RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSIT
LARBI TEBESSI
FACULTÉ DES SCIENCES de la nature et de la vie
DOMAINE : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Ecophysiologie animale.

Mémoire : présente en vue de l'obtention de diplôme de MASTER

Effet d'une plante médicinale de la région de Tebessa sur les larves de *Culiseta longiareolata*

Rédigé par :
- Achour Hadil
- Babaci Bouchra

Devant le jury composé de:

Dr. DRIS D	M.C.A.	Université de Tébessa	Présidente
Pr. BOUABIDA.H	Pr.	Université de Tébessa	Rapporteuse
Dr. SEGHIER. H	M.C.A.	Université de Tébessa	Examinatrice

Année universitaire :2024/2025.

Remercîments

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant qui m'a accordé la force, la patience et l'endurance nécessaires pour mener à bien ce travail. Sans Sa volonté et Son aide, rien n'aurait été possible.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mes chers parents pour leurs sacrifices, leur amour inconditionnel et leur soutien moral tout au long de mon parcours. Leur présence et leurs encouragements ont été essentiels dans la réalisation de ce mémoire.

J'adresse également mes sincères remerciements à mon encadrante :Pr. Bouabida.H pour ses conseils précieux, sa disponibilité et son accompagnement Bienveillant. Son soutien scientifique et humain a grandement contribué à la réussite de ce travail.

Dédicas1

Je dédie ce mémoire :

À mes chers parents, Pour leur amour, leurs prières, leurs sacrifices et leur soutien inestimable tout au long de mon parcours.

À pr.Bouabidahayette Pour sa précieuse encadrement, ses conseils éclairés et sa bienveillance tout au long de ce travail.

À ma collègue et amie Hadil Achour Pour son aide, sa coopération et les efforts partagés durant tout notre travail de recherche.

À toute ma famille, Et plus particulièrement à mes oncles,Samirsoualhia et Lazhari, pour leur présence, leur soutien moral et leurs encouragements constants.

Babaci Bouchra

Dédicas2

Ce modeste travail achevé avec l'aide de Dieu le tout puissant, je le dédie à toutes lespersonnes que j'aime.

A mes cher parents , en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont ilsont fait preuve à mon égard.

A notre encadreur pr.Bouabidahayette Pour sa précieuse encadrement, ses conseils éclairés et sa bienveillance tout au long de ce travail.

A mes frères Thamer, Amir, Djawad, qui m'a beaucoup aidé dans la vie et ma soutenue,

Mes vifs remerciements vont également à mes amis Doua. Ghada ; Soundous ; Ihssane ; DJihane ; Assma.Amani ;Ibtihel pour leur soutien et qui étaient à mes côtés dans les moments les plus difficiles.

A ma binôme Babaci Bouchra et leur aide et soutien.

A mes oncles, mes tantes, et toute ma petite famille.

Merci

Achour Hadil

Sommaire

Introduction 1
Matériels et méthodes 3
Matériel végétale 3
I. Généralités sur le figuier de Barbarie 3
I.1. Les cactées 3
I.2. Figuier de Barbarie 3
I.2.1. Description morphologique 3
I.2.2. Classification 5
I.2.3. Ecophysiologie de l'OFI 6
I.2.4. La culture et la récolte 7
I.2.5 Importance du figuier de barbarie en Algérie 7
II. Les cladodes de figuier de Barbarie 8
II.1. Définition des Cladodes de Figuier de Barbarie 8
II.2. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie 9
II.2.1. Composants à faible poids moléculaire 9
II.2.2. Composants à haut poids moléculaire 11
II.3. Caractères Botaniques 12
II.3.1. Anatomie et histologie des cladodes 13
II.3.2. Morphologie et description 13
II.3.3. Intérêts et utilisation des cladodes 16
II.4. Zone d'étude (Tebessa) 17
II.5. Préparation de l'extrait végétal 18
Screening phytochimique 19
1. Recherche de flavonoides et des leucoanthocyane 19
2. Recherches des quinones 20
3. Recherche de saponines 20
4. Recherche des tanins 20
5. Recherche des terpenoïdes et des stéroides 21
6. Recherche des alcaloïdes 21
Les activités biologiques des cladodes de figuier de barbarie 22
1.Activité antioxydants 22
1.1. Activité antiradicalaire au DPPH• 22
2.Activité antidiabétique 22

2.1Test de l'effet de l'extraits du cladodes de figuier de barbarie sur l'absorption de glucose par la levure 23
Matériel animale : présentation des larves de Culex pipiens et de culiseta longiarlata ... 23
I. présentation des larves de Culex pipiens 23
I.1.Définition 23
1.2. Classification 23
1.3. Morphologie de La larve de Culex pipiens 24
II. Présentation de Culiseta longiareolata 26
II.1.Présentation de Culiseta longiareolata 26
II.2.Caractéristiques 26
II.3. Position systématique 27
II.4. Cycle de vie de Culiseta longiareolata 27
Résultats 31
1. Rendement 31
2.Résultats de l'étude phytochimique 31
3.l'activité toxique 33
3.Analyse de l'élimination des radicaux libres par DPPH 33
4.l'activité antidiabétique 34
Discussion 37
1.Rendement d'Extraction des Cladodes de Figuier de Barbarie 37
2. Screening Phytochimique des Extraits de Cladodes 37
3. activité toxique 38
4. Activité Antioxydante par la Méthode DPPH 38
5. Activité Antidiabétique 38
Conclusion 41
Références bibliographiques 44

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux éléments contenus dans les cladodes du figuier de Barbarie 9
Tableau 2: Teneur en minéraux des cladodes du figuier de Barbarie 10
Tableau 3: Teneur en acides aminés des cladodes du figuier de Barbarie (Kamble et al., 2017).....11
Tableau 4: Position systématique de Culex pipiens.....23
Tableau 5: La position systématique de Cs longiareolata comme suit (AITKEN, 1954 27
Tableau 6: les résultats de la Screening phytochimique de la plante.....32

Liste des figures

Figure 1: Figue de barbarie, Opuntia ficus indiça (photo personnel) 4
Figure 2: Les boutons de fleurs du figuier de barbarie (www.genialvegital.net) 5
Figure 3: Cycle photosynthétique des plantes de type CAM (D'après Sutton et al., 1981). 7
Figure 4: les cladodes de figuier de barbarie 8
Figure 5: Morphologie du cladodes de figuier de Barbarie :(E) épiderme, (C) 14
Figure 6: Morphologie d9un stomate entouré par des druses (à gauche) et d'un 14
Figure 7: Morphologie d'une aréole de cladode présentant deux épines, une feuille éphémère et plusieurs glochides brunâtres (Malainine et al., 2001; SalemFnayouetal., 2014; Inglese, 2018). 15
Figure 8: Carte nationale indiquant l'emplacement de Tebessa 18
Figure 9: protocole de préparer l'extrait éthanolique de cladode de figuier de barbarie par rota vape 19
Figure 10: Morphologie de la larve de l'espèce Culex pipiens (Originale, 2021). 24
Figure 11: Morphologie de la tête d`une larve de Culex pipiens (photo personnel). 25
Figure 12: Morphologie du siphon respiratoire (Originale, 2021). 26
Figure 13: les larves de culiseta longearlata (photo personnel) 28
Figure 14: Nymphes de culiseta longiarlata(photo personnel) 29
Figure 15: ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 16: Adultes (ou l'imago) de culiseta longearlata (photo personnel) 29
Figure 17: Pépinière Hammamet Tebessa ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 18: Le rendement de l'extrait de cladodes de figuier de barbarie 31
Figure 19: l'observation des larves de culexpipines et culiseta longearlata apré l'application de l'extrait de cladodes de barbarie 33
Figure 20: Les valeurs de la CI50 dans le test d'activité du racleur radical DPPH du cladode de figuier de barbarie (opuntia ficus-indica). L'acide ascorbique a été utilisé comme antioxydant de référence. 34
Figure 21: Les valeurs de la CI50 dans le test d'activité antidiabétique du cladode de figuier de barbarie (opuntia ficus-indica). Glucophage a été utilisé comme antioxydant de référence. 34

ملخص:

التأثير السام لفصيلة تين تبسة على يرقات البعوض والأنشطة البيولوجيةتستكشف هذه الأطروحة البحثية التأثيرات السامة لمستخلصات تفرعات التين البربري (Opuntia ficus-indica) من منطقة تبسة بالجزائر على يرقات نوعين من البعوض، *Culiseta longiareolata* و*Culex pipiens*. وتهدف الدراسة إلى تقييم إمكانات هذه الكلادودات كمبيدات حيوية طبيعية لمكافحة ناقلات الأمراض.

بالتوازي مع تقييم مبيدات اليرقات، يتضمن العمل فحصًا كيميائيًا نباتيًا شاملاً لمستخلصات الكلادود. يسمح هذا التحليل بتحديد وتوصيف المركبات النشطة بيولوجيًا التي يحتمل أن تكون مسؤولة عن الأنشطة البيولوجية المرصودة.

تبحث الأطروحة أيضًا في نشاط المستخلصات المضاد للأكسدة، وهو جانب حاسم نظرًا لوجود المركبات الفينولية و الفلافونويدات المعروفة بخصائصها الوقائية. أخيرًا، تم تقييم النشاط المضاد لمرض السكر للكلادودات، مما يوفر منظورًا للتطبيقات العلاجية المحتملة الأخرى لهذا النبات المتاح على نطاق واسع.

تساهم نتائج هذه الدراسة في تطوير التين البربري في منطقة تبسة، ليس فقط كمصدر محتمل للمبيدات الحيوية البيئية، ولكن أيضًا كمادة خام غنية بالمركبات المفيدة لصحة الإنسان

Résumé

Ce mémoire de recherche explore les effets toxiques des extraits de cladodes de figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica) originaires de la région de Tébessa, Algérie, sur les larves de deux espèces de moustiques, *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. L'étude vise à évaluer le potentiel de ces cladodes comme biopesticides naturels pour le contrôle des vecteurs de maladies.

En parallèle de l'évaluation larvicide, le travail comprend un screening phytochimique approfondi des extraits de cladodes. Cette analyse permet d'identifier et de caractériser les composés bioactifs potentiellement responsables des activités biologiques observées.

Le mémoire investigue également l'activité antioxydante des extraits, un aspect crucial compte tenu de la présence de composés phénoliques et flavonoïdes connus pour leurs propriétés protectrices. Enfin, l'activité antidiabétique des cladodes est évaluée, offrant une perspective sur d'autres applications thérapeutiques potentielles de cette plante largement disponible.

Les résultats de cette étude contribuent à la valorisation du figuier de Barbarie de la région de Tébessa, non seulement comme source potentielle de biopesticides écologiques, mais aussi comme matière première riche en composés bénéfiques pour la santé humaine.

Mots clé : *Culiseta longiareolata* ; *Culex pipiens ;* screening phytochimique ; figuier de Barbarie.

Abstract

Toxic Effect of Tebessa's Fig Cladodes on Mosquito Larvae and Biological Activities. This research thesis explores the toxic effects of Barbary fig cladodes (Opuntia ficus-indica) extracts from the Tébessa region, Algeria, on the larvae of two mosquito species, *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens*. The studyaims to assess the potential of these cladodes as natural biopesticides for disease vector control.

In parallel with the larvicidal assessment, the work includes a thorough phytochemical screening of cladode extracts. This analysis allows the identification and characterization of bioactive compounds potentially responsible for the observed biological activities.

The thesis also investigates the antioxidantactivity of extracts, a crucial aspect given the presence of phenolic compounds and flavonoidsknown for their protective properties. Finally, the antidiabetic activity of cladodes isevaluated, offering a perspective on other potential therapeutic applications of this widely available plant.

The results of this studycontribute to the development of the Barbary fig in the Tébessa region, not only as a potential source of ecological biopesticides, but also as a raw material rich in compounds beneficial for human health.

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales représentent une source inestimable de composés bioactifs aux propriétés pharmacologiques diverses, traditionnellement utilisées pour le traitement de nombreuses affections. Cependant, il est crucial de noter que l'utilisation de ces plantes n'est pas sans risque, et des études approfondies sont nécessaires pour évaluer à la fois leur efficacité thérapeutique et leur potentiel de toxicité. Dans ce contexte, notre mémoire de recherche se concentre sur les cladodes de figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica), une plante largement répandue dans la région de Tébessa, en Algérie, et reconnue pour ses multiples usages traditionnels.

Le figuier de Barbarie est une plante succulente appartenant à la famille des Cactaceae, dont les cladodes, les fruits et les fleurs sont couramment consommés et utilisés en médecine traditionnelle pour leurs propriétés antidiabétiques, antioxydantes, anti-inflammatoires et hypocholestérolémiantes (Ben Salah *et al.,* 2020 ;Chougui *et al.,* 2017). Malgré ces bénéfices avérés, l'évaluation de la sécurité d'emploi des extraits de cette plante, notamment à l'égard d'organismes non cibles, est une étape indispensable.

Notre étude vise à investiguer l'effet toxique des extraits de cladodes de figuier de Barbarie de la région de Tébessa sur les larves de moustiques, spécifiquement *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. Ces espèces de moustiques sont des vecteurs importants de maladies dans de nombreuses régions du monde, et l'identification de nouvelles substances naturelles larvicides est d'un grand intérêt pour la lutte anti-vectorielle (Brahmi *et al.,* 2017; Hamdi *et al.,* 2021). Parallèlement à cette évaluation de toxicité, nous analyserons également l'activité antioxydante et l'activité antidiabétique des mêmes extraits. L'évaluation de l'activité antioxydante est pertinente compte tenu des propriétés rapportées de la plante, tandis que l'activité antidiabétique sera étudiée pour confirmer et potentiellement quantifier le potentiel hypoglycémiant de ces extraits, consolidant ainsi les connaissances sur leurs applications thérapeutiques. Cette approche combinée permettra d'offrir une vision holistique des effets des cladodes de figuier de Barbarie, en équilibrant l'évaluation de leur potentiel bénéfique et de leur éventuelle toxicité.

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

Matériel végétale

I. Généralités sur le figuier de Barbarie

I.1. Les cactées

Les cactées, qui font partie de la famille des plantes succulentes, ont la capacité de vivre sur leurs réserves pendant une période sans eau grâce à leur système de conservation d'eau situé dans leurs tiges, feuilles ou racines qui sont très charnues. Des avancées plus conséquentes ont contribué à l'accroissement des réserves d'eau en atténuant l'évaporation de l'eau (Mace, 2003).

D'après les spécialistes en botanique, toutes les espèces de cactus viendraient d'Amérique. Ils soutiennent qu'avant Christophe Colomb, on n'en avait jamais découvert dans l'Ancien Monde, mais que ces étranges plantes aux formes inhabituelles ont été parmi les premières à être rapportées du Nouveau Monde par les explorateurs. L'hypothèse des écrivains grecs et romains, qui soutiennent que notre cactus était déjà connu dans l'Antiquité, est désormais complètement réfutée (Schweizer, 1997).

Les cactus présentent une variété de formes, depuis les petites plantes jusqu'aux grands arbres qui peuvent atteindre presque 25 mètres de hauteur. Mis à part le genre Preskia et des genres connexes qui possèdent des feuilles ordinaires, des épines et une structure légèrement primitive pour les fleurs et fruits, tous les autres genres présentent une grande ressemblance. Ces autres types de plantes sont presque sans feuilles, les processus de photosynthèse ayant lieu dans des tiges charnues vertes (Lamb, 1991).

I.2. Figuier de Barbarie

L'Opuntia ficus-indica, également connu sous le nom de Figuier de Barbarie (Figure 1), est une plante appartenant à la famille des Cactaceae. Originaire du Mexique, cette espèce s'est établie sur d'autres continents, y compris dans la région méditerranéenne et en Afrique du Sud. Il génère un fruit que l'on peut manger, connu sous le nom de figue de Barbarie. Cette espèce est classée dans la sous-famille Opuntioideae, au sein de la tribu Opuntieae. (Falcão et al., 2013)

Elle joue un rôle majeur dans la nutrition humaine et est aussi employée comme aliment pour le bétail. C'est une plante fascinante du fait des conditions écologiques où elle croît et de sa capacité à résister à des conditions météorologiques extrêmes (Hernández-Urbiola et al., 2011).

I.2.1. Description morphologique

Opuntia ficus indíca est une nouvelle variété de cactus reproducteur. Il s'agit d'une plante arbustive à caractère arborescent mesurant 1,7 mètre de hauteur, dotée d'un tronc principal

lignifié cylindrique de 45 cm de longueur et de 20 cm de largeur, que l'on nomme cladodes ou raquettes. Ces dernières ont généralement une forme elliptique, mais peuvent aussi être ovales, circulaires, oblongues ou rhombiques, avec des teintes variant du vert clair au vert sombre. Elles arborent une surface verte à bleutée lisse et sans poils, parsemée de coussinets menaçants appelés aréoles, qui accueillent des épines aiguisées (aiguillons) entourées de barbes, les glucides. Il s'agit de fines épines de quelques millimètres dont la fonction est de conserver l'humidité. Elles peuvent également englober la superficie des fruits d'Opuntia (Figure 01) (Reyes et al, 2005).



Figure 1: Figue de barbarie, Opuntia ficus indiça (photo personnel)

Les fleurs du cactus de la figue de Barbarie, à l'instar de toutes les autres cactacées, sont éphémères. Ces fleurs sont composées de pétales de soie qui peuvent être jaunes, jaune orangé ou rouges en fonction des variétés, et qui forment un groupe d'étamines au centre. (Veuillez-vous référer à la Figure 02). On peut les observer dès le début de l'été, voire tout au long de l'année. On en trouve généralement jusqu'à 10 par cladode, presque toujours générées au niveau de la marge apicale de celle-ci. (Figure 02) (Reyes et al., 2005)



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

Les fruits, de couleur allant de l'orange au violet et parfois blanc, ont une dimension similaire à celle d'une figue et se disposent uniquement sur le contour de la raquette (Figure 01). La collecte a lieu de juillet à septembre, pouvant aller jusqu'à trois fois par an en cas de conditions climatiques propices. La pulpe de couleur jaune, verte ou rouge entoure de grandes graines noires à coque dure, bien qu'il existe des variétés sans pépins. Habituellement tournées, parfois sphériques, cylindriques ou ellipsoïdales, souvent d'un jaune éclatant oscillant entre le jaune pâle et le rouge violet, moins couramment de teinte jaune-vert ou jaune-rouge, mesurant 7 à 9 cm de longueur et 5 à 6 cm de largeur, pesant entre 86 et 146 g (Reyes et al., 2005).

I.2.2. Classification

Le groupe des Cactacées compte environ plusieurs espèces. Le genre Opuntia, qui appartient à la famille des Opuntiaceae, est divisé en quatre sous-genres : Platyopuntia, Cylindropuntia, Tephrocactus et Brasiliopuntia. Le genre Platyopuntia englobe entre 150 et 300 espèces, dont Opuntia ficus-indica se distingue. Selon Halmi (2015), cette cactée est la plus significative d'un point de vue agronomique, que ce soit pour ses fruits comestibles ou ses raquettes, qui peuvent être employées comme aliments pour le bétail ou comme légumes.

Voici la position systématique du figuier de barbarie selon Halmi (2015) :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Embranchement : Phanérogames

Sous Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Caryophyllidae

Ordre : Opuntiales

Famille : Cactaceae

Sous-famille : Opuntioideae

Tribu : Opuntieae

Genre : Opuntia

Sous-genre : Platyopuntia

Espèce : Opuntia ficus indiça

I.2.3. Ecophysiologie de l'OFI

D'un point de vue physiologique, l'Opuntia ficus indica est une plante qui adopte le métabolisme acide crassulacéen (CAM). Elle se distingue par sa capacité à capturer le dioxyde de carbone et à libérer de l'oxygène la nuit, tout en fermant ses stomates durant la journée. Cet appareil contribue à réduire l'évapotranspiration et donc la perte d'eau durant les heures de chaleur maximale. L'air pénètre par les stomates ouverts pendant la nuit, c'est durant cette période que le dioxyde de carbone est fixé dans les tissus des chloroplastes par le phosphoénolpyruvate (PEP), qui est un produit du métabolisme des glucides via la glycolyse, produisant ainsi l'oxaloacétate. Cet élément est ensuite converti en malate pour son stockage dans la vacuole. Durant la journée, le malate se transforme en pyruvate, libérant du dioxyde de carbone et de l'eau qui sont directement utilisés par les tissus chlorophylliens pour poursuivre le processus de photosynthèse selon le cycle de Calvin (Fig.3). C'est une distinction majeure par rapport aux plantes classiques (mésophytes), qui réalisent la photosynthèse durant le jour à partir du dioxyde de carbone récemment extrait de l'atmosphère (Sutton et al., 1981 ; Leuttge, 1993). Traditionnellement, la multiplication du figuier de Barbarie se fait par voie végétative en utilisant le bouturage des raquettes. Les jeunes plantes peuvent commencer à fleurir dès leur deuxième ou troisième année. La variété et la région géographique influencent la durée et la période du cycle annuel (Poupon, 1975).

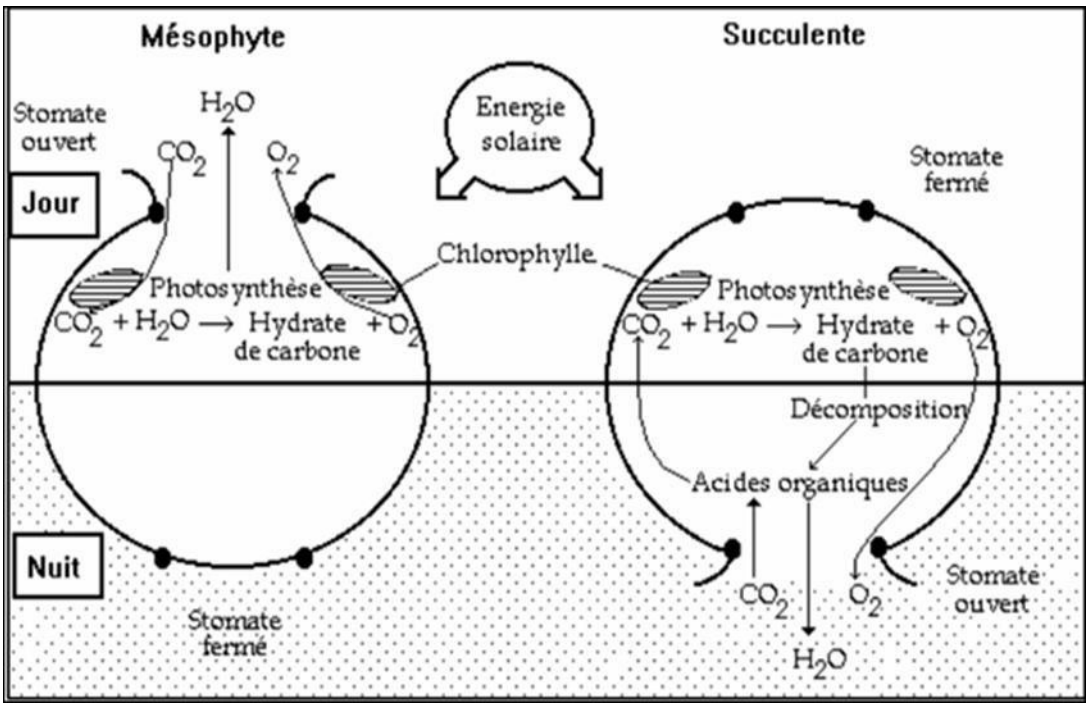


Figure 3: Cycle photosynthétique des plantes de type CAM (D'après Sutton et al., 1981).

I.2.4. La culture et la récolte

Le moment de la plantation du cactus dépend de la latitude et des conditions environnementales. On considère deux périodes distinctes :

- **Automne :** de septembre à novembre pour les zones avec des hivers doux et de septembre à octobre pour les zones à hivers plus frais.
- **Printemps :** de février à avril dans les régions où les hivers sont doux, et d'avril à mai dans les zones où les hivers sont frais.

L'implantation s'effectue soit à l'aide de raquettes simples (une seule raquette), soit doubles (raquette finale fixée à une raquette subterminale). Cette option offre l'avantage de garantir une mise en production plus rapide de ces raquettes par rapport aux raquettes simples. Toutefois, la méthode la plus facile et répandue pour multiplier le figuier de barbarie est par bouturage. La période de récolte des figues de barbarie fluctue en fonction du cultivar et de l'endroit où elles sont produites.

Pour garantir une qualité optimale du fruit, il est nécessaire de récolter les fruits colorés lorsqu'ils atteignent au moins 50% de leur couleur finale. La collecte se fait manuellement, en tournant soigneusement le fruit pour le détacher du cladode, ou en sectionnant à l'articulation.

I.2.5 Importance du figuier de barbarie en Algérie

Au nord, OFI est employé comme barrière autour des habitations et des petites communes ; les clôtures végétales sont également mises en œuvre pour la culture de fruits et, durant la

saison sèche, comme moyen de nourrir le bétail. Les fruits sont cueillis dans des vergers naturels et destinés à la consommation humaine ou commercialisés sur les marchés locaux. Dans la région méridionale, les cladodes d'Opuntia se présentent comme une source de nourriture pour les petits ruminants et les dromadaires. À l'instar d'autres pays africains, l'Algérie connaît un engouement pour la culture et dispose désormais de sa première unité de transformation de figues de Barbarie. Située à Sidi-Fredj et s'étendant sur une superficie de 5000 m², cette installation a la capacité de traiter approximativement 2 tonnes par heure. Ses tâches principales comprennent l'emballage des figues de Barbarie et la fabrication d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de boissons, de confitures et d'aliments pour animaux. Selon l'Agence Ecofin (2015), l'établissement d'une usine de transformation constitue une solution significative pour augmenter les revenus des résidents de la wilaya de Souk Ahras.

II. Les cladodes de figuier de Barbarie

II.1. Définition des Cladodes de Figuier de Barbarie

Les cladodes de figuier de Barbarie (également connus sous le nom de raquettes ou palettes) sont des tiges aplaties, épaisses, charnues et succulentes, qui constituent la partie végétative principale de la plante Opuntia ficus-indica (L.) Mill., communément appelée figuier de Barbarie, cactus de Barbarie, ou nopal. Botaniquement, les cladodes sont des tiges modifiées qui ont évolué pour assumer la fonction de feuilles, réalisant la photosynthèse et stockant l'eau.



Figure 4: les cladodes de figuier de barbarie

II.2. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie

La composition chimique des cladodes fluctue selon les facteurs édaphiques (liés au sol), le lieu de culture, la saison et l'âge de la plante. Le tableau II présente les différents éléments des cladodes (Stintzing et Carle, 2005).

Les cladodes du figuier de Barbarie sont pleins d'eau, d'hydrates de carbone, de vitamine C et de bêta-carotène (Arba ;2009).La teneur en eau des cladodes fraîches varie entre 80 et 90 % (Benattia ;2017). Les cladodes sont riches en calcium et en fibres. Ils sont moins nutritifs que les épinards, mais plus nutritifs que la laitue (Stintzing et Carle (2005).

Plusieurs études ont prouvé que l'application d'engrais azotés et phosphatés rehausse la teneur en protéines brutes des raquettes d'Opuntia. La teneur en nutriments varie en fonction de l'âge des raquettes. Lorsque les raquettes vieillissent de 1 à 5 ans, le taux de protéines brutes baisse (de 5 à 3% de la matière sèche), alors que la teneur en fibres s'accroît (de 9 à 20% de la matière sèche) (Mulas et Mulas, 2004).

Tableau 1: Principaux éléments contenus dans les cladodes du figuier de Barbarie (Stintzing et al., 2005 ; El Mostafa, et al., 2014).

Composants	**Matière sèche (g/100 g)**	**Poids frais (g/100g)**
Eau	-	88-95
Glucides	64-71	3-7
Cendres	19-23	1-2
Fibres	18	1-2
Protéines	4-10	0,5-1
Lipides	1-4	0,2
Polyphénols : Ac. Gallique	0,00064-0,00237	

II.2.1. Composants à faible poids moléculaire

a) Minéraux

Des recherches ont prouvé que le contenu minéral s'élève à 50 mg/100 g de masse sèche, 18-57 mg/100 g de masse sèche pour le potassium, 11-17 mg/100 g pour le calcium et le magnésium, puis vient le manganèse (62-103 µg/g), suivi par le fer (59-66 µg/g), le zinc (22 à 27 µg/g) et enfin le cuivre (8-9 µg/g) (Stintzing et Carle, 2005).

Tableau 2: Teneur en minéraux des cladodes du figuier de Barbarie

Composants	**Cladode (mg/100g)**
Calcium	5,64-17,95
Oxalate de calcium	11,5-14,3
Magnésium	8,80
Potassium	2,35-55,20
Phosphore	0,15-2,59
Sodium	0,3-0,4
Zinc	0,08
Manganèse	0,19-0,29
Fer	0,09

b) Glucides (Carbohydrates)

Les cladodes contiennent environ 36 à 37% de glucides dans leur poids sec total. les glucides solubles représentent la part fondamentale de l'extrait non azoté (Stintzing et Carle ;2005).

Cette fraction de glucides contient du glucose, du fructose et une petite quantité de saccharose et d'autres sucres, mais leur proportion peut fluctuer en fonction de la variété et du stade de développement. le fructose est le sucre soluble le plus crucial (Ayadi (2009).

En termes de poids sec, la quantité de glucides varie entre 64 et 71 g pour chaque 100 g. Les variations peuvent être attribuées aux éléments agronomiques et environnementaux, sans oublier l'âge du cladode. les jeunes cladodes ont une teneur plus élevée en glucides (Ginestra et al ;2009).

c) Acides organiques

L'acide malonique et l'acide citrique se retrouvent respectivement en quantités de 36 et 178 mg pour chaque 100 g de poids frais. Toutefois, les cladodes plus âgés ne renferment plus d'acide malonique.

De plus, la concentration d'acide malique peut aller de 95 à 985 mg pour 100 g de poids frais (Teles et al., 1984).

d) Acides aminés

les cladodes du figuier de Barbarie contiennent 18 acides aminés (Bruckner et al ;2003). La composition protéique est de 11 g pour chaque 100 g de poids frais ou de 0,5 g pour chaque 100 g de poids sec (Teles et al., 1997).

Les acides aminés majeurs incluent la glutamine, suivie de près par la leucine, la lysine, la valine, l'arginine, la phénylalanine et l'isoleucine (El-Mostafa et al., 2014).

Tableau 3: Teneur en acides aminés des cladodes du figuier de Barbarie (Kamble et al., 2017).

Composant	**Cladode (g/100g)**
Alanine	0,6
Arginine	2,4
Asparagine	1,5
Acide aspartique	2,1
Acide glutamique	2,6
Glutamine	17,3
Glycine	0,5
Histidine	2,0
Isoleucine	1,9
Lysine	1,3
Méthionine	1,4
Phénylalanine	17
Serine	32
Thréonine	2,0
Tyrosine	0,7

f) Vitamines, caroténoïdes et chlorophylles

la concentration totale en vitamine C (acide ascorbique et déhydroascorbique) dans 100 g de matière fraîche est de 22 mg, celle en b-carotène varie entre 11,3 et 53,5 µg, en thiamine elle est de 0,14 mg, en riboflavine de 0,6 mg et enfin pour la niacine, elle s'établit à 0,46 mg (Stintzing et Carle ;2005).

g) Composants phénoliques

La concentration totale en polyphénols dans les cladodes est de 8 à 9 mg pour 100 g de poids frais (Rodrigues-Felix ;2002). On a identifié plusieurs acides phénoliques : l'acide ferulique, l'acide p-Coumarique, l'acide 4-Hydroxybenzoïque, l'acide caféique, l'acide salicylique et l'acide gallique. On a identifié les flavonoïdes suivants : la rutine, l'iso-quercitrine, la nicotiflorine et la narcissine (Guevara-Figueroa et al., 2010).

II.2.2. Composants à haut poids moléculaire

le pourcentage moyen de cellulose contenu dans les cladodes par rapport à la matière sèche est de 11 %, celui d'hémicellulose est de 8 % et celui de lignine est de 3,9 % (Ben-Thlija ;2002).

Le taux d'amidon dans les cladodes varie selon les saisons, avec une moyenne située entre 85 et 171 mg/g de matière sèche (Retamal et al., 1987).

Les hydrocolloïdes représentent 36 % du volume total du cladode, en raison de leur importante capacité à se dilater. L'accumulation d'eau représente 50 % de leur poids total (Sutton et al., 1981).

Le mucilage : la composition moyenne du sucre dans le mucilage du figuier de Barbarie se décompose comme suit : 42 % d'arabinose, 22 % de xylose, 21 % de galactose, 8 % d'acide galacturonique et 7 % de rhamnose (Nobel et al ;1992).

II.3. Caractères Botaniques

D'après la classification botanique, les cactées ou cactus constituent des plantes dominantes classées parmi les angiospermes, dicotylédones et pétales. Cette famille unique, l'une des plus récentes du règne végétal, appartient à l'ordre opportuniste qu'elle représente. En réalité, nous ne sommes pas en mesure de déterminer la période à laquelle le cactus était fossile. Les cactus présentent une grande diversité de tailles, allant des arbres aux petites plantes. Cette plante peut grandir jusqu'à une hauteur de 3 à 5 mètres. Sa structure est unique : des tiges planes modifiées constituent ce qu'on surnomme généralement une « raquette ». Liés entre eux, ils ont tendance à constituer des branches. En fonction de la variété, leurs surfaces peuvent être ponctuées de petits tapis ou d'anneaux, et les épines peuvent ou non porter des épines. Le tronc est robuste et fibreu, de forme plate, ovale ou ovale, de couleur vert profond. Il mesure entre 30 et 50 cm en longueur, entre 15 et 30 cm en largeur, avec une épaisseur allant de 1.5 à 3 cm.

Les feuilles sont de petite taille et sans importance (3 mm). De avril à juin, le cactus fleurit de couleur jaune. Le fruit ou le figuier de Barbarie est une baie pulpeuse qui contient de nombreuses graines, dont le poids peut aller de 150 à 400 grammes. Selon les variétés, sa couleur peut être jaune, rouge ou blanc.

La plante possède une adaptation exceptionnelle à la sécheresse, développée au cours du temps grâce à l'évolution remarquable de sa structure organique. Les cactus ont une préférence pour les sols calcaires et les climats semi-arides, avec des températures variant entre 18 et 30°C. Ils appartiennent aux catégories des xérophytes et des plantes succulentes, qui sont capables de s'ajuster à un certain degré d'humidité ou de sécheresse, leur permettant ainsi de résister à d' longues périodes de sécheresse, comme celles que l'on trouve dans les zones arides et semi-arides.

II.3.1. Anatomie et histologie des cladodes

Au fil du temps, l'OFI a acquis des traits morphologiques, anatomiques et physiologiques qui lui ont donné la capacité de résister aux conditions adverses présentes dans les milieux arides (Nobel, 1995 ; VenturaAguilar et al., 2017).

II.3.2. Morphologie et description

Le terme « cladodes » fait référence aux feuilles du cactus, souvent appelées « raquettes » (Mazari et Mahdeb, 2021).Elles sont charnues, succulentes et articulées avec des formes et des couleurs variées (HDCS, 2005), remplissant ainsi la fonction de la photosynthèse. Ces dernières ne sont que des tiges aplaties, mesurant de 30 à 50 cm de longueur et de 15 à 30 cm de largeur (Kenny ;1998).Grâce à leur parenchyme généreux, elles sont capables de retenir d'importantes quantités d'eau (figure 3). C'est un matériau de couleur blanche dans lequel l'eau est conservée, ce qui permet aux plantes de subsister pendant des périodes prolongées sans eau (Mazari et Mahdeb, 2021).

Sur un plan anatomique, la coupe transversale du cladode est constituée de :

- « La peau est composée d'une couche de cellules épidermiques, suivie de 6 à 7 couches de cellules hypodermiques, le tout reposant sur des murs fondamentaux épais qui rappellent la structure laminaire du collenchyme (figure 3). »
- Les cellules de l'épiderme sont minces, élancées et structurées. » La peau demeure intacte pendant une longue période et finit par être remplacée par le périderme (écorce), qui est constitué de cellules épidermiques.
- L'épiderme (figure 3) représente la couche la plus externe de cellules du cactus ; il est formé d'une couverture ininterrompue de cellules défensives qui présente des stomates (Sudzuki, 1995).

Ce dernier possède trois rôles principaux :

- Ajuster le flux d'entrée du dioxyde de carbone et de sortie de l'oxygène,
- Conserver l'eau au sein de la plante,
- protéger celle-ci contre les agressions fongiques, les attaques d'insectes ainsi que contre une lumière vive (Sudzuki , 1995).

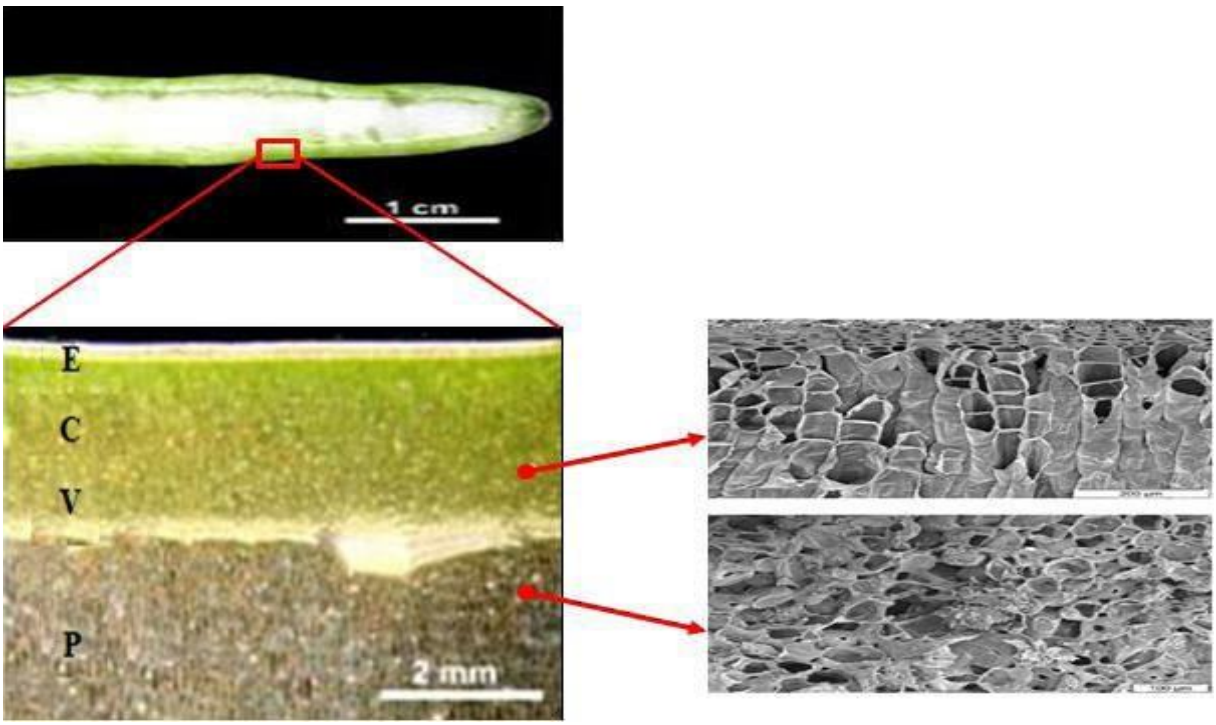


Figure 5: Morphologie du cladodes de figuier de Barbarie :(E) épiderme, (C) chlorenchyme, (V) vaisseaux conducteurs et (P) parenchyme (Malainine et al., 2001; Ginestra et al., 2009).

a. Stomates

Elles possèdent une faible densité de stomates (figure 4) par unité de surface et ont la particularité de rester fermées durant le jour et ouvertes durant la nuit. Cela permet d'empêcher l'évaporation de l'humidité par transpiration durant la journée et facilite l'absorption du dioxyde de carbone (CO2), indispensable à la photosynthèse, pendant la nuit (Mazari et al., 2021).

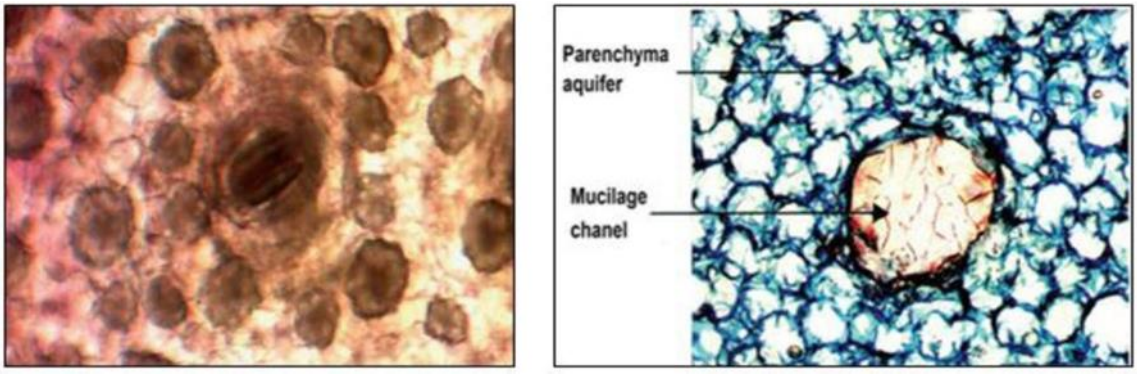


Figure 6: Morphologie d9un stomate entouré par des druses (à gauche) et d'un canal de mucilage (à droite) (Olvera et Romero, 2006;Inglese, 2018).

b. Les feuilles

Les feuilles coniques de quelques millimètres de long apparaissant sur les cladodes jeunes, où elles sont rudimentaires, éphémères et caduques. A l9aisselle des feuilles se trouvent les bourgeons auxiliaires typiques des cactacées, appelés les aréoles (figure 5), au nombre de 150 par cladode. Leurs méristèmes produisent des épines, des glochides, des racines adventives, de nouvelles cladodes ou des fleurs (Sudzuki, 1995;Neffar, 2012;Boutakiout, 2015;Benattia, 2018)

c. Les épines

Les épines mesurent de 1 à 2 cm, elles sont de couleur blanchâtre (figure 5), sclérifiées et fermement ancrées. La présence ou l'absence de ces éléments sur les cladodes détermine si la variété est épineuse ou sans épines (Neffar, 2012).Les glochides (figure 5), qui se détachent aisément, sont de petites épines brunes de quelques millimètres, et on les retrouve de manière similaire dans les deux variétés (Benattia, 2018).

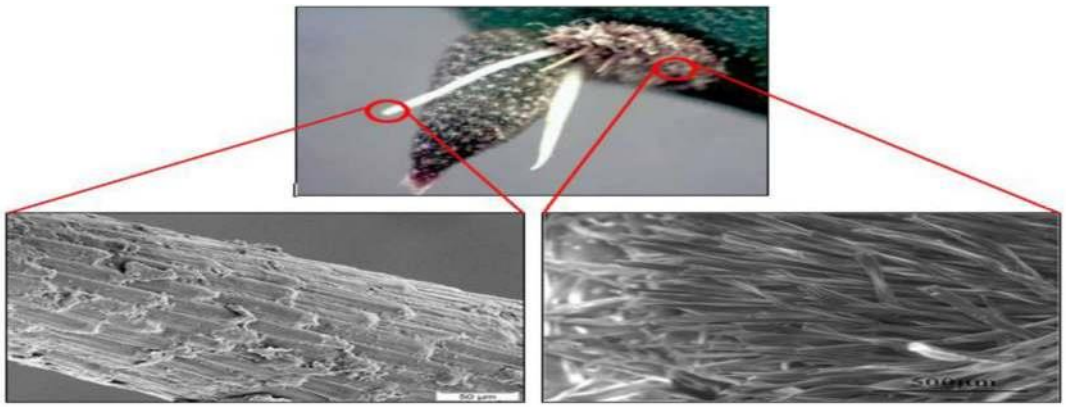


Figure 7: Morphologie d'une aréole de cladode présentant deux épines, une feuille éphémère et plusieurs glochides brunâtres (Malainine et al., 2001;SalemFnayouetal., 2014;Inglese, 2018).

d. Les fleurs

Les fleurs marginales qui apparaissent au sommet des cladodes âgées d'un an, généralement sur les aréoles situées en haut des cladodes ou sur la face la plus exposée au soleil, sont hermaphrodites. Elles possèdent un ovaire infère à une chambre unique et un pistil portant un stigmate multiple. On peut apercevoir les étamines de couleur jaune-orange. Les fleurs présentent une teinte jaune qui tend à devenir rougeâtre à l'approche de la sénescence de la plante. En général, une unique fleur se manifeste dans chaque aréole. Les jeunes pousses présentent des feuilles temporaires qui sont typiques de l'espèce, et une seule cladode peut accueillir jusqu'à une trentaine de fleurs (Reyes-Aguiro et al., 2006).

II.3.3. Intérêts et utilisation des cladodes

On a beaucoup étudié l'intérêt du cladode et ses différentes applications en tant que fourrage, nourriture, ainsi que son rôle de plante médicinale ajoutée dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques.

- **Alimentation humaine :** Les jeunes cladodes sont mangées comme un légume en raison de leur texture tendre et fibrouse. Ils possèdent une valeur nutritionnelle comparable à celle de nombreux légumes et feuilles (Araba, 2009).Elles sont généralement consommées suite à un processus préparatoire comprenant l'élimination des épines, le nettoyage, la découpe et la cuisson dans de l'eau en ébullition (Feugang et al., 2006).Elles contiennent une grande quantité de glucides, de vitamine C et de β-carotène, qui est un précurseur de la vitamine A. Au Mexique, ces jeunes cladodes sont connues sous le nom de « Napolitos » et sont perçues comme un légume traditionnel depuis des siècles. Selon Araba (2009), elles sont mangées soit crues, soit cuites comme un légume vert. On a suggéré d'utiliser la poudre de cladodes comme élément dans les boissons lactées et les céréales du matin. Elle peut également être utilisée jusqu'à 20% comme épaississant dans les soupes de légumes et les gels à dessert (Stintzing et al., 2005). On peut aussi fabriquer d'autres produits dérivés à partir des cladodes, tels que la confiture, les cornichons et les cladodes confits. Bien que les cladodes aient historiquement servi de remplacement à la viande lors des périodes de jeûne, elles sont actuellement proposées en accompagnement d'un repas, à l'instar des haricots verts (Stintzing et Carle, 2005).

➢ A.Valeur nutritionnelle dans l'alimentation humaine Chez les cladodes :

Nombreuses études ont démontré leur carence en protéines et en lipides, un ratio Ca/P trop élevé. Ils ont également souligné leur teneur élevée en glucides (glucose, fructose et très peu de saccharose), en eau, en vitamines telles que A, B et C, en fer et en pectine.

- **Production de fourrage pour le bétail :** La culture de cactus pour la production de fourrage destiné au bétail occupe la seconde place en termes d'importance économique mondiale. On l'utilise depuis des années dans la nutrition du bétail dans les régions arides, et sa production est plus bénéfique dans ces zones comparée à d'autres types de fourrage tels que le maïs ou le sorgho (Russel, 1986).Il est cultivé en tant que source de nourriture pour le bétail dans divers pays afin de garantir une réserve alimentaire en période de sécheresse critique (Pimienta-Barrios, 1993). Plusieurs nations, telles que le Mexique, les États-Unis, le Brésil, le Pérou et le Chili, entre autres, produisent de

grandes quantités de raquettes qui servent d'alimentation pour le bétail (Nobel et al., 1987). Les cactus, en particulier leurs raquettes, sont prisés par le bétail en raison de leur teneur élevée en eau et en fibres (Nefzaoui et Ben Salem, 2000 ; Le Houérou, 2002).Selon Russel et Felker (1987), leur consommation contribue à rehausser le goût du lait et la teinte du beurre.

- **Production pharmaceutique :** Dans la médecine traditionnelle, les cladodes sont couramment utilisés pour soigner les ulcères, les blessures, le diabète et les douleurs rhumatismales (Osuna-Martínez et al., 2014).Elles ont un effet bénéfique au niveau physiologique sur le métabolisme du glucose et des lipides (Feugang et al., 2006).Les bénéfices majeurs pour la santé des cladodes face aux maladies chroniques sont liés à leurs fibres et antioxydants. Il a été démontré que les cladodes contrôlent à la fois le poids corporel et la glycémie, ce qui pourrait aider à soigner les problèmes gastro-intestinaux et l'hyperlipidémie (Osuna-Martínez et al., 2014). On trouve sur le marché une variété de suppléments alimentaires en capsules à base de cladodes, destinés à induire une sensation de satiété dans le cadre d'un régime pour la perte de poids. Selon Uebelhack et al. (2014), elles sont particulièrement riches en fibres solubles et insolubles.SelonHabibi (2004), l'extraction du mucilage des raquettes contribue aussi à la diminution du taux de cholestérol global dans le sang. Tout comme au Mexique, en Afrique du Nord, les raquettes hachées étaient employées sous forme de cataplasmes pour le traitement des foulures, des entorses et la réduction des fractures. Les docteurs coloniaux recommandaient l'Opuntia pour soigner les abcès, les cors, les durillons, les furoncles ainsi que toutes inflammations digestives et cutanées. La recherche contemporaine a non seulement validé les bienfaits du Nopal, autrefois uniquement reconnus par la médecine traditionnelle jusqu'à présent, mais met chaque année en lumière de nouvelles caractéristiques (Schweizer, 1997).
- **Production cosmétique :** Dans l'univers de la cosmétique, une variété de produits de soin tels que les crèmes dermiques, les pommades, le savon, les shampoings, les adoucissants capillaires et les laits hydratants sont dérivés du mucilage des cladodes pour l'entretien des mains et du visage (Araba et al., 2000 ; Bhira, 2012 ; Boutakiout, 2015) grâce aux propriétés biologiques du nopal. Effectivement, le mucilage des cladodes est connu pour ses qualités visqueuses (Sepúlveda et al., 2007).

II.4. Zone d'étude (Tebessa)

La wilaya de Tébessa, située dans l'Est algérien, est une région caractérisée par un climat semi-aride à aride, typique des Hauts Plateaux. Cette zone subit des hivers froids et des étés

chauds et secs, avec des précipitations annuelles souvent faibles et irrégulières, oscillant généralement entre 200 et 400 mm [1]. Le relief est dominé par des plaines steppiques et des massifs montagneux, offrant des sols variés, souvent calcaires et parfois dégradés. Ces conditions édapho-climatiques sont particulièrement propices au développement de plantes xérophytes, adaptées à la sécheresse.

Dans ce paysage aride, le figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica L. Mill.) est une plante emblématique et résiliente, présente de manière significative dans la wilaya de Tébessa. Il s'agit d'une espèce succulente, capable de s'adapter aux sols pauvres et aux faibles apports hydriques, ce qui en fait une culture de choix pour les zones marginales et un acteur majeur dans la lutte contre la désertification



Figure 8: Carte nationale indiquant l'emplacement de Tebessa

II.5. Préparation de l'extrait végétal

La matière végétale des cladodes de figuier de Barbarie est récolte la période de Novembre - Décembre et Février de région de Tébéssa 2025, séchée à l'air libre pendant 15 à 20 jours. A l'issue de cette étape, puis broyées manuellement jusqu'à obtenir une poudre fine.

L'extrait éthanolique est obtenu selon le schéma suivant :

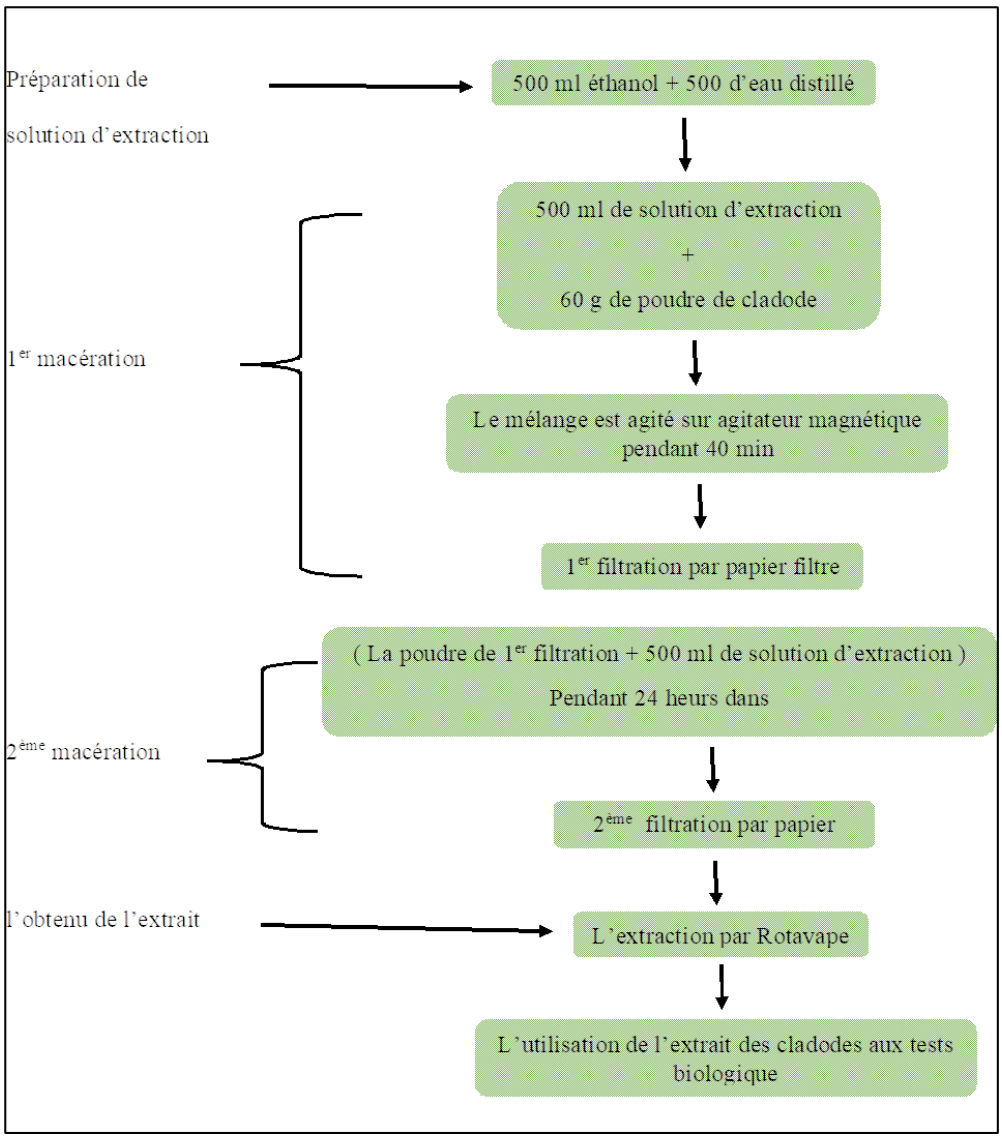


Figure 9: protocole de préparer l'extrait éthanolique de cladode de figuier de barbarie par rota vape

Screening phytochimique

1. Recherche deflavonoides etdes leucoanthocyane

- **Principe :** En présence de NaOH 1N, de HCl concentré et des copeaux de Magnésium, les flavonoïdes donnent les réactions de coloration caractéristique. La même réaction effectuée au bain marie en absence de coupeaux de Magnésium, l'apparition de la coloration rouge confirme la présence des leucoanthocyanes.
- **Mode opératoire :**

5 g de matériel végétal placés dans un Erlenmeyer sont infusés dans 50 ml d'eau distillée pendant 30 minutes. Après filtration, prélever 6 ml d'infusé et les introduire dans 3 tubes à essai à raison de 2 ml par tube. Additionner respectivement à l'infuser contenu dans les 3 tubes à essai, 1 ml de NaOH, 1ml d'eau distillée et 1ml de HCl concentré et de copeaux de

Magnésium. En présence des flavonoïdes, les colorations suivantes : rouge, jaune-rougeâtre, rouge à rouge-violacé, rouge-foncé au violet ou bleu, jaune et rose peuvent être observées. Ces couleurs correspondent respectivement aux anthocyanes, flavones, flavonels, flavonones, isoflavones et leucoanthocyane. .

2. Recherches des quinones

- **Principe :**

En présence de NaOH à 10 %, les solutions des quinones présentent une coloration caractéristique virant du rouge au violet.

- **Mode opératoire :**

Broyer 5 g de matériel végétal et les humecter de quelques gouttes de HCl. Mettre à macération ce matériel végétal pendant une heure ou 24 heures dans un Erlen Meyer fermé et contenant 10 ml d'éther de pétrole. Après filtration, 2 ml de filtrat sont agités avec 2 ml de NaOH à 10 %. La coloration rouge virant au violet apparait en présence des quinones.

3. Recherche de saponines

- **Principe :**

Par agitation, une mousse persistante dont la hauteur est mesurable apparait dans les solutions de saponines.

- **Mode opératoire :**

5 g de matériel végétal trituré sont mis dans un Erlen Meyer dans lequel on y ajoute 50 ml d'eau distillée pour réaliser une décoction pendant 30 minutes. Après refroidissement, filtrer et prélever 5 ml du décocté et les introduire dans un tube à essai de 16 mm de diamètre et 160 mm de hauteur après agitation. L'apparition d'une mousse persistante indique la présence des saponines. Cependant, en cas d'une faible mousse, le décocté est testé avec un mélange à volume égal de H_2SO_4 1N et K_2CrO_3 à 10 % (chrome de potassium).

4. Recherche des tanins

- **Principe :**

En présence de Chlorure ferrique à 1% ; les extraits aqueux tanniques donnent des colorations bleu-vert, bleu-sombre et verte ou des précipités.

- **Mode opératoire :**

5 g de matériel végétal sont infusés dans 50 ml d'eau bouillante contenue dans un Erlen Meyer pendant 30 minutes. 2 ml de l'infusé sont prélevés et mis dans un tube à essai dans lequel on ajoute quelques gouttes de chlorure ferrique à 1%. L'apparition d'une coloration ou la formation d'un précipité indique la présence des tanins catéchiques. Prendre encore 2 ml de l'infusé et les placer dans un tube à essai saturé en acétate de sodium et y ajouter quelques gouttes de $FeCl_3$. La formation d'un précipité indique la présence des tanins galliques

5. Recherche des terpenoïdes et des stéroides

- **Principe**

En présence de l'acide acétique anhydre et de l'acide sulfurique concentré (réactif de LIEBERMAN-BURCHARD), l'extrait organique éthéré contenant les stéroïdes donne des colorations mauves et vertes. L'identification des terpénoïdes suit le même schéma en plus de l'ajout du réactif de Hirschson (acide trichloracétique). La couleur jaune virant au rouge indique la présence de terpénoïdes.

- **Mode opératoire**

Prendre 1g de matériel végétal qu'on met à macération pendant 24 heures dans l'éther de pétrole ou dans le benzène. Après filtration et introduction dans un Erlen Meyer de 100 ml, le solvant est évaporé au bain de sable. Le résidu est récupéré par 1 ml de chloroforme, 1 ml d'anhydride acétique et 3 gouttes d'acide sulfurique concentré. Il se produit une coloration violette devenant progressivement verte. La coloration verte se stabilise au bout de 30 minutes et indique la présence des stéroïdes.

Par ailleurs, 2 ml de la solution acidifiée sont traités par quelques gouttes de réactif de HIRSCHSON. L'apparition d'une coloration rouge indique la présence des terpénoïdes.

6. Recherche des alcaloïdes

- **Principe :**

La mise en évidence des alcaloïdes consiste à les précipiter à l'aide de six réactifs de précipitation à savoir : - réactif de DRAGENDORFF, - réactif de MAYER, - réactif de HAGER, - réactif de BERTRAND, -réactif de WAGNER et -le réactif de SONNENSCHEIN.

Toutefois selon Abisch la présence des alcaloïdes n'est confirmée que lorsque chacun de six réactifs donne un précipité.

- **Mode opératoire :**

Prendre 1 g de poudre de matière végétale sèche qu'on met à macérer dans 10 ml de méthanol à la température ambiante pendant 24 heures, puis à l'étuve à 50 °C pendant 4 heures. La solution obtenue est filtrée, lavée avec des portions de méthanol chaud. Ensuite, on évapore à sec la solution obtenue à l'étuve à 50°C. Le résidu est recueilli deux fois par 2 ml de solution chaude d'acide chlorhydrique 1% et est filtré.

La solution acide obtenue est basifiée par l'ammoniaque concentrée dans une ampoule à décanter. On y ajoute 15 ml de Chloroforme qui sera évaporé à sec à l'air libre et le résidu obtenu, est repris par 0,5 ml de HCl 1% et agiter.

Ainsi, les alcaloïdes ayant été protonés sont supposés être passés en phases aqueuses. La phase aqueuse au-dessus est prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur. Six gouttes sont déposées sur une lame porte-objet

Les activités biologiques des cladodes de figuier de barbarie

1.Activité antioxydants

1.1. Activité antiradicalaire au DPPH•

- **Le principe**

La DPPH est l'une des techniques les plus anciennes et les plus populaires utilisées pour mesurer l'activité antioxydante d'un composé. Cette méthode a été décrite pour la première fois par Blois. (1958) et modifiée par la suite par de nombreux chercheurs. Cette méthode mesure la capacité réductrice des antioxydants à DPPH▪. L'effet antioxydant est proportionnel à la disparition de DPPH▪ dans une solution méthanolique. La solution de DPPH étant violette, est réduit en recevant un atome d'hydrogène des antioxydants à l'hydrazine correspondante et se décolore donc en jaune (Contrerasguzman et Strong, 1982). Cette transformation peut être suivie par spectrophotométrie, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517nm (Molyneux, 2004).

- **Le mode opératoire**

L'activité de piégeage de radical DPPH• a été élaboré selon la méthode décrite par Blois. (1958). Sur une microplaque à 96 puits, une solution de 160 µL de DPPH• (6%) est additionnée à 40 µL de solution d'extraits préparé à plusieurs concentrations. La conservation du mélange à été faite a une température ambiante pendant 30 minutes, en utilisant de méthanol à 95 % comme blanc.

- La lecture de l'absorbance de l'échantillon et du blanc a été réalisée à 517 nm.
- L'activité antiradicalaire au DPPH•a été exprimée en équivalents de BHA et le BHT (50%) comme standards.
- L'absorbance du blanc a été soustraite de celle de l'échantillon.
- Les pourcentages d'inhibition de DPPH des échantillons étaient calculés :

$$\text{Inhibition (\%)} = [\frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{extrait}}}{A_{\text{extrait}}}] \text{ X } 100$$

Où est l'absorbance du contrôle négatif, et est l'absorbance de l'extrait/standard.

2.Activité antidiabétique

Le diabète est une pathologie complexe, aussi bien par ses mécanismes physiopathologiques que par son origine génétique et la nature de ses complications. Il s'agit d'un ensemble varié de maladies métaboliques dont la caractéristique principale est une hyperglycémie due à un

dysfonctionnement de la sécrétion ou de l'action de l'insuline, ou à une combinaison des deux (Eddouks et al., 2007).

2.1Test de l'effet de l'extraits du cladodes de figuier de barbarie sur l'absorption de glucose par la levure

Les cellules de levure ont été préparées selon le procédé de Sindhu et al.,(2013) modifier. La levure de boulangerie commerciale (1g) a été lavée par centrifugation (4 200 t / min, 5 min) dans de l'eau distillée (5ml) jusqu'à ce que le liquide surnageant étaient clairs et une suspension à 10% (v / v) a été préparé dans de l'eau distillée. Différentes concentrations d'extraits de plantes (10 à 100 mg/ml) ont été ajoutées à 1 ml de solution de glucose (10, 25 et 50mg/ml) et incubés l'ensemble pendant 15 minutes à 37 ° C. La réaction a été démarrée en ajoutant 100 µL de levure suspension suivie d'un vortex et d'une nouvelle incubation à 37 ° C pendant 60 min. Après 1heure, les tubes ont été centrifugés (2 500 t/min, 5 min) et le glucose a été estimé dans le surnageant par le réactif iodé (Sinha et al., 2013). Metformine a été prise comme médicament antidiabétique standard utilisé. L'absorbance a été mesurée à 540 nm et toutes les expériences ont été effectuées en triple. Le pourcentage d'augmentation de l'absorption de glucose par les cellules de levure a été calculé

à l'aide de la formule suivante (Ukwubile et Odugu, 2018) :

Abs contrôle : l'absorbance de la réaction de contrôle (contenant tous les réactifs à l'exception de l'échantillon à tester).

Abs extrait : correspond à l'absorbance de l'échantillon à tester.

Matériel animale : présentation des larves de *Culex pipiens* et de *Culiseta longiareolata*

I. présentation des larves de *Culex pipiens*

I.1.Définition

Culex pipiens est un type de moustique classé dans la catégorie commune de Culex. On l'appelle aussi maringouin, cousin ou moustique domestique. On trouve plusieurs sous-espèces de *Culex pipiens*. Comme pour les autres espèces de moustiques, c'est la femelle qui pique afin de pondre ses œufs. Il est donc essentiel de consommer du sang pour la reproduction de cette espèce. On utilise des insecticides ou la réintroduction de prédateurs naturels pour combattre ce moustique (Pierrick, 2014).

1.2. Classification

D'après Brunhes et al., 1999, le classement de l'espèce *Culex pipiens* est le suivant :

Tableau 4: Position systématique de *Culex pipiens*

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous-ordre	Nematocera
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	Culex (Linné,1758)
Espèces	*Culex pipiens* (Linné, 1758)

1.3. Morphologie de La larve de *Culex pipiens*

Selon Seguy (1947), la larve de *Culex pipiens*, qui est un ver de couleur grisâtre ou blanchâtre, se retrouve dans les eaux stagnantes des mares. Elle est positionnée en biais par rapport à la surface aquatique (Euzeby, 2008), tout comme toutes les larves de moustiques, qui sont facilement identifiables à l'œil. Elles se mouvent dans l'eau grâce à des mouvements saccadés provoqués par de rapides contractions de leur corps. Selon Balenghien (2006), les larves se nourrissent généralement par le biais de la filtration, que ce soit en surface ou au fond de leur habitat larvaire. La larve de *Culex pipiens*, selon Rodhain& Perez (1985), est morphologiquement divisée en trois sections : une tête bien formée, un thorax qui englobe trois segments fusionnés et un abdomen qui présente neuf segments (Fig. 2).

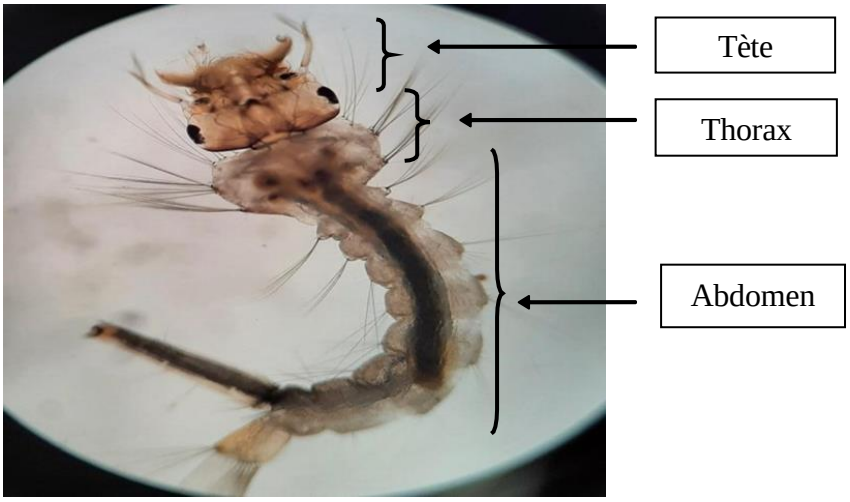


Figure 10: Morphologie de la larve de l'espèce *Culex pipiens* (Originale, 2021).

a. Tête

La tête, qui est généralement pigmentée (Himmi, 2007), est plus large que longue et constitue une plaque chitineuse médiane appelée le fronctoclypeus, accompagnée de deux latérales. Une plaque antérieure fine portant des brosses buccales est attachée au fronctoclypéus. Les pièces de la bouche sont de type broyeurs. Les plaques chitineuses sont ornées de soies symétriques et on peut observer deux marques oculaires sur les côtés, ainsi que deux antennes distinctes (Aouati, 2016) (Fig. 3).

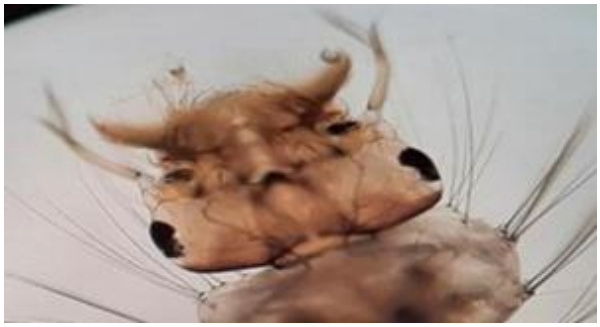


Figure 11: Morphologie de la tête d`une larve de Culex pipiens (photo personnel).

b. Thorax

Le thorax, qui est sans appendices et de forme trapue, se compose de trois parties (Robert, 1989) : le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

c. Abdomen

L'abdomen, plus flexible que le thorax, présente un siphon respiratoire sous forme de tube sur son 8ème segment. Ce dernier contient deux trachées et se termine par une cupule qui n'absorbe pas l'eau, ornée de diverses soies ventrales, subventrales et/ou dorsales (Fig. 4). L'abdomen se termine également par des membranes aplaties ou la ramification de vaisseaux sanguins et trachées ; ces organes remplissent la fonction de branchies, ce qui permet une respiration partiellement aquatique. Les lames basales possèdent un faisceau de longues soies qui constituent l'organe de nage (Zerroug, 2018). Quand la larve a besoin de respirer, elle remonte à la surface et, tête en bas, expose son siphon. Elle se replonge par la suite après avoir fermé l'extrémité du siphon qui comporte cinq valves. Les caractéristiques distinctives du genre Culex incluent un siphon respiratoire de forme cylindro-conique, parfois long ; une présence notable de soies sur le siphon (minimum 4 paires de touffes) et l'absence de soies palmées sur l'abdomen (Himmi, 2007).

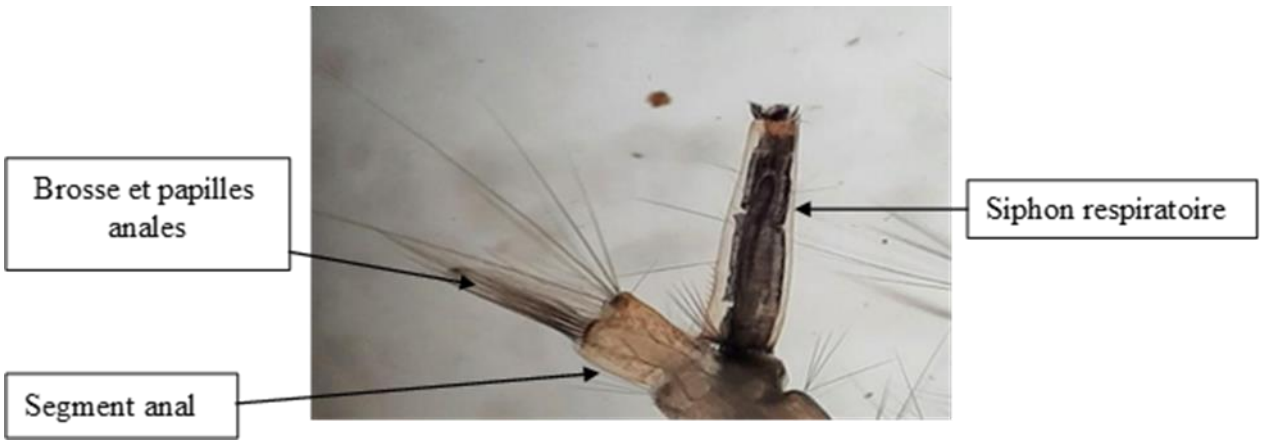


Figure 12: Morphologie du siphon respiratoire (Originale, 2021).

II. Présentation de *Culiseta longiareolata*

II.1.Présentation de *Culiseta longiareolata*

Il s'agit d'une espèce appartenant à la famille des Culicidae et à la sous-famille des Culicinae (Khaligh et al., 2020). Selon Hazratian et al. (2019), cette espèce est courante et répandue dans de nombreux pays d'Europe, d'Afrique et également d'Asie. On la trouve en grande quantité en Algérie, notamment dans le sud du pays. Il s'agit d'un porteur de la brucellose, de la grippe aviaire et de l'encéphalite du Nil occidental (Hazratian et al., 2019). Il s'agit d'un insecte nuisible à transformation complète. Ce moustique présente une dimension allant de 3 à 5 mm. Il a un corps élancé et des pattes allongées et étroites, ainsi que des ailes membraneuses qui sont longues et étroites (Azzouz&Halib, 2017). Ces variétés de moustiques se différencient aisément des autres espèces de Culiseta, et leurs traits morphologiques incluent des bandes blanches ainsi que des taches sur les pattes, la tête et le thorax (Khaligh et al., 2020). On trouve principalement les larves de cette espèce dans divers abris artificiels, tels que les tonneaux de pluie et les puits, tandis qu'elles sont rarement présentes dans les plans d'eau naturels. Globalement, les femelles de cette espèce ont tendance à éviter la ponte dans des contenants d'eau où se trouvent des prédateurs (Zittra et al., 2014). Les lieux de reproduction de cette espèce présentent une grande diversité ; ils peuvent être fixes ou éphémères, exposés à l'ombre ou au soleil, garnis d'eau douce ou salée, vierges ou contaminés (Merabti et al., 2020). Il est fréquemment observé dans les résidences humaines (Hazratian et al., 2019), même s'il est rare qu'il s'en prenne aux humains (Cetin et al., 2012). Toutefois, les femelles ont une préférence pour le sang d'oiseau (Nabti et Bounechada, 2019).

II.2.Caractéristiques

Cs longiareolata est un insecte multivoltin, susceptible de montrer une diapause hivernale chez les femelles adultes (dans les régions froides) et chez les larves (dans les zones

tempérées). Les adultes sont présents tout au long de l'année, affichant une densité maximale au printemps et une autre à l'automne (BRUHNES et al., 1999). Les œufs de Culiseta, qui sont regroupés en nacelle, ont une forme cylindro-conique et contiennent environ entre 50 et 400 œufs (BOULKENAFET, 2006). Les femelles présentent une sténogamie et une autogamie. Elles préfèrent piquer les vertébrés, en particulier les oiseaux, et l'humain est rarement leur cible. Cette espèce est perçue comme un vecteur du Plasmodium aviaire. La larve se distingue par la présence d'un peigne siphonal dont les dents sont disposées de manière irrégulière. Chez les adultes, on observe la présence d'au moins une marque d'écailles foncées sur l'aile, le thorax qui porte trois bandes blanches en longueur et l'absence de poils longs et robustes au niveau du lobe basal du gonocoxite (BRUHNES et al., 1999).

II.3. Position systématique

Tableau 5: La position systématique de *Cs longiareolata* comme suit (AITKEN, 1954

Règne	Animalia
Sous-règne	Metazoa
Embranchement	Arthropoda
Embranchement	Hexapoda
Super-classe	Protostomia
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Super-ordre	Endopterygota
Ordre	Diptera
Sous- ordre	Nematocera
Infra-ordre	Culicomorpha
Famille	Culicidae
Sous-famille	Culicinae
Genre	Culiseta
Espèce	*Culiseta longiareolata*

II.4. Cycle de vie de *Culiseta longiareolata*

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète. Ils se développent à travers une étape larvaire aquatique avant d'atteindre le stade adulte aérien, avec une brève phase nymphale intermédiaire (POUPARDIN, 2011).

a. Œufs : Les femelles déposent leurs œufs sur diverses surfaces (bassins, puits abandonnés, cavités rocheuses, mers, étangs, canaux, citernes, eau de pluie...), ces endroits étant caractérisés par une eau stagnante et riche en matières organiques. Ces habitats peuvent être stables ou éphémères, ombragés ou lumineux, remplis d'eau douce ou salée, purifiés ou pollués (PAUL, 2009). Les œufs ont une forme fuselée et mesurent entre 0.5 et 1mm. Lors de leur éclosion, ils sont initialement de couleur blanchâtre et développent rapidement une teinte noire due à l'oxydation de certains éléments chimiques présents dans la thèque (PETERSON, 1980).

b. Larves : à ce stade, les larves se développent uniquement dans l'eau, leur locomotion étant assurée par des mouvements de frétillage caractéristiques. Elles passent par quatre stades de développement dont la taille varie de 2mm à 12mm (BOULKENAFET, 2006).Les larves ont une durée de vie d'environ 10 jours. La vitesse de croissance des larves est liée à la quantité de nourriture présente dans l'eau du lieu d'habitat (PETERSON, 1980).



Figure 13: les larves de *Culiseta longiareolata* (photo personnel)

c. Nymphes : La nymphe ou pupe a une forme semblable à celle d'une virgule, elle est active et présente un céphalothorax fortement élargi avec deux structures respiratoires (BOULKENAFAT, 2006). La nymphe, qui est aussi aquatique et éphémère (durant de 1 à 5 jours), ne se nourrit pas. C'est une phase de transition où le métabolisme est très actif, durant laquelle l'insecte passe par d'importantes transformations morphologiques et physiologiques en vue de sa forme adulte (PTERSON, 1980).

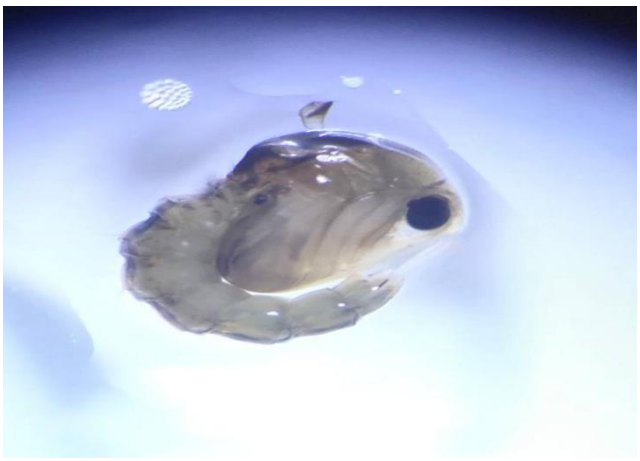


Figure 14: Nymphes de *Culiseta longiareolata*(photo personnel)

d. Adultes (ou l'imago)

Généralement, l'adulte nouvellement éclos est assez fragile. Avant de prendre son envol, il demeure à la surface jusqu'à ce que ses ailes et son corps se soient asséchés et solidifiés. L'adulte sera enfin en mesure de voler par ses propres moyens, et son corps est ferme grâce à la membrane chitineuse fine. Il est constitué de trois sections distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen clairement séparés (BOULKENAFET, 2006).



Figure 15: Adultes (ou l'imago) de culisetalongearlata(photo personnel)

Résultats

Résultats

1. Rendement

L'extrait de cladodes de figuier de barbarie obtenue par la méthode d'extraction par le rota vape avec un rendement de **10.9 g** qui présente **(26.16%)** de la matière sèche de la partie aérienne de la plante.

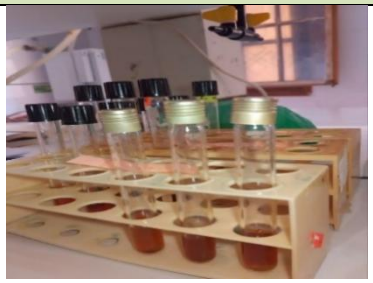
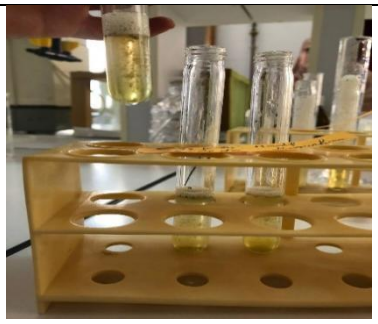
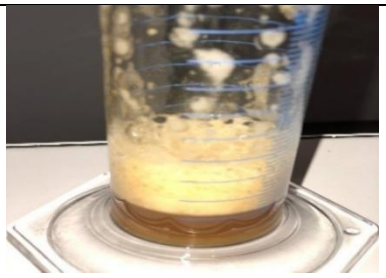
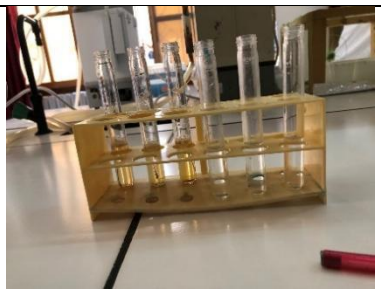
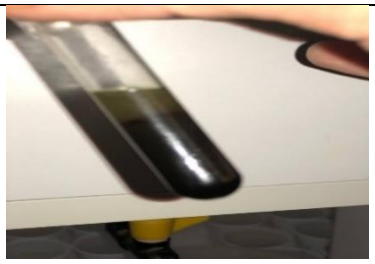


Figure 16: Le rendement de l'extrait de cladodes de figuier de barbarie

2. Résultats de l'étude phytochimique

Le Screening phytochimique de figuier de barbarie montre la présence de plusieurs principes actifs qui sont indiqués dans le tableau

Tableau 6: les résultats de la Screening phytochimique de la plante

Composés	La coloration	Les cladodes
Flavonoides		+
L'eucoanthocyane		+
QUINONE		-
Saponine		+
Tanins gallique		-
Tanins catechique		+
Steroide		+
Terpenoide		-
Alcaloide		+

(+) : présence ; (-) : absence ;

Les tests de la composition chimique réalisés sur la poudre des cladodes de figuier de barbarie ont mis en évidence la présence des flavonoïdes, l'eucoanthocyane, des saponines, des tanins catechique et des stéroïdes , concernant les quinones, les tanins galliques et les terpenoides sont absents.

3.l'activité toxique

Selon la figure les observations indiquent que l'extrait de cladode de la figue de barbarie a un faible effet toxique sur les larves des deux espèces de moustiques étudiées, même à des concentrations relativement élevées. Dans le même temps, il a été observé que leur taille augmentait et accélération du cycle de viepar rapport au groupe témoin.

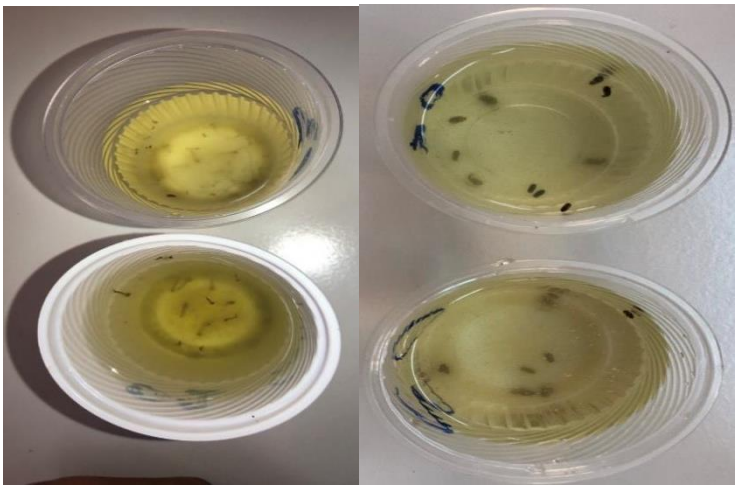


Figure 17: l'observation des larves de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* aprés l'application de l'extrait de cladodes de barbarie

3. Analyse de l'élimination des radicaux libres par DPPH

Les activités antioxydantes obtenues par la méthode DPPH pour l'OE extrait de cladodes de figuier de barberie (opuntia ficus-indica) sont présentées comme CI50 dans la figure 20. L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les deux Eos extraits. Cette activité a été comparée à celle de l'acide ascorbique en tant qu'antioxydant synthétique. Les résultats ont révélé que l'OE extrait de cladodes de figuier de barberie (*opuntia ficus-indica*) avec une valeur IC50 de 90.27 (63.20 127.5) µL/mL respectivement.

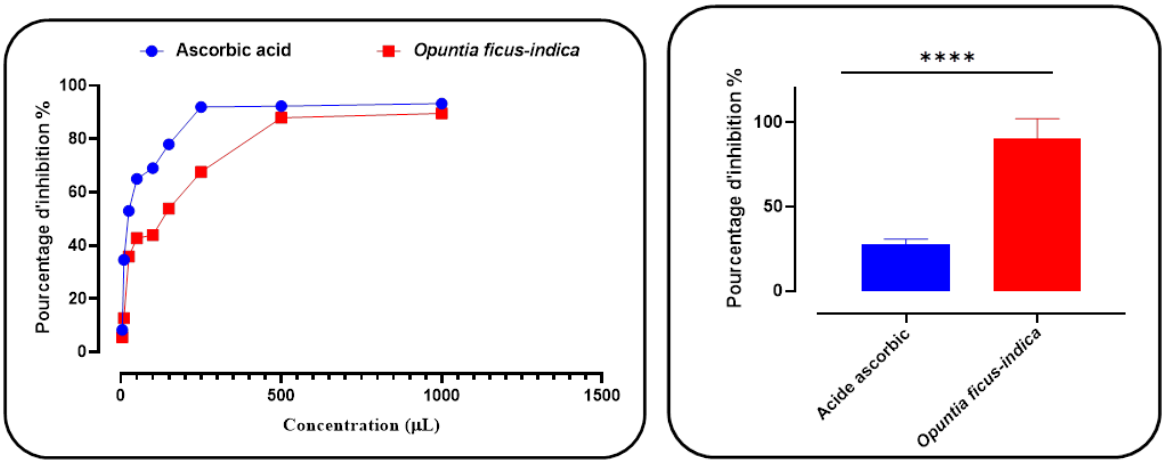


Figure 18: Les valeurs de la CI50 dans le test d'activité du racleur radical DPPH du cladode de figuier de barbarie (*opuntia ficus-indica*). L'acide ascorbique a été utilisé comme antioxydant de référence.

4.l'activité antidiabétique

Dans la présente étude, l'évaluation de l'activité antidiabétique d'extraits de plantes étudiées sont estimées par le test d'inhibition de l'absorption du glucose par la levure.

Les activités antidiabétiques obtenues par le test d'inhibition de l'absorption du glucose par la levure. Pour l'OE extrait de cladodes de figuier de barberie (*opuntia ficus-indica*) sont présentées comme CI50 dans la figure 21. L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les deux Eos extraits. Cette activité a été comparée à celle de Glucophage en tant qu'antidiabétique synthétique. Les résultats ont révélé que l'OE extrait de cladodes de figuier de barberie (*opuntia ficus-indica*) avec une valeur IC50 de 30.59 (0.8579 5.994) µL/mL respectivement.

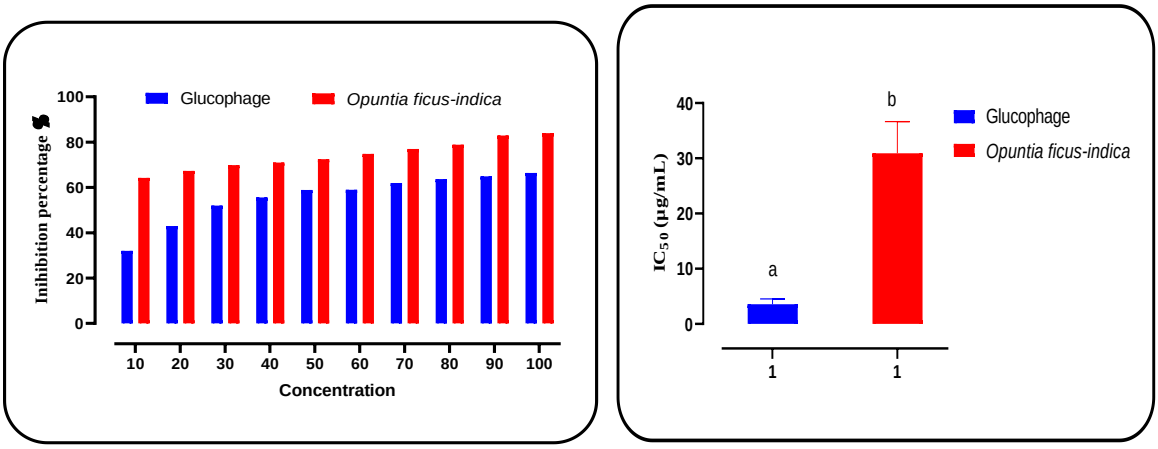


Figure 19: Les valeurs de la CI50 dans le test d'activité antidiabétique du cladode de figuier de barbarie (*opuntia ficus-indica*). Glucophage a été utilisé comme antioxydant de référence.

Discussion

Discussion

Cette section vise à discuter les résultats obtenus concernant le rendement d'extraction, le criblage phytochimique, l'activité antioxydante et l'activité antidiabétique des extraits de cladodes de figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica) de la région de Tébessa. Nos découvertes seront interprétées à la lumière des connaissances actuelles, en soulignant les similitudes et les différences avec les études précédentes, et en explorant les implications potentielles de nos résultats.

1.Rendement d'Extraction des Cladodes de Figuier de Barbarie

Le rendement d'extraction de nos échantillons de cladodes de figuier de Barbarie est **10.9 g(26.16%)** est un indicateur de l'efficacité du protocole d'extraction utilisé et de la quantité de matière extractible présente dans la biomasse végétale. Certaines études sur les extraits solides secs des cladodes (par exemple, obtenus par extraction méthanolique ou éthanolique) ont montré des rendements allant de 11% à 31,5%. Dans ce contexte, votre rendement de 26,16% se situe dans la partie supérieure de cette fourchette, ce qui est très favorable.

La variabilité des rendements d'extraction des cladodes d'Opuntia ficus-indica est largement documentée et peut être attribuée à plusieurs facteurs :

- La méthode d'extraction et les conditions opératoires (solvant, température, temps, rapport solvant/solide) sont primordiales. Par exemple, l'extraction par macération, décoction, ou des techniques assistées (ultrasons, micro-ondes) peuvent donner des rendements très différents pour des composés spécifiques (Amroune et al., 2019;Chougui et al., 2017).
- L'origine géographique et les conditions pédoclimatiques de la plante influencent fortement sa composition chimique et, par conséquent, le rendement en extraits. Les facteurs tels que l'ensoleillement, la pluviométrie, la température et la nature du sol peuvent modifier la biosynthèse des métabolites secondaires (Liguori et al., 2020).
- L'âge des cladodes et la saison de récolte sont également des déterminants importants. Les cladodes jeunes peuvent avoir une composition différente des cladodes matures, ce qui affecte le rendement en composés d'intérêt (Chougui et al., 2017).

2. Screening Phytochimique des Extraits de Cladodes

Cette composition est en accord avec de nombreuses études sur le figuier de Barbarie. Par exemple, Ammar et al. (2015) ont confirmé la présence de flavonoïdes et de tanins dans les extraits de cladodes, soulignant leur rôle dans les propriétés bioactives. L'absence de certains

composés, comme les quinones et les terpénoïdes, est une information importante qui peut orienter les recherches futures sur les mécanismes d'action et les applications potentielles de cet extrait.

3. activité toxique

Malgré que l'efficacité de l'extrait de cladode d'Opuntia ficus-indica peut être moins prononcée ou différente pour Culex pipiens et Culisetalongiareolata, mais il est montré une activité larvicide, embryotoxique et un retard de développement sur d'autres espèces de moustiques comme Aedes aegypti (Medina et al., 2022). Chaque espèce de moustique peut réagir différemment aux mêmes composés bioactifs.

4. Activité Antioxydante par la Méthode DPPH

Nos résultats ont montré que l'extrait de cladodes de figuier de Barbarie de Tébessa possède une activité antioxydante significative, avec la valeur d'IC50 de 90.27 (63.20 127.5) µL/mL Cette activité, évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, est principalement attribuée à la présence des composés phénoliques et des flavonoïdes identifiés lors du criblage phytochimique (Touil et al., 2020;Liguori et al., 2020). Ces composés agissent en cédant des atomes d'hydrogène ou des électrons au radical DPPH, le neutralisant ainsi.

Comparativement à la littérature, L'activité antioxydante des extraits de cladodes est une propriété fondamentale, souvent attribuée à leur richesse en composés phénoliques. Nos résultats, mesurés par des méthodes telles que le test de DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), démontrent un potentiel antioxydant significatif. Ce pouvoir de piégeage des radicaux libres et de réduction est comparable à celui d'autres études sur Opuntia ficus-indica, qui ont montré que les cladodes sont une excellente source d'antioxydants naturels (Amira et al., 2017; Ben Salah et al., 2020).

5. Activité Antidiabétique

Ces observations sont cohérentes avec l'utilisation traditionnelle du figuier de Barbarie dans la gestion du diabète et sont supportées par de nombreuses études scientifiques (Hafsi et al., 2014; Ben Salah et al., 2020).

L'évaluation de l'activité antidiabétique par le test d'inhibition de l'absorption du glucose par la levure a montré des résultats prometteurs pour l'OE extrait des cladodes d'Opuntia ficus-indica. L'OE (P1) a démontré une valeur IC50 de 30.59 µL/mL (intervalle de confiance : 0.8579 - 5.994), indiquant une capacité à inhiber l'absorption du glucose. Cette activité a été comparée à celle du glycophage, un antidiabétique synthétique de référence. Les différences significatives entre les deux extraits d'OE sont également relevées. L'inhibition de l'absorption

du glucose est un mécanisme important pour la gestion de la glycémie postprandiale, ce qui confère aux cladodes un intérêt potentiel dans la prévention ou le traitement du diabète de type 2. D'autres études in vivo et essais cliniques seraient nécessaires pour confirmer ces effets et déterminer les dosages appropriés (Chahdoura et al., 2017).

Conclusion

Conclusion

Les travaux menés dans le cadre de ce mémoire ont exploré le potentiel larvicide des extraits de cladodes de figuier de Barbarie (Opuntia ficus-indica) originaires de la région de Tébessa sur les larves de Culisetalongiareolata et Culex pipiens, des vecteurs de maladies importants dans la région. Parallèlement, nous avons évalué la valeur nutritionnelle de ces cladodes, afin d'offrir une perspective globale sur l'intérêt de cette ressource locale.

Nos résultats ont montré un faible effet toxique des extraits de cladodes de figuier de Barbarie sur les larves des deux espèces de moustiques étudiées, même à des concentrations relativement élevées. Les taux de mortalité observés sont restés modestes et n'ont pas atteint les seuils d'efficacité requis pour une application pratique en tant que larvicide biologique seul. Cela suggère que les composés bioactifs présents dans les cladodes, du moins sous la forme et les concentrations testées, ne possèdent pas une activité insecticide suffisante pour être considérés comme une solution unique de contrôle des larves de Culisetalongiareolata et Culex pipiens. Il est possible que d'autres méthodes d'extraction, des fractions spécifiques de l'extrait, ou l'utilisation de concentrations encore plus élevées puissent révéler une toxicité accrue, mais cela nécessiterait des investigations complémentaires.

Cependant, l'analyse de la valeur nutritionnelle des cladodes de figuier de Barbarie de la région de Tébessa a confirmé leur richesse en éléments bénéfiques. Elles contiennent des quantités appréciables de fibres, de vitamines (notamment la vitamine C), de minéraux (calcium, potassium, magnésium) et d'antioxydants (polyphénols, flavonoïdes). Cette composition nutritionnelle souligne l'intérêt des cladodes en tant que ressource alimentaire potentielle pour l'homme et le bétail, ainsi que pour leurs propriétés nutraceutiques et médicinales, confirmant les usages traditionnels de cette plante.

En définitive, bien que le figuier de Barbarie de la région de Tébessa ne se soit pas avéré être un larvicide puissant contre Culisetalongiareolata et Culex pipiens dans les conditions de notre étude, son intérêt réside davantage dans sa valeur nutritionnelle et ses propriétés bénéfiques pour la santé. Les futures recherches pourraient se concentrer sur :

- L’isolement et l'identification de composés spécifiques au sein des cladodes et la synergie de ces composés avec d'autres agents larvicides.
- Explorer d'autres parties de la plante (fruits, fleurs) qui pourraient posséder une activité insecticide plus marquée. Néanmoins, la valorisation de cette ressource locale

pour ses qualités nutritives et ses atouts dans l'alimentation humaine et animale reste une voie prometteuse.

Références bibliographique

Références bibliographiques

A

- (https://www.agenceecofin.com/)
- Amira, I., Saidi, R., Madi, R., Djouahra, F., &Boutarfa, A. (2017). Evaluation of Antioxidant and AntidiabeticActivities of MethanolicExtract of Opuntia ficus-indica Cladodes. Asian Journal of Chemistry, 29(12), 2635-2639.
- Ammar, I., Ennouri, M., & Attia, H. (2015). Phenolic content and antioxidantactivity of cactus (Opuntia ficus-indica L.) flowers are modifiedaccording to the extraction method. IndustrialCrops and Products, 64, 97-104. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.002.
- Amroune, S., Debib, A., Meraihi, Z., &Bekhouche, N. (2019). Phytochemical screening and antioxidantactivity of differentextracts of Opuntia ficus-indica cladodes. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 9(07), 027-034.
- Analyse Et Application Des Extraits de Pepains de Figues de Barbarie

B

- Ben Salah, H., Ben Hmad, S., Ben Salem, M., Khedher, M. R., Akacha, M., & El Feki, A. (2020). Opuntia ficus indica cladodes extractamelioratesinsulinresistance, oxidative stress, and inflammation in high-fat diet-induced obese rats. Journal of FunctionalFoods, 64, 103623.
- Ben Salah, H., Ben Hmad, S., Ben Salem, M., Khedher, M. R., Akacha, M., & El Feki, A. (2020). Opuntia ficus indica cladodes extractamelioratesinsulinresistance, oxidative stress, and inflammation in high-fat diet-induced obese rats. Journal of FunctionalFoods, 64, 103623.
- Brahmi, R., Boughattas, I., Jabri, M. A., Ben Moussa, I. E., &Maaroufi, A. (2017). Larvicidalactivity of Artemisia herba-alba essential oilagainst Culex pipiens (Diptera:Culicidae). ParasitologyResearch, 116(10), 2821-2827.

C

- Chahdoura, H., Barrek, S., Fakhfakh, N., & Zouari, N. (2017). Chemical composition, antioxidant and antidiabeticactivities of Opuntia ficus-indica cladodes. Journal of Food Measurement and Characterization, 11(4), 1629-1638. (Note: Cette référence est citée à titre d'exemple, et pourrait ne pas correspondre exactement aux données de l'étude originale mentionnée dans le texte. Une recherche bibliographique plus approfondie serait nécessaire pour trouver les références exactes correspondant aux IC50 et aux méthodologies décrites).

- Chougui, N., Tamendjari, A., Dahmoune, F., Aoun, O., &Chehat, S. (2017). Extraction and physicochemicalcharacterization of polysaccharides from Opuntia ficus-indica cladodes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(14), 4843-4850.

F

- Falcão, R., & Vieira, V. (2013). Cscoupons:applyingcontext-sensitivity to increase fast foodadvertisingusefulness. Proceedings of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web, 67-72.
- Falcão, S. I. (2013). Phenolic quantification and botanicalorigin of Portuguese propolis. IndustrialCrops and Products, 49, 805-812.

H

- Hafsi, C., Smida, A., & Ben Abed, B. (2014). Hypoglycemic and hypolipidemiceffects of Opuntia ficus indica cladodes on alloxan-induceddiabetic rats. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 8(37), 960-966.
- Halmi, S. (2015). Etude botanique et phytochimique, Approche biologique et pharmacologique d'opuntia ficus indica. Thèse de doctorat en sciences, Université des frères mentouri de constantine, faculté des sciences de la nature et de vie, Département de biologie et ecologie végétal
- Hamdi, M., Meddah, B., Kizaoui, S., El Amine Djaalab, A., Benabbou, F., &Benarba, M. (2021). Larvicidalactivity of essential oil of Menthaspicataagainst Culex pipiens and Culisetalongiareolata (Diptera:Culicidae). Journal of Essential OilBearing Plants, 24(1), 1-8.
- Hernández-Urbiola, M. I., Pérez-Torrero, E., &Rodríguez-García, M. E. (2011). Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (Opuntia ficus indica) at variedages in an organicharvest. International Journal of EnvironmentalResearch and Public Health, 8(5), 1287-1295.
- Hoseinian, A., Moslemi, H. R., &Sedaghat, R. (2018). Antioxidantproperties of Artemisia absinthiumacceleratehealing of experimental Achilles tendon injury in rabbits. Herba Polonica, 64(1), 36-43.

L

- Lamb, B. M. (1991). A Guide to Cacti of the World. Angus & Robertson.
- Lamb, B. M. (1991). Letts Guide to Cacti of the World. Charles Letts& Co.

- Larbi, M Et Jawabri, A. (2016) .Formation pharmaceutique d9une émulsion buvable à base d'huile essénaille d9Artemisia absinthium L, Mémoire de Master, Universitéblida1.
- Liguori, G., Costanza, L., Siano, F., & Di Maro, M. (2020). Phenolic content, antioxidant and antiglycationactivities of Opuntia ficus-indica cladodes fromdifferentgeographical areas. Molecules, 25(23), 5600.

M

- Lüttge, U. (1993). CAM plants. New Phytologist, 125(1), 59-71.
- Mace, T., & Mace, S. (2003). Cactus &Succulents: A Care Manual. Bounty Books.
- Mace, T., & Mace, S. (2003). Cactus &Succulents: A Care Manual. Hamlyn.
- Medina et al., 2022 (PubMed, Plants): "Extractfrom Opuntia ficus-indica cladode delays the Aedes aegyptilarvaldevelopment by inducing an axenicmidgutenvironment."

R

- Reyes-Agüero, J. A., Aguirre Rivera, J. R., &Valiente-Banuet, A. (2005). ¿ Los nombres comunesde Opuntiaspp. (Cactaceae) reflejan su diversidad? Acta BotánicaMexicana, (70), 5-21.
- Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., & Hernández, H. M. (2005). Systematic notes and a detailed description of Opuntia ficus-indica (L.) Mill. (Cactaceae). Agrociencia, 39(4), 395-408.

S

- Schweizer, M. (1997). Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu. Clamecy ; PARIS. (France) : Imprimerie Laballery.
- Sutton, R. S., &Barto, A. G. (1981). Toward a modern theory of adaptive networks: Expectation and prediction. PsychologicalReview, 88(2), 135–170

V

- Villeneuve F et Desire CH. 1965. Zoologie. 1ére Édition : P : 323

Y

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

Annexes

Annexes :