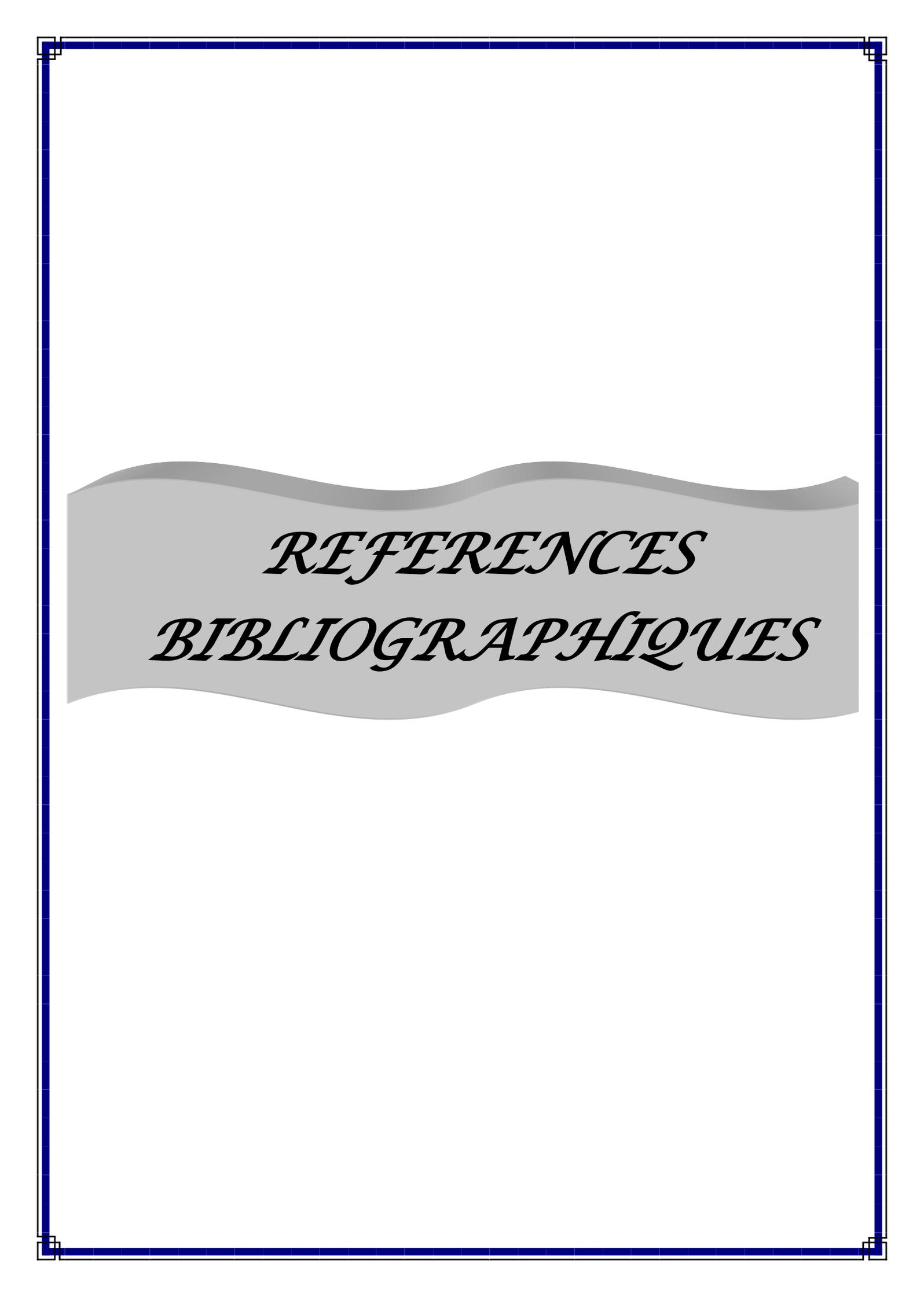
L'étude toxicologique chez les souris a révélé que les deux extraits de la plante (jus et infusé de la poudre des cladodes) ne présentent aucun effet toxique.

L'approche *in vivo* effectuée pour évaluer l'effet hypoglycémiant et anti-inflammatoire du jus et de l'infusé de la poudre des cladodes a donné des résultats remarquables et comparables à ceux des produits de référence.

Le test de l'évaluation de l'activité antimicrobienne a révélé que l'infusé de la poudre des cladodes ne possède aucun effet inhibiteur sur la croissance de l'ensemble des souches testées, alors que le jus pur s'est montré faiblement inhibiteur.

A la lumière des résultats de ce travail, nous pouvons conclure que *Opuntia ficus indica* Mill. est une plante médicinale non toxique possédant des propriétés thérapeutiques intéressantes notamment l'effet hypoglycémiant et anti-inflammatoire.

En fin, ces résultats restent préliminaires, il serait donc intéressant de poursuivre des études complémentaires, plus approfondies sur cette plante précisément sur les cladodes. L'isolement des substances actives de la plante avec des analyses quantitatives est une étape importante pour confirmer les diverses activités biologiques mis en évidence et qui peuvent toucher un plus grand nombre d'échantillons.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Aboughe-Angone S. (2010).** Extraction des polysaccharides hémicellulosiques de la paroi des feuilles de *Laportea aestuans* (Fleurya aestuans) et activités immunostimulante. *Science Sud. N°3 ; 1-5.*
2. **Ahmad A, Davies J, Randall S, Skinner GR. (1996).** Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Res; 30: 75-85.* In **Manpreet K., Amandeep K. et Ramica S. (2012).** Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*. *Journal of applied pharmaceutical science 02 (07): 15-18.*
3. **Aït Youssef M. (2006).** Plantes médicinales de Kabylie. *Ed Ibis Press*, pp 241-244.
4. **Alarcon-Aguilar F.J., Valdes-Arzate A., Xolalpa-Molina S., Banderas-Dorantes T., Jimenez-Estrada M., Hernandez-Galicia E. et Roman-Ramos R. (2003).** Hypoglycemic Activity of Two Polysaccharides Isolated from *Opuntia ficus-indica* and *O. streptacantha*. *Proc. West. Pharmacol. Soc. 46: 139-142.*
5. **Ali-Delille L. (2007).** Les plantes médicinales d'Algérie. *Ed Berti*, pp 114-115.
6. **Ali-Dellile L. (2010).** Les plantes médicinales d'Algérie. 2^{ème} édition, *Ed Berti*, pp 122-123.
7. **Alimi H., Hfaiedh N., Bouoni Z., Saklu M. et Ben Rhouma K. (2011).** Evaluation of antioxidant and antiulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica*. inermis flower extract in rats. *Environmental toxicology and pharmacology. 32: 406-416.*
8. **Amin EL. S., Olfat M., Awad M., El-Sayed M. (1970).** The mucilage of *Opuntia ficus indica* Mill. *Carbohydr, Res.15; 159-161.*
9. **Ammar I., Ennouri M., Khemkhem B., Yangui T. et Hamadi A. (2012).** Variation in chemical composition and biological activities of two species of *Opuntia* flower at four stages of flowering. *International crops and products 37; 34-40.*
10. **Anton R. et Wichtl M. (2003).** Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Cachan : 2^{ème} éd: *TEC & DOC*, 503 p.
11. **Araba A., El Aich A. et Sarti B. (2000).** Valorisation du figuier de barbarie en élevage. Bulletin mensuel d'information et de la liaison du PNTTA. *Transfert de technologie en Agriculture N°68.*
12. **Athamena S. (2009).** Etude quantitative des flavonoïdes des graines des *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation des activités biologiques. Thèse de Magister en Biologie, *Université El Hadj Lakhdar, Batna.* 88p.
13. **Audigie, Cl., Figurearella, J., et Zonszain, F. (1978).** Manipulations d'analyses biochimiques. Doin (Ed). Paris, 274 p. In **Athamena S. (2009).** Etude quantitative des flavonoïdes des graines des *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus*

officinalis et l'évaluation des activités biologiques. Thèse de Magister en Biologie, Université El Hadj Lakhdar, Batna. 88p.

14. **Baba-Aissa F. (2011).** Encyclopédie des plantes utiles. *Ed Elmaarifa*. P 262.
15. **Barbara G. (1995).** History economic and agro-ecological of cactus. In (agro ecology, cultivations and uses of cactus pear). Ed FAO plant production and protection, 132p.
In (**Hadj Sadok T. (2010).** Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica*.et possibilité de valorisation alimentaire. Thèse de Doctorat en science Agronomique, Ecole National Supérieur Agronomique, Alger. pp 4-42.)
16. **Bartels A. (1997).** Guide des plantes du bassin méditerranéen. *Ed Eugen Ulmer*, p53.
17. **Bayer E., Butler K.P., Finkenzeller X. et Grau I. (1990).** Guide de la flore méditerranéenne, caractéristique, habitat, distribution et particularité de 536 espèces. *Ed Delachaux et niestlé*, p 116.
18. **Belouad A. (2005).** Plantes médicinales d'Algérie. *Ed Office des publications universitaires*, p96.
19. **Benabid A. (2000).** Flore et écosystèmes du Maroc : Evaluation et préservation de la biodiversité. *Ed Ibis Press*, p73.
20. **Bezanger-beauquesme L., Pinkas M., Torck M. et Trotin F. (1990).** Plantes médicinales des régions tempérées. 2^{ème} édition, *Ed Maloine*, p 188.
21. **Botineau M. (2010).** Botanique Systématique et appliquée des plantes à fleurs. *Ed TEC & DOC : Lavoisier*, p 356.
22. **Boudjouref M. (2011).** Etude de l'activité antioxydant et antimicrobienne d'extraits de *Artémisia campestris* L. thèse de Magister. Université Ferhat Abbes Sétif. 64p.
23. **Boufennara S. (2012).** effet des tanins sur la fermentexibilité in vitro et la digestibilité in sacco de végétaux et de sous produits de l'agronomie des zones arides. Essai de modélisation des fermentations du microbiot ruminal. Thèse de Doctorat en sciences, Université de Mentouri, Constantine, 155p.
24. **Bougandoura N. (2011).** Pouvoir antioxydant et antimicrobienne des extraits des espèces végétales *Saturejacalamintha sspnepta* (Nabta) et *Ajugaiva* L. de l'Ouest d'Algérie. Thèse de Magister en Biologie, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. P 34.
25. **Boullard B. (2001).** Dictionnaire des Plantes médicinales du monde : croyance et réalités. *Ed Estem*, p 377.

- 26. Bouzid W. (2009).** Etude des activités biologiques des extraits du fruit de *Crataegus monogyna* Jacq. Thèse de Magister en Biologie, Université El Hadj Lakhdar, Batna. pp 30-34.
- 27. Brunet S. (2008).** Analyse des mécanismes d'action antiparasitaires de plantes riches en substances polyphénoliques sur les nématodes du tube digestifs des ruminants. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. 246p.
- 28. Bruneton J., (1993).** Pharmacognosie phytochimie, plante médicinales. 2^{ème} Ed. Tec & Doc, Paris.
- 29. Bruneton J., (1999).** Pharmacognosie ; phytochimies, plantes médicinales .3^{ème} Ed. Tec & Doc, Paris.
- 30. Bugaret F. (2010).** Cactus et plantes succulentes du monde. *Ed Quae*, p 115.
- 31. Cantreras-Padilla M., Pérez-Torrero E., Hernández-Urbiola M.I., Hernández-Quvedo.G., Del Real A., Rivera-Muñoz E.M. et Rodriguez-García M.E. (2011).** Evaluation of oxalates and calcium in nopal pads (*Opuntia ficus indica* Var redonda) at different maturity stage. *Journal of food composition and analysis* 24; 38-43.
- 32. Chifundera K., Bury W. M et Kizungub., 1990.** Screening phytochimique et test antibactérienne des extraits de *Ficus sycomorus*. *Short communication phytothérapie* pp 535-539.
- 33. Ciulel I. (1982)** .Methodology for analysis of vegetable drugs. Ed I.P.A.C.Romania.67p. In **Djemai Zoughlache S. (2009).** Etude des activités biologiques des extraits du fruit de *Zizylus lotus* L. Thèse de Magister en Biologie, Université El Hadj Lakhdar, Batna. pp 25-27.
- 34. Couplan F. et Styner E. (1994).** Guide des plantes sauvages comestibles et toxiques. *Ed Delachaux et Niestlé*, p 37.
- 35. Cowan M.M. (1999).** Plants products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12 (4): 564-582.
- 36. Diallo A. (2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Zyzygium guineense* WILLD. (Myrtacéae). Thèse en vue de l'obtention le titre de Docteur en pharmacie. Université de l'Education National du Bamako, Mali, 87p.
- 37. Djemai Zoughlache S. (2009).** Etude des activités biologiques des extraits du fruit de *Zizylus lotus* L. Thèse de Magister en Biologie, Université El Hadj Lakhdar, Batna. pp 25-27.
- 38. Dok-Go H., Lee K.H., Kim H.J., Lee E.H., Song J.L.Y., Lee Y.H. et Jin C. (2003).** Neuroprotective effects of antioxidative flavonoid, quercetin, (1)-dihydroquercetin and

quercetin 3-methyl ether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Brain Research*. 965: 130–136.F

39. **Elqaj M., Ahami A. et Belghyti D. (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique ; ressources naturelles et antibiothérapie, Faculté des sciences Kénitra, Maroc.
40. **Farati A.C., Jiminez E. et Ariza C.R. (1990).** Hypoglycémie effect of *Opuntia ficus indica* Mill. In non-insulin-dependent Diabetes Mellitus patients. *Phytotherapy Research*, 4(5); 195-197.
41. **Farnsworth N.R., Akerele O., Bingel A.S., Soejarto D.D. et Guo Z. (1986).** Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé*; vol 64 (2), pp 159-164.
42. **Fried G., (2012).** Guide des plantes invasives. *Ed Belin*. P 34.
43. **Frutos P., Hervas G., Ramos G., Giraldez F.J. et Mantecon A.R. (2002).** Condensed tannin content of several shrub species from mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Anim. Feed. Sci. Technol.*95, 215-226.
44. **Galati E.M., Tripodo M.M., Trovato A., Niceli N. et Monfort M.T. (2002).** Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L) Mill. (Cactaceae) waste matter, Diuretic Activity. *Journal of Ethnopharmacology* 79; 17-21.
45. **Galati, E.M., Mondello, M.R., Giufferida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S. et Taviano, M.F. (2003).** Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *journal Agric. Food Chem.* 51: 4903–4908.
46. **Gherib, A., 1988,** “Travauxpratique de chimiethérapeutique”.
47. **Guignard J-L ,1996.** Biochimie Végétal. *Ed Masson*. Paris.
48. **Guignard J-L ,2000.** Botanique systématique moléculaire. *Ed .Masson*, Paris.
49. **Habibi Y. (2004).** Contribution a à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de Barbarie. Les polysaccharides pariétaux ; caractérisation et modification chimique. Thèse de Doctorat en Chimie Organique de l'Université Joseph Fourier, Grenoble I et de l'Université Cadi Ayyad, Marrakech, 231 p.
50. **Hadj Sadok T. (2010).** Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica*.et possibilité de valorisation alimentaire. Thèse de Doctorat en science Agronomique, Ecole National Supérieur Agronomique, Alger. pp 4-42.

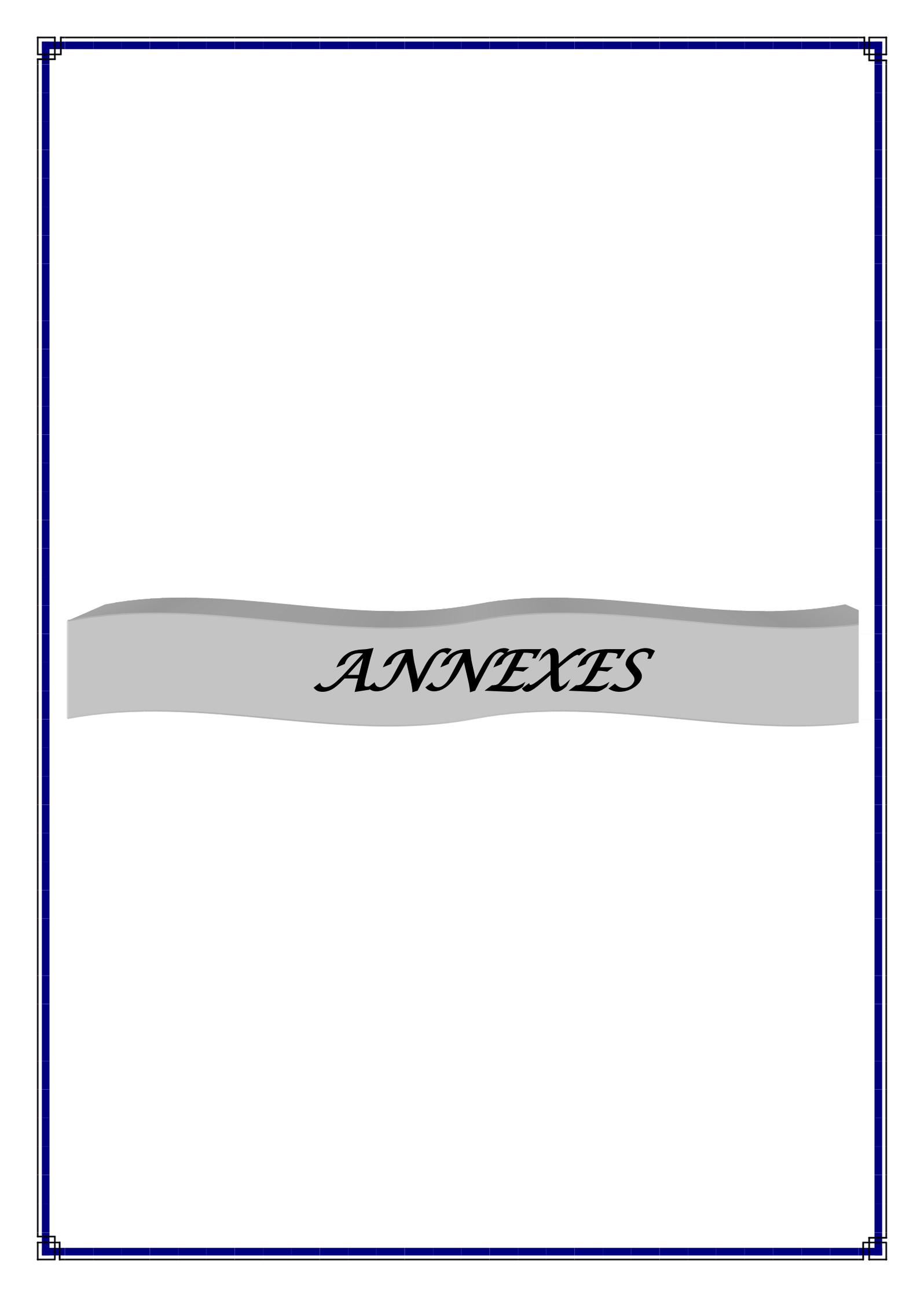
- 51. Hadj Sadok T., Aid F., Bellal M. et Abdul Hussain M.S. (2008).** Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica*. et possibilité de valorisation alimentaire. *Agricultura-Știință și practică nr.1-2 (65-66)* ; 39-48.
- 52. Halimi S., Benlakssira B., Bechtarzi K., Djerrou Z. et Hamdi Pacha Y. (2012).** Antihyperglycémie activity of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) aqueous extract. *Int-j.Med arom Plants, ISSN 2249 - 4340. Vol 2, N°3, pp540-543.*
- 53. Hallé F. (2008).** Aux origines des plantes : des plantes anciennes à la botanique du XXI^e siècle. *Ed Fayard*, p314.
- 54. Hassan F., El-Razek A. et Hassan A.A. (2012).** Nutritional Value and Hypoglycemic Effect of Prickly Cactus Pear (*Opuntia Ficus-Indica*) Fruit Juice in Alloxan-Induced Diabetic Rats. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.5 (10): 356-377.*
- 55. Iserin P, 2001.** Encyclopie des plantes médicinales ; identification, préparation, soin. *Ed Larousse*, Paris.
- 56. Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A. et Stevens P. (2002).** Botanique Systématique : une perspective phylogénétique. *Ed De Boeck Université*, pp 250-252.
- 57. Kansole M.M.R. (2009).** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques Lamiaceae du Burkina Faso : cas de *Leucas Martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia Opposita Vahl* et *Orthosiphon Pallidus* Royle ex Benth. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondies en Siences Biologiques Appliquées, Université de Ouagadougou, 63 p.
- 58. Kebieche M., (2009).** Activités biochimiques des extraits flavonoïdiques de la plante *Ranunculus repens* L. effet sur le diabète expérimentale et l'hépatotoxicité induit par l'Epirubicine. Thèse de Doctorat en sciences. Université Mentouri de Constantine. 124p.
- 59. Keita A., Marico E., Haidara T.K. (1998).** Etude de l'activité hypoglycémiant des feuilles de *Sclerocarya birrea* (A.Rich) Hochst. (ANACARDIACEAE). *Pharm. Méd. Tard. Afr. Vol-10 pp 16-25.*
- 60. Lacoste S. (2011).** Les plantes qui guérissent : les secrets de la phytothérapie. *Ed Talantiki*, 414p.
- 61. Lallouche B. (2008).** Hybridation de l'*Opuntia ficus indica* Mill. F. inermis par quatre espèces d'*Opuntia* (*O. robusta* var. *robusta* ; *O. engelmannii* var. *languiformis* ; *O. ficus indica* Mill. f. *amyaclea* ; *O. streptacantha* Lem) dans les zones arides et semi-aride. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, Université Saad Dahlab. Blida, pp

- 62. Lawson-Evi P., Eklu-Gadegbeku, Aklikokou K., Akpgaga K., Koumaglo K., et Gbeassor M. (1997).** Activité hypoglycémiant de quelques plantes médicinales. *Pharm. Méd. Tard. Afr. Vol-9 pp 60-69.*
- 63. Lee J.C., Kim H.R., Kim J. et Jang Y.S. (2002).** Antioxidant Property of an Ethanol Extract of the Stem of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. *Journal Agric. Food Chem.* 50: 6490-6496.
- 64. Loro J.F., Rio I. et Perez-Santana L. (1999).** Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. *J Ethnopharmacol.* 67: 213-218.
- 65. Malecky M., (2006).** Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins. Thèse de Doctorat de l'institut des sciences et industrie du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) p 13.
- 66. Manke E. (2003).** Cactées : connaître et cultiver. *Ed Artémis*, pp 114-118.
- 67. Manpreet K., Amandeep K. et Ramica S. (2012).** Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*. *Journal of applied pharmaceutical science* 02 (07): 15-18.
- 68. Mark W. Chase and James L. Reveal. (2009).** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III » *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2009, 161, 122–127.
- 69. Mendez M., Rodriguez P., Ruiz J., Mourales- Adane D., Castillo F., Castillo H., et Aguilar C.N. (2012).** Antibacterial activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against food-born pathogen bacteria. *Industrial crops and products* 37: 445-450.
- 70. Milligo-Koné H., Asimi S., Guissou I.P. et Nacoulna O.G. (2008).** Etude de l'activité antimicrobienne d'extraits de *Parkia biglobosa* (JACQ) Benth sur des souches de *staphylococcus aureus*. *Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines.* 15 : 1-15.
- 71. Mkedder I. (2012).** Modification et dégradation enzymatique de polysaccharides : investation par imagerie et diffusion de rayonnement. Thèse de Doctorat. Université de Grenoble. 106p.
- 72. Moussa-Ayoub T.E., Elsamaly S.K., Rohm S. et Kroh L.W. (2011).** Flavonols betacyanins contenant and antioxidant activity of cactus *Opuntia macrorhiza* fruits. *Food Research International* 44; 2169-2174.

- 73. Mulas M. et Mulas G. (2004).** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Artiplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Recherche scientifique sur la désertification, Université des études de Sassari, 91 p.
- 74. Ncibi S., Othman M.B., Akacha A., Krifi M.N. et Zorgui L. (2008).** *Opuntia ficus indica* extract protects against chlorpyrifos-induced damage on mice liver. *Food and Chemical Toxicology*. 46: 797–802.
- 75. Ndiaye M., Sy Gy., Dièye A.M., Touré M.T. et Fay B. (2006).** Evaluation de l'activité anti-inflammatoire de feuilles d'*Annona reticulata* (Annonacées) sur l'oedème aigu de la patte de rat induit par la carragénine. *Phar. Méd. Trad. Afr, Vol XIV, pp179-186*.
- 76. Osorio-Esquivel O., Monero A., Álvarez V. B., Dorantes- Álvarez L. et Mónica Giusti M. (2011).** phenolics betacyanines and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food research International* 44; 2160-2168.
- 77. Park EH, Kahng J.H, Lee S.H. et Shin K.H. (2001).** An anti-inflammatory principle from cactus. *Fitoterapia*.72; 288-290.
- 78. Park, E.H., Kahng, J.H. et Paek, E.A. (1998).** Studies on the pharmacological actions of cactus: identification of its anti-inflammatory effect. *Arch. Pharm. Res.* 21; 30–34.
- 79. Paul R. et Saunders P.H.D. (2005).** Guide pratique des plantes médicinales. *Ed Révisée*, pp 43-44.
- 80. Pelt J.M., Fleurentin J. et Hayon J.C. (2007).** Les plantes qui nous soignent, tradition et thérapeutique. *Ed Ouest-France*, p 180.
- 81. Pharmacopée Européenne 2005.**
- 82. Poletti A. (1982).** Fleurs et plantes médicinales. 2^{ème} édition. *Ed Delachaux & Niestlé*, pp 7-8.
- 83. Pousset J.L. (1989).** Plantes médicinales Africaines : utilisation pratique. *Ed Ellipses*, Paris, p 6.
- 84. Rose (1958).** Cactacea. Carnegie Inst of Washington pbt N°248. **In Hadj Sadok T. (2010).** Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica*. et possibilité de valorisation alimentaire. Thèse de Doctorat en science Agronomique, Ecole National Supérieur Agronomique, Alger. pp 4-42.
- 85. Saenz C., (2000)** Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*, 46: 209–225.

- 86. Saenz C., Estevez A M., Sepulveda E. et Mechlenburg P. (1998).** Cactus pear fruit: a new source for a natural sweetener. *Plant Foods Hum. Nutr.* 52 (2) ; 141-149.
- 87. Schweizer M. (1999).** Docteur Nopal le médecin du bon Dieu. *Ed APB ; Aloe, Plantes et Beauté*, France. pp81.
- 88. Scimeca D. et Tétau M. (2008).** Le guide de phytothérapie ; la santé par les plantes. *Ed Alpen*, 279 p.
- 89. Sliwinski B.J., Soliva Carla R., Machmuller A. et Krenzer M. (2002).** Efficacy of plant extracts rich in secondary constituents to moodily rumen fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 101: 101-114.
- 90. Sreekanth D., Arunasree M.K., Roy K.R., Reddy T.C., Reddy G.V. et Reddanna P. (2007).** Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562. *Phytomedicine.* 14: 739-46.
- 91. Tranchtenberg S. et Mayer A.M., (1981).** Composition and properties of *Opuntia ficus indica* mucilage. *phytochemistry*, vol 20, No 12; 2665-2668.
- 92. Trease E., Evans W.C.(1987).** Pharmacognosy Billiaire. Ed Tindall London 13, 61-62. In **Bougandoura N. (2011).** Pouvoir antioxydant et antimicrobienne des extraits des espèces végétales *Saturejacalamintha sspnepta* (Nabta) et *Ajugaiva L.* de l'Ouest d'Algérie. Thèse de Magister en Biologie, *Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen.* P 34.
- 93. Vermeulen N. (2002).** L'Encyclopédie des plantes d'intérieur. *Ed Maxi- Livres*, p 225.
- 94. Walali Loudyi D. (1995).** Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc. *Option méditerranéenne* : 47-62.
- 95. Winther C.A., Risley E.A. et Nuss C.W. (1962).** Carageenin-induced edema in hind paw of the rat as an assay for anti-inflammatory drugs. *Experimental Biology and Medicine*; 111: 544-547pp.
- 96. Wolfgang L. et Podlech D. (1989).** Gros plan sur les plantes de méditerranée. *Ed Nathan*, p 84.
- 97. Zeghad N. (2009).** Etude de contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris* et *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leurs activité antibactérienne. Thèse de Magister en Biologie, Université Mentouri de Constantine, 84p.

- 98. Zhao L.Y., Lan Q.J., Huany Z.C., Ouyang L.J. et Zeng F.H. (2011).** Antidiabetic effet of a newly identified component of *Opuntia dillenii* polysaccharides. *Phytomedicine* 18; 661-668.
- 99. Zhong X.K., Jin X., Lai F.Y., Lin Q.S. et Jiang J.G., (2010).** Chemical analysis and antioxidant activities in vitro of polysaccharide extracted from *Opuntia ficus indica* Mill. Cultivated in China. *Carbohydrate polymers* 82; 722-727.
- 100. Zourgui L. (2010).** Valorisation des activités biologiques du cactus ; impact économique. Unité de recherche ; Biochimie, Macromoléculaire et Génétique (BMG). Faculté des sciences de Gafsa.



ANNEXES

Annexe 1

MATÉRIEL NON BIOLOGIQUES

1. Matériel utilisé dans notre expérimentation

- **Equipement**

- Broyeur électrique.
- Mixeur.
- Compresse en soie.
- Balance analytique.
- L'étuve.
- pH mètre.
- Four à moufle.
- Creuset en platine.
- Papier filtre (papier Whatman N°1).
- Agitateur.
- Hotte.
- Dessiccateur.
- Bec benzène.
- Bain marie.
- Balance pour les animaux de laboratoire (GIBERTINI).
- Cages en makrolon avec grilles en inox et des biberons spéciaux pour les souris.
- Cage de stabilisation des lapins.
- Pieds à coulisse.
- Seringue en plastiquée équipé d'une sonde œsophagique.
- Seringue en verre équipé d'une sonde œsophagique.
- Seringue en plastique de 1ml.
- Glucomètre et les Bandelettes.
- Etuve.
- Balance analytique.
- Disques en papier absorbants stériles.

- **Verreries**

- Bécher Erlens Meyer de 300,200, 150, et 100ml.
- Bécher.
- Tubes a essaies.
- Spatule.
- Fioles jaugées de 300, 200,150 et 100 ml.
- Les portoirs.
- Pipettes en verre.
- Boites de Pétries.
- Pince stérile.
- Pipettes Pasteur.

- **Réactifs et solution**

- Eau distillée.
- Acide chlorhydrique concentré (HCL concentré).
- Magnésium (Mg).
- Alcool isoamylique.
- solution saturée d'acétate de plomb.
- Solution de trichlorure de fer (Fe cl_3) à 5%.
- Hydroxyle d'ammoniac concentré ($\text{NH}_4 \text{OH}$).
- Acide sulfurique concentré (H_2SO_4).
- Iode Mercurate de potassium (réactif de Valser Mayer).
- Acide sulfurique concentré $\text{H}_2 \text{SO}_4$.
- Ethanol.
- KoH.
- Acide phosphomolybdique.
- Solution de la surcharge de glucose.
- Solution de carraghénine.
- Solution de déclofénac.
- Solution de médicament hypoglycémiant.

Annexe 2

Préparation de solution à tester

- **Activité anti-inflammatoire**

On premier lieu, nous avons calculé les doses correspond au poids des souris (25g).

Chaque souris peut recevoir 0.5ml d'un extrait liquide, dans notre cas, 0.5 ml de l'infusé et de jus. Puis on calcule la concentration de l'infusé administré aux souris.

1. Cas de dose de 100mg /kg

$$100 \text{ mg} \longrightarrow 1000 \text{ g}$$

$$X_1 \longrightarrow 25 \text{ g}$$

$$X_1 = 2.5 \text{ mg}$$

- 2.5mg est la quantité de la poudre végétale à donner pour une souris de 25 g de poids et qui correspond à la dose de 100 mg/kg.

$$2.5 \text{ mg} \longrightarrow 0.5 \text{ ml}$$

$$X_1' \longrightarrow 1 \text{ ml}$$

$$X_1' = 5 \text{ mg.}$$

- 5mg /ml est la concentration de l'infusé qui correspond à la dose de 100 mg/kg.

On fait le même calcul pour les autres dose.

2. Cas de dose de 250mg/kg.

$$250 \text{ mg} \longrightarrow 1000 \text{ g}$$

$$X_2 \longrightarrow 25 \text{ g}$$

$$X_2 = 6.25 \text{ mg.}$$

- 6.25 mg est la quantité de la poudre végétale à donner pour une souris de 25 g de poids et qui correspond à la dose de 250 mg/kg.

$$6.25 \text{ mg} \longrightarrow 0.5 \text{ ml}$$

$$X_2' \longrightarrow 1 \text{ ml}$$

$$X_2' = 12.5 \text{ mg}$$

- 12.5 mg/ml est la concentration de l'infusé qui correspond à la dose de 250 mg/kg.

3. Cas de la dose de 400mg/kg

$$400 \text{ mg} \longrightarrow 1000 \text{ g}$$

$$X_3 \longrightarrow 25 \text{ g}$$

$$X_3 = 10 \text{ mg.}$$

- 10 mg est la quantité de la poudre végétale à donner pour une souris de 25 g de poids et qui correspond à la dose de 400 mg/kg.

$$10 \text{ mg} \longrightarrow 0.5 \text{ ml}$$

$$X_3' \longrightarrow 1 \text{ ml}$$

$$X_3' = 20 \text{ mg.}$$

- 20 mg/ml est la concentration de l'infusé qui correspond à la dose de 400 mg/kg.

- **Activité hypoglycémiante**

Selon les protocoles expérimentale suivie pour la réalisation de l'activité hypoglycémiante, nous avons administré 2ml /kg du poids corporelle de l'infusé et du jus des cladodes.

Nous avons utilisé deux concentration différentes de l'infusé, à savoir, l'infusé à 10% et à 5%.

Pour arriver à la dose donner par voie orale pour un lapin de 1 kg vous avons suivie les calcules suivants :

1. Cas de l'infusé à 10%.

$$10 \text{ g} \longrightarrow 100 \text{ ml}$$

$$X_1 \longrightarrow 2 \text{ ml}$$

$$X_1 = 0.2 \text{ g} = 200 \text{ mg.}$$

- 200 mg /kg est la dose de l'infusé à donner aux lapins.

2. Cas de l'infusé à 5%

$$10 \text{ g} \longrightarrow 100 \text{ ml}$$

$$X_2 \longrightarrow 2 \text{ ml}$$

$$X_2 = 0.1 \text{ g} = 100 \text{ mg.}$$

- 100 mg/kg est la dose de l'infusé à donner aux lapins.