



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen
جامعة ابو بكر بلقايد تلمسان



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et l'Univers
كلية علوم الطبيعة، والحياة وعلوم الأرض والكون

Département d'Agronomie
Master II Protection des végétaux (Agronomie)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE PRESENTE PAR :
RAMDANE LINDA
REZINI IMANE

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

En Protection des végétaux

Thème :

**Étude de l'efficacité de jus d'*Austrocyllindropuntia subulata*
et d'*Echinopsis dehrenbergii* dans la lutte biologique contre
(*Dactylopius coccus*) de figuier de barbarie (*Opuntia ficus-
indica*).**

Soutenu le : 30 juin 2025, devant le jury compose de :

Présidente : Mme BELLATRECHE A MCA Université Tlemcen

Encadrant : M. KADDOUR HOCINE A MAA Université Tlemcen

Examinatrice : Mme LAKEHAL S MCB Université Tlemcen

Année Universitaire : 2024/2025.

Remerciements

Il est difficile pour nous de trouver les mots justes pour exprimer toute la reconnaissance et la gratitude que nous ressentons en ce jour. Ce mémoire est l'aboutissement d'un parcours riche en efforts, en doutes, mais aussi en apprentissages, en belles rencontres et en soutiens précieux.

Nous adressons notre amour et nos remerciements les plus sincères à nos familles, en particulier à nos parents, pour leur amour inconditionnel, leur patience, leurs encouragements constants et leurs sacrifices, qui ont été notre source de force et de motivation tout au long de ce parcours.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à **M. KADDOUR HOCINE**, notre encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils éclairés, sa patience et son accompagnement tout au long de ce travail. Sa bienveillance et ses orientations ont grandement contribué à la réussite de ce mémoire, tant sur le plan scientifique que personnel.*

*Nous adressons un remerciement tout particulier à **Mme. BELLATRECHE**, pour son soutien constant, sa disponibilité et sa précieuse aide. Son appui nous a été d'une grande importance, et nous lui en sommes profondément reconnaissantes.*

*Nos remerciements spéciaux vont également à **Mme. LAKEHAL**, pour sa bienveillance, ses conseils utiles et son accompagnement généreux. Elle a su nous encourager et nous guider avec gentillesse tout au long de notre recherche.*

*Nous remercions chaleureusement **M. BOUHROUA** pour ses remarques constructives et son soutien pédagogique, qui ont enrichi notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à **M. KAZI TANI**, chef de département, pour sa disponibilité, ses conseils et sa contribution au bon déroulement de notre travail.*

*Nous sommes reconnaissantes à **M. HABI**, responsable du laboratoire de biochimie, pour son accueil, son aide technique et sa contribution précieuse à la partie expérimentale de notre travail.*

*Un grand merci à **M. ZERIOUH**, pour sa précieuse assistance et son aide dans la recherche des informations nécessaires à notre mémoire. Sa générosité et son engagement ont été d'un grand soutien.*

*Nous remercions également **M. HAMRI** pour son accueil chaleureux, son excellente disponibilité, et les informations importantes qu'il a bien voulu partager avec nous.*

*Nos sincères remerciements à **Mme. BOUSMAHA**, responsable de laboratoire, pour son attitude positive, sa gentillesse et son soutien constant tout au long de notre travail au laboratoire.*

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

À ma chère famille, source de ma force et de ma persévérance, pour leur soutien inestimable tout au long de mon parcours.

À ma sœur bien-aimée, pour son amour et ses encouragements constants.

À ma mère adorée, symbole de sacrifice et de tendresse, pour ses prières, son soutien et son amour inconditionnel.

*À mon binôme **Imane**, pour sa précieuse collaboration, son engagement et son partage sincère dans la réalisation de ce travail.*

À mes chères amies, pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur présence qui m'ont apporté courage et réconfort

RAMDANE LINDA

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu' ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A toute ma famille Et surtout À ma grand-mère, pour sa tendresse, ses prières et sa présence réconfortante.

À mes frères et sœurs, pour leur encouragement et leur appui constant.

Et À mes amis, pour leur soutien moral et leurs encouragements précieux et surtout mon amie Meriem et Chaima et Ibtissem.

*Et tout particulièrement à mon binôme **Linda**, qui a partagé avec moi la préparation et la réalisation de ce mémoire avec engagement et dévouement.*

Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie.

REZINI IMANE

Résumé :

Étude de l'efficacité de jus d'*Austrocyllindropuntia subulata* et d'*Echinopsis dehrenbergii* dans la lutte biologique contre (*Dactylopius coccus*) de figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*)

Notre travail expérimental visant à évaluer l'efficacité de deux espèces de cactus, *Austrocyllindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*, dans la lutte contre la cochenille du cactus (*Dactylopius opuntiae*), considérée comme l'un des principaux ravageurs menaçant la culture du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) en Algérie.

Cet insecte est à l'origine de pertes agricoles importantes et constitue une menace sérieuse pour la durabilité de cette culture. En raison de l'efficacité limitée des pesticides chimiques, ainsi que de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine, notre objectif était de tester des extraits végétaux naturels comme alternative écologique et durable.

Nous avons observé, à travers nos investigations, que les deux espèces de cactus étudiées, *Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocyllindropuntia subulata*, ne sont pas affectées par l'infestation de *Dactylopius opuntiae*. À partir de cette observation, des extraits frais ont été préparés à partir de ces plantes et appliqués sur des raquettes de figuier de Barbarie infestées afin d'évaluer leur efficacité biologique.

Les résultats ont révélé que l'extrait d'*Echinopsis dehrenbergii* a montré une activité insecticide significative, avec un taux de mortalité atteignant un pourcentage de 66 % chez les larves et les femelles adultes. En comparaison, l'extrait d'*Austrocyllindropuntia subulata* a présenté une efficacité relativement moindre, avec un taux de mortalité estimé à un pourcentage de 60 %.

Ces résultats suggèrent que certaines espèces de cactus, en plus de leurs usages traditionnels, peuvent constituer une source prometteuse de composés bioactifs pouvant être intégrés dans des programmes de lutte biologique intégrée. À travers ce travail, nous espérons ouvrir de nouvelles perspectives vers des stratégies de protection des plantes plus respectueuses de l'environnement, applicables par les agriculteurs locaux et valorisant les ressources naturelles disponibles dans notre région.

Mots-clés :

Opuntia ficus-indica, *Dactylopius opuntiae*, *Austrocyllindropuntia subulata*, *Echinopsis dehrenbergii*, cochenille du cactus, lutte biologique, extraits végétaux, insecticide naturel, protection des plantes.

Abstract:

Study of the effectiveness of the juice of *Austrocylindropuntia subulata* and *Echinopsis dehrenbergii* in the biological control of *Dactylopius coccus* on prickly pear cactus (*Opuntia ficus-Indica*).

We conducted an experimental study aimed at evaluating the effectiveness of two cactus species, *Austrocylindropuntia subulata* and *Echinopsis dehrenbergii*, in controlling the cochineal insect *Dactylopius opuntiae*, which is considered one of the main pests threatening prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivation in Algeria.

This insect is responsible for significant agricultural losses and poses a serious threat to the sustainability of prickly pear farming. Given the limited efficacy of chemical pesticides and their harmful effects on the environment and human health, our objective was to test natural plant extracts as a sustainable and eco-friendly alternative.

Through field observations, we noted that the two studied cactus species, *Echinopsis dehrenbergii* and *Austrocylindropuntia subulata*, are not susceptible to infestation by *Dactylopius opuntiae*. Based on this observation, fresh extracts were obtained from these plants and applied to infested cladodes (*raquettes*) to evaluate their bio-insecticidal activity.

The results showed that *Echinopsis dehrenbergii* extract exhibited significant insecticidal activity, with a mortality rate reaching a percentage of 66% among larvae and adult females. In contrast, *Austrocylindropuntia subulata* extract demonstrated a slightly lower efficacy, with a mortality rate of a percentage of 60%.

These findings suggest that certain cactus species, beyond their traditional uses, could serve as promising sources of biologically active compounds for use in integrated pest management programs. Through this work, we aim to open new perspectives for environmentally friendly plant protection strategies that are practical for local farmers and make use of the natural resources available in our region.

Keywords:

Opuntia ficus-indica, *Dactylopius opuntiae*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Echinopsis dehrenbergii*, *cactus mealy bug*, *biological control*, *plant extracts*, *natural insecticide*, *plant protection*, *bioactive compounds*.

الملخص :

دراسة فعالية عصارة *Austrocyllindropuntia subulata* و *Echinopsis dehrenbergii* في مكافحة البيولوجية ضد الحشرة القرمزية (*Dactylopius coccus*) للتين الشوكي

لقد أجرينا دراسة تجريبية تهدف إلى تقييم فعالية نوعين من نباتات الصبار، *Austrocyllindropuntia subulata* و *Echinopsis dehrenbergii*، في مكافحة حشرة القرمزية *Dactylopius opuntiae*، التي تُعتبر من الآفات الرئيسية التي تهدد زراعة التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica*) في الجزائر.

تُعد هذه الحشرة سببًا في خسائر زراعية كبيرة وتهدد بشكل خطير استدامة زراعة التين الشوكي. ونظرًا لمحدودية فعالية المبيدات الكيميائية وتأثيراتها السلبية على البيئة و الصحة، فقد كان هدفنا هو اختبار مستخلصات نباتية طبيعية كبديل بيئي مستدام.

لاحظنا من خلال المعاينة أن النوعين المدروسين من الصباريات، *Echinopsis dehrenbergii* و *Austrocyllindropuntia subulata*، لا يتعرضان للإصابة بالحشرة القرمزية (*Dactylopius opuntiae*). هذه الملاحظة، تم استخلاص العصارة الطازجة من هذين النباتين واستخدامها لتجريب فعاليتها الحيوية، وذلك بتطبيقها على ألواح نباتية (*raquettes*) مصابة بالحشرة. أظهرت النتائج أن عصارة *Echinopsis dehrenbergii* حققت فعالية حشرية معتبرة قدرت بي 66%، حيث سُجلت نسب وفيات مرتفعة لدى اليرقات والإناث البالغات، بينما كانت فعالية عصارة *Austrocyllindropuntia subulata* أقل نسبيًا قدرت بي 60%

تشير هذه النتائج إلى أن بعض أنواع الصبار، إلى جانب استعمالها التقليدية، يمكن أن تشكل مصدرًا واعدًا للمركبات النشطة بيولوجيًا، والتي يمكن استخدامها في برامج مكافحة البيولوجية المتكاملة.

ومن خلال هذا العمل، نأمل في فتح آفاق جديدة نحو استراتيجيات لحماية النباتات تكون أكثر احترامًا للبيئة، وقابلة للتطبيق من قِبَل الفلاحين المحليين، مع تّأمين الموارد الطبيعية المتاحة في منطقتنا.

الكلمات المفتاحية :

التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica*)، الحشرة القرمزية (*Dactylopius opuntiae*)، الصبار *Austrocyllindropuntia subulata*، الصبار *Echinopsis dehrenbergii*، مكافحة بيولوجية، عصارة نباتية، مبيد حشري طبيعي، حماية النباتات، مكافحة متكاملة للآفات، النباتات العصارية.

Liste des abréviations :

- **CAM** :(Crassulacean Acid Metabolism)
- **C3** : (Cycle de Calvin normal) Mécanismes de photosynthèse
- **DL50%** : Dose Létale de 50% de mortalités
- **DL90%** : Dose Létale de 90% de mortalités
- **pH** : potentiel Hydrogène
- **(TLB)** : trachéides à larges bandes

Liste des figures

Figure 1 : figuier de Barbarie	5
Figure 2:Morphologie générale d'Opuntia ficus-indica.....	9
Figure 3: <i>Dactylopiuscoccus</i> observation avec la loupe × 20	15
Figure 4:Raquettes infestées par la cochenille	15
Figure 5:cycle de vie de <i>Dactylopiuscoccus</i> (Protasov, 2022).....	16
Figure 6:Œufs de <i>Dactylopius opuntiae</i> observés au la loupe ×20	17
Figure 7:Nymphe (2e–3e stade) observés au la loupe ×20	19
Figure 8:femelles adultes de <i>Dactylopius coccus</i> observés au la loupe ×20	19
Figure 9:peupla de <i>Dactylopius coccus</i> observés au la loupe ×20	21
Figure 10:: mâle adulte de <i>Dactylopius coccus</i> observés au la loupe ×20	23
Figure 11:plante de d'Echinopsis dehrenbergii	27
Figure 12:plante d'Austrocyllindropuntia subulata	35
Figure 13:Austrocyllindropuntia subulata : fleur ; tige ; feuille	36
Figure 14:localisation de la zone d'étude Ghazaoute (ouled ziri).....	48
Figure 15 :Matériel d'étude	49
Figure 16:Raquettes infectées d' <i>Opuntia ficus Indica</i> par la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i> de la région de Ghazaoute Tlemcen	51
Figure 17:a : <i>Echinopsis dehrenbergii</i> ; b : <i>Austrocyllindropuntia subulata</i>	51
Figure 18:les étapes de Préparation des échantillons	52
Figure 19:l'étape d'extraction du jus	53
Figure 20: Les testes phytochimiques	54
Figure 21: Les testes phytochimique d' <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et d' <i>Austrocyllindropuntia</i> <i>subulata</i>	56
Figure 22:résultats de pH	57
Figure 23:: Avant et après le séchage de l'extrait de jus d' <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i>	57
Figure 24:Broyage du jus après le séchage	58
Figure 25 :dosage de produite d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> d' <i>Echinopsis dehrenbergii</i> (59
Figure 26:Application des solutions sur les plantes infectées	61
Figure 27:l'espèce non infectée avril 2025	65
Figure 28:sortie de terrain (appliqué les extraits de jus)	66
Figure 29:sortie de keddia et l'observation d'insecte avec la loupe (G×20)	67

Liste des tableaux

Tableau 1:la composition chimique de opuntia ficus Indica (g/100 g de matière sèche)	6
Tableau 2:Usage cosmétique et pharmaceutique des différentes parties du figuier de barbarie.	11
Tableau 3:Les champignons phytopathogènes d' <i>Opuntia ficus Indica</i>	12
Tableau 4:les maladies bactériennes	13
Tableau 5:Insectes ravageurs d' <i>Opuntia ficus Indica</i>	13
Tableau 6:comparatif entre <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et <i>Opuntia ficus-indica</i>	31
Tableau 7:comparatif des propriétés chimiques entre <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et <i>Opuntia ficus-indica</i>	32
Tableau 8 :Description d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i>	37
Tableau 9: Comparaison Chimique entre d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> et figue de barbarie.....	42
Tableau 10: Comparaison Physique entre d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> et figue de barbarie.....	43
Tableau 11:Comparaison morphologie entre <i>Opuntia ficus-indica</i> (Figue de Barbarie) et <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> :	44
Tableau 12:les Mesures du rendement de jus extrait	53
Tableau 13:Résultat visuel de La centrifugation.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 14:: les testes phytochimiques de l'extraie du jus	55
Tableau 15 :comparaissant entre les Caractéristiques physico-chimiques de l'extrait pur obtenu par extraction mécanique d' <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et <i>Austrocyllindropuntia subulata</i>	58
Tableau 16:Mesure du rendement de la poudre avant et après le séchage.....	58
Tableau 17:dosage de produite d' <i>Austrocyllindropuntia subulata</i> d' <i>Echinopsis dehrenbergii</i> . 60	
Tableau 18 :Résulta de traitement (nombre et pourcentage de mortalité d'insecte).....	63

Liste des graphes

Graphe 1: Comparaison du taux de mortalité de l'insecte après le traitement..... 64

Table des matières

Dédicace :	III
Résumé :	IV
Abstract:	V
الملخص:	VI
Liste des abréviations :	I
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
Chapitre 1 : Généralités sur figuier de Barbarie (Opuntia) :	4
1. Histoire du figuier de Barbarie (Opuntia) :	4
2. Taxonomie du figuier de barbarie :	5
3. Composition chimique d'opuntia ficus Indica :	6
4. Description morphologique :	7
4.1. SYSTEME RACINAIRE :	7
4.2. Cladode :	7
4.3. Peau (épiderme) :	7
4.4. Aréoles :	7
4.5. Bois :	8
4.6. Bourgeons floraux :	8
4.7. Fruit et graines :	8
4.8. Fleurs :	8
5. utilisation et Importance :	9
5.1. Utilisation comme fourrage :	9
5.2. Utilisations traditionnelles :	10
5.3. Utilisations Alimentaire et agro-alimentaire :	11
5.4. Industrie cosmétique et pharmaceutique :	11
6. Les maladies d'opuntia :	12
6.1. Maladies causées par des champignons :	12
6.2. Maladies bactériennes :	13
6.3. Maladies virales :	13
6.4 Maladies causées par des insectes ravageurs :	13
Chapitre 2 : Généralités sur Dactylopius opuntiae :	14
1. Historique de Dactylopius opuntiae :	14
2. Classification scientifique de la cochenille (Dactylopius coccus) (McFadyen & Tomley, 2016) : ..	15
3. Biologie et cycle de vie :	15

4 .Les caractéristiques morphologiques de la cochenille du le figuier de Barbarie (<i>Opuntia ficus-indica</i>) :.....	17
4.1Œuf :.....	17
4.2. Larve (1er stade nymphal) :.....	18
4.3. Nymphes (2e–3e stade) :.....	18
4.4. Femelles adultes du genre <i>Dactylopius</i>	19
4.5 .Comportement du mâle de <i>Dactylopius coccus</i>	20
4.6. Le mâle au stade pupaire de <i>Dactylopius coccus</i>	20
4.7. Description du mâle adulte de <i>Dactylopius coccus</i> :.....	22
5. Utilités de <i>Dactylopius opuntiae</i> :	23
6. La lutte contre la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i> :	23
7. Les dommages causés par <i>Dactylopius opuntiae</i> ;	25
8.Impact indirect sur la sécurité alimentaire et le tissu social :	26
Chapitre 3: Généralités sur d’<i>Echinopsis dehrenbergii</i>:	27
2. Historique d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :	27
2. Origine d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :.....	28
3. Définition d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :	28
4. Classification botanique et caractéristiques :	29
4.1caractéristiques d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :	29
5. Propriétés chimiques et biologiques d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :.....	30
6. Méthodes de plantation d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :	30
7. Comparaison entre <i>Echinopsis dehrenbergii</i> et figue de barbarie :	31
8. Usages traditionnels d’ <i>Echinopsis dehrenbergii</i> :	32
Chapitre 4 : Généralités sur d’<i>Austrocylindropuntia subulata</i> :	34
1. Historique :	34
3. Classification scientifique :	35
4. Précédemment connu sous le nom de :.....	36
6. Composition chimiques et biologiques :	38
7. physiologiques :.....	39
8. Utilisation traditionnelle :.....	39
9. propriétés écologiques :	39
10. Importance médicinales traditionnelles :.....	39
11. la méthode de plantation d’ <i>Austrocylindropuntia subulata</i> :	40
11.1. Préparation du sol	40
11.2. Plantation.....	41
11.3. Entretien D’un entretien facile,	41

12. Comparaison entre d'Austrocyliindropuntia subulata et figue de barbarie	41
Chapitre II: matériel et méthodes	45
I. Zone et période d'étude :	46
1. Présentation de la zone d'étude :	46
1.1. Situation géographique de la région de ghazaoute :	46
1.2. Situation géologique :	46
1.3. Situation Pédologique :	47
2. Contexte climatique :	47
2.1. Températures :	47
2.2. Humidité :	47
2.3. Pluviométrie :	47
2.2.2. L'échantillons :	51
3. Préparation et extraction et conservation du jus d'Echinopsis dehrenbergii et d'Austrocyliindropuntia subulata :	52
3.1. Préparation des échantillons :	52
La préparation des échantillons de est une étape cruciale du processus de recherche (figure: 18)	52
3.2. Méthode d'extraction mécanique :	52
3.2.1. Utilisation d'un extracteur électrique :	52
3.2.2. Filtration :	53
3.4. Mesure du rendement de jus :	53
4.1. L'étape de Centrifugeuse :	54
4.2. Les testes phytochimiques de l'extraie du jus :	54
4.3. Test de mesure du pH du jus de Echinopsis dehrenbergii et Austrocyliindropuntia subulata :	56
4.3.1. Objectif de l'expérience :	56
4.3.2. Séchage de l'extrait de jus d'Echinopsis dehrenbergii et d'Austrocyliindropuntia subulata : ..	57
4.3.3. Broyage du produit sec :	57
5. Dosages utilisés dans l'étude :	59
6. Application les solutions sur les plantes infectées :	60
Chapitre III : Résultats et discussion	62
I .Résultats et Discussion :	63
1. Les étapes de l'étude ont montré :	63
1.1. Analyse comparative des résultats de tableau :	64
1.1.1. Observations :	64
1.1.2. Conclusion comparative :	65
2. Travail de terrain et remarques personnelles	65
2. Discussion :	68

Conclusion et perspectives	70
Références Bibliographiques	71

Introduction

Introduction

Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), appartenant à la famille des Cactaceae, est une plante largement répandue dans les zones arides et semi-arides du monde. Grâce à sa résistance remarquable à la sécheresse et à ses nombreux usages (alimentaires, médicinaux, fourragers et cosmétiques), cette espèce joue un rôle socio-économique majeur, notamment en Algérie, où elle est cultivée sur plus de 30 000 hectares, principalement dans les régions de l'Ouest comme Sidi Fredj, Ouled Mimoune et Taoura (**Le Houérou, 1996; Belgacem, 2012 ; Huffpost Algérie, 2015**).

Cependant, cette culture est aujourd'hui gravement menacée par un ravageur redoutable : la cochenille du cactus *Dactylopius opuntiae*, un insecte hémiptère suceur de sève qui s'installe sur les cladodes du figuier de Barbarie, provoquant leur dessèchement, la chute des fruits, et la mort progressive de la plante. Originaire d'Amérique du Sud, cet insecte a été détecté pour la première fois en Algérie en 2021 dans la région frontalière de Tlemcen, avant de se propager rapidement à d'autres wilayas telles que Saïda, et Sidi Bel Abbès (**Bouharroud et al, 2018 ; Tébani et al, 2023**).

Face à l'inefficacité partielle des insecticides chimiques et à leurs impacts négatifs sur l'environnement, la recherche de solutions alternatives, naturelles et durables, devient une priorité dans la protection des cultures de cactus. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail.

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études, nous avons entrepris une étude expérimentale visant à évaluer le pouvoir insecticide de deux espèces végétales de la famille des Cactaceae *Austrocylindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*, en testant l'efficacité de leurs jus frais contre la cochenille *Dactylopius opuntiae*.

Au cours de nos observations expérimentales, nous avons constaté que ces deux espèces ne présentaient aucun signe d'infestation par la cochenille, ce qui laisse supposer une résistance naturelle à ce ravageur. Cette absence totale de colonisation suggère un intérêt certain pour leur intégration dans des stratégies de lutte intégrée, en tant que plantes résistantes ou sources potentielles de substances actives. Nos essais préliminaires ont mis en évidence un effet toxique significatif du méthanol sur la cochenille, ouvrant des perspectives intéressantes pour le développement de formulations naturelles et écologiques.

L'objectif principal de cette étude est donc de vérifier l'efficacité de ces extraits naturels en tant qu'agents de lutte biologique et d'explorer leur potentiel dans le cadre d'une stratégie intégrée, écologique et accessible aux agriculteurs locaux. À travers ce travail, nous espérons contribuer au développement de méthodes de protection des cultures plus respectueuses de l'environnement et valoriser les ressources végétales locales dans la lutte contre les ravageurs.

*Chapitre I : Synthèse
bibliographique*

Chapitre 1 : Généralités sur figuier de Barbarie (Opuntia) :

1. Histoire du figuier de Barbarie (*Opuntia*) :

Le premier contact européen avec le figuier de Barbarie (*Opuntia*) remonte à l'année 1492, lors de l'arrivée des Espagnols sur l'île d'Hispaniola (actuellement Haïti). Les populations autochtones leur offrirent les fruits de cette plante, connus sous le nom de « tuna ». La plante surprit les nouveaux arrivants par son goût et ses effets, au point qu'ils crurent avoir été empoisonnés en constatant une coloration inhabituelle de leur urine après en avoir consommé. (Inglese et al, 2017).

Par la suite, les Espagnols découvrirent l'importance culturelle et économique du figuier de Barbarie chez les peuples aztèques, où il figurait dans les symboles nationaux, comme sur le drapeau de l'armée, et dans le nom de la capitale « Tenochtitlan » (signifiant : figuier de Barbarie sur un rocher). (Inglese et al, 2017)

Au début du XVI^e siècle, les Espagnols commencèrent à documenter cette plante. Oviedo y Valdés fut l'un des premiers à la décrire scientifiquement en 1535, notant sa présence sur plusieurs îles et dans diverses régions des Indes occidentales. Des chercheurs comme Sahagún et Hernández ont également enregistré l'existence de nombreuses espèces, jusqu'à 13 espèces documentées. Aujourd'hui, *Opuntia ficus-indica* est considérée comme l'espèce de cactus la plus importante sur le plan économique au niveau mondial. Elle est cultivée en Amérique, en Afrique, en Asie, en Europe et en Océanie. Grâce à sa grande capacité d'adaptation aux milieux arides et semi-arides, elle constitue une culture stratégique pour la lutte contre la désertification. Ses usages multiples – alimentaires, médicaux, fourragers et industriels – en font une plante d'un grand intérêt pour les agriculteurs, les éleveurs et les chercheurs à travers le monde (Inglese et al, 2017).

Le Mexique est le principal producteur du figuier de barbarie avec une superficie totale de production qui dépasse les 3 000 000 ha, en considérant les figues sauvages et cultivées. Dans le bassin méditerranéen, la plantation de ce fruit couvre environ 1 000 000 ha (Le Houérou, 1996).

L'introduction du cactus en Afrique du Nord a été favorisée par l'expansion Espagnole durant le seizième et dix-septième siècle et aussi par le retour des Maures vers leur terre natale quand ils ont finalement été expulsés d'Espagne en 1610 (Diguët, 1928). Ils

Synthèse bibliographiques Chapitre 1 : Généralités sur figuier de Barbarie (Opuntia) :

emmenèrent avec eux « l'arbre à figue Indien » avec ses fruits succulents et le plantèrent autour de leurs villages (**Diguet, 1928**).

L'introduction du cactus en Algérie a été similaire à celle du Maroc et de la Tunisie. Aujourd'hui les zones dédiées à la culture de l'Opuntia s'étendent sur plus de 30 000 ha dont 60% dans la municipalité de Sidi-Fredj (45 km au nord de Souk Haras) et le reste à Ouled Mimoun (**Huffpost Algérie, 2015**). A l'origine, la zone a été due par le Haut-commissariat pour le Développement de la Steppe, la Direction des Services Agricoles et la Conservation des Forêts pour contrôler la progression du désert (**Belgacem, 2012**). (figure 1)



Figure 1 : figuier de Barbarie village de Mazuru (28/03/2022 originale).

2. Taxonomie du figuier de barbarie

La famille des Cactacées renferme environ 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces (**Guzman et al, 2006**). Le genre Opuntia comprend 150 à 300 espèces (**Dubeux, 2006**) parmi les quelles figure Opuntia ficus-indica qui appartient.

La classification taxonomique de la famille des Cactaceae (**Flores et al, 1995**) est présentée ci-dessous

Règne : Végétal

Sous-règne : Embryophytes

Division : Angiospermes

Classe : Eudicots

Synthèse bibliographiques Chapitre 1 : Généralités sur figuier de Barbarie (Opuntia) :

Sous-classe : Dialypétales

Famille : Cactacées

Sous-famille : Opuntioideae

Genres : Opuntia

Espèce : *Opuntia ficus Indica* L. (Miller, 1768)

3. Composition chimique d'opuntia ficus Indica

Tableau 1: la composition chimique de opuntia ficus Indica (g/100 g de matière sèche)

Composant	Teneur moyenne	Unités	Références scientifiques
Eau	88 – 91	%	Stintzing & Carle, 2005
Glucides totaux	10 – 15	g / 100 g	Sáenz, 2000 ; Stintzing & Carle, 2005
Protéines	0,5 – 1,0	g / 100 g	Özcan & Al Juhaimi, 2012
Lipides	0,1 – 0,6	g / 100 g	Ramadan & Mörsel, 2003
Fibres alimentaires totales	3,0 – 5,0	g / 100 g	Sáenz, 2000
Vitamine C	20 – 40	mg / 100 g	Tesoriere et al., 2005
Calcium	20 – 50	mg / 100 g	Özcan & Al Juhaimi, 2012
Magnésium	15 – 25	mg / 100 g	Özcan & Al Juhaimi, 2012
Potassium	180 – 250	mg / 100 g	Özcan & Al Juhaimi, 2012
Flavonoïdes totaux	20 – 70	mg équivalent rutin / 100 g	Tesoriere et al., 2005
Flavonoïdes spécifiques	Quercétine, isorhamnétine, kaempférol	—	Galati et al., 2003 ; Tesoriere et al., 2005
Alcaloïdes	Présence faible à modérée selon la partie végétale	—	Galati et al., 2003 ; El-Mostafa et al., 2014

4. Description morphologique

4.1. Système racinaire

Les racines des Cactaceae reçoivent peu d'attention. Elles sont différentes de celles des autres plantes, puisqu'elles développent des caractéristiques xéromorphiques qui permettent à la plante de survivre à des périodes prolongées de sécheresse. Les racines peuvent contribuer à la tolérance de la sécheresse (Snyman 2004, 2005), le système racinaire d'*O. ficus-indica* est très complexe et peut présenter quatre sortes de racines (figure : 2 d)

- Les racines charpentières.
- Les racines absorbantes.
- Les éperons racinaires.
- Les racines se développant depuis les aréoles.

4.2. Cladode

Les cladodes appelé aussi raquettes sont des tiges de forme aplatie de 30 à 40 cm de longueur, de couleur vert-mat, couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique (**Boudjellaba et Yassa, 2012**)(figure 2 b).

4.3. Peau (épiderme)

La peau du cladode est composée d'une couche de cellules épidermiques recouvrant 6 à 7 couches de cellules hypodermiques à parois épaisses, similaires à celles du collenchyme lamellaire. Les cellules épidermiques sont plates, minces et disposées de manière pavimenteuse, ce qui renforce la protection contre la déshydratation (**Boudjellaba & Yassa, 2012**).

4.4. Aréoles

Les aréoles sont des structures caractéristiques des Cactaceae. Chez *Opuntia ficus-indica*, elles sont ovales et situées à environ 2 mm sous la surface. Elles jouent un rôle crucial en tant que méristèmes secondaires, car elles peuvent produire des épines, des fleurs ou même des racines dans des conditions appropriées (**Neffar, 2012**).

4.5. Bois

La structure du bois chez les Opuntioideae varie considérablement. Certaines espèces présentent un bois fibreux traditionnel, tandis que d'autres, comme *O. ficus-indica*, possèdent un bois à trachéides à larges bandes (TLB), favorisant le stockage de l'eau. Cette diversité anatomique a été décrite par (Gibson, 1977, 1978) et approfondie dans les études de (Mauseth, 2006).

4.6. Bourgeons floraux

Les aréoles fonctionnent également comme des bourgeons axillaires. Elles se forment précocement dans l'axe des primordiums foliaires. Chaque aréole évolue en une masse de cellules indifférenciées pouvant générer une fleur selon les conditions environnementales et physiologiques de la plante (Neffar, 2012).

4.7. Fruit et graines

Le fruit d'*Opuntia ficus-indica* est une baie charnue dérivée d'un ovaire infère enfoui dans le tissu du réceptacle floral. La couleur de la pulpe varie selon le cultivar : verte, jaune, orange ou rouge. Les graines sont dures, enveloppées dans un tégument lignifié formant un faux arille, résultant de la lignification du funicule après la maturation (Halmi, 2015) (figure : 2 : c)

4.8. Fleurs

Les fleurs sont insérées sur les aréoles des cladodes, le plus souvent sur les extrémités ou les faces les plus exposées au soleil. En règle générale, une seule fleur se développe par aréole. Elles sont grandes, hermaphrodites, de couleur jaune à rouge, et sont adaptées à la pollinisation entomophile (Neffar, 2012)(figure : 2 : a)

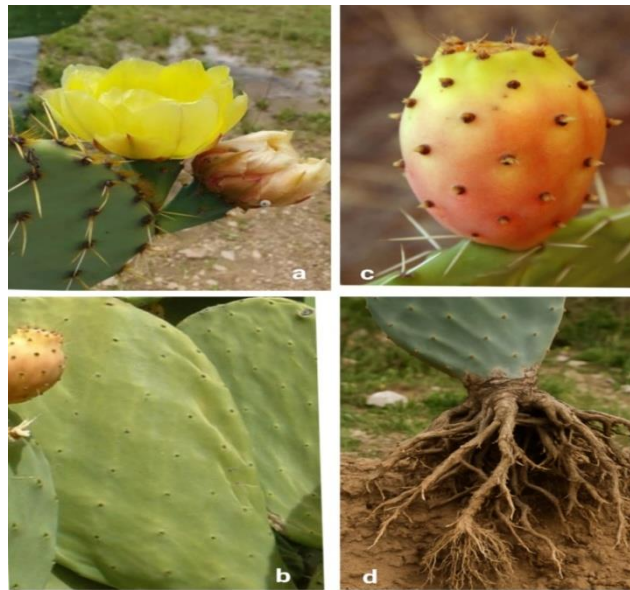


Figure 2: Morphologie générale d'Opuntia ficus-indica.

a) : Fleur (El kharrassi , 2015) .c) : Fruit (Mullas,2004) :Cladodes (raquettes) (Mabrouk ,2022) . d) : les racines (Bakali et al,2016).

5. utilisation et Importance

Opuntia ficus Indica est l'une des espèces de cactus les plus importantes cultivées dans le monde entier, ayant une grande importance dans divers domaines, notamment dans le domaine économique, où il est utilisé comme aliment et fourrage, ainsi que pour son potentiel nutraceutique (c'est-à-dire ses bienfaits pour la santé) (Angulo-Bejarano et al, 2014). C'est une culture polyvalente qui fournit non seulement des denrées alimentaires et des aliments pour animaux, mais qui est également une source de substances bénéfiques pour la santé, pouvant être considérées comme des solutions préventives ou des remèdes naturels contre de nombreuses maladies (Albuquerque et al. 2020).

5. 1.Utilisation comme fourrage

Les cladodes de cactus et les fruits gâchés sont des aliments d'intérêt économique pour les ruminants. Les bénéfices de l'utilisation du cactus comme aliment sont bien documentés (Nefzaoui et Ben Salem, 2001 ; Ben Salem et Abidi, 2009). Des plantations de cactus pour

Synthèse bibliographiques Chapitre 1 : Généralités sur figuier de Barbarie (*Opuntia*) :

la production de fourrage (récolté) ou fourrage vert (directement pâturé par le bétail ou les animaux sauvages).

A l'opposé des autres cultures de fourrages et fourrages verts qui ont besoin d'être conservés (par exemple le foin ou l'ensilage), le cactus est une culture permanente toujours verte qui peut être utilisée le long de l'année. La manière naturelle et probablement la plus efficace d'utiliser le cactus est de couper les cladodes et les servir aux animaux sans aucune transformation. De plus, le cactus est riche en eau et joue un rôle crucial dans les environnements arides en tant que substitution à l'eau d'abreuvement. La production d'ensilage ou le séchage sont faisables mais ils entraînent des coûts supplémentaires en termes de manipulation, d'énergie et de mains d'œuvre.

5.2. Utilisations traditionnelles

La figue de Barbarie est l'une des plantes les plus utilisées dans divers domaines, notamment en médecine traditionnelle (**Benatia, 2017**). Elle a été utilisée en médecine traditionnelle en raison de son rôle dans le traitement d'un certain nombre de maladies, notamment les effets anti-inflammatoires, antioxydants, antihyperglycémiques, neuroprotecteurs et l'inhibition de l'ulcération gastrique (**Manpreet et al. 2012**). Les propriétés antioxydantes de la figue de Barbarie sont dues à sa teneur en polyphénols, flavonoïdes, pigments, taurine et acide ascorbique (**Osuna-Martínez et al, 2014**). Ces propriétés antioxydantes réduisent le risque de cancer, de maladies cardiovasculaires et de maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (**Fugang et al.2006**), et la plante est un remède contre les douleurs gastro-intestinales, l'anxiété et le stress. Au Mexique, *Opuntia ficus-indica* est depuis longtemps considéré comme un remède populaire efficace contre les brûlures, les blessures, les œdèmes et les indigestions. En outre, son extrait alcoolique a des propriétés antidiabétiques et antivirales, et ses tiges sont traditionnellement utilisées pour traiter le diabète (**Saenz, 2000**). Les fruits de *Ficus Indica* sont riches en sucre, en minéraux et en vitamines.

5.3. Utilisations Alimentaire et agro-alimentaire

Le figuier de barbarie est destiné principalement à la production des fruits qui sont connues par leurs teneurs élevées en sucre, minéraux et vitamines (**Stintzing et Carle, 2005**). Dans certain pays, les jeunes cladodes sont consommés en tant que légume car elles sont tendres et fibreuses avec une valeur nutritive qui est similaire à celle d'un grand nombre de légumes et feuilles. Elles sont riches en eau, en hydrates de carbone, en protéines, en vitamine C et β -carotène qui est un précurseur de la vitamine A. plus particulièrement la pulpe est utilisée dans le domaine alimentaire pour la production des jus et des confitures, Elle peut être aussi présentée sous forme d'un fruit déshydraté (**Saenz., 2000**). En ce qui concerne La production des colorants alimentaires, le bétalaine (de couleur jaune) et le carmin (de couleur rouge) Sont des pigments azotés qui peuvent être extraite du Nopal et utilisés comme substituant des teintures rouges synthétiques dans l'industrie agro-alimentaire et pharmaceutique et fournissent des substances supplémentaires nécessaires à l'augmentation de la valeur nutritionnelle du produit (**Boutakiout, 2015**)

5.4. Industrie cosmétique et pharmaceutique

Tableau 2:Usage cosmétique et pharmaceutique des différentes parties du figuier de barbarie.

Le cladodes	-Le mucilage : fabrication des shampoings des crèmes dermiques et des laits hydratants. -La poudre : contrôle du sucre et du cholestérol dans le sang. - utilisées pour traiter le rhumatisme, les érythèmes et les infections chroniques de la peau, aussi pour améliorer la digestion et le processus général de désintoxication (Munoz Dechavez et al, 1995).
Les fleurs séchées	-Capsules : régulant diurétique. -Bouilli : remède aux douleurs gastro intestinales et aux brûlures et coups de soleil. -Thé : remède aux maux des reins (Boutakiout, 2015).
L'huile essentielle graines des fruits des	-Fabrication des crèmes dermiques antirides. -Commercialisation directe après l'extraction -lutter contre les signes du vieillissement cutané grâce à sa richesse en vitamine E, oméga-6 et en stérols (Otero et al.2004)

6. Les maladies d'opuntia

6.1. Maladies causées par des champignons

Les champignons parasitent la plante hôte et sont Caractérisés par un stade végétatif constitué de mycélium (hyphes) qui assure leur croissance. Les hyphes produisent des spores par processus agamiques ou des conidies. Les spores et les conidies sont des formes de propagation qui permettent la diffusion des champignons dans l'environnement (Nobel, 2002) :

Tableau 3:Les champignons phytopathogènes d'*Opuntia ficus Indica*

Maladie :	Agent responsable :	Distribution géographique :
Cercosporiose	<i>Pseudocercospora opuntiae</i> Ayala-Escobar, Braun & Crous.	Bolivie, Brésil, Mexique, Pérou.
Pourriture sèche à alternaria (Alternariose)	<i>Alternaria</i> spp	Argentine, Italie, Brésil, Egypte, Mexique, Afrique du Sud.
Pourriture des cladodes et des fruits	<i>Botryodiplodia theobromae</i>	Afrique du Sud, Brésil, Egypte, Etats-Unis d'Amérique, Italie, Mexique
Pourriture Armillaire de la tige et de la racine.	<i>Armillaria mellea</i>	Italie, Etats-Unis d'Amérique
Pourriture blanche ou Pourriture cotonneuse	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Chili, Mexique
Rouille	<i>Aecidium opuntiae</i> .	Bolivie, Italie, Pérou.
Pourriture du pied Phytophthora	<i>Phytophthora nicotianae</i>	Italie
Pourriture du collet et de la tige due à Pythium	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Mexique
Pourriture du fruit à Penicillium	<i>Penicillium</i> spp.	Mondiale.
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	Italie

6.2. Maladies bactériennes

Tableau 4:les maladies bactériennes

Maladie :	Agent responsable :	Distribution géographique :
Pourriture bactérienne molle noire	Erwinia carotovora subsp. Carotovora	Argentine, Italie
Galle du collet	Rhizobium radiobacter	Mexique

6.3. Maladies virales

Maladies dans les vergers de figuier de Barbarie signalée au Mexique est communément appelée engrosamiento de cladodios (épaississement des cladodes) (**Pimienta Barrios, 1990**). Les symptômes de cette maladie causée probablement par un phytoplasme, retards de croissance des cladodes, des fleurs et des fruits. La maladie se produit aussi aux Etats-Unis d'Amérique (Californie), et en Afrique du Sud (**Felker et al, 2010**). En Italie, les symptômes de malformations, retards de croissance et manque de production de fleurs.

6.4 Maladies causées par des insectes ravageurs

Tableau 5:Insectes ravageurs d'*Opuntia ficus Indica*

Insecte ravageur	Les dégâts
Cochenille cotonneuse (Dactylopius opuntiae, Homoptère : Dactylopiidae)	Les cochenilles vivent à la surface du cactus, habituellement en agrégats ou en colonies composées d'individus à différents stades de développement, installées à la base des épines. Tous les dégâts d'alimentation sont causés par les femelles et les nymphes car elles aspirent la sève des cladode et des fruites
Lépidoptères ravageurs Les mouches mineuses Pyralidés La mouche du cactus (Cactoblastis cactorum), le vers zèbre (Olycella nephelepsa), le vers blanc (Megastes cyclades) la mineuse des jonctions des raquettes (Metapleura potosi	se nourrissent tous à l'intérieur des cladodes; Metapleura envahit aussi les fruits, en creusant du cladode vers le fruit et il ne laisse aucune trace du point d'entrée (Mena Covarrubias, 2013).
Hesperolabops gelastops	le potentiel le plus élevé pour engendrer des dommages parce qu'il forme de plus grandes populations, se nourrit sur les cladodes et les fruits(Inglese, 2018)

Chapitre 2 : Généralités sur Dactylopius opuntiae :

1. Historique de *Dactylopius opuntiae*

La cochenille du cactus, *Dactylopius opuntiae*, est un insecte hémiptère de la famille des Dactylopiidae, reconnu pour son haut degré de spécialisation dans l'infestation des plantes du genre *Opuntia*, notamment le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) (**Volchansky et al. 1999**). Cette espèce a été décrite pour la première fois en 1929 par l'entomologiste américain T.D.A., qui a posé les bases de sa classification morphologique et taxonomique (**Cockerell, 1929**). Le centre d'origine probable de *D. opuntiae* se situe en Amérique du Sud, notamment dans les zones semi-arides d'Argentine, du Paraguay et d'Uruguay, où les *Opuntia* poussent naturellement (**Sforza & Wilson, 2003**).

Au cours du XXe siècle, l'aire de répartition de cette cochenille s'est considérablement étendue. Deux principaux facteurs expliquent cette expansion : d'une part, son introduction volontaire dans certains pays (Australie, Afrique du Sud, Inde) dans le cadre de programmes de lutte biologique contre les espèces de cactus envahissantes (**Volchansky et al, 1999**) ; d'autre part, la propagation involontaire liée à l'expansion des cultures commerciales de figuier de Barbarie, ce qui a facilité la dispersion passive de l'insecte vers de nouveaux territoires.

En Afrique du Nord, *D. opuntiae* a été signalée pour la première fois au Maroc en 2014, dans la région de Sidi Benn

our. L'insecte y a provoqué des pertes importantes sur les plantations de cactus, menaçant sérieusement la durabilité de la filière (**Bouharroud et al. 2018**). Par la suite, la cochenille s'est rapidement propagée à d'autres régions du pays, favorisée par des conditions climatiques propices, l'abondance de plantes hôtes, et l'absence de prédateurs naturels (**El Aalaoui et al. 2020**). En Algérie, les premières infestations officielles ont été enregistrées en 2021 dans les zones frontalières de l'ouest, avant de s'étendre à plusieurs wilayas intérieures telles que Tlemcen, Saïda et Mascara (**Tébani et al. 2023**).

Des recherches récentes ont révélé que *D. opuntiae* présente une variabilité génétique importante, incluant plusieurs souches ou biotypes qui diffèrent par leur agressivité et leur spécificité vis-à-vis des espèces d'*Opuntia* (**Mazzeo et al. 2021**) (**figure 3,4**)



Figure 3: *Dactylopius coccus* observation avec la loupe $\times 20$



Figure 4: Raquettes infestées par la cochenille la région de Madyek (30/04/2025 originale)

2. Classification scientifique de la cochenille (*Dactylopius coccus*) (McFadyen & Tomley, 2016)

- **Règne :** *Animalia*
- **Embranchement :** *Arthropoda*
- **Classe :** *Insecta*
- **Ordre :** *Hemiptera*
- **Sous-ordre :** *Sternorrhyncha*
- **Super-famille :** *Coccoidea*
- **Famille :** *Dactylopiidae*
- **Genre :** *Dactylopius*
- **Espèce :** *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1929)

3. Biologie et cycle de vie

Œuf : deux stades nymphaux immatures, puis adultes. La durée totale du cycle biologique, de l'œuf à l'adulte, varie entre 90 et 128 jours selon la température et d'autres facteurs environnementaux (Marín & Cisneros, 1977).

Au **premier stade nymphal (Nymphé I)** : la femelle traverse deux sous-stades : un stade mobile, appelé aussi "crawler", caractérisé par l'absence de cire blanche et une forte mobilité. Durant les premières 24 heures, elle doit trouver un emplacement sur le figuier de Barbarie pour y insérer son appareil buccal. Ensuite, elle devient fixe et commence à sécréter de longs filaments cireux recouvrant son corps, lesquels se transforment progressivement en une poudre cireuse (Marín & Cisneros, 1977).

Le **deuxième stade nymphal (Nymphé II)** : apparaît après une première mue. À ce stade, l'insecte présente une couleur rouge vif et commence rapidement à se couvrir de cire. Aucun dimorphisme sexuel n'est visible entre mâles et femelles durant ces deux stades nymphaux (Marín & Cisneros, 1977).

La **femelle adulte** subit une nouvelle mue, souvent synchronisée avec la maturation des mâles en vue de l'accouplement. Au cours de cette phase, la taille de la femelle augmente considérablement. Chaque femelle peut produire en moyenne 420 œufs. Toutefois, environ 10 % des femelles sont infertiles, ce qui réduit le nombre de jeunes individus produits (Vargas & Flores, 1986).

Le **mâle adulte**, il traverse six stades : l'œuf, la nymphe du premier stade, la nymphe du deuxième stade, le stade prépupal, le stade pupal, puis l'adulte (Pérez Guerra, 1991) (figure 5).

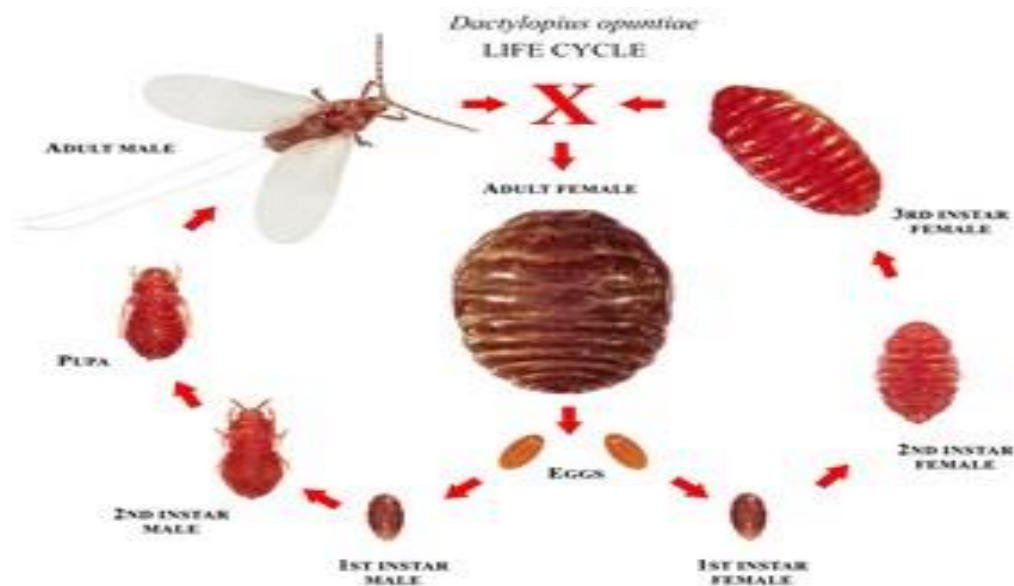


Figure 5: cycle de vie de *Dactylopius coccus* (Protasov, 2022)

4 .Les caractéristiques morphologiques de la cochenille du le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*)

4.1Œuf

Les œufs présentent une couleur rouge clair, une forme ovale et une surface lisse et brillante ; ils mesurent environ 0,7 mm de long et 0,3 mm de large. Aucune des femelles observées n'a donné naissance à des larves rampantes : les œufs éclosent immédiatement ou dans les trente premières minutes suivant la ponte. Cette éclosion rapide donne l'impression erronée que les femelles sont vivipares, ce qui a conduit certains auteurs à les décrire à tort comme telles. Peu avant l'éclosion, la larve rampante peut être observée à travers le chorion de l'œuf. L'œuf se rompt le long d'une ligne

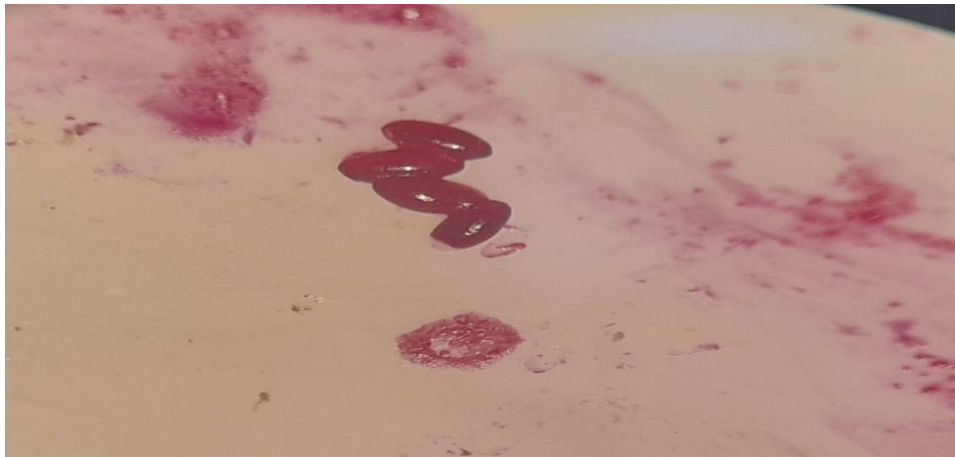


Figure 6:Œufs de *Dactylopius opuntiae* observés au la loupe ×20
(09/04/2025originale)

Longitudinale dorsiventrals qui commence à la tête et se prolonge sur presque la moitié de sa longueur. L'émergence de la larve prend de quatre à plus de vingt minutes. Au départ, les pattes, les antennes et les pièces buccales sont collées au corps, mais elles se libèrent après une à deux minutes. Le chorion abandonné, de couleur blanche, reste à proximité de la mère (Pérez Guerra, 1991) (Figure 06).

4.2. Larve (1er stade nymphal)

Au premier stade nymphal, également appelé stade « crawler », la nymphe présente une forme ovale mesurant environ 1,0 mm de long et 0,5 mm de large, avec une coloration rouge vif. Les pattes et les antennes sont bien développées ; ces dernières sont composées de six segments, le troisième étant le plus long. Les yeux sont sombres et facilement visibles. Des soies à sommet arrondi ou tronqué sont disposées individuellement en deux rangées longitudinales médianes et sub-médianes, ainsi qu'en groupes de deux ou trois le long des marges du corps. On observe également des soies fines sur la face ventrale et sur les derniers segments du dos. Sur la tête, un rang transversal de quatre soies est présent de chaque côté. De petits groupes de pores à bord large sont localisés près des soies marginales, principalement sur les segments abdominaux (**Pérez Guerra, 1991**).

4.3. Nymphe (2e–3e stade)

La nymphe au deuxième stade présente une forme ovale, mesurant environ 1,1 mm de long et 0,6 mm de large. Les soies corporelles sont plus courtes que celles observées au premier stade nymphal. Des groupes de plus de 20 pores à bord large sont principalement localisés sur les marges du corps, apparaissant sous forme d'îlots dispersés. Les antennes sont composées de six segments, tandis que les pièces buccales sont bien développées et adaptées à la succion. Les pattes sont bien formées sur le plan morphologique, mais elles sont non fonctionnelles. Les stigmates sont grands, avec une ouverture operculaire lisse. L'anneau anal est bien développé et présente une barre antérieure étroite et sclérotisée (**Pérez Guerra, 1991**). D'un point de vue comportemental, après la mue, la nymphe doit se rattacher à la plante hôte. En général, elle reste à proximité immédiate de l'endroit initial pour se fixer de nouveau, bien que certains individus se déplacent et échouent à se fixer correctement (**Pérez Guerra, 1991**) (**figure 07**).



Figure 7:Nymphe (2^e–3^e stade) observés au la loupe ×20 (09/04/2025 originale)

4.4. Femelles adultes du genre *Dactylopius*

Les femelles adultes des espèces du genre *Dactylopius* peuvent être différenciées selon les caractères morphologiques suivants :

Présence de quelques amas de pores à large rebord sur les derniers segments abdominaux, avec un canal mince unique. Les ouvertures spiraculaires ont une marge lisse. Les pores à rebord étroit sont absents. Quelques soies ressemblent à des poils. Les spécimens sont grands, mesurant entre 4 et 6 mm, et sont recouverts de poudre cireuse. (Ces caractères sont décrits par **Pérez Guerra, 1991**) (figure 08).



Figure 8:femelles adultes de *Dactylopius coccus* observés au la loupe ×20 (09/04/2025 originale)

4.5 .Comportement du mâle de *Dactylopius coccus*

Après environ quatre jours suivant la première mue, le mâle au deuxième stade larvaire commence la construction d'un cocon cylindrique blanc constitué de filaments cireux produits par les pores de son corps. Ce cocon, mesurant approximativement 2,5 mm de longueur et 1,4 mm de largeur, est ouvert à son extrémité postérieure. La formation débute par la fixation des premiers filaments au substrat, puis l'insecte effectue une rotation lente autour de son axe longitudinal afin de façonner progressivement le cocon. L'édification de celui-ci est généralement achevée en l'espace d'une journée.

Le mâle reste à l'intérieur du cocon sans se nourrir durant les stades de prépupe et de puppe, jusqu'à l'émergence de l'adulte. Les mues successives vers les troisième, quatrième et cinquième stades (ce dernier correspondant au stade adulte) se déroulent à l'intérieur du cocon ; les exuvies sont alors expulsées par l'extrémité postérieure de celui-ci. Il a été observé que la formation du cocon commence environ 40 jours après l'éclosion des œufs à 24 °C, et 31 jours après l'éclosion à 26 °C (**Pérez Guerra, 1992**).

4.6. Le mâle au stade peupla de *Dactylopius coccus* Costa

Chez *Dactylopius coccus* Costa, le mâle au stade prépupal se forme à l'intérieur du cocon produit par le second stade nymphal. À ce stade, le tégument est de nature membraneuse, et les principales régions anatomiques – la tête, le thorax et l'abdomen – sont nettement différenciées. Sur les marges de la région mésothoracique apparaissent des prolongements latéraux, lieux de développement des ébauches alaires. Les segments des pattes et des antennes ne sont pas encore clairement définis, ces appendices étant en cours de développement au sein de membranes protectrices. Le corps du prépupal présente des soies fines ainsi que des pores multiloculaires, principalement localisés sur les segments abdominaux. L'individu mesure en moyenne 1,2 mm de long et 0,6 mm de large, et se caractérise par une teinte rougeâtre (**Pérez Guerra, 1991**) (**figure 09**).



Figure 9:peupla de *Dactylopius coccus* observés au la loupe $\times 20$
(09/04/2025 originale)

La nymphe (ou quatrième stade) résulte de la mue du stade prénymphe. À ce stade, la segmentation corporelle devient plus nette. Les pattes, les antennes, les ailes et les structures génitales sont désormais bien différenciées. Les antennes et les pattes mesurent plus du tiers de la longueur totale du corps, et leurs segments sont bien distincts. La gaine pénienne (pennial sheath) est allongée et piriforme. De nombreuses soies fines en forme de poils ainsi que des pores multiloculaires se répartissent sur l'ensemble du corps. La nymphe mesure environ 1,5 mm de long et 0,7 mm de large, avec une coloration brun-rougeâtre (**Pérez Guerra, 1991**).

Le mâle adulte de *Dactylopius coccus* présente un corps modérément robuste, bien que nettement plus petit que celui des femelles. Sa longueur, mesurée de la marge antérieure de la tête à l'extrémité de la gaine pénienne, varie entre 3,0 et 3,5 mm, avec une largeur au niveau du mésothorax comprise entre 1,3 et 1,5 mm. L'exosquelette est de couleur rouge foncé, recouvert d'une poudre cireuse blanche. Les différentes régions du corps sont nettement différenciées. La tête, vue de dessus ou de côté, apparaît globalement circulaire et porte six yeux : deux yeux simples dorsaux d'environ 61,5 μm de diamètre séparés par 399 μm ; deux yeux simples ventraux légèrement plus grands, séparés par 73,8 μm ; et deux grands ocelles latéraux espacés d'environ 590 μm . La crête postoculaire est fortement développée, délimitant le sclérote oculaire en arrière et formant une branche antérieure qui se relie à la crête préoculaire sous l'ocelle avant de se courber vers l'arrière pour rejoindre la partie postérieure (**Pérez Guerra, 1991**).

4.7. Description du mâle adulte de *Dactylopius coccus* :

Le mâle adulte de *Dactylopius coccus* présente un corps modérément robuste, bien que beaucoup plus petit que celui de la femelle. La longueur du corps, mesurée depuis la marge antérieure de la tête jusqu'à l'extrémité de la gaine génitale, varie entre 3,0 et 3,5 mm, avec une largeur de 1,3 à 1,5 mm au niveau du mésothorax. L'exosquelette, de couleur rouge foncé, est recouvert d'une poudre cireuse blanche. Les régions du corps sont bien différenciées : la tête est presque circulaire en vue dorsale et latérale et comporte six yeux : deux yeux simples dorsaux (61,5 μm de diamètre, séparés de 399 μm), deux yeux simples ventraux légèrement plus grands (écartés de 73,8 μm) et deux gros ocelles latéraux (séparés de 590 μm). Le rebord postoculaire est bien développé, délimitant la sclérote oculaire à l'arrière, formant une branche antérieure qui rejoint la crête préoculaire sous l'ocelle, avant de se courber vers l'arrière.

Les antennes sont bien développées, mesurant environ 2,2 mm, composées de dix segments filiformes avec des soies charnues et des soies fines. Le scape est presque aussi large que long (184 μm de long sur 172 μm de large) et présente une base sclérifiée avec un processus dorsal et ventral sur le pédicelle. Le mâle adulte est dépourvu de pièces buccales fonctionnelles et ne se nourrit donc pas, bien qu'il conserve une vestige d'ouverture buccale. Le thorax, séparé de la tête par un court cou, mesure environ 1,2 mm de long et 1,4 mm de large au mésothorax, où les ailes blanches et membraneuses sont bien visibles. Les ailes, d'une longueur égale à celle du corps, possèdent des nervures radiales et médianes distinctes mais non reliées visiblement ; l'envergure totale est d'environ 5 mm. Les pattes sont élancées et garnies de nombreuses soies, avec des digitules tarsaux (221 μm) et unguéal (141 μm) bien développés. L'abdomen apparaît à huit segments, mesure environ 1,6 mm de long et est orné de fines soies disposées en rangées transversales. Les individus vivants présentent deux longs filaments cireux blancs à la base de l'abdomen, dont la longueur est comparable à celle du corps. Le segment génital est piriforme, mesurant 535–608 μm de long, 338–369 μm de large à la base, et se rétrécissant à 79,9–92,2 μm à l'extrémité, qui est largement arrondie. (**Pérez Guerra, 1991**) (*figure 10*).



Figure 10: mâle adulte de *Dactylopius coccus* observés au la loupe $\times 20$ (09/04/2025 originale)

5. Utilités de *Dactylopius opuntiae* :

Dactylopius opuntiae est une cochenille largement exploitée en raison de son importance économique et écologique. L'une des principales utilisations est la production de carmin, un colorant rouge naturel extrait des femelles de cette espèce, utilisé traditionnellement dans les industries textiles, alimentaires et cosmétiques (**Pérez Guerra, 1991 ; Mazzeo et al. 2019**). Ce colorant est très prisé pour sa stabilité et son origine naturelle.

En outre, *D. opuntiae* joue un rôle dans la lutte biologique. Dans plusieurs pays, notamment en Afrique du Sud, en Australie et dans certaines régions méditerranéennes, cette espèce a été introduite volontairement comme agent de lutte biologique pour contrôler la prolifération des figuiers de Barbarie (*Opuntia spp*), qui sont devenus des plantes envahissantes (**Pettey, 1948 ; Soria et al. 1999**).

Par ailleurs, dans certaines communautés rurales, les populations locales exploitent également cette cochenille pour des usages artisanaux, notamment dans la teinture traditionnelle des tissus et la production de peintures naturelles (**Vanegas-Rico, 2009**).

6. La lutte contre la cochenille *Dactylopius opuntiae*

La lutte contre la cochenille *Dactylopius opuntiae* repose sur une approche intégrée combinant des méthodes mécaniques, chimiques et biologiques, en fonction du niveau d'infestation et des conditions agro écologiques.

6.1. Lutte mécanique

Les mesures mécaniques consistent en des techniques manuelles simples visant à retirer les colonies de cochenilles ou à limiter leur propagation. Elles sont particulièrement efficaces lors des premières phases d'infestation. Cela inclut la taille et la destruction (par brûlage) des raquettes infestées, le brossage manuel avec des chiffons ou des brosses rigides, ainsi que le lavage à l'eau sous pression (Torres & Giorgi, 2018). L'isolement des plantes atteintes est également recommandé pour éviter la propagation.

6.2. Lutte chimique

Les insecticides chimiques sont souvent utilisés en cas d'infestations importantes. Cependant, leur emploi doit être rationnel afin de ne pas nuire aux ennemis naturels. Les substances actives les plus utilisées incluent le chlorpyrifos, l'acétamipride, le spirotétramate et les huiles blanches minérales, qui agissent en étouffant les insectes (Mazzeo et al. 2019). Des applications répétées, à 10–15 jours d'intervalle, sont nécessaires pour garantir l'efficacité (Bouharroud et al.2018).

6.3. Lutte biologique

La lutte biologique est une méthode durable qui s'appuie sur l'utilisation d'ennemis naturels. La coccinelle *Hyperaspis trifurcata* est l'un des prédateurs les plus efficaces, une femelle pouvant consommer plus de 5 400 nymphes au cours de sa vie (Cruz-Rodríguez et al.2016). D'autres coléoptères comme *Cryptolaemus montrouzieri* et *Zagreus bimaculosus* se sont montrés efficaces pour réduire les populations de cochenilles dans différentes régions (Vanegas-Rico et al. 2016 ; Torres et Giorgi, 2018). Certaines espèces de champignons entomopathogènes, notamment *Beauveria bassiana* et *Akanthomyces lecanii*, ont également démontré une efficacité en laboratoire contre *D. opuntiae* (Mazzeo et al, 2019). Enfin, plusieurs insectes prédateurs comme *Laetilia coccidivora* (Lépidoptère : Pyralidae) et *Eosalpingogaster cochenillivora* (Diptère : Syrphidae) ont été observés en train de se nourrir des adultes de cochenille (Flores et al. 2013 ; Esparza-Gómez et al.2008).

7. Les dommages causés par *Dactylopius opuntiae* ;

7.1 Dommages économiques

La cochenille carmin cause des pertes agricoles importantes en détruisant les plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), utilisées pour la production de fruits, de fourrage et dans l'industrie artisanale. Ces pertes affectent gravement les économies locales dans les régions arides et semi-arides où ces plantes constituent une ressource vitale (**Mazzeo et al, 2019 ; Soria et al. 1999**).

7.2. Dommages environnementaux :

L'élimination des cactus par *D. opuntiae* entraîne une perte de biodiversité, l'érosion des sols et des déséquilibres dans les écosystèmes où le cactus joue un rôle clé comme refuge et source alimentaire (**Petty, 1948 ; Zimmermann et al. 2004**).

7.3 Dommages sanitaires :

Bien que *D. opuntiae* ne soit pas pathogène pour l'homme, la manipulation des plantes infestées peut provoquer des réactions allergiques chez les personnes sensibles (**Suma et al. 2015**).

7.4 Dommages socioculturels :

La destruction des plantations de figuier de Barbarie par *D. opuntiae* a aussi un impact au niveau culturel. Dans plusieurs régions, notamment en Afrique du Nord et en Amérique latine, le cactus est non seulement une ressource économique, mais aussi un symbole identitaire et un élément central des pratiques culturelles et culinaires locales (**Vanegas-Rico, 2009**). Sa disparition progressive met en péril des traditions alimentaires, des savoir-faire artisanaux (production de confitures, sirops, objets artisanaux) et des rituels associés à la plante. Cette perte du patrimoine immatériel contribue à l'érosion culturelle des communautés rurales.

8. Impact indirect sur la sécurité alimentaire et le tissu social

La raréfaction des produits issus du figuier de Barbarie fragilise la sécurité alimentaire des populations rurales et augmente leur vulnérabilité économique, exacerbant parfois les phénomènes de migration vers les zones urbaines (**Mazzeo et al. 2019**).

Chapitre 3:Généralités sur d'Echinopsis dehrenbergii

2. Historique d'*Echinopsis dehrenbergii*:

L'espèce *Echinopsis dehrenbergii* a été initialement décrite sous le nom de *Echinocactus dehrenbergii* au XIXe siècle par le botaniste allemand Heinrich Otto Wendland, en hommage au jardinier et collectionneur de plantes allemand Philipp Dehnhardt, actif au début des années 1800. Cette dénomination reflétait à l'époque la classification encore embryonnaire des cactus, principalement fondée sur la morphologie générale du corps de la plante (Barthlott & Hunt, 1993).

Au fil des décennies, avec l'essor des travaux taxonomiques sur la famille des Cactaceae, l'espèce a été déplacée vers plusieurs genres, un genre sud-américain regroupant des cactées naines à floraison diurne. Ce changement a été motivé par des caractéristiques florales et des critères géographiques (Anderson, 2001). Ainsi, elle a été longuement connue sous le nom *Lobivia dehrenbergii*, nom encore couramment utilisé par les collectionneurs de cactus.

Dans les années 1980–2000, les progrès en phylogénie moléculaire et en anatomie florale ont conduit à la réintégration de nombreuses espèces du genre *Lobivia* dans le genre *Echinopsis*, un genre plus vaste et historiquement plus ancien. C'est dans ce cadre que *Lobivia dehrenbergii* a repris son nom *Echinopsis dehrenbergii* (Hunt et al.2006), désormais accepté dans les bases taxonomiques internationales, telles que The Plant List et Tropicos (figure 11).



Figure 11:plante de d'*Echinopsis dehrenbergii* (20/06/2025 originale)

2. Origine d'*Echinopsis dehrenbergii*

Echinopsis dehrenbergii est une espèce originaire des hautes terres andines d'Amérique du Sud, plus précisément des régions montagneuses du sud de la Bolivie, dans les départements de Chuquisaca et Tarija. Elle pousse naturellement à des altitudes comprises entre 1 500 et 2 800 mètres, dans des zones semi-arides où le climat est caractérisé par une forte amplitude thermique et une pluviométrie modérée mais saisonnière (**Anderson, 2001**).

Cette espèce s'est adaptée aux sols pauvres, caillouteux ou sablonneux, souvent exposés au plein soleil. Elle cohabite avec d'autres cactacées et plantes xérophiiles formant un écosystème typique des vallées inter-andines. Les conditions environnementales extrêmes de ces régions ont favorisé chez *E. dehrenbergii* des mécanismes d'adaptation remarquables, notamment sa capacité à stocker l'eau dans ses tissus internes et à résister à la sécheresse prolongée.

Son aire d'origine a également influencé sa morphologie compacte et sa floraison spectaculaire, deux caractéristiques qui en font une espèce très prisée en culture ornementale à travers le monde (**Hunt et al. 2006**). De plus, sa distribution géographique limitée en fait une plante potentiellement vulnérable aux changements climatiques et aux pressions anthropiques, comme l'expansion agricole ou la collecte excessive à des fins horticoles.

3. Définition d'*Echinopsis dehrenbergii*

Echinopsis dehrenbergii est une plante succulente appartenant à la famille des Cactaceae, classée dans le genre *Echinopsis*. Il s'agit d'une espèce cactiforme à port globulaire ou légèrement cylindrique, mesurant généralement entre 5 et 10 cm de hauteur. Elle se distingue par sa tige verte foncée, côtelée, munie d'aréoles blanches ou brunâtres d'où émergent de nombreuses épines fines et radiales, parfois accompagnées d'une ou deux épines centrales (**Anderson, 2001**).

Cette espèce est largement reconnue pour sa floraison spectaculaire : elle produit de grandes fleurs solitaires, en forme d'entonnoir, de couleur blanche ou rose pâle, mesurant jusqu'à 15 cm de longueur. Les fleurs s'ouvrent en général durant la nuit ou tôt le matin et

sont souvent parfumées. La floraison intervient durant la saison chaude, principalement entre le printemps et l'été (**Hunt et al. 2006**).

Sur le plan fonctionnel, *Echinopsis dehrenbergii* est une plante CAM (Crassulacean Acid Metabolism), capable de minimiser ses pertes hydriques en ouvrant ses stomates durant la nuit pour fixer le dioxyde de carbone une adaptation essentielle aux environnements arides. Elle constitue également un excellent exemple d'organisme xérophyte adapté aux sols pauvres et aux conditions climatiques extrêmes des régions andines (**Barthlott & Hunt, 1993**).

4. Classification botanique et caractéristiques

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Cactaceae

Genre : *Echinopsis*

Espèce : *Echinopsis dehrenbergii* (**Terscheck, 1859**)

4.1 caractéristiques d'*Echinopsis dehrenbergii*

Echinopsis dehrenbergii (**Terscheck, 1859**) est une espèce de cactus globulaire appartenant à la famille des Cactaceae. Elle se caractérise par une tige généralement solitaire, de forme sphérique à légèrement aplatie au sommet, mesurant entre 5 et 10 cm de diamètre. Sa couleur varie du vert foncé au vert bleuté. La plante présente entre 13 et 15 côtes bien définies, séparées par des sillons profonds, portant des aréoles blanches et laineuses. Chaque aréole donne naissance à un ensemble d'épines : 1 à 3 épines centrales, droites ou légèrement recourbées, et 5 à 10 épines radiales plus fines. En été, la plante produit de grandes fleurs diurnes, en forme d'entonnoir, pouvant atteindre jusqu'à 10 cm de diamètre. Ces fleurs, de couleur blanche à rose pâle, émergent latéralement. Les fruits

qui en résultent sont ovoïdes, charnus, et contiennent de nombreuses petites graines noires (*Anderson, 2001 ; Hunt et al. 2006*).

5. Propriétés chimiques et biologiques d'*Echinopsis dehrenbergii*

Des études sur les espèces du genre *Echinopsis*, notamment *Echinopsis dehrenbergii*, ont révélé la présence de plusieurs composés bioactifs, typiques des Cactaceae. Sur le plan chimique, cette plante contient principalement des alcaloïdes, des flavonoïdes, des stérols, ainsi que des mucilages. Les alcaloïdes, bien que présents en faibles concentrations, peuvent jouer un rôle dans la défense de la plante contre les herbivores. Les flavonoïdes, quant à eux, possèdent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires bien documentées. Les mucilages présents dans la tige ont une capacité importante de rétention d'eau, ce qui permet à la plante de survivre dans des environnements arides, et présente également des intérêts pharmaceutiques en tant qu'agents émoullissants et cicatrisants. D'un point de vue biologique, *Echinopsis dehrenbergii* démontre une adaptation remarquable aux milieux xériques, en concentrant ses activités métaboliques pendant la nuit via le métabolisme CAM (Crassulacean Acid Metabolism), ce qui lui permet de limiter les pertes hydriques (*Martínez et al.2015 ; Nobel, 2002*).

6. Méthodes de plantation d'*Echinopsis dehrenbergii*

La culture d'*Echinopsis dehrenbergii* peut être réalisée selon différentes méthodes horticoles adaptées à sa biologie et à son environnement d'origine. La méthode la plus courante est le **semis**, qui consiste à utiliser des graines fraîches placées dans un substrat léger, drainant et stérilisé. La germination survient généralement entre 10 et 20 jours à une température de 20 à 25 °C. Une autre méthode efficace est le **bouturage**, qui utilise des segments ou rejets de tiges issus de plantes mères. Ces boutures doivent sécher quelques jours à l'air libre avant d'être mises en terre afin d'éviter les infections fongiques. Le **greffage** est également pratiqué, notamment pour préserver des spécimens fragiles ou stimuler la croissance ; dans ce cas, des porte-greffes comme *Trichocereus* ou *Hylocereus* sont souvent utilisés. La **plantation en pots** est recommandée pour les jeunes plants, en utilisant des contenants en terre cuite remplis d'un mélange sableux bien minéralisé. La **culture en serre** permet de réguler les facteurs environnementaux (lumière, humidité, température), garantissant ainsi un développement optimal. En région aride, la **plantation en plein champ** est envisageable, à condition d'assurer un bon drainage et une irrigation modérée. Pour la

multiplication à grande échelle ou la conservation génétique, la **culture in vitro** constitue une alternative efficace. Enfin, la **division des rejets basaux**, issus de la plante mère, représente une méthode simple et naturelle pour obtenir de nouveaux sujets. Ces différentes approches permettent non seulement la propagation de l'espèce, mais aussi sa conservation et son utilisation ornementale ou scientifique (*Anderson, 2001 ; Nobel, 2002*).

7. Comparaison entre *Echinopsis dehrenbergii* et *figue de barbarie*

Tableau 6:comparatif entre *Echinopsis dehrenbergii* et *Opuntia ficus-indica*

Critère	Echinopsis dehrenbergii	Opuntia ficus-indica
Famille	Cactaceae (<i>Anderson, 2001</i>)	Cactaceae (<i>Anderson, 2001</i>)
Port	Globulaire, solitaire (<i>Anderson, 2001</i>)	Arbustif, ramifié avec cladodes (<i>Pimienta-Barrios, 1994</i>)
Taille	Petite (5–10 cm de diamètre) (<i>Anderson, 2001</i>)	Grande (jusqu'à 3–5 m) (<i>Griffith, 2004</i>)
Organes photosynthétiques	Tige sphérique (<i>Nobel, 2002</i>)	Cladodes aplatis (<i>Nobel, 2002</i>)
Fleurs	Grandes, blanches à rosées (<i>Anderson, 2001</i>)	Jaune-orange, en bord de cladodes (<i>Pimienta-Barrios, 1994</i>)
Fruits	Petits, secs ou peu juteux (<i>Anderson, 2001</i>)	Grands, comestibles (<i>Pimienta-Barrios, 1994</i>)
Usages	Ornemental (<i>Nobel, 2002</i>)	Alimentaire, médicinal, fourrager (<i>Griffith, 2004</i>)
Mode de reproduction	Semis, bouturage, greffage (<i>Anderson, 2001</i>)	Bouturage, division, semis (<i>Nobel, 2002</i>)
Tolérance à la sécheresse	Élevée (<i>Nobel, 2002</i>)	Très élevée (<i>Pimienta-Barrios, 1994</i>)
Rôle écologique	Limité (ornement uniquement) (<i>Anderson, 2001</i>)	Fixation des sols, lutte anti-érosion (<i>Griffith, 2004</i>)
Métabolisme	CAM (Crassulacean Acid Metabolism) (<i>Nobel, 2002</i>)	CAM également (<i>Nobel, 2002</i>)

Tableau 7:comparatif des propriétés chimiques entre *Echinopsis dehrenbergii* et *Opuntia ficus-indica*

Critère chimique	<i>Echinopsis dehrenbergii</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Principaux composés	Alcaloïdes, flavonoïdes, mucilages (<i>Martínez et al., 2015</i>)	Flavonoïdes, polyphénols, vitamines C et E, mucilages (<i>Sáenz, 2000</i>)
Alcaloïdes	Présents en faible quantité, rôle défensif (<i>Martínez et al. 2015</i>)	Absents ou très rares (<i>Pimienta-Barrios, 1994</i>)
Flavonoïdes	Activité antioxydante modérée (<i>Martínez et al. 2015</i>)	Très riche en flavonoïdes antioxydants (<i>Butera et al. 2002</i>)
Mucilages	Structure hydratante, protection contre la sécheresse (<i>Nobel, 2002</i>)	Utilisés en cosmétique, digestion, cicatrisation (<i>Sáenz, 2000</i>)
Vitamines	Non documentées spécifiquement	Vitamine C, E, bêta-carotène (<i>Feugang et al. 2011</i>)
Utilisation médicinale	Potentiel ornemental et recherche limitée (<i>Anderson, 2001</i>)	Usage traditionnel contre le diabète, inflammation, ulcères (<i>Feugang et al.2011</i>)
Applications industrielles	Faibles ou décoratives uniquement	Agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique (<i>Sáenz, 2000</i>)

8. Usages traditionnels d'*Echinopsis dehrenbergii*

Contrairement à d'autres cactus plus largement utilisés comme *Opuntia ficus-indica*, *Echinopsis dehrenbergii* possède peu d'usages traditionnels documentés dans la littérature ethnobotanique. Cette espèce est principalement reconnue pour sa valeur ornementale, notamment en raison de ses fleurs diurnes spectaculaires et de sa forme globulaire compacte qui la rendent populaire dans les jardins botaniques et les collections privées. Toutefois, certaines espèces du genre *Echinopsis* ont été traditionnellement utilisées dans les cultures andines pour leurs effets psychoactifs, en particulier dans des rituels chamaniques. Cela

Synthèse bibliographiques Chapitre 3: Généralités sur d'*Echinopsis dehrenbergii*:

concerne notamment des espèces proches comme *Echinopsis pachanoi* (anciennement *Trichocereus*), connues pour contenir de la **mescaline**, un alcaloïde hallucinogène (**Rätsch, 2005**). Pour *Echinopsis dehrenbergii* spécifiquement, aucun usage médicinal ou rituel n'a été formellement décrit dans les sources scientifiques actuelles. Cependant, sa richesse en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes et les alcaloïdes suggère un potentiel encore sous-exploré du point de vue pharmacologique (**Martínez et al. 2015**).

Chapitre 4 : Généralités sur d'*Austrocyllindropuntia subulata*

1. Historique

Austrocyllindropuntia subulata a été notée comme une espèce envahissante en Afrique du Sud depuis au moins les années 1970, et probablement plus tôt. En Australie, l'échantillon le plus ancien de l'herbier virtuel australien (**Council of Heads of Australasian Herbaria, 2019**) date de 1967 et provient de Port Pirie City, South Australia, avec un signalement de Perth, Western Australia, datant de 1999 (**Chinnock, 2015**).

En Europe, la naturalisation n'a été observée que plus récemment, le premier signalement sur le continent provenant de Corse, France, en 1998 sous le nom d'*Opuntia subulata*, noté comme "sub spontaneous" (**Jeanmonod et Burdet, 1998**). Il a également été signalé en 2004 près de Tarragona, Catalonia, Espagne (**Sanz-Elorza et al. 2004**), les auteurs notant qu'il a été observé pour la première fois naturalisé dans la zone en 2001.

En captivité. En tant que tel, le risque que *A. subulata* et d'autres espèces d'*Austrocyllindropuntia* se naturalisent et deviennent potentiellement envahissantes dans des environnements appropriés est considéré comme élevé (**CABI, 2019 ; Celesti-Gradow et al. 2016**). Considéré comme envahissant en Afrique du Sud, en Afrique de l'Est, en Australie et plus récemment en Europe (**CABI, 2019**). D'autres espèces du genre, en particulier *A. cylindrica* et plus récemment *A. vestita* en Afrique du Sud, sont également signalées comme envahissantes, ainsi que des espèces du genre étroitement apparent *Cylindropuntia* (**Moran et Zimmermann, 1991 ; Celesti-Gradow et al. 2016**).

L'espèce a été observée pour la première fois le 3 mars 2016 dans un jardin abandonné d'une ancienne ferme coloniale à Larbi Ben MHidi (Wilaya de Skikda) où une petite population, composée au maximum de 30 individus (**El Mokni et al. 2020**). Le 19 janvier 2019, une autre petite population a été observée non loin de la première, confinée au bord d'un chemin sablonneux sous *Eucalyptus camaldule sis*, où des individus de petite taille, ne dépassant pas 90 cm, ont été observés (**El Mokni et al. 2020**).

2. Définition

Austrocyllindropuntia subulata, aussi appelé **aiguille d'Ève** ou **épingle d'Ève**, est une espèce de cactus originaire d'Amérique du Sud. Il appartient à la famille des Cactacées, qui compte plus de 1 500 espèces de plantes succulentes (**Anderson, 2001**).

A. subulata est connu pour ses tiges longues et fines, couvertes de grappes de petites épines, qui lui confèrent une apparence unique. Cette plante rustique peut survivre dans divers habitats et est souvent cultivée comme espèce ornementale (*CABI, 2019*) (*figure 12*).



Figure 12: plante d'*Austrocyllindropuntia subulata* la région d'El Madyek (04/03/2025 originale)

3.

Classification scientifique

Le genre *Austrocyllindropuntia* contient 11 espèces acceptées (*The Plant List, 2013*). Il fait partie de la grande famille des Cactaceae, dans ce qui est communément appelé le groupe Opuntioideae. Les cactus colonnaires *Cylindropuntia* ont été séparés du genre *Opuntia*, qui contient des espèces avec des « feuilles » aplaties en forme de palmier (*Chinnock, 2015*). Les *Cylindropuntia* ont ensuite été divisés, les espèces d'Amérique du Sud étant encore séparées dans le genre *Austrocyllindropuntia* (*Jeanmonod & Burdet, 1998 ; Elorza et al.2004*).

Austrocyllindropuntia subulata possède une sous-espèce reconnue, *A. subulata* subsp. qui absorbe en synonymie les binômes largement utilisés comme *Cylindropuntia subulata* ou (*Moran & Zimmermann, 1991 ; The Plant List, 2013*). Ces noms étaient autrefois couramment utilisés en Afrique du Sud et sont encore présents dans le commerce ornemental (*Council of Heads of Australasian Herbaria, 2019*).

Règne : Plantae

Embranchement: Spermatophyta

Sous Embranchement : Angiospermae

Classe : Dicotyledonae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Cactaceae

Genre: Austrocyllindropuntia

Espèce : Austrocyllindropuntia subulata (**Anderson, 2001**)

4. Précédemment connu sous le nom de :

Nom scientifique préféré : *Austrocyllindropuntia subulata*(**Muehlenpf.**)

Nom commun préféré : *Cactus aiguille d'Ève*

Autres noms scientifiques : *Cylindropuntia subulata* ; *Opuntia subulata*

5. Description

Austrocyllindropuntia subulata peut atteindre jusqu'à 4 mètres de haut dans son habitat naturel, mais il est beaucoup plus petit en culture (**Anderson, 2001**). Son tronc est dressé et peut mesurer jusqu'à 10 cm de diamètre. Ses branches allongées et ses articulations cylindriques peuvent atteindre 60 cm de long et 6,3 cm de large (**Anderson, 2001**). Ses tiges sont ornées de tubercules ovales et bosselés (**Bercu, 2005**). Ses feuilles sont charnues, jaune-vert, et peuvent atteindre 12,7 cm de long à maturité (**Bercu, 2005**). Les aréoles épineuses sont dotées d'épines droites blanc-grisâtre mesurant jusqu'à 7,6 cm de long (**Anderson, 2001**). Les fleurs s'épanouissent au printemps ou en été. Elles sont tubulaires et peuvent être jaunes, jaune-vert, rouge-orange ou rouges (**Anderson, 2001**). Les fruits produits sont rouges et pourvus de fins poils urticants (**Anderson, 2001**) (*figure 13*).



Figure 13: *Austrocyllindropuntia subulata* : fleur ; tige ; feuille la région d'El Madyek (04/03/2025originale)

Tableau 8 :Description d'Austrocyllindropuntia subulata

<p>Utilisations et Distribution:</p>	<p>Utilisations (ethnobotanique) : Dans l'ancien Pérou, la plante était utilisée pour les clôtures et les épines pour fabriquer des aiguilles (<i>CABI, 2019</i>)</p> <p>Distribution: Albanie, Algérie, Équateur, Grèce, Italie, Kenya, Madagascar, Madère, Maroc, Provinces du Nord, Portugal, Sicile, Espagne et Tunisie (<i>CABI, 2019</i>)</p>
<p>Aboyer</p>	<p>Couleur de l'écorce : Brun foncé</p> <p>Description de l'écorce : Les plantes plus âgées ont une écorce brun foncé et un tronc ligneux (<i>Anderson, 2001</i>)</p>
<p>la feuille :</p>	<p>Caractéristiques des feuilles des plantes ligneuses : Feuillus persistants</p> <p>Couleur des feuilles : Orange /Jaune /Vert</p> <p>Type de feuille : Simple</p> <p>Marge de la feuille : Entier</p> <p>Poils présents : Non</p> <p>Longueur des feuilles : 3 à 6 pouces</p> <p>Description de la feuille : Les feuilles jaune verdâtre en forme d'alène mesurent jusqu'à 5 pouces de long sur les plantes matures (<i>CABI, 2019</i>)</p>
<p>Fleure</p>	<p>Couleur de la fleur : Orange /Jaune/Vert Orange /Rouge/Bordeaux</p> <p>Période de floraison des fleurs : Printemps/Été</p> <p>Forme de la fleur : Tubulaire</p> <p>Taille de la fleur : 1 à 3 pouces</p> <p>Description de la fleur : Les fleurs sont tubulaires et mesurent jusqu'à 5 à 7,5 cm de long. Elles s'épanouissent dans des tons orange vif, rouge, rouge orangé ou jaune verdâtre. Les plantes en pot ne fleurissent généralement pas (<i>Chinnock, 2015</i>).</p>
<p>Fruit</p>	<p>Couleur du fruit : Vert /Rouge/Bordeaux</p> <p>Longueur du fruit : > 3 pouces</p> <p>Description du fruit :</p>

	Les fruits sont vert foncé à rouges, mesurent 5 pouces de long, sont en forme d'œuf et ont de fins poils irritants (glucides) (INPN, 2023)
Tige	<p>Couleur de la tige : Vert</p> <p>La tige est aromatique : Non</p> <p>Description de la tige : Tiges vert brillant aux articulations cylindriques. Ses tiges sont couvertes de tubercules bosselés, chaque tubercule possédant une aréole épineuse. Ces aréoles sont ornées de grappes d'épines blanc grisâtre (INPN, 2023).</p>
Type de plante	<p>Vivace</p> <p>Grains propagées</p> <p>Succulent</p> <p>Multiplication végétative(CABI, 2019)</p>

6. Composition chimiques et biologiques

Le mucilage, une substance polysaccharidique présente en grande quantité dans les feuilles, est réputé pour ses propriétés émoullientes et adoucissantes (*Laouedj, 2020*).

L'oxalate de calcium, quant à lui, est présent en quantité notable dans le thé et contribue à la texture des feuilles. Toutefois, une consommation excessive de cette substance peut entraîner un effet irritant.

Il a été constaté que le carbonate et l'oxyde de calcium sont également présents dans les tissus foliaires (*Laouedj, 2020*).

Les feuilles sont caractérisées par leur teneur en fibres végétales, dont l'ingestion est bénéfique pour le système digestif.

Il convient de noter que les fruits présentent une teneur significative en vitamines.

Néanmoins, il est important de souligner que la composition exacte de ces fruits peut varier en fonction des conditions de culture spécifiques (*Laouedj, 2020*).

Le chlorenchyme se caractérise par une organisation anatomique spécialisée, qui permet la réalisation de la photosynthèse et le stockage de l'eau. Cette structure se subdivise en deux types : le chlorenchyme palissadique et le chlorenchyme non palissadique (*Ozerova & Timonin, 2020*).

Le métabolisme est un processus biologique essentiel pour l'organisme humain. Il est responsable de la transformation et de la dégradation des nutriments, ainsi que de la production d'énergie. En effet, le métabolisme joue un rôle crucial dans le maintien de l'homéostasie, c'est-à-dire l'équilibre interne de l'organisme, en régulant divers processus.

7. physiologiques

Les feuilles d'A. Subulata sont dotées d'un métabolisme photosynthétique mixte (C3 et CAM), leur conférant ainsi la capacité d'adaptation à des conditions de sécheresse extrême (*Ozerova et Timonin, 2020*).

Les cellules mucilagineuses, dont la présence est significative dans le chlorenchyme, assument une fonction déterminante dans deux processus physiologiques majeurs : d'une part, la rétention d'eau et, d'autre part, la résistance à la déshydratation (*Ozerova et Timonin, 2020*). L'ingestion de cette substance permet de favoriser l'excrétion rénale et le transit intestinal, en raison de ses propriétés diurétiques et laxatives (*Laouedj, 2020*).

Dans le cadre du traitement des morsures de serpent et des saignements nasaux,

8. Utilisation traditionnelle :

L'utilisation traditionnelle de la sève revêt une importance particulière (*Laouedj, 2020*). Concernant la comestibilité, il convient de noter que les feuilles sont consommées comme légume dans certaines régions d'Amérique du Sud. Ces dernières sont alors consommées soit sous forme de salade, soit lors de l'apéritif, en raison de leur goût légèrement acidulé (*Laouedj, 2020*).

9. propriétés écologiques :

Il est impératif de sensibiliser le public aux propriétés écologiques de la plante (*Laouedj, 2020*).

Dans le cadre de la gestion des sols dans les zones arides, l'utilisation de cette technique de contrôle de l'érosion vise à stabiliser le sol. Cette stabilisation a pour effet de renforcer la résistance du sol et de préserver son intégrité dans un contexte de dégradation environnementale (*Laouedj, 2020*).

Il est important de souligner que l'habitat pour la faune joue un rôle essentiel dans la préservation de la biodiversité. En effet, il offre un refuge et une source de subsistance pour de nombreux petits animaux et oiseaux (*Laouedj, 2020*).

10. Importance médicinales traditionnelles

Dans le contexte des pratiques médicinales traditionnelles, il est impératif de considérer les protocoles thérapeutiques qui s'inscrivent dans une longue histoire et une expertise empirique (*Laouedj, 2020*).

Les effets balsamiques et expectorants de la substance sont les suivants : Ces substances sont utilisées en thérapeutique pour le traitement des pathologies respiratoires, que ce soit par voie externe sous forme de feuilles ou de fruits (*Laouedj, 2020*).

Il est important de souligner que ce produit possède des propriétés antiseptiques et cicatrisantes. L'utilisation topique de sève est une pratique traditionnelle qui trouve son application dans le traitement de diverses affections cutanées. Ces pathologies, qui peuvent prendre la forme de blessures, de brûlures ou de verrues, sont traitées par application de sève sur la zone affecté (*Laouedj, 2020*).

L'efficacité de cette substance est attribuable à ses propriétés anti-inflammatoires et analgésiques. Ainsi, il a été démontré que cette substance permet de soulager la douleur et de réduire l'inflammation (*Laouedj, 2020*).

L'ingestion de cette substance permet de favoriser l'excrétion rénale et le transit intestinal, en raison de ses propriétés diurétiques et laxatives (*Laouedj, 2020*).

Dans le cadre du traitement des morsures de serpent et des saignements nasaux, l'utilisation traditionnelle de la sève revêt une importance particulière (*Laouedj, 2020*).

Concernant la comestibilité, il convient de noter que les feuilles sont consommées comme légume dans certaines régions d'Amérique du Sud. Ces dernières sont alors consommées soit sous forme de salade, soit lors de l'apéritif, en raison de leur goût légèrement acidulé (*Laouedj, 2020*).

11. la méthode de plantation d'Austrocyliindropuntia subulata

Austrocyliindropuntia subulata préfère un emplacement bien ensoleillé. Pour une croissance optimale, il est recommandé de lui offrir 6 à 8 heures d'ensoleillement direct par jour. Cette espèce est bien adaptée aux climats chauds et secs, et tolère des températures jusqu'à -4 °C, bien qu'une exposition prolongée au gel soit à éviter (*Cáceres & Roque, 2017 ; Mesa Coello et al. 2017*).

11.1. Préparation du sol

Un substrat très drainant est essentiel pour éviter la pourriture racinaire, principal danger

pour cette espèce. Il est conseillé de mélanger sable grossier, graviers ou pouzzolane à la terre de jardin ou au terreau pour cactées, en veillant à ce que 30 à 35 % du mélange soit constitué d'éléments drainants. Le sol doit avoir un pH compris entre 6,0 et 7,0 (*INPN, 2023*).

11.2. Plantation

En pleine terre : il faut creuser un trou deux fois plus large que la motte, y déposer une couche drainante (graviers ou billes d'argile), installer la plante en maintenant la base du tronc au niveau du sol, puis arroser modérément après plantation.

En pot : utiliser un pot percé contenant un mélange de $\frac{3}{4}$ terreau pour cactées et $\frac{1}{4}$ terre végétale, avec une couche drainante au fond. Le pot peut être placé à l'extérieur en été, mais doit être rentré si les températures descendent sous les 5 °C (*Chinnock, 2015 ; Cáceres & Roque, 2017*).

11.3. Entretien

D'un entretien facile, cette espèce nécessite un arrosage modéré de mars à octobre, uniquement lorsque le substrat est sec en surface. L'arrosage doit être fortement réduit en hiver (une fois par mois ou moins). Il est également recommandé d'apporter un engrais équilibré (type 10-10-10) toutes les 4 à 6 semaines durant la période de croissance. Une taille légère en fin d'hiver permet d'éliminer les tiges abîmées et de Favoriser la ramification (*Ozerova & Timonin, 2020*). En hiver, la plante peut être protégée par un voile ou rentrée en intérieur dans les régions froides (*Mesa Coello et al. 2017*).

12. Comparaison entre *d'Austrocyllindropuntia subulata* et figue de barbarie

Dans le cadre de l'étude de la chimie des plantes, *O. ficus-indica* se distingue par une documentation plus approfondie concernant ses composés phénoliques, ses bétalaine et son huile riche en acides gras insaturés et en antioxydants (**Journal Agricola; Mémoire Magister**). En revanche, *A. subulata* se caractérise par une composition minérale et mucilagineuse significative.

L'analyse de la morphologie des deux espèces révèle des caractéristiques distinctes. *A. subulata* se distingue par ses branches cylindriques et ses feuilles persistantes, tandis que *O. ficus-indica* présente des cladodes aplatis et des feuilles réduites qui se détachent rapidement.

Nous allons aborder la question de la morphologie des deux espèces. Il convient de noter que ces dernières présentent des adaptations morphologiques distinctes. Celles-ci sont liées à leur métabolisme photosynthétique et à leur environnement. Ainsi, l'espèce *A. subulata* se caractérise par une forme de croissance cylindrique, tandis que l'espèce *O. ficus-indica* se distingue par une forme aplatie (**Journal Agricola, Mémoire Magister**).

Tableau 9: Comparaison Chimique entre d'Austrocyllindropuntia subulata et figue de barbarie

Caractéristique chimique	Austrocyllindropuntia subulata	Opuntia ficus-indica (Figue de Barbarie)
Eau	Présence importante dans les cladodes (non chiffrée précisément)	85-93% d'eau dans les jeunes cladodes
Minéraux	Calcium, magnésium, potassium, oxalate de calcium, carbonate	Calcium, magnésium, potassium, cuivre, faible phosphore
Mucilage	Abondant, rôle dans la rétention d'eau	Présent, favorise digestion et hydratation
Composés phénoliques	Peu documentés spécifiquement	Riche en flavonoïdes (isorhamnétine, quercétine, kaempférol), acides phénoliques (acide gallique)
Bétalaines (pigments)	Non documentés	Présence de bétanine et indicaxanthine, pigments antioxydants
Acides gras (huile)	Non documenté	Huile riche en acides gras insaturés (linoléique 55%, oléique 20%), α -tocophérol élevé, activité antioxydante

Tableau 10: Comparaison Physique entre d'Austrocyllindropuntia subulata et figue de barbarie

Caractéristique physique	Austrocyllindropuntia subulata	Opuntia ficus-indica (Figue de Barbarie)
Taille	Arbuste 3-5 m, branches cylindriques de 40-100 cm long, 3-5 cm diamètres	Arbuste 3-5 m, cladodes aplatis de 20-50 cm de long
Feuilles	Persistantes, subulées, charnues, jusqu'à 12 cm long	Feuilles très réduites, caduques rapidement
Épines (spines)	2-5 épines longues (4-7 cm) par aréole, sans gaine papyracée	Épines variables, présence de glochides (petites épines barbelées)
Fruits	Oblongs, verts, 5-13,5 cm, graines larges (30-60 par fruit)	Oblongs, couleurs variées (vert, jaune, rouge), nombreuses petites graines
Structure interne	Chlorenchyme différencié, pas d'hydrenchyme	Parenchyme de stockage, épiderme cireux

**Tableau 11: Comparaison morphologie entre Opuntia ficus-indica (Figue de Barbarie)
et Austrocyllindropuntia subulata:**

Aspect morphologique	Austrocyllindropuntia subulata	Opuntia ficus-indica (Figue de Barbarie)
Forme générale	Tiges cylindriques, feuilles persistantes, épines longues	Cladodes aplatis, feuilles réduites, épines et glochides
Coulure (croissance)	Croissance en branches allongées cylindriques	Croissance en raquettes aplaties empilées
Adaptation morphologique	Métabolisme mixte C3/CAM, tissus chlorenchymateux spécialisés	Métabolisme CAM strict, épiderme cireux pour limiter la perte d'eau

Chapitre II: matériel et méthodes

I. Zone et période d'étude

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique de la région de Ghazaouet

La wilaya de Tlemcen, dont Ghazaouet est une partie intégrante, se situe dans la partie Nord-Ouest de Algérie, couvrant une région étendant entre les latitudes 34° et 35°40 de latitude nord et les longitudes 0°30; et 2°30 de longitude ouest. La région dispose une façade maritime d'une longueur de 120 kilomètres. Son paysage est diversifié et comprend les monts des Trara au Nord, des plaines agricoles centrales, les monts de Tlemcen et les hautes plaines steppiques au Sud (**Ghomari ; Bouchiti, 2021**). La commune de Ghazaouet est située dans la région Nord-ouest de la wilaya de Tlemcen, à environ 72 kilomètres de la ville de Tlemcen, et se trouve à proximité de la frontière algéro-marocaine. Elle est implantée sur la rive sud-ouest de la mer Méditerranée, au nord du massif des Trara, à la mouchure de l'oued El Marsa, et présente une altitude moyenne de 33 mètres (**Bougtaya, 2013**). Le relief est caractérisé par des falaises abruptes et des replats, comme ceux d'Ouled Ziri, d'Arcoub et de Sidi Amar. La commune est délimitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la commune de Tient, au Sud-Est par Nédroma, à l'ouest par Souahlia et à l'est par Dar Ben Tata (**Bougtaya, 2013**).

1.2. Situation géologique

La situation géologique de Ghazaouet est caractérisée par une grande complexité résultant d'une combinaison de formations sédimentaires et volcaniques, ainsi que d'une activité tectonique significative. La région fait partie du domaine tellien, plus précisément de la zone des Traras, qui constitue une unité structurale importante du Tell oranais (**Mederbal et al, 2015**). Ainsi que de terrains volcaniques andésitiques et basaltiques datant de l'ère tertiaire (**Beldjoudi et al. 2003**). En effet, les caractéristiques morpho-structurales de la région conditionnent la nature des sols, leur stabilité, ainsi que la circulation et la cumulation des eaux souterraines. Les formations perméables telles que les calcaires et les grès favorisent les nappes aquifères locales, tandis que les argiles et les marnes, plus imperméables, peuvent entraîner des problèmes de ruissellement et d'érosion (**Bouzenoune et Derradji, 2012**).

1.3. Situation Pédologique

La région présente une complexité pédologique et hydrologique marquée par l'interaction entre le relief, la géologie locale et le climat méditerranéen semi-aride (**Aouissi, 2018**).

On distingue quatre unités morpho-pédologiques principales :

Versants montagneux (Est et Sud) : sols peu profonds et hétérogènes, avec présence de affleurements rocheux et de zones humifères stabilisées, souvent de teinte rouge.

Terrasses alluviales (lala Ghazouanah) : sols profonds, limono-argileux, peu caillouteux, adaptés à l'agriculture irriguée.

Plateaux : sols rouges argilo-sableux, non calcaires, de profondeur moyenne mais superficie limitée

Collines (Ouest et Sud-ouest) : alternance de sols calcaires caillouteux et sols rouges plus profonds

2. Contexte climatique

2.1. Températures

La température moyenne annuelle à Ghazaouet est comprise entre 17,8°C et 19,7°C selon les sources (**Planificateur A Contresens, 2025**). Le mois le plus chaud est août, avec une température moyenne de 25,7°C à 26,8°C, tandis que janvier est le mois le plus froid, avec une moyenne de 11,1°C à 13,6°C (**O.N.M de Ghazaouet, 2014 et Taib, 2020**). Les extrêmes enregistrés sont de 41°C (août 2012) et -1°C (décembre 2004) (**Taib, 2020**). L'amplitude annuelle des températures est d'environ 13,2°C.

2.2. Humidité

Comme dans la plupart des régions méditerranéennes, l'humidité est généralement plus élevée en hiver et plus basse en été, en lien avec la distribution saisonnière des précipitations et les températures (**Planificateur A Contresens, 2025**).

2.3. Pluviométrie

La pluviométrie annuelle moyenne varie de 387,8 mm à près de 400 mm selon les périodes et les sources (**O.N.M de Ghazaouet, 2014 et Taib, 2020**). Les précipitations sont très irrégulières au cours de l'année, avec un maximum en hiver et en automne, et un minimum en été. Les mois les plus arrosés sont généralement novembre, décembre et janvier (jusqu'à 69 mm/mois), alors que juillet et août sont les plus secs (1 à 3 mm/mois) (**Planificateur A Contresens, 2025**). La répartition saisonnière des précipitations suit un régime de type HAPE

(Hiver-Automne-Printemps-Été), avec l'hiver comme saison la plus pluvieuse, suivi de l'automne, puis du printemps et enfin de l'été (Taib, 2020).

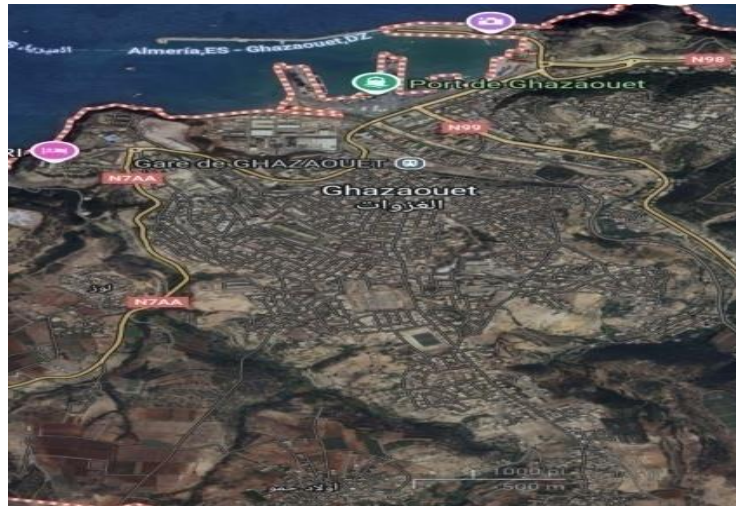


Figure 14:localisation de la zone d'étude Ghazaouet (Ouled Ziri)

II Partie expérimentale

1. Lieu de travail et l'objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est examiner et tester *in vitro* l'efficacité du jus et le poudre extraie d'*Austrocylindropuntia subulata* et d'*Echinopsis dehrenbergii* dans le contrôle de la cochenille « *Dactylopius opuntiae* » du figuier de barbarie. Ce dans le laboratoire de biochimie et botanique d'Université Tlemcen.

2. Matériel du l'étude d'extraction

2.1. Equipment de laboratoire : (Figure15)

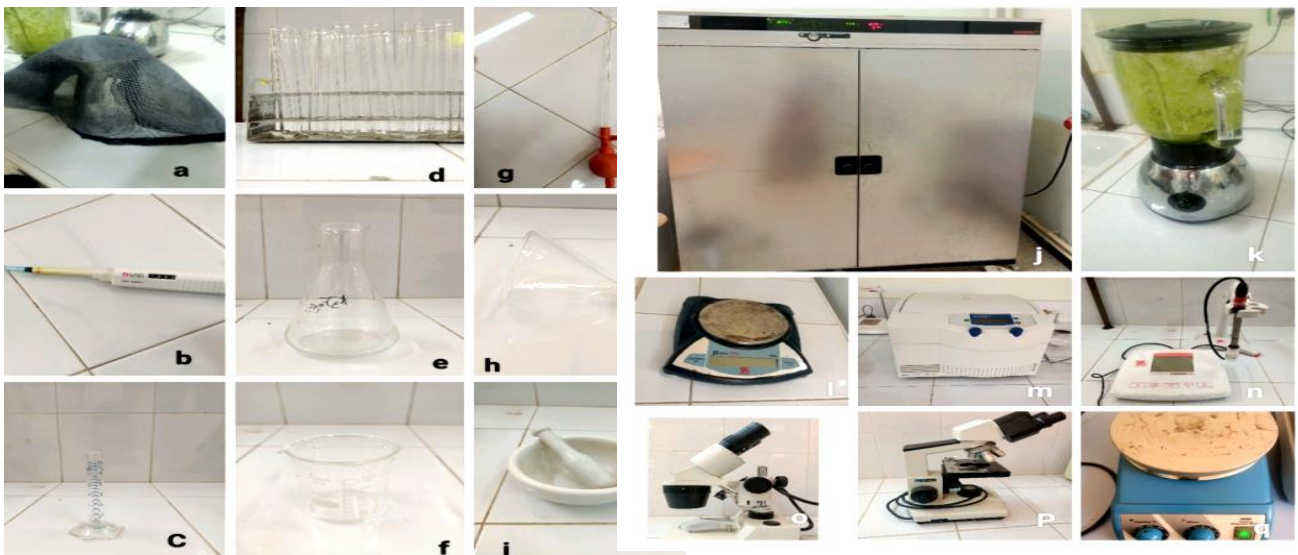


Figure 15 : Matériel d'étude (17/03/2025 originale)

- a. Tamis ou tissu filtrant (utilisé pour la filtration grossière)
- b. Micropipette (utilisée pour prélever de très petits volumes de liquide avec précision)
- c. Éprouvette graduée (pour mesurer des volumes de liquides)
- d. Tubes à essai (utilisés pour les réactions chimiques en petite quantité)
- e. Fiole (utilisée pour mélanger ou chauffer des liquides)
- f. Bécher (utilisé pour contenir, mélanger ou chauffer des liquides)

- g. Pipette graduée avec pro pipette (pour transférer des volumes précis de liquide)
- h. Entonnoir (utilisé pour verser des liquides sans en renverser, souvent utilisé avec du papier filtre)
- i. Mortier et pilon (pour broyer et mélanger des solides)
- j. Étuve (Utilisée pour le séchage, la stérilisation ou l'incubation à température contrôlée).
- k. Blender / Mixeur (Sert à broyer ou homogénéiser des échantillons (souvent des végétaux).
- l. Balance électronique (Pour peser précisément les substances).
- m. Centrifugeuse (Permet de séparer les composants d'un mélange par centrifugation).
- n. pH-mètre (Utilisé pour mesurer le pH d'une solution).
- o. Loupe binoculaire (Pour observer des objets en 3D à faible grossissement).
- p. Microscope optique (Pour observer des cellules et des structures microscopiques).
- q. Agitateur magnétique chauffant (Sert à mélanger des solutions tout en les chauffant).

2.2. Matériel végétales

2.2.1. Les raquettes infectées

Le matériel végétal utilisé est Les raquettes infectées par la cochenille farineuse du cactus (*Dactylopius opuntiae*) chez la plante *Opuntia ficus Indica*, des raquettes infestées ont été prélevées des raquettes infestées de la région de Ghazaoute durant le mois d'avril 2025 (figure 16).



Figure 16: Raquettes infectées d'*Opuntia ficus Indica* par la cochenille *Dactylopius opuntiae* de la région de Ghazaoute Ouled Ziri Tlemcen (05/04/2025 Originale).

2.2.2. L'échantillonnages

Utilisé Échantillons frais d'*Austrocylindropuntia subulata* (segments cylindriques) et d'*Echinopsis dehrenbergii* (corps globuleux ou légèrement cylindrique) pour l'extraction *du jus*, ont été prélevées de la région de Ghazaoute durant le mois d'avril 2025 (figure 17).

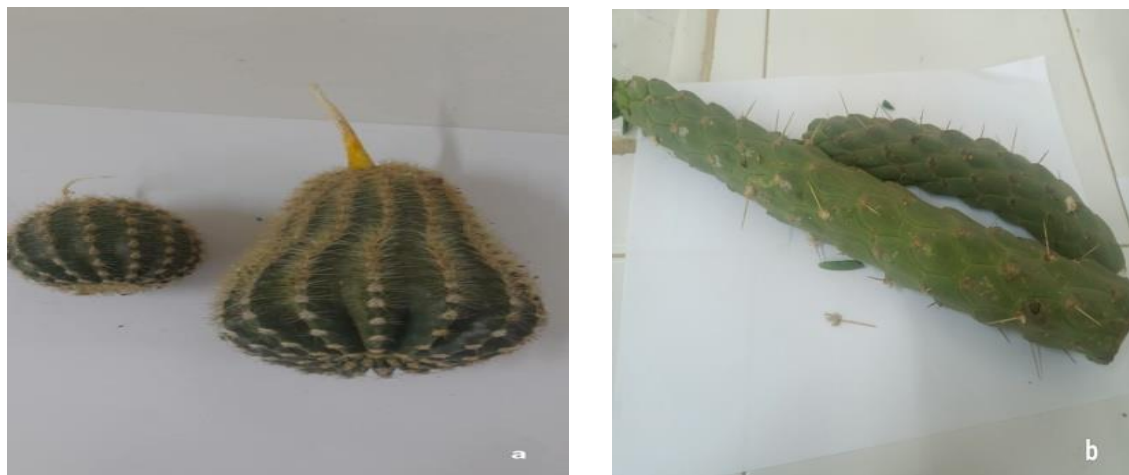


Figure 17: a : *Echinopsis dehrenbergii* ; b : *Austrocylindropuntia subulata*
Région de Ghazaoute Ouled Ziri Tlemcen (05/04/2025 originale)

3. Préparation et extraction et conservation du jus d'*Echinopsis dehrenbergii* et d'*Austrocylindropuntia subulata*

3.1. Préparation du jus

La préparation des échantillons de est une étape cruciale du processus de recherche (figure 18)

1. Nettoyage à l'eau distillée pour éliminer la poussière et les résidus.
2. Séchons bien les échantillons avec papier absorbant.
3. Découpe en petits morceaux (3-4cm) à l'aide d'un couteau stérilisé.
4. Dans le cadre de l'expérimentation en cours, il est impératif de procéder à la pesée précise des échantillons de 200 grammes par plante.

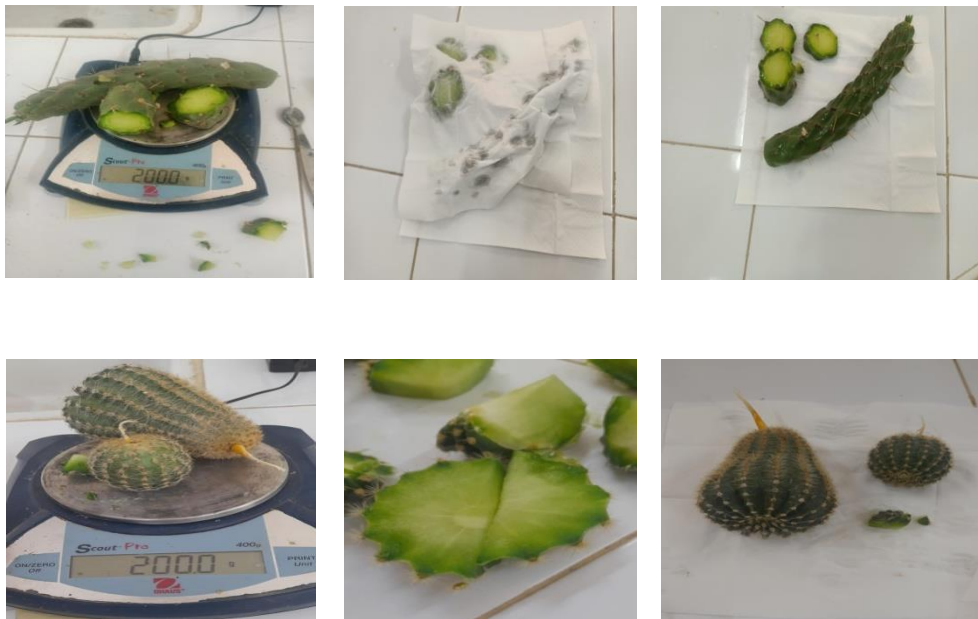


Figure 18: Les étapes de Préparation des échantillons (04/03/2025 original)

3.2. Méthode d'extraction mécanique

3.2.1. Utilisation d'un extracteur électrique

Blender ou Mixeur (Sert à broyer ou homogénéiser des échantillons pendant 5 minutes)

Les morceaux de cactus sont introduits dans l'extracteur

La pression mécanique permet de rompre les cellules et de libérer le liquide intracellulaire

3.2.2. Filtration

Le jus brut obtenu est filtré à travers un filtre à vide, Séparation du jus clair et des fibres solides (figure 19).



Figure 19:l'étape d'extraction du jus (04/03/2025originale)

3.3. Récupération et stockage

Le jus est recueilli dans des flacons stériles

Mesure du volume total de jus obtenu

Stockage à des conditions favorables (frigorifère) pour les analyses ultérieures (pH, tests phytochimiques)

3.4. Mesure du rendement de jus

Tableau 12:les Mesures du rendement de jus extrait

Plantes (200g)	L'extrait(g)	fibres solides(%)	L'extrait pur (g)	l'extrait du jus pur(%)
<i>Echinopsis dehrenbergii</i>	142.7	14.4g=7.2%	128.3	64.15
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	178.3	27.1g=13.55%	151.2	75.6

4. Les testes phytochimiques du jus d'*Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocylindropuntia subulata* :

4.1. L'étape de Centrifugeuse

La centrifugation permet de **séparer les phases solides et liquides** du jus brut extrait mécaniquement (**Vitesse** : 3000 tours par minute ; **Durée** : 10 minutes), afin d'obtenir un jus **clarifié**, plus homogène, et prêt pour les analyses biochimiques ou phytochimiques.

4.2. Les testes phytochimiques de l'extraie du jus :



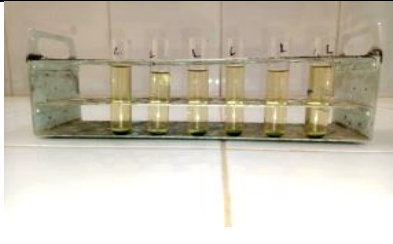
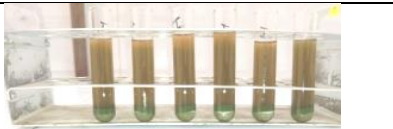
Figure 20:Les testes phytochimiques (05/03/2025 original)

Tableau 13:: les testes phytochimiques de l'extraie du jus

Composés recherchés	Test utilisé	<i>Echinopsis dehrenbergii</i>	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>
Alcaloïdes	Réactif de Mayer : 1 ml de l'extrait et 0.1 ml de HCl (1%) + réactif Mayer 1 ml (la couleur blanc) (figure 21 « b »)	+	+
	Réactif de Wagner : 1 ml de l'extrait et 0.1 ml de HCl (1%) + réactif Wagner 1 ml (la couleur brun) (figure 21 « a »)	+	+
Flavonoïdes	5 ml de chaque extrait avec quelques gouttes de HCl concentré (35%) + quantité de tournures de magnésium (la couleur jaune) (figure 21 « c »)	+	+
Tanins	1 ml de chaque extrait a été mélangé avec 0.25 ml d'une solution de FeCl ₃ (1%) (figure 21 « d »)	-	-

Légende ++ présent + Absente -

Tableau 14:Résultat visuel de La centrifugation

Espèce	Jus avant centrifugation	Jus après centrifugation	Photo
<i>Echinopsis dehrenbergii</i>	Vert clair, trouble	Vert pâle, limpide	
<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>	Vert foncé, visqueux	Vert plus clair, légèrement visqueux	

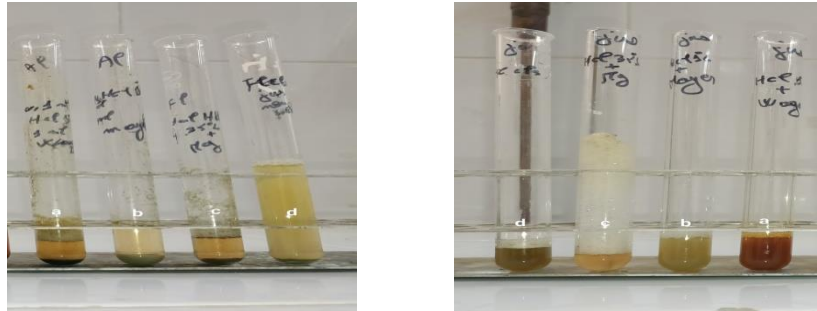


Figure 21: Les testes phytochimique d'*Echinopsis dehrenbergii* et d'*Austrocylindropuntia subulata* (06/03/2025 original)

4.3. Test de mesure du pH du jus de *Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocylindropuntia subulata*

4.3.1. Objectif de l'expérience

Mesurer la valeur du pH du jus extrait de deux espèces de cactus *d'Austrocylindropuntia subulata* et *d'Echinopsis dehrenbergii* afin d'évaluer leur acidité, à l'aide d'un pH-mètre pour obtenir une lecture précise Verser le jus filtré dans un bécher propre ; Plonger l'électrode du pH-mètre dans le jus ; Attendre la stabilisation de la lecture ; Noter la valeur affichée (figure 22)

Résultats

Echinopsis dehrenbergii : pH =5.25

Austrocylindropuntia subulata : pH = 5.19



Figure 22: résultats de pH (04/03/2025 original)

4.3.2. Séchage de l'extrait de jus d'*Echinopsis dehrenbergii* et d'*Austrocyllindropuntia subulata*

Pour transférer le jus des espèces *Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocyllindropuntia subulata* sous forme de poudre, il est nécessaire de suivre un procédé de transformation qui conserve les propriétés actives tout en retirant l'eau (séchage en étuve).

Versez le jus en couche mince dans des boîtes des pétrie. Nous Plaçons dans une étuve à air chaud ventilé, idéalement entre 45 °C pendant 48 heures (figure 23).

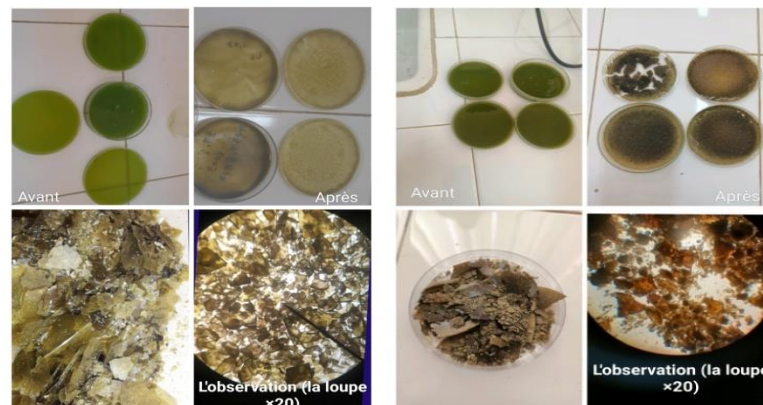


Figure 23: Avant et après le séchage de l'extrait de jus d'*Echinopsis dehrenbergii* et d'*Austrocyllindropuntia subulata* (11/03/2025 original)

4.3.3. Broyage du produit sec

Une fois le jus complètement séché (après passage en étuve ces résidus secs sont récupérés soigneusement). Ensuite broyés à l'aide d'un **mortier et pilon** jusqu'à obtention d'une poudre fine et homogène, Conservez dans un flacon à l'abri de la lumière et de l'humidité (figure 24).

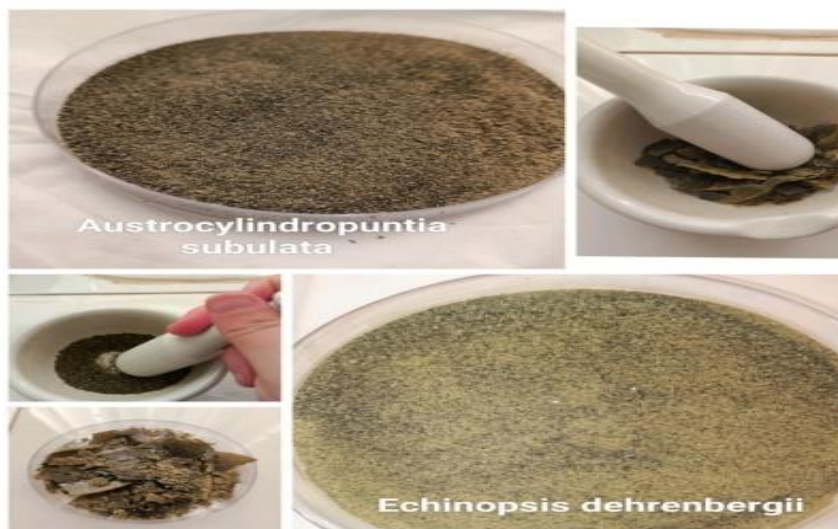


Figure 24: Broyage du jus après le séchage (16/03/2025 original)

Tableau 15 : comparaisant entre les Caractéristiques physico-chimiques de l'extrait pur obtenu par extraction mécanique d'*Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocyliandr opuntia subulata*

L'extrait pur	Solubilité	Couleur	Aspect
<i>Echinopsis dehrenbergii</i>	Il se dissout dans l'eau après 5 minute	Vert clair	crystallisée
<i>Austrocyliandropuntia subulata</i>	Il se dissout dans l'eau après 5 minute	Vert foncé	Poudre

4.3.4. Mesure du rendement de poudre

Tableau 16: Mesure du rendement de la poudre avant et après le séchage.

<i>Austrocyliandropuntia subulata</i> (g)	<i>Echinopsis dehrenbergii</i> (g)
Avant le séchage :	Avant le séchage :
I1 : 1.6 g	L1 : 0.6 g
I2 : 1.3 g	L2 : 0.5 g
I3 : 1.8 g	L3 : 0.4 g
I4 : 2.2 g	L4 : 0.4 g

Total: 6.9 g	Total : 1.9 g
Après le séchage total de poudre : 6.5 g	Après le séchage total de poudre : 1.4 g

5. Dosages utilisés dans l'étude

Préparation des solutions aqueuses à partir de la poudre et le jus (figure : 25)

Solution 1

1 g de poudre d'*Austrocylindropuntia subulata* dissous dans **5 ml** d'eau distillée

0.5 g de poudre d'*Echinopsis dehrenbergii* dissous dans **2.5 ml** d'eau distillée

Le mélange est agité à l'aide d'un **agitateur magnétique** pendant **10 minutes** afin d'assurer une bonne homogénéisation.

Solution 2

1 g de poudre d'*Austrocylindropuntia subulata* dissous dans **10 ml** d'eau distillée

0.5 g de poudre d'*Echinopsis dehrenbergii* dissous dans **5 ml** d'eau distillée

Agité également pendant **10 minutes** avec **agitateur magnétique** pour comparaison avec la première concentration.

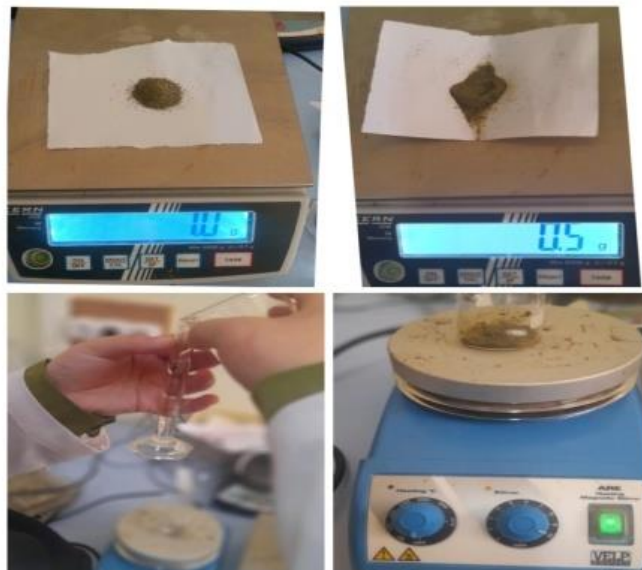


Figure 25 : dosage de produite
d'*Austrocylindropuntia subulata* d'*Echinopsis*
dehrenbergii(14/04/2025 original)

Solution 3:

20 ml de Jus pur

Solution 4:

20 ml de jus pur + méthanol

Tableau 17: dosage de produite d’*Austrocylindropuntia subulata* d’*Echinopsis dehrenbergii*

<i>Austrocylindropuntia subulata</i>			<i>Echinopsis dehrenbergii</i>		
Quantité de poudre ou de jus	Solvant utilisé		Quantité de poudre ou de jus	Solvant utilisé	
1 g poudre	5 ml Eau distillée	S1	0.5 g poudre	2.5 ml Eau distillée	S1
1 g poudre	10 ml Eau distillée	S2	0.5 g poudre	5 ml Eau distillée	S2
20 ml Jus extrait directement	Aucun	S3	20 ml Jus extrait directement	Aucun	S3
20 ml Jus	10 ml Méthanol	S4	20 ml Jus	10 ml Méthanol	S4

6. Application les solutions sur les plantes infectées

6.1. Préparation des échantillons (figure : 26)

- Des morceaux de raquettes de figuier de Barbarie infectés par la cochenille sont découpés
- Chaque échantillon est placé dans une boîte de pétrée propre, séparé selon le traitement.

6.1.1. Traitement

- À l’aide d’un pulvérisateur manuel, chaque extrait est appliqué directement sur la surface infestée.

- Chaque extrait est testé sur au moins **2 répétitions** (2 morceaux différents).

6.1.2. Durée du test

- Les plantes sont observées pendant **72 heures** après application :



Figure 26: Application des solutions sur les plantes infectées

Chapitre III : Résultats et discussion

I .Résultats et Discussion

L'étude menée dans le laboratoire de biochimie et de botanique de l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen nous permis d'extraire et d'analyser les jus de deux espèces de cactus :

Austrocyllindropuntia subulata et *Echinopsis dehrenbergii*, en vue de tester leur efficacité contre la cochenille farineuse *Dactylopius opuntiae*, un ravageur majeur du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus Indica*).

1. Les étapes de l'étude ont montré

Un rendement plus élevé en jus pour *Austrocyllindropuntia subulata* (75,6 %) que pour *Echinopsis dehrenbergii* (64,15 %).

Un pH légèrement acide dans les deux cas : 5,19 pour *A. subulata* et 5,25 pour *E.dehrenbergii*.

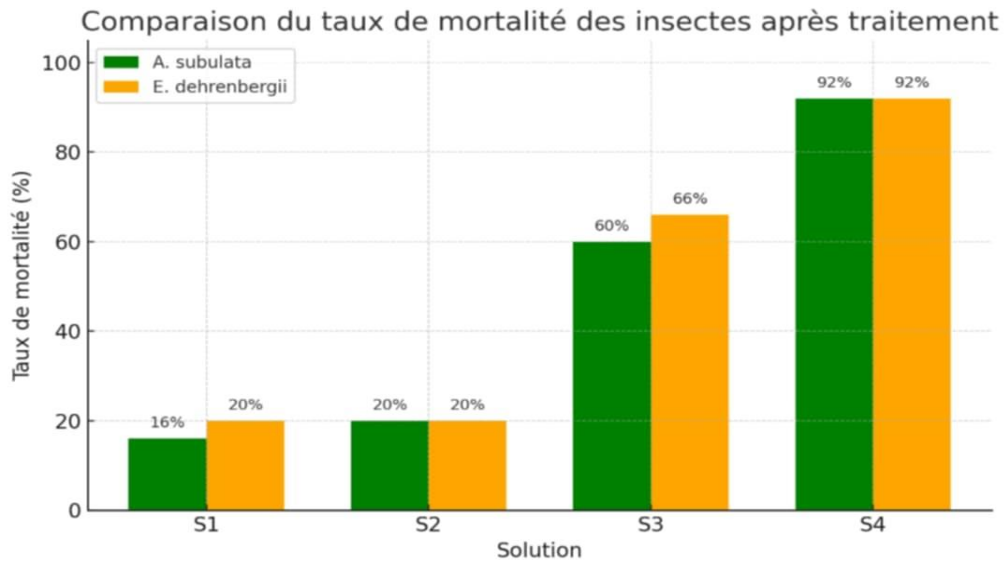
.Les tests phytochimiques ont révélé la présence d'alcaloïdes, flavonoïdes et absence de tanins dans les deux extraits.

Le rendement final en poudre après séchage montre que *A. subulata* (6,5 g) offre une quantité significativement plus importante que *E. dehrenbergii* (1,4 g).

Lors de l'application des extraits sur les raquettes infestées, une mortalité visible des cochenilles a été observée après 72 heures avec la loupe binoculaire et visuelle.

Tableau 18 :Résulta de traitement (nombre et pourcentage de mortalité d'insecte)

<i>A. subulata</i>				<i>E. dehrenbergii</i>			
Solution	Nombre d'insecte avant le traitement	Nombre de mortalité d'insecte après le traitement	Pourcentage %	Solution	Nombre d'insecte avant le traitement	Nombre de mortalité d'insecte après le traitement	Pourcentage %
S1	50	8	16%	S1	50	10	20%
S2	50	10	20%	S2	50	10	20%
S3	50	30	60%	S3	50	33	66%
S 4	50	46	92%	S 4	50	46	92%



Graphe 1: Comparaison du taux de mortalité de l'insecte après le traitement.

1.1. Analyse comparative des résultats de tableau

1.1.1. Observations

Solutions S1 et S2 (à base de poudre diluée)

Faible taux de mortalité (entre 16 % et 20 % pour les deux espèces).

Solution S3 (jus pur)

Amélioration nette avec 60 % de mortalité pour *A. subulata* et 66 % pour *E. dehrenbergii*.

Le jus pur est plus actif mais reste limité par sa viscosité (répartition inégale sur la plante).

Solution S4 (jus pur + méthanol)

Très haut taux de mortalité (92 % pour les deux extraits).

Le méthanol agit probablement comme agent solubilisant et fixateur, augmentant l'efficacité du traitement.

1.1.2. Conclusion comparative

Les deux espèces de cactus sont efficaces à forte concentration, mais *E.dehrenbergii* montre une meilleure performance dès S3.

L'ajout de méthanol dans S4 optimise considérablement; effet insecticide.

3. Travail de terrain et remarques personnelles

Dans le cadre du travail de recherche réalisé en laboratoire, plusieurs sorties de terrain ont été effectuées dans la région de Ghazaouet, plus précisément au niveau de la localité d'Ouled Ziri. Ces prospections avaient pour objectif d'observer directement, sur le terrain, les dégâts causés par la cochenille (*Dactylopius opuntiae*) sur les figuiers de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*). Cette démarche a permis d'évaluer l'ampleur des infestations et de mieux appréhender les conséquences de ce ravageur sur les cultures locales, en complément des analyses expérimentales réalisées en milieu contrôlé.

Lors de nos observations, nous avons constaté la présence de nombreux figuiers sévèrement infestés par ce ravageur. Cependant, ce qui a retenu particulièrement notre attention, c'est que **deux types de figuiers de Barbarie semblaient totalement résistants à l'infestation**, malgré leur proximité avec les autres plants infectés. Ces deux variétés ont montré une **absence totale de symptômes**, ce qui nous a poussées à les considérer comme d'éventuelles **sources de résistance naturelle** à préserver (figure).



Figure 27: l'espèce non infectée avril 2025 la rigoine de ghazaout ouled ziri(original)

À ce titre, nous souhaitons adresser une recommandation aux responsables agricoles et aux autorités locales : il serait pertinent d'encourager la multiplication de ces deux types résistants,

afin d'éviter la disparition progressive du figuier de Barbarie dans la région. Une autre solution envisageable serait de promouvoir la culture en serres plastiques, permettant un meilleur contrôle des conditions de culture et une protection renforcée contre les attaques de cochenilles.

Nous avons également participé à une sortie de terrain dans la localité d'El Madyek, dans la wilaya de Tlemcen, accompagnées de notre enseignant encadrant, Monsieur Kadour. Lors de cette visite, nous avons appliqué les extraits de jus des deux espèces de cactus étudiées (*Austrocyllindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*) sur des raquettes infestées de figuier de Barbarie (figure).



Figure 28:Sortie de terrain (appliqué les extraits de jus) (original)

Cependant, contrairement aux résultats obtenus en laboratoire, l'efficacité des extraits sur le terrain s'est révélée **moins satisfaisante**. La **texture visqueuse des jus** a entravé une bonne répartition du produit sur la surface des raquettes, ce qui a limité leur efficacité.

Nous proposons comme solution **l'extraction de la matière active** contenue dans le jus, combinée à **l'ajout d'un solvant ou fixateur**, permettant une meilleure diffusion et fixation du produit sur les parties infectées. Cette formulation pourrait considérablement améliorer **l'efficacité des traitements en conditions réelles**.

Enfin, dans le cadre de ces investigations, une visite a également été effectuée dans le village de Koddia, toujours situé dans la wilaya de Tlemcen. Plusieurs plants de figuier de Barbarie infestés par la cochenille (*Dactylopius opuntiae*) y ont été observés. Selon les témoignages recueillis auprès des habitants, des tentatives de traitement ont été menées à

l'aide d'huile brûlée, mais sans résultat apparent : aucune amélioration de l'état des plantes n'a été constatée.

Il est cependant important de noter que l'efficacité réelle de cette méthode artisanale ne peut être totalement écartée sans une évaluation scientifique approfondie. L'huile brûlée pourrait éventuellement avoir un certain effet sur l'insecte, mais cela reste à confirmer par des tests rigoureux.

Par ailleurs, il a été observé que les figuiers étaient arrosés quotidiennement, une pratique qui, selon nos constatations sur le terrain, pourrait favoriser le développement excessif de la cochenille. En effet, les spécimens rencontrés présentaient une taille anormalement grande. Il est possible que, sous certaines conditions environnementales, l'insecte atteigne une taille telle qu'il finit par éclater. Toutefois, ces observations demeurent empiriques et nécessitent d'être validées par des études plus approfondies (**Figure 29**).



Figure 29: Sortie de Koddia et l'observation d'insecte avec la loupe (G×20) (originale)

Au cours de notre travail expérimental, nous avons pu confirmer que les extraits d'*Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocylindropuntia subulata* présentent une certaine efficacité contre la cochenille (*Dactylopius opuntiae*), notamment en conditions de laboratoire. Les tests phytochimiques ont révélé la présence de composés actifs tels que les flavonoïdes et les alcaloïdes.

Nos résultats montrent que la solution S4 (jus pur + méthanol) a donné les meilleurs résultats, avec un taux de mortalité de 92 % pour les deux espèces, grâce à une meilleure dispersion et fixation du produit sur les raquettes infestées. À l'inverse, les solutions en poudre diluées (S1 et S2) ont montré une efficacité faible à modérée.

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que les extraits purs de cactus, notamment ceux de **Echinopsis dehrenbergii**, ont permis d'atteindre un **taux de mortalité maximal de 66 %** chez *Dactylopius opuntiae* après 72 heures d'exposition directe. Cette efficacité, bien que variable selon les espèces testées, témoigne du potentiel bioactif des composés présents dans ces plantes succulentes.

En comparaison, les résultats présentés dans la mémoire de **Seddiki Nassim (2023)** indiquent que la **diatomite**, appliquée en différentes concentrations, a permis d'obtenir des taux de mortalité similaires (entre **20 % et 60 %**) selon les conditions d'exposition et la densité du traitement. La diatomite agit principalement par effet mécanique, en provoquant une déshydratation progressive de l'insecte, tandis que les extraits de cactus agissent probablement par effet chimique direct.

Ainsi, bien que la diatomite soit reconnue pour son efficacité en lutte biologique, nos résultats suggèrent que **E. dehrenbergii**, avec une mortalité atteignant 66 %, représente une alternative prometteuse, notamment dans des contextes où l'accès aux produits minéraux est limité. Cette plante pourrait constituer une **source naturelle locale** intéressante pour le développement de formulations insecticides écologiques.

Cependant, lors de notre sortie de terrain à **El Madyek** avec notre encadrant, l'application des jus n'a pas donné les mêmes résultats qu'en laboratoire. La forte viscosité du jus empêchait une bonne répartition sur les plantes, ce qui a réduit son efficacité. Cela nous a amenées à réfléchir à des améliorations possibles, notamment l'extraction des principes actifs concentrés et l'ajout de fixateurs adaptés.

4. Discussion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude mettent en évidence une activité insecticide notable des extraits de sève de deux espèces de cactées, *Austrocylindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*, contre *Dactylopius opuntiae*. Les taux de mortalité enregistrés ont atteint respectivement **60 %** et **66 %** après 72 heures de traitement, témoignant d'un effet significatif bien que modéré. Ces résultats suggèrent que ces extraits pourraient constituer des alternatives naturelles intéressantes, en particulier dans le contexte d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

Dans le cadre de l'évaluation de solutions biologiques alternatives aux pesticides chimiques, les résultats obtenus dans notre étude ont été comparés à ceux Ayad-Zeddami (2024), qui a testé l'huile essentielle de *Schinus molle* contre *Dactylopius opuntiae*. Cette dernière a démontré une efficacité insecticide remarquable, atteignant 100% de mortalité en moins de 48 heures via l'application par contact. En comparaison, notre utilisation du jus d'*Austrocylindropuntia subulata* a permis d'atteindre un taux maximal de 60%. Bien que l'huile essentielle présente une efficacité supérieure, les jus végétaux constituent une alternative locale, économique et plus simple à appliquer. Ces résultats soulignent l'importance de développer des biopesticides à base de ressources végétales disponibles localement.

En comparaison, l'étude menée par **Amghar Manel Kawther** (2023–2024) sur l'huile essentielle de *Thymus ciliatus* a révélé une efficacité nettement supérieure, atteignant un taux de mortalité de **100 %** en seulement 24 à 48 heures après un traitement par contact. Les doses létales (DL50 et DL90) ont été précisément établies, confirmant la forte toxicité de cette huile contre le ravageur ciblé. Cette différence d'efficacité s'explique probablement par la richesse chimique et la concentration élevée en composés actifs dans les huiles essentielles par rapport aux simples extraits aqueux.

Bien que les extraits de cactées ne soient pas aussi puissants que les huiles essentielles, leur usage pourrait être valorisé dans des programmes de lutte intégrée, notamment dans les régions où ces plantes sont abondantes et facilement disponibles. Leur faible impact environnemental et leur accessibilité en font des solutions complémentaires prometteuses.

Conclusion et perspectives

Conclusion

À l'issue de cette étude, nous avons démontré que les extraits végétaux de deux espèces de cactées, *Austrocylindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*, présentent une activité insecticide notable contre la cochenille *Dactylopius opuntiae*, un ravageur majeur du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*). L'efficacité biologique observée, avec des taux de mortalité atteignant respectivement 60 % et 66 %, témoigne du potentiel de ces espèces en tant qu'alternatives naturelles aux pesticides chimiques. Cette action insecticide est vraisemblablement due à la présence de composés bioactifs, notamment les flavonoïdes, connus pour leurs propriétés toxiques vis-à-vis de nombreux insectes.

Ainsi, notre recherche s'inscrit pleinement dans une démarche de protection des cultures respectueuse de l'environnement, en valorisant les ressources végétales locales et en limitant l'usage de produits de synthèse nocifs pour la biodiversité et la santé humaine.

Nous recommandons donc, pour des applications pratiques de :

- privilégier **l'extraction de la matière active** plutôt que l'utilisation brute du jus,
- développer une **formulation stabilisée** avec un solvant ou un agent fixateur adapté,
- éviter l'excès d'humidité ou d'arrosage sur les plantations infestées.

Enfin, nous appelons les institutions agricoles à soutenir la propagation des variétés de figuier de Barbarie résistantes, que nous avons identifiées lors de notre enquête de terrain à Ouled Ziri. Il s'agit d'une piste prometteuse pour préserver cette plante essentielle tout en réduisant l'usage de pesticides chimiques.

Perspectives

Dans une optique de développement durable et de valorisation des ressources endogènes, il serait pertinent de :

- **Encourager la culture à plus grande échelle** d'*A. subulata* et *E. dehrenbergii* dans les zones arides et semi-arides, non seulement pour leur valeur écologiques et ornementales, mais aussi pour leur potentiel entomotoxique.

- **Poursuivre les recherches phytochimiques approfondies** afin d'isoler, caractériser et tester les composés actifs responsables de l'effet insecticide, notamment les flavonoïdes, en vue de développer un biopesticide formulé et stable.
- **Mettre en place des essais en conditions réelles de terrain** sur des vergers infestés, afin d'évaluer l'efficacité, la persistance et les éventuels effets secondaires des extraits dans un système de lutte intégrée.
- **Étudier l'impact sur les insectes utiles (auxiliaires)** pour s'assurer que ces extraits soient sélectifs et compatibles avec la préservation de la faune bénéfique.
- Enfin, **impliquer les agriculteurs locaux** dans des programmes pilotes de production, d'extraction et d'utilisation de ces extraits naturels, afin de promouvoir des pratiques agricoles plus autonomes et écologiques.

Références Bibliographiques

- Albuquerque, T. G., Pereira, P., Silva, M. A., Vicente, F., Ramalho, R. & Costa, H. S. 2020. *Prickly pear*. In: Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, vol. 2, pp. 709–728.
- Amghar, M. K. (2024). *Étude de l'effet de l'huile essentielle de Thymus ciliatus dans la lutte contre Dactylopius opuntiae, le principal ravageur d'Opuntia ficus-indica L.* [Mémoire de Master en Écologie Animale, Université de Tlemcen].
- Anderson, E. F. (2001). *The Cactus Family*. Portland, Oregon: Timber Press.
- Angulo-Bejarano, P. I., Martínez-Cruz, O. & Paredes-López, O. 2014. *Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (Opuntia ficus-indica)*. *Curr Nutr Food Sci*, 10(3), 196–217.
- Aouissi, A. (2018). *Étude de la dynamique érosive dans les zones semi-arides du Nord-Ouest algérien* (Mémoire de Master). Université de Tlemcen.
- Ayad-Zeddou, S. (2024). *Évaluation de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de Schinus molle contre Dactylopius opuntiae* [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, Département d'Écologie Végétale et Environnement].
- Barthlott, W., & Hunt, D. R. (1993). Cactaceae. In: Kubitzki, K. (Ed.), *The Families and Genera of Vascular Plants*, Vol. 2. Springer-Verlag, Berlin.
- Beldjoudi, A., Bendjoudi, B., & Khelifi, R. (2003). Étude lithostratigraphique et volcanologique des terrains andésitiques et basaltiques tertiaires de la région de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen, Algérie nord-occidentale). *Revue Algérienne de Géosciences*, 8(1), 15–29.
- Belgacem, A. (2012). Cité dans : “À l'origine, la zone a été étendue par le Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe, la Direction des Services Agricoles et la Conservation des Forêts pour contrôler la progression du désert.”
- Ben Salem, H. & Abidi, S. 2009. *Recent advances on the potential use of Opuntia spp. in livestock feeding*. In: Campos, F. A. P., Dubeux Jr., J. C. B. & Melo Silva, S. de (éd.), *Acta Horticulturae* 811: Cactus (Opuntia spp.) as forage – Vol. II, pp. 317–326.
- Benabdeli, K., & Remini, B. (2016). Gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin occidental algérien. *Revue des Sciences de l'Eau*, 29(3), 237–249.

- Benattia, F.K. 2017. *Analyse et application des extraits de pépins de figues de Barbarie (Opuntia ficus-indica)* [Thèse de doctorat, Chimie bio-organique et thérapeutique]. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie. 154 p.
- Bercu, R. (2005). *Morpho-anatomical aspects of Opuntia humifusa (Cactaceae) stem*. **Analele Științifice ale Universității "Al. I. Cuza" Iași, Secțiunea II a. Biologie vegetală**, 51, 67–71.
- **Boudjellaba, S., & Yassa, A. (2012).** *Activité antioxydante des graines de quelques variétés de figue de barbarie (Opuntia ficus-indica L.) de la région de Béjaïa* (Mémoire d'ingénieur d'État). Université Abderrahmane Mira, Béjaïa.
- Bougtaya, K. (2013). *L'étude du milieu* (Mémoire de Master). Université de Tlemcen. Consulté sur le portail DSpace de l'Université de Tlemcen.
- Bouharroud, R., Amarraque, A., Boujghagh, M., El Bouhssini, M., & Hilali, L. (2018). The invasive mealybug *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) threatens cactus production in Morocco: Current status and prospects for control. *EPPO Bulletin*, 48(1), 110–117.
- Bouharroud, R., Boujghagh, M., Hilali, L., El Bouhssini, M., & Amarraque, A. (2018). Biological control of wild cochineal *Dactylopius opuntiae* in Morocco. *EPPO Bulletin*, 48(2), 356–362.
- Boutakiout, A. 2015. *Étude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (Opuntia ficus-indica et Opuntia megacantha)* [Thèse de doctorat]. Université d'Angers & Université Sultan Moulay Slimane, Angers & Beni Mellal, Maroc / France. xx p.
- Bouzenoune, A., & Derradji, M. (2012). Impact des formations argilo-marnes sur la dynamique de ruissellement et l'érosion dans la région semi-aride du Tell oranais. *Journal de Géologie*, 14(3), 101–118.
- Butera, D. et al. (2002). "Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts." *Food Chemistry*, 82(4), 477–481.
- CABI. (2019). *Opuntia ficus-indica* (prickly pear cactus) – Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. Retrieved from <https://www.cabi.org/isc>
- Cáceres, G., & Roque, N. (2017). *Cactaceae en el Perú: diversidad y distribución*. **Revista Peruana de Biología**, 24(3), 251–264.

- Celesti-Grapow, L., Alessandrini, A., Arrigoni, P. V., Banfi, E., Bernardo, L., Bovio, M., ...& Viegi, L. (2016). *Plant invasions in Italy: An overview*. **Plant Biosystems**, 150(5), 1115–1130. <https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1223611>
- Chinnock, R. J. (2015). *Cactaceae of Australia and its Territories*. In: Flora of Australia, Vol. 1. Canberra: Australian Biological Resources Study (ABRS), Department of the Environment.
- Cockerell, T.D.A. (1929). Descriptions and records of Coccidae. *Annals and Magazine of Natural History*, 10(3), 209–213.
- Council of Heads of Australasian Herbaria. (2019). *Australian Plant Name Index (APNI)*. Retrieved from <https://biodiversity.org.au/nsl/services/APNI>
- Council of Heads of Australasian Herbaria. (2019). *Australian Plant Census (APC)*. Canberra: Australian Government, Department of the Environment and Energy. Retrieved from <https://www.anbg.gov.au/apc>
- Cruz-Rodríguez, J. A., Vanegas-Rico, J. M., & Rodríguez-Sánchez, R. A. (2016). Natural enemies associated with *Dactylopius opuntiae*. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1027–1036.
- Diguët, L. (1928). Cité dans : Reggane Lydia. “L’introduction du figuier de barbarie en Afrique du nord (Maroc, Tunisie, Algérie) a été favorisée par l’expansion espagnole durant le 16ème et 17ème siècle et aussi par le retour des Maures vers leur terre natale quand ils ont finalement été expulsés d’Espagne en 1610.” UMMTO
- **Dubeux, J. C. B. (2006)**. *Opuntia forage production systems: A comprehensive review*. *Journal of Professional Animal Scientists*.
- El Aalaoui, M., Radouane, N., El Bouhssini, M., & Sbaghi, M. (2020). First record and characterization of the damage caused by *Dactylopius opuntiae* in cactus plantations in Morocco. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 781–790.
- El Mokni, R., Domina, G., & Brundu, G. (2020). *Updated checklist of alien vascular plants in Tunisia with new records and habitat data*. **BioInvasions Records**, 9(3), 490–506. <https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.3.06>
- **El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., ... & Charrouf, Z. (2014)**. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition and health: A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 1093–1109. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.005>

- Esparza-Gómez, G., García-Martínez, O., & López-Arroyo, J. I. (2008). Predators of cochineal insects in Mexican cactus crops. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(3), 79–94.
- Felker, P., Bunch, R., & Leung, A. M. (2010). *Considerations for the utilization of Opuntia as forage for livestock*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Feugang, J. M. et al. (2011). "Nutritional and medicinal use of cactus pear (Opuntia spp.)." *Food and Nutrition Sciences*, 2(6), 535–544.
- Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C. & Zou, C. 2006. *Nutritional and medicinal use of cactus pear (Opuntia spp.) cladodes and fruits*. *Frontiers in Bioscience*, 11(2), 2574–2589.
- Flores, S., Rodríguez, R., & García, M. (2013). Contribution of native predators in the biological control of the wild cochineal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 301–314.
- Flores, V., C.A. y J. Olvera. 1995. La producción de nopal verdura en México. Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Galati, E. M., Mondello, M. R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., & Taviano, M. F. (2003). Biological effects of Opuntia ficus-indica (L.) Mill. (Cactaceae) pad juice with particular reference to its antioxidant and wound healing properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(2–3), 239–246. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00227-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00227-0)
- Ghomari, I., & Bouchiti, F. (2021). *Abondance et répartition des débris plastiques au niveau des plages de Sidna Youchaa et Ouled Ben Ayed (Ghazaouet, wilaya de Tlemcen)* (Mémoire de Master). Université de Tlemcen.
- Griffith, M. P. (2004). The origins and genetic diversity of domesticated cactus pear. *Acta Horticulturae*, 728, 29–33
- **Guzmán, U., Arias, S., & Dávila, P. (2006).** *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*. México : Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Halmi, S. 2015. *Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d'Opuntia ficus-indica* [Thèse de doctorat]. Université Frères Mentouri – Constantine 1, Constantine, Algérie. xx p.

- <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i3.13668>
- Huffpost Algérie (2015). Cité dans : “L’introduction du cactus en Algérie a été similaire à celle du Maroc et de la Tunisie.”
- Hunt, D., Taylor, N. & Charles, G. (2006). *The New Cactus Lexicon*. Milborne Port: DH Books.
- Inglese, P. (2018). *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 231. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Sáenz, C., Taguchi, M., Makkar, H., Louhaichi, M., Duffy, R., Gutierrez Mendez, D., & Moretti, D. (2017). *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel). (2023). *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fiche espèce. Muséum national d’Histoire naturelle, Paris. Consulté sur : <https://inpn.mnhn.fr>
- Jeanmonod, D., & Burdet, H. M. (1998). *Flore de la Suisse et de la Méditerranée occidentale*. Genève: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- Journal Agricola. (s.d.). *Titre de l’article ou du dossier, s’il est connu*. Journal Agricola, Édition non datée
- Kaur, M., Kaur, A. & Sharma, R. 2012. *Pharmacological actions of *Opuntia ficus-indica*: A review*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(7), 15–18.
- Khellaf, A. (2020). Modélisation pluie-débit dans les bassins semi-arides algériens : Application au bassin de l’Oued Tlata. *Revue Afrique Science*, 16(4), 1–12.
- Laouedj, F. (2020). *Contribution à l’étude de la cochenille du figuier de Barbarie (Dactylopius opuntiae Cockerell) dans la région de Biskra*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider - Biskra, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Le Houérou, H. N. (1996). *Utilisation des fourrages ligneux en zone aride et semi-aride*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. Vol. 1 (10th ed.). Holmiae (Stockholm): Laurentii Salvii.

- Marín, L. E., & Cisneros, A. M. (1977). *Estudios sobre la biología y morfología de la cochinita silvestre Dactylopius opuntiae (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae)*. **Agricultura Técnica en México**, 3(3), 143–150.
- Martínez, J. A., Ramírez, L., & Guzmán, U. (2015). "Phytochemical analysis and adaptive mechanisms in Cactaceae species." *Journal of Arid Environments*, 120, 30–36.
- Martínez, J. A., Ramírez, L., & Guzmán, U. (2015). Phytochemical analysis and adaptive mechanisms in Cactaceae species. *Journal of Arid Environments*, 120, 30–36.
- Mazzeo, G., Nucifora, S., Russo, A., & Suma, P. (2019). *Biological control of cactus cochineal Dactylopius opuntiae in the Mediterranean: a review*. *Phytoparasitica*, 47, 1–10.
- Mazzeo, G., Nucifora, S., Russo, A., & Suma, P. (2019). Integrated management strategies against *Dactylopius opuntiae* in cactus pear. *Journal of Applied Entomology*, 143(5), 478–490.
- Mazzeo, G., Nucifora, S., Russo, A., & Suma, P. (2021). *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) and its impact on *Opuntia ficus-indica* in the Mediterranean Basin. *Bulletin of Insectology*, 74(2), 247–256.
- McFadyen, R. E., & Tomley, A. J. (2016). *Biology and host specificity of Dactylopius opuntiae (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), a cochineal scale insect for biological control of invasive Opuntia stricta in Australia*. **Biological Control**, 97, 10–18.
- Mederbal, L., Zekri, M., & Berrabah, F. (2015). Les formations géologiques et la tectonique de la zone des Traras dans le Tell oranais (Nord-Ouest algérien). *Bulletin de la Société Géologique d'Algérie*, 24(2), 45–60.
- Mena Covarrubias, J. (2013). *Plagas y enfermedades del nopal*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Mesa Coello, R., Rodríguez Navarro, M. L., & González González, R. (2017). *Las especies exóticas invasoras en Canarias: situación actual y perspectivas de gestión*. **Revista de la Academia Canaria de Ciencias**, 29, 61–84.
- Ministère des Ressources en Eau. (2021). *Plan national de gestion intégrée des ressources en eau (PNGIRE) – Algérie 2020–2030*. Alger : MRE.

- Moran, V. C., & Zimmermann, H. G. (1991). *Biological control of cactus weeds: implications of hybridization between biotypes of Dactylopius opuntiae (Homoptera: Dactylopiidae)*. **Bulletin of Entomological Research**, 81(4), 485–491. <https://doi.org/10.1017/S0007485300034136>
 - Neffar, S. 2012. *Étude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (Opuntia ficus indica L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est : Cas de Souk-Ahras et Tébessa* [Thèse de doctorat]. Université d'Annaba, Annaba, Algérie. 120 p.
 - Nefzaoui, A. & Ben Salem, H. 2001. *Opuntia – A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region*. In: Mondragon-Jacobo, C. & Pérez-González, S. (éd.), Cactus (Opuntia spp.) as forage, FAO Plant Production and Protection Paper 169, FAO, Rome, pp. 7–29.
- Nefzaoui, A., Sáenz, C. et al. (2014). “Ecologie, culture et utilisations du figuier de barbarie.” FAO
- Nobel, P. S. (2002). Cacti: Biology and Uses. University of California Press.
 - O.N.M de Ghazaouet. (2014). *Données climatiques de la station de Ghazaouet*. Cité dans : Contribution à l'étude d'un inventaire exhaustif de la flore de la région de Nedroma (Mémoire de Master). Université de Tlemcen.
 - Osuna-Martínez, L. U., Reyes-Esparza, J. & Rodríguez-Fragoso, L. 2014. *Cactus (Opuntia ficus-indica): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases*. Natural Products Chemistry & Research, 2(6), 153–160.
 - Otero, P., et al. 2004. *Antioxidant compounds from four Opuntia cactus pear fruit varieties*. Food Chemistry, 85(4), 527–533.
 - **Özcan, M. M., & Al Juhaimi, F. (2012)**. Nutrient composition of prickly cactus (*Opuntia ficus-indica*) seed and antioxidant activity of its oil. *Journal of Food Biochemistry*, 36(4), 539–547. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2011.00573.x>
 - Ozerova, N. A., & Timonin, A. K. (2020). *Alien species of the genus Opuntia Mill. (Cactaceae) in the flora of Russia*. **Turczaninowia**, 23(1), 98–106. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.23.1.10>

- Pérez Guerra, G. (1991). *Biología y comportamiento de Dactylopius opuntiae (Cockerell) en condiciones de laboratorio. Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 36(3), 55–60.
- Pettey, F. W. (1948). The biological control of prickly-pear in South Africa. *Science Bulletin* No. 271, Union of South Africa Department of Agriculture and Forestry.
- Pimienta-Barrios, E. (1994). Prickly Pear (*Opuntia* spp.): A valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico. *Journal of Arid Environments*, 29, 1–10.
- Pimienta-Barrios, E. 1990. *El nopal tunero*. Serie Libros Tiempos de Ciencia. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 246 p.
- Planificateur A Contresens. (2025). *Météo et climat : Ghazaouet (Algérie)*.
<https://www.planet-voyage.com/climat-ghazaouet>
- **Ramadan, M. F., & Mörsel, J.-T. (2003).**Oil composition of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) seed oil. *Food Chemistry*, 82(3), 339–345.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00550-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00550-5)
- Rätsch, C. (2005). *Encyclopedia of Psychoactive Plants: Ethnopharmacology and Its Applications*. Park Street Press.
- Sáenz, C. (2000). "Cladodes: a source of functional ingredients." *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 5, 117–123.
- **Sáenz, C. (2000).** Cladodes: A source of dietary fiber. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3, 117–123.
<http://www.jpacd.org/jpacd/article/view/158>
- Sáenz, C. 2000. *Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes*. *Journal of Arid Environments*, 46, 209–225.
- Sanz-Elorza, M., Dana, E. D., & Sobrino, E. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente.
- Seddiki, N. (2023). *Étude de la bioécologie d'Opuntia ficus indica L. dans la région de Tlemcen et l'effet de la diatomite dans la lutte contre Dactylopius opuntiae, son principal ravageur* [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen].
- Selon **Anderson (2001)**, la famille des Cactaceae comprend une grande diversité d'espèces, dont les genres *Opuntia* et *Cylindropuntia*, largement répandus dans les zones arides et semi-arides des Amériques.

- Sforza, R., & Wilson, F. (2003). *Dactylopius opuntiae* as a potential agent for biological control of invasive *Opuntia* species. *Biocontrol Science and Technology*, 13(3), 315–327.
- **Snyman, H. A. (2005).** A case study on in situ rooting profiles and water-use efficiency of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 7, 1–21. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v7i.284>
- Soria, S., Pérez-Guerra, G., & Gómez, S. (1999). Control biológico de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. por *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). *Agrociencia*, 33(1), 61–67.
- Souad Salmaoui et al. (2016). “Le figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica* L.): Origine et répartition géographique.” Toubkal
- Stintzing, F. C. & Carle, R. 2005. *Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses*. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(2), 175–194.
- **Stintzing, F. C., & Carle, R. (2005).** Cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): A review of its functional components, antioxidant properties and potential health effects. *Phytochemical Reviews*, 4(2–3), 141–158. <https://doi.org/10.1007/s11101-005-1244-9>
- Suma, P., Mazzeo, G., & Russo, A. (2015). *The cochineal insects of Opuntia: recent advances and prospects*. *IOBC-WPRS Bulletin*, 108, 183–188.
- Taib, K. (2020). *Étude diachronique des changements globaux dans la wilaya de Tlemcen : cas d'Ouled Mimoun* [Thèse de doctorat, Université de Tlemcen].
- Tébani, H., Chabi, A., & Bendahmane, B. (2023). Premiers signalements de la cochenille *Dactylopius opuntiae* en Algérie et cartographie des zones touchées. *Revue Algérienne de Protection des Végétaux*, 10(1), 45–56.
- Tesoriere, L., Butera, D., Allegra, M., Fazzari, M., & Livrea, M. A. (2005). Distribution of betalains, polyphenols and ascorbic acid in differently colored prickly pear fruits (*Opuntia ficus-indica* L.) and changes during fruit ripening. *Food Chemistry*, 98(2), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.077>
- The Plant List. (2013). *The Plant List: A working list of all plant species*. Version 1.1. Royal Botanic Gardens, Kew & Missouri Botanical Garden. Retrieved from <http://www.theplantlist.org>

- Torres, J. B., & Giorgi, J. A. (2018). Natural enemies and biocontrol of cochineal in Latin America. In: *Biological Control of Pest Insects* (pp. 45–65).
- Vanegas-Rico, J. M. (2009). Historia y usos de la grana cochinilla en México. *Revista de Historia Natural*, 10(1), 45–59.
- Vanegas-Rico, J. M., Cruz-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Sánchez, R. A. (2016). Evaluation of predator efficiency against *Dactylopius opuntiae*. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(2), 203–209.
- Vargas, R. R., & Flores, A. (1986). *Biología, morfología y ecología de la cochinilla silvestre Dactylopius opuntiae (Cockerell)*. **Cactáceas y Suculentas Mexicanas**, 31(2), 29–36.
- Volchansky, C.R., Hoffmann, J.H., & Zimmermann, H.G. (1999). Host-plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae): enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. (Cactaceae) in South Africa. *African Entomology*, 7(1), 43–51.
- Zimmermann, H. G., Moran, V. C., & Hoffmann, J. H. (2004). *Biological control in the management of invasive alien plants in South Africa, and the role of the Working for Water Programme*. *South African Journal of Science*, 100(1–2), 34–40.

Résumé :

Notre travail expérimental visant à évaluer l'efficacité de deux espèces de cactus, *Austrocylindropuntia subulata* et *Echinopsis dehrenbergii*, dans la lutte contre la cochenille du cactus (*Dactylopius opuntiae*), considérée comme l'un des principaux ravageurs menaçant la culture du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) en Algérie.

Cet insecte est à l'origine de pertes agricoles importantes et constitue une menace sérieuse pour la durabilité de cette culture. En raison de l'efficacité limitée des pesticides chimiques, ainsi que de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine, notre objectif était de tester des extraits végétaux naturels comme alternative écologique et durable.

Nous avons observé, à travers nos investigations, que les deux espèces de cactus étudiées, *Echinopsis dehrenbergii* et *Austrocylindropuntia subulata*, ne sont pas affectées par l'infestation de *Dactylopius opuntiae*. À partir de cette observation, des extraits frais ont été préparés à partir de ces plantes et appliqués sur des raquettes de figuier de Barbarie infestées afin d'évaluer leur efficacité biologique.

Les résultats ont révélé que l'extrait d'*Echinopsis dehrenbergii* a montré une activité insecticide significative, avec un taux de mortalité atteignant un pourcentage de 66 % chez les larves et les femelles adultes. En comparaison, l'extrait d'*Austrocylindropuntia subulata* a présenté une efficacité relativement moindre, avec un taux de mortalité estimé à un pourcentage de 60 %.

Ces résultats suggèrent que certaines espèces de cactus, en plus de leurs usages traditionnels, peuvent constituer une source prometteuse de composés bioactifs pouvant être intégrés dans des programmes de lutte biologique intégrée. À travers ce travail, nous espérons ouvrir de nouvelles perspectives vers des stratégies de protection des plantes plus respectueuses de l'environnement, applicables par les agriculteurs locaux et valorisant les ressources naturelles disponibles dans notre région.

Mots-clés : *Opuntia ficus-indica*, *Dactylopius opuntiae*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Echinopsis dehrenbergii*, cochenille du cactus, lutte biologique, extraits végétaux, insecticide naturel, protection des plantes.

Abstract :

We conducted an experimental study aimed at evaluating the effectiveness of two cactus species, *Austrocylindropuntia subulata* and *Echinopsis dehrenbergii*, in controlling the cochineal insect *Dactylopius opuntiae*, which is considered one of the main pests threatening prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivation in Algeria.

This insect is responsible for significant agricultural losses and poses a serious threat to the sustainability of prickly pear farming. Given the limited efficacy of chemical pesticides and their harmful effects on the environment and human health, our objective was to test natural plant extracts as a sustainable and eco-friendly alternative.

Through field observations, we noted that the two studied cactus species, *Echinopsis dehrenbergii* and *Austrocylindropuntia subulata*, are not susceptible to infestation by *Dactylopius opuntiae*. Based on this observation, fresh extracts were obtained from these plants and applied to infested cladodes (*raquettes*) to evaluate their bio-insecticidal activity.

The results showed that *Echinopsis dehrenbergii* extract exhibited significant insecticidal activity, with a mortality rate reaching a percentage of 66% among larvae and adult females. In contrast, *Austrocylindropuntia subulata* extract demonstrated a slightly lower efficacy, with a mortality rate of a percentage of 60%.

These findings suggest that certain cactus species, beyond their traditional uses, could serve as promising sources of biologically active compounds for use in integrated pest management programs. Through this work, we aim to open new perspectives for environmentally friendly plant protection strategies that are practical for local farmers and make use of the natural resources available in our region.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*, *Dactylopius opuntiae*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Echinopsis dehrenbergii*, cactus mealybug, biological control, plant extracts, natural insecticide, plant protection, bioactive compounds.

المخلص

:لقد أجرينا دراسة تجريبية تهدف إلى تقييم فعالية نوعين من نباتات الصبار، *Austrocylindropuntia subulata* و *Echinopsis dehrenbergii*، في مكافحة حشرة القرمزية *Dactylopius opuntiae*، التي تُعتبر من الآفات الرئيسية التي تهدد زراعة التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica*) في الجزائر. تُعد هذه الحشرة سبباً في خسائر زراعية كبيرة وتهدد بشكل خطير استدامة زراعة التين الشوكي. ونظراً لمحدودية فعالية المبيدات الكيميائية وتأثيراتها السلبية على البيئة والصحة، فقد كان هدفنا هو اختبار مستخلصات نباتية طبيعية كبديل بيئي مستدام.

لاحظنا من خلال المعاينة أن النوعين المدروسين من الصباريات، *Austrocylindropuntia subulata* و *Echinopsis dehrenbergii*، لا يتعرضان للإصابة بالحشرة القرمزية (*Dactylopius opuntiae*) وانطلاقاً من هذه الملاحظة، تم استخلاص العصارة الطازجة من هذين النباتين واستخدامهما لتجريب فعاليتها الحيوية، وذلك بتطبيقها على ألواح نباتية (*raquettes*) مصابة بالحشرة. أظهرت النتائج أن عصارة *Echinopsis dehrenbergii* حققت فعالية حشرية معتبرة قدرت بي 66%، حيث سُجلت نسب وفيات مرتفعة لدى اليرقات والإناث البالغات، بينما كانت فعالية عصارة *Austrocylindropuntia subulata* أقل نسبياً قدرت بي 60%.

تشير هذه النتائج إلى أن بعض أنواع الصبار، إلى جانب استعمالها التقليدية، يمكن أن تشكل مصدراً واعداً للمركبات النشطة بيولوجياً، والتي يمكن استخدامها في برامج مكافحة البيولوجية المتكاملة. ومن خلال هذا العمل، نأمل في فتح آفاق جديدة نحو استراتيجيات لحماية النباتات تكون أكثر احتراماً للبيئة، وقابلة للتطبيق من قبل الفلاحين المحليين، مع تهمين الموارد الطبيعية المتاحة في منطقتنا.

الكلمات المفتاحية : التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica*)، الحشرة القرمزية (*Dactylopius opuntiae*)، الصبار، *Austrocylindropuntia subulata*، *Echinopsis dehrenbergii*، مكافحة بيولوجية، عصارة نباتية، مبيد حشري طبيعي، حماية النباتات، مكافحة متكاملة للآفات، النباتات العصارية.